



Aalto-yliopisto
Perustieteiden
korkeakoulu

Simulating cone calorimeter experiments with precalculated flame models (valmiin työn esittely)

Antti Korkealaakso

12.6.2020

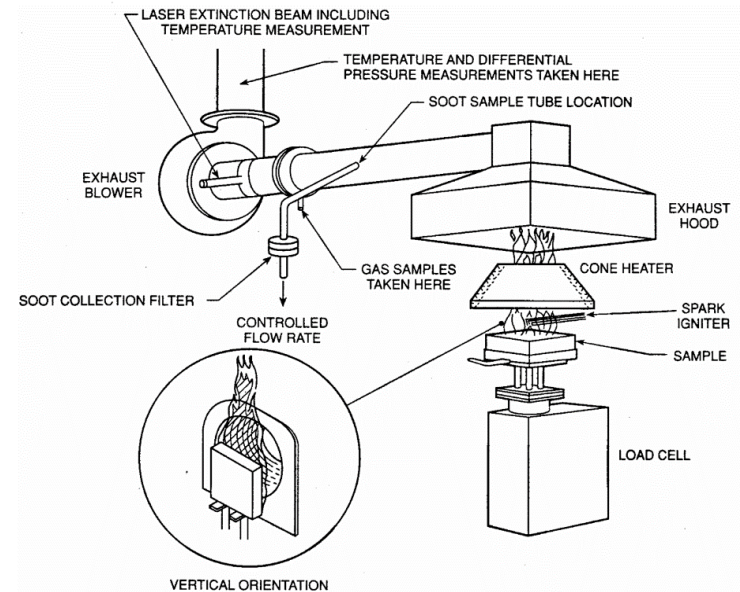
Ohjaaja: TkT. *Timo Korhonen*

Valvoja: prof. *Kai Virtanen*

Työn saa tallentaa ja julkistaa Aalto-yliopiston avoimilla verkkosivuilla. Muilta osin kaikki oikeudet pidätetään.

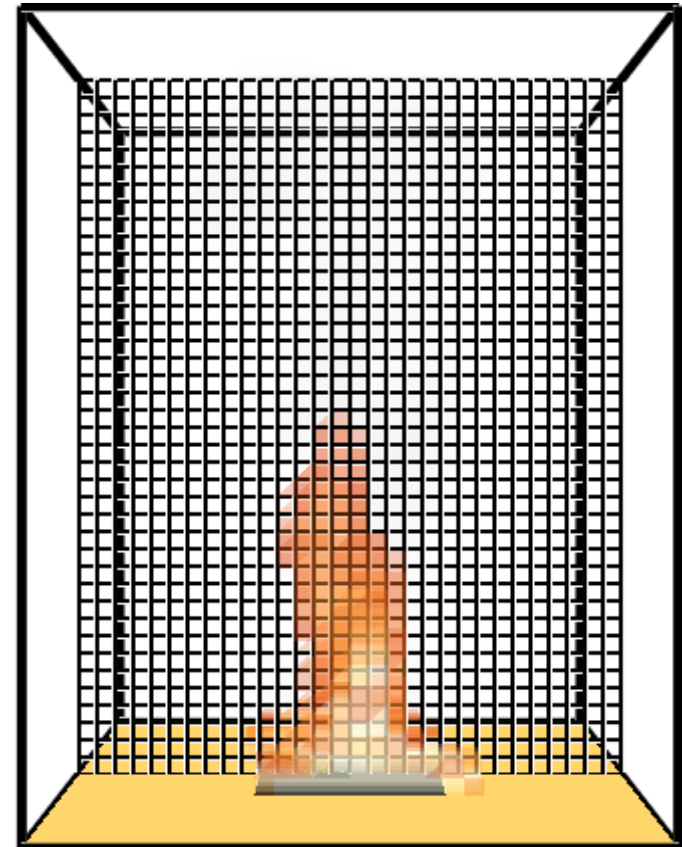
Tausta

- Kartiokalorimetri:
 - 10cm x 10cm tasomainen näyte
 - Näyte altistetaan lämpösäteilylle
 - 10 –100 kW/m²



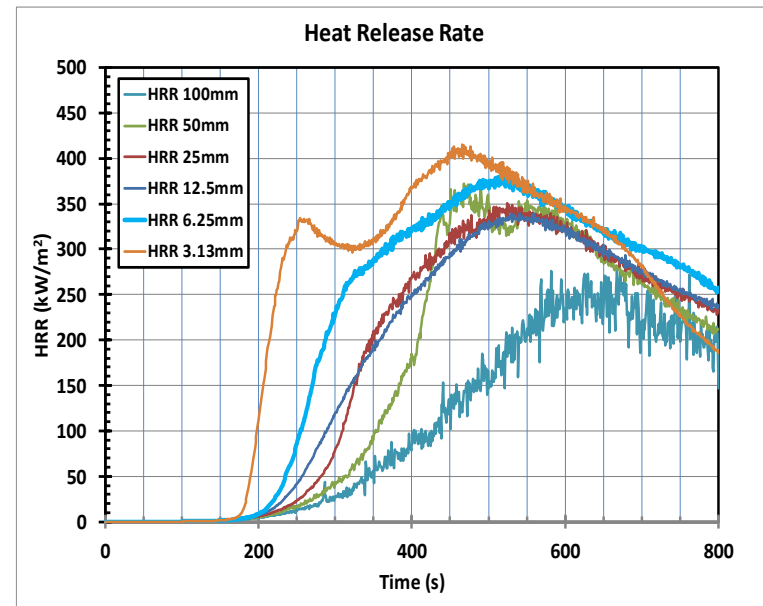
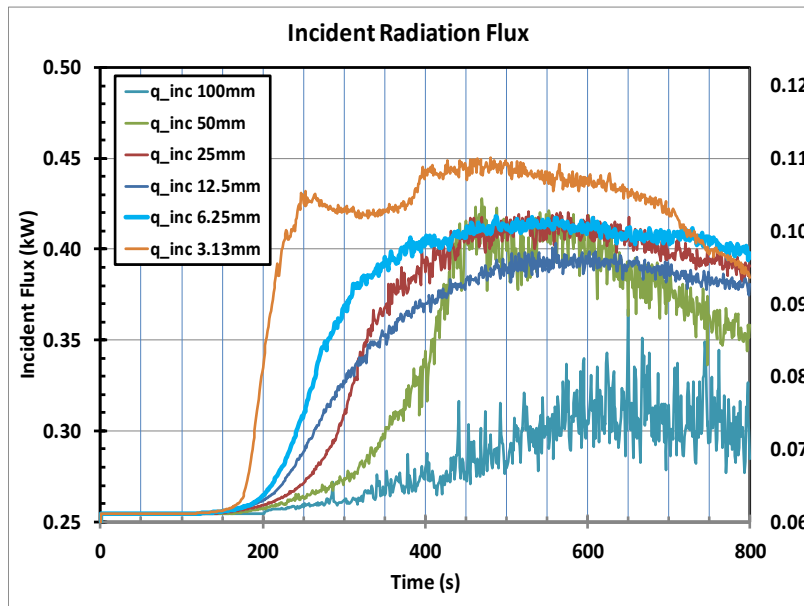
Tausta

- Simulointiohjelma: Fire Dynamics Simulator (FDS)
 - Numeerinen virtausdynamiikka ohjelma
 - Simuloitava alue jaettu suorakulmaiseiin särmiöihin



Tausta

- Kartiokalorimetrikokeen simulointi hyvin hilariippuvainen
 - Tarkka simulointi saattaa kestää jopa kuukausia
 - Ei sovellu optimointiin

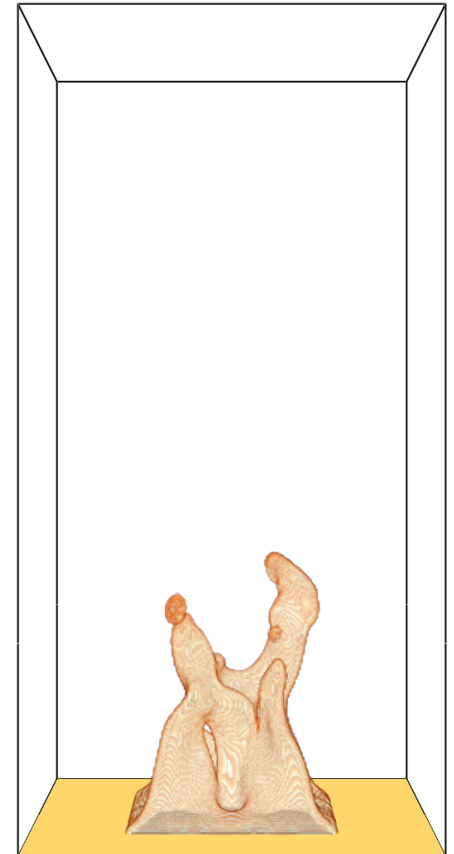


Tavoitteet

- Nopean simulointimallin tekeminen kartiokalorimetri kokeelle
 - Simulointien ajoaika vain muutama minuutteja
- Verrataan kahta nopeaa mallia ns. tavalliseen simulointimalliin
 - Verrataan tuloksien tarkkuutta sekä ajoaikoja
 - Paloteho, pinnan lämpötila, säteily ja konvektiivinen lämmönsiirto

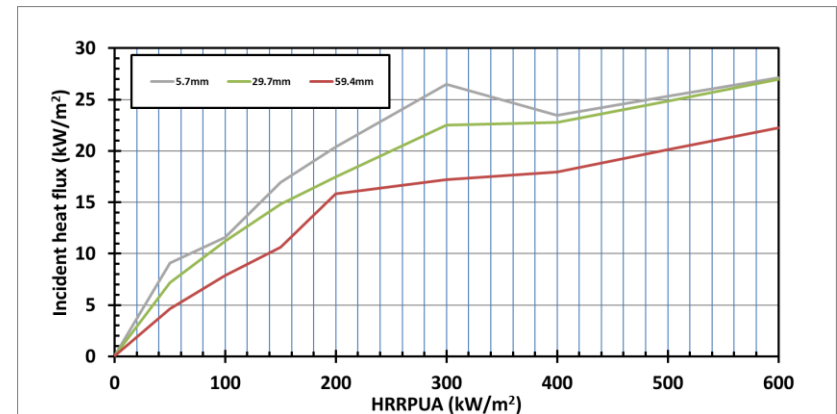
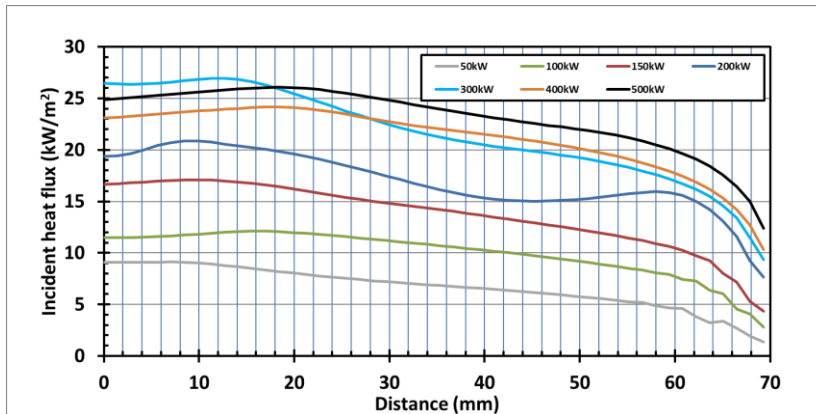
Menetelmät

- Poistetaan tarve laskea liekin vaikutus jokaisessa simulaatiossa
- Lasketaan etukäteen säteily palotehon ja paikan funktiona
 - Simuloidaan erikokoisia kaasupolttimia



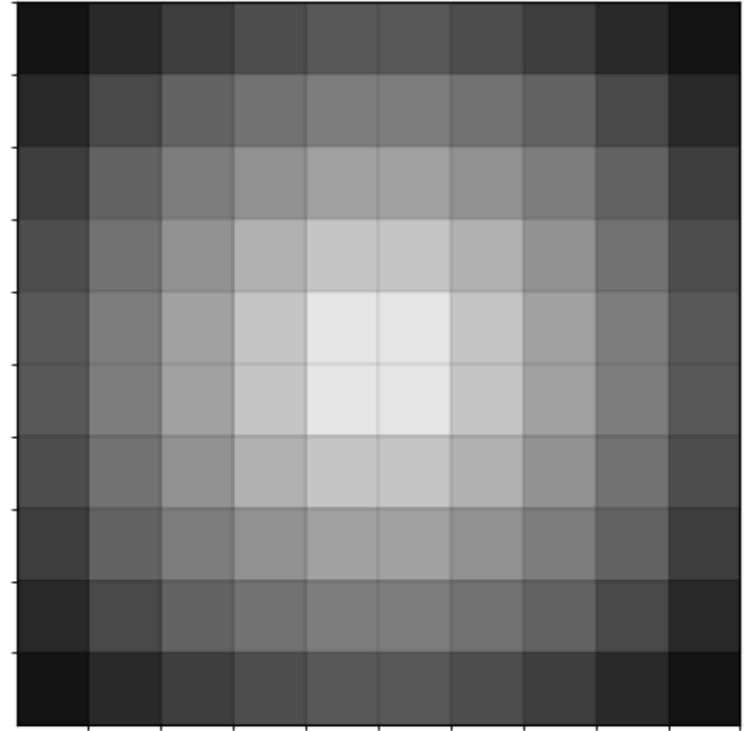
Menetelmät: Kaasupoltin simulaatiot

- Simuloidaan kaasupoltinta ja mitataan liekistä pintaan takaisin tuleva säteily
 - 50 eri etäisyyttä
 - 7 eri palotehoa



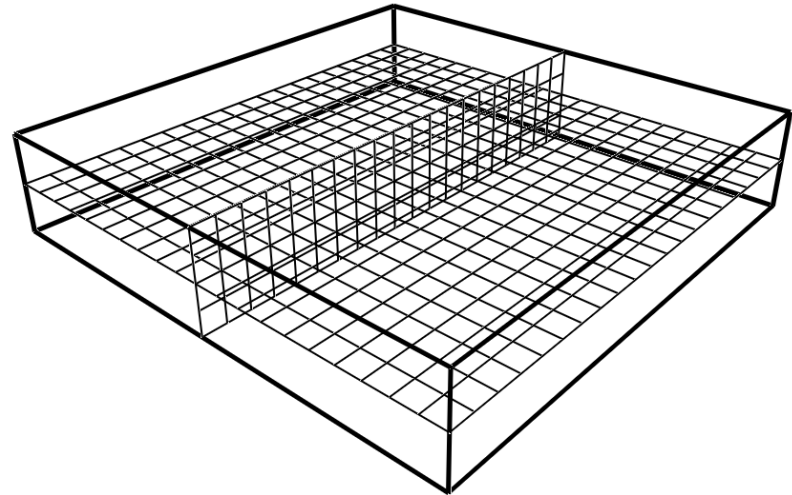
Menetelmät: Malli 1

- Ainoastaan kiinteän faasin laskut otetaan huomioon
- Liekin aiheuttama säteily kaasupoltin simulaatioista
- Kolme variaatiota, eri oletetut kaasun lämpötilat:
 - 20 °C
 - 400 °C
 - kaasu samassa lämpötilassa, kuin näytteenpinta



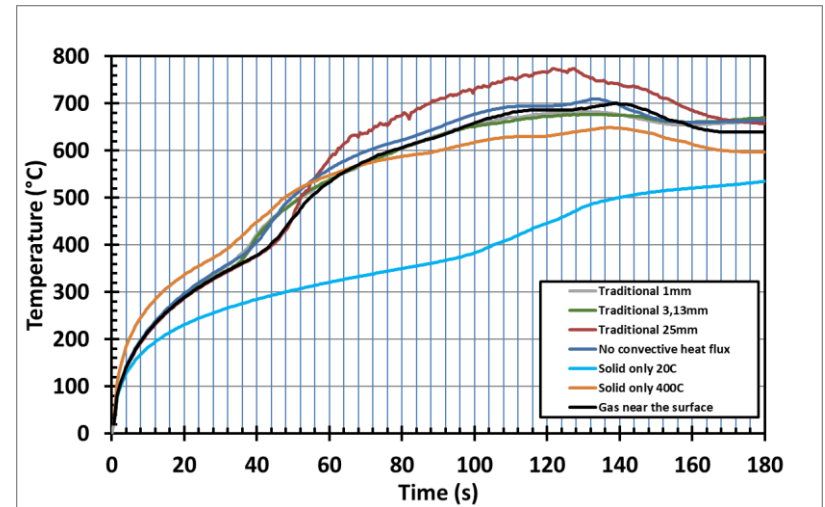
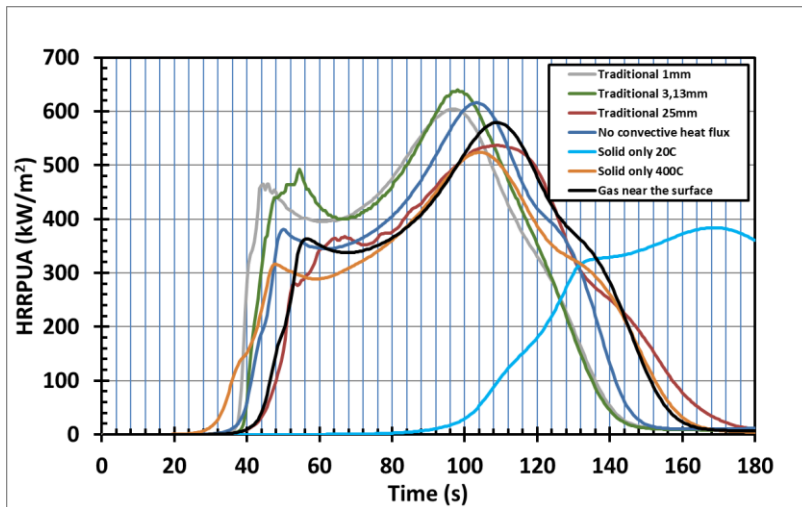
Menetelmät: Malli 2

- Näytteen pinnalla ohut kerros kaasua
 - Lämpenee säteilyn vaikutuksesta
 - Näytteen syttymislämpötila hyvin suureksi
 - Ei liekkiä
- Liekin aiheuttama säteily lisätään kaasupoltin simulaatioiden perusteella



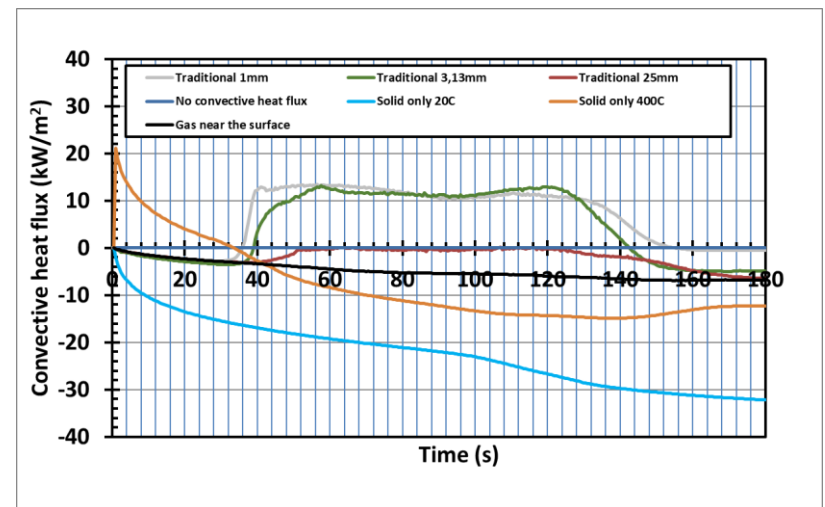
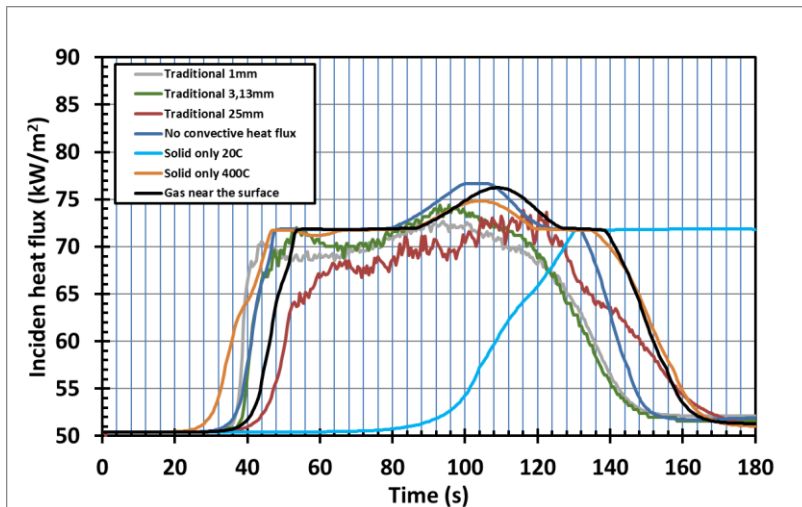
Tulokset

- Malleja vertailtiin simuloimalla yhden materiaalin kartiokalorimetrikoetta yhdellä säteilyteholla
- Vain kiinteän faasin laskut ja kaasu samassa lämpötilassa kuin näytteen pinta lupaavin



Tulokset

- Liekistä tulevan säteilyn mallinnus onnistui
- Konvektiivinen lämmön siirto aiheutti eroja mallien välille

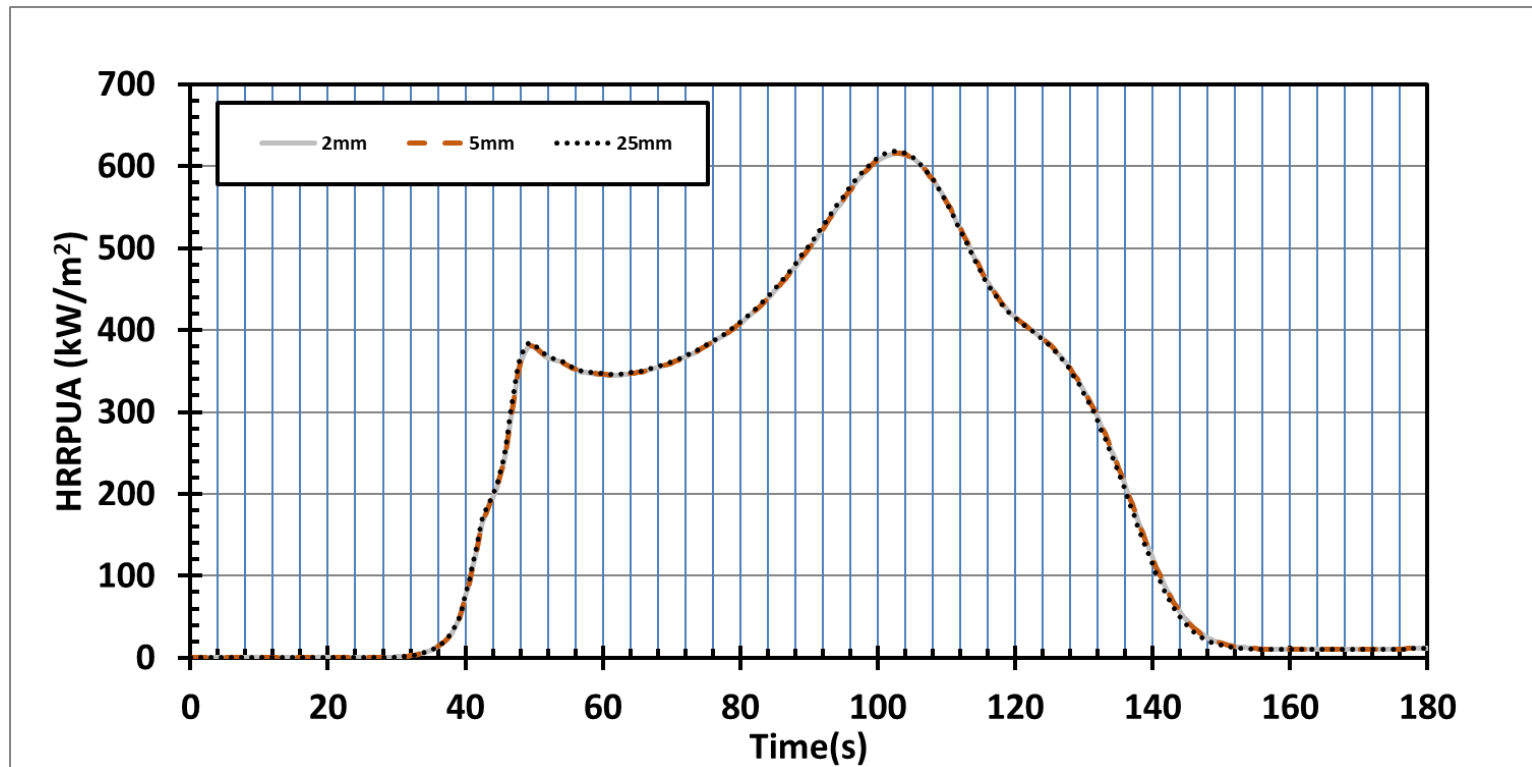


Tulokset: Ajoajat

Model	Dimensions (cm)	No. of cells	No. of cores	Wall clock time (h)	Summed computation time (h)
Conventional, 1 mm	30 x 30 x 40	$3.80 \cdot 10^6$	34	248	5007
Conventional, 3.13 mm	30 x 30 x 40	$4.06 \cdot 10^5$	24	7.4	139
Conventional, 25 mm	30 x 30 x 50	$3.46 \cdot 10^3$	1	0.039	0.039
Solid only, no conv HT 3.13 mm	10 x 10 x 5	$1.64 \cdot 10^4$	1	0.070	0.070
Solid only, Tgas 20C 3.13 mm	10 x 10 x 5	$1.64 \cdot 10^4$	1	0.073	0.073
Gas on the surface 5mm	10 x 10 x 10	$1.60 \cdot 10^3$	1	0.35	0.35

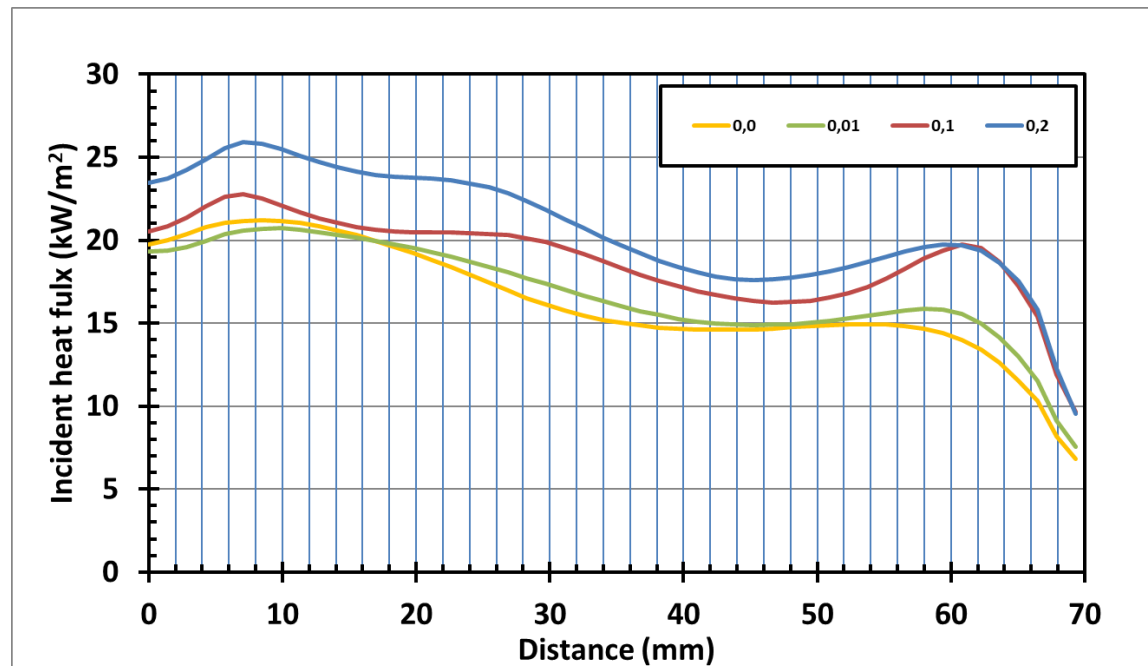
Herkkyysanalyysi: Hila koko

- Vain kiinteän faasin mallit eivät herkkiä hila koolle



Herkkyysanalyysi: Noen tuotto

- Suurempi noen tuotto → enemmän säteilyä
- Erot säteilyn määrässä takaisin pintaan jopa 20 %



Johtopäätökset

- Paras malli: vain kiinteän faasin laskut ja kaasusamassa lämpötilassa kuin näytteen pinta
 - Ajoaika vain muutamia minutteja
 - Tulokset erosivat kuitenkin tarkoista simulaatioista hieman
- Liekin korkeasta lämpötilasta johtuva suuri konvektiivinen lämmönsiirto aiheutti erot
 - Konvektiiviselle lämmönsiirrolle täytyisi tehdä samanlainen tarkastelu, kuin tässä työssä tehtiin säteilylle

Tietolähteet

- McGrattan, K., Hostikka, S., McDermott, R., Floyd, J., Weinschenk, C., & Overholt, K. (2013). Fire dynamics simulator technical reference guide volume 1: mathematical model. NIST special publication, 1018(1), 175.
- McGrattan, K., Hostikka, S., McDermott, R., Floyd, J., Weinschenk, C., & Overholt, K. (2013). Fire dynamics simulator user's guide. *NIST special publication, 1019(6)*.
- Hurley, Morgan J., et al., eds. *SFPE handbook of fire protection engineering*. Springer, 2015.
- Matala, Anna. *Methods and applications of pyrolysis modelling for polymeric materials*. VTT Technical Research Centre of Finland, 2013.
- FIBRESHIP Deliverable D2.4 (WP2): Report and database on the re-sults of the fire performance experiments. 27/09/2018. 46 p. + app. 26p.