

Sammutuslaitteiston toiminta potilashuoneessa

Pelastusviranomaisten ajankohtaispäivät pelastustoimen laitteista
Sokos Hotel Original Vantaa 17-18.9.2019

Simo Hostikka
Aalto-yliopisto

Eetu Veikkanen, Aalto-yliopisto

Tuula Kajolinna, Terhi Kling, Tuula Hakkarainen, Ali Afzalifar, Minna Nissilä
Teknologian tutkimuskeskus VTT

A? Aalto-yliopisto
Aalto-universitetet
Aalto University

VTT


SUOMEN PALOPÄÄLYSTÖLIITTO
FINLANDS BRANDBEFÄLSFÖRBUND

SYSMÄ

PSR
PALOSUOJELURAJASTIO

Hankkeen toteuttajat ja rahoittaja

- Teknologian tutkimuskeskus VTT
- Aalto-yliopisto
- Suomen palopäälystöliitto
- Sysmän kunta
- Eurofins Expert Services Oy
- Päijät-Hämeen pelastuslaitos
- Sysmän VPK
- Uudenmaan sairaalapesula
- Palosuojelurahasto



SUOMEN PALOPÄÄLYSTÖLIITTO
FINLANDS BRANDBEFÄLSFÖRBUND



Taustaa

- **Sprinklerit rajoittavat paloa mutta eivät aina sammuta.**
- **Kytevä palo tuottaa edelleen haitallisia aineita.**
- **Selviääkö ihminen, jos ei pysty poistumaan tilasta?**
 - Kysymys sosiaali- ja terveystalouden tiloista
 - Avunsaantiajan mediaani koko maassa ~ 15 min
- **Aiempiä tutkimuksia**
 - Sprinklatun potilashuoneen myrkyllisyys: CO –rajat ylittyivät [1]
 - Asuntosprinklaus: “...ihmiselle haitallisten kaasujen pitoisuudet rajoittuivat niin alas, että henkilöturvallisuus huoneessa ei vaarantunut, ja poistumiseen oli riittävästi aikaa.” [2]

[1] O'Neill, J. G., Hayes, W. D., & Zile, R. H. (1980). Full-scale Fire Tests with Automatic Sprinklers in a Patient Room: Phase II. US Department of Commerce, National Bureau of Standards.

[2] Vaari, J., Tillander, K., Rinne, T. & Paloposki, T. Asuntosprinklaus Suomessa. Vaikuttavuuden arviointi. Osa 2. Espoo 2010. VTT Tiedotteita 2527. 134 s.

Tavoite ja sisältö

Tutkimme kokeellisesti sprinklerin kykyä suojella henkilöä potilashuoneen palossa.

- 1) Teimme 30 palokoetta 16 potilashuoneessa, mitaten palotilan olosuhteet, ml. myrkyllisten kaasujen konsentraatiot.**
- 2) Laskimme toimintakyvyn menettämisen (incapacitation) todennäköisyyttä kuvaavat indeksit tukahduttaville ja ärsyttävälle kaasuille.**
- 3) Arvioimme hengissä selviämisen todennäköisyyden ajan funktiona olettaen, että lamautuminen = kuolema.**



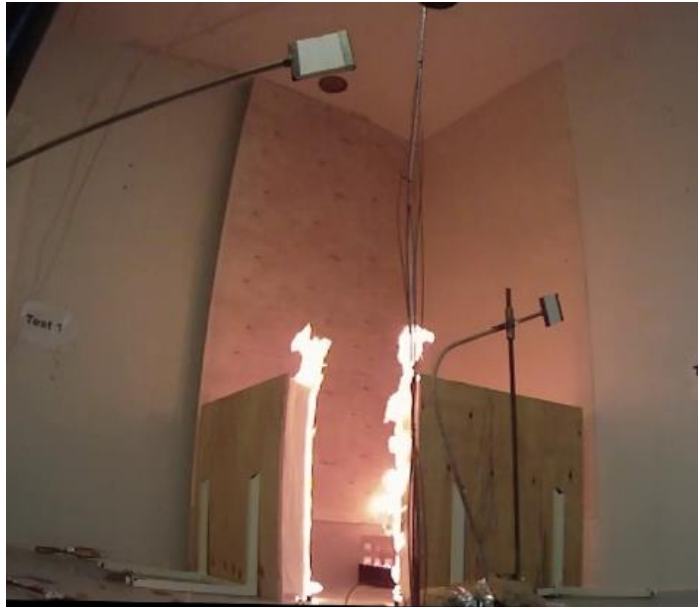
Koerakennus



- 16 huonetta, 30 koetta (26 sprinklattua, 4 vapaapaloa)
- Huoneiden koot 16...21 m².
- Koneellinen ilmanvaihtojärjestelmä.
- Betonirakenteet, kolmikerroslasit.
- Kaikissa huoneissa SFS 5980 –luokan asuntosprinklerit
2 nopeaa suutinta / huone: $K=60.5 \text{ L/min/bar}^{1/2}$, $T_{\text{act}}=68^\circ\text{C}$, $\text{RTI} = 35 \text{ (ms)}^{1/2}$

Palokuormat

Kokeen kesto = 15 min



UL1626
14 sprinklattia
2 vapaata



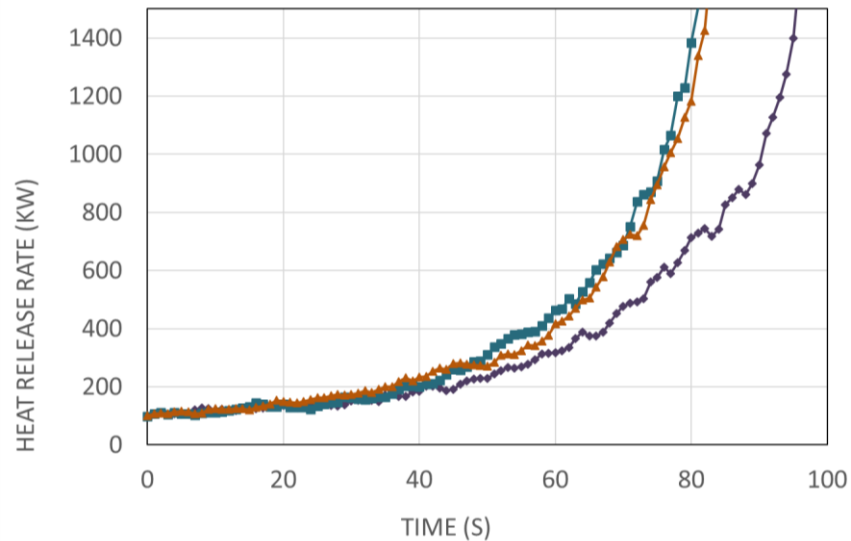
150 kW tekstiili
6 sprinklattia
1 vapaa



1500 kW tekstiili
6 sprinklattia
1 vapaa

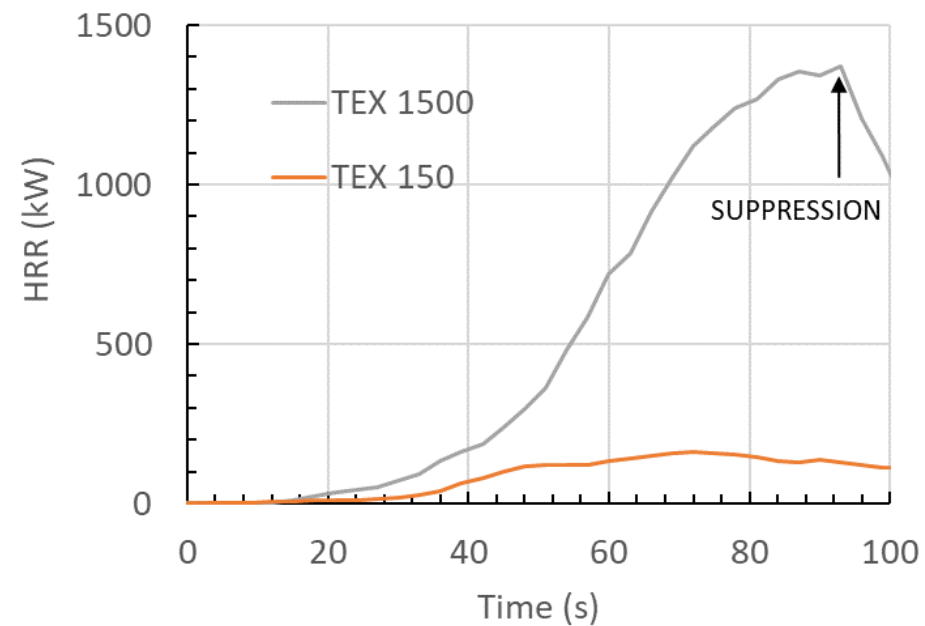
Vapaapalon paloteho

UL 1626



Underwriters Laboratories (2001), Inc. Report on Residential Fire Test Research. 42 p

TEX 1500 and TEX 150



Mitattu Eurofins Expert Services SBI-laitteella, 2018.

Mittaukset

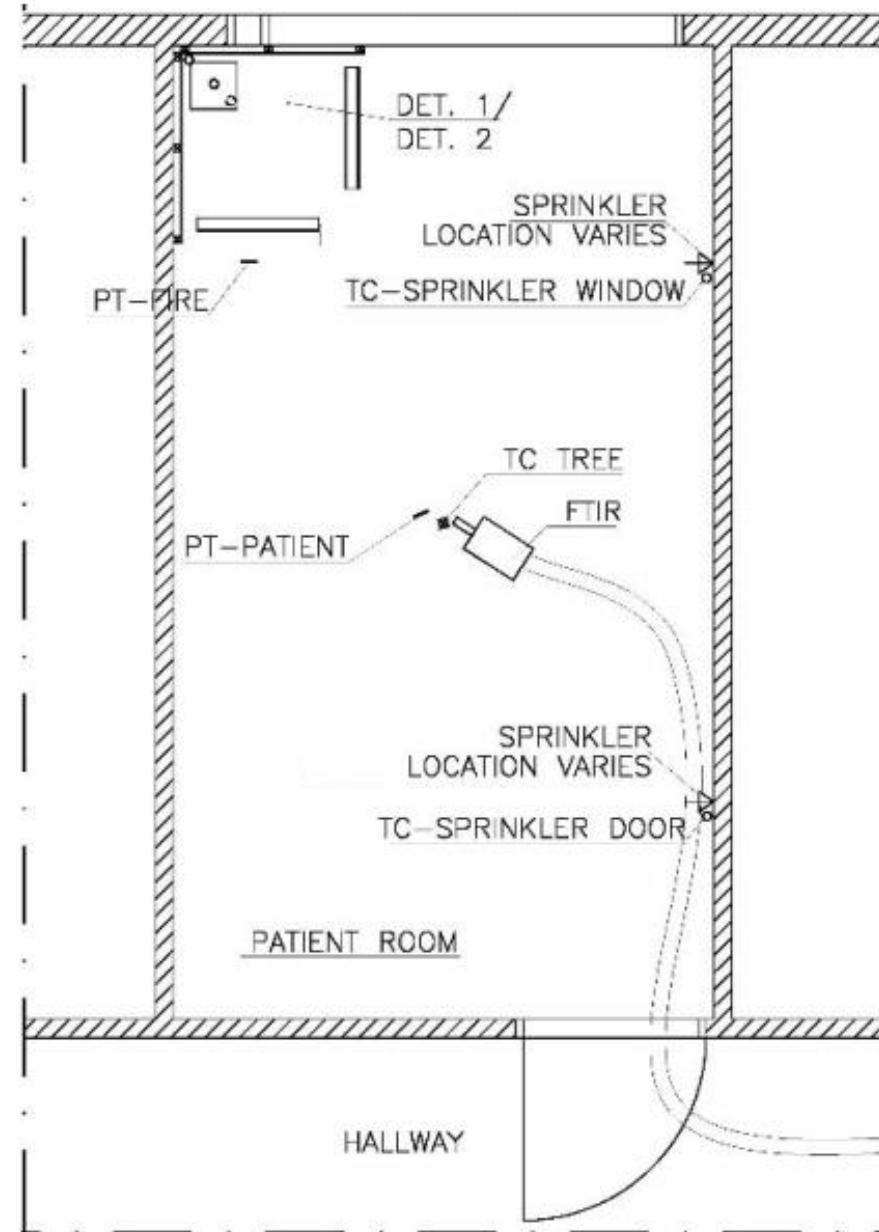
Lämpötilat

- Termoelementtipuu keskellä
- Katossa
- Suuttimien vieressä

Platta-termoelementti

Kaasupitoisuudet

Sprinkleriputkiston paine



Kokeen kulku

1. Sprinklerilaitteisto ”nollattiin”.
2. Savusukeltaja huoneeseen ja ovi kiinni.
3. Mittaukset käyntiin.
4. Savusukeltaja sytytti heptaaniaaltaan ja kangaskaistaleet.
5. Savusukeltaja pysyi huoneessa.
6. Palo sammutettiin 15 min jälkeen.
7. Sprinklerilaitteisto suljettiin ja savut tuuletettiin.



Tulokset: UL 1626



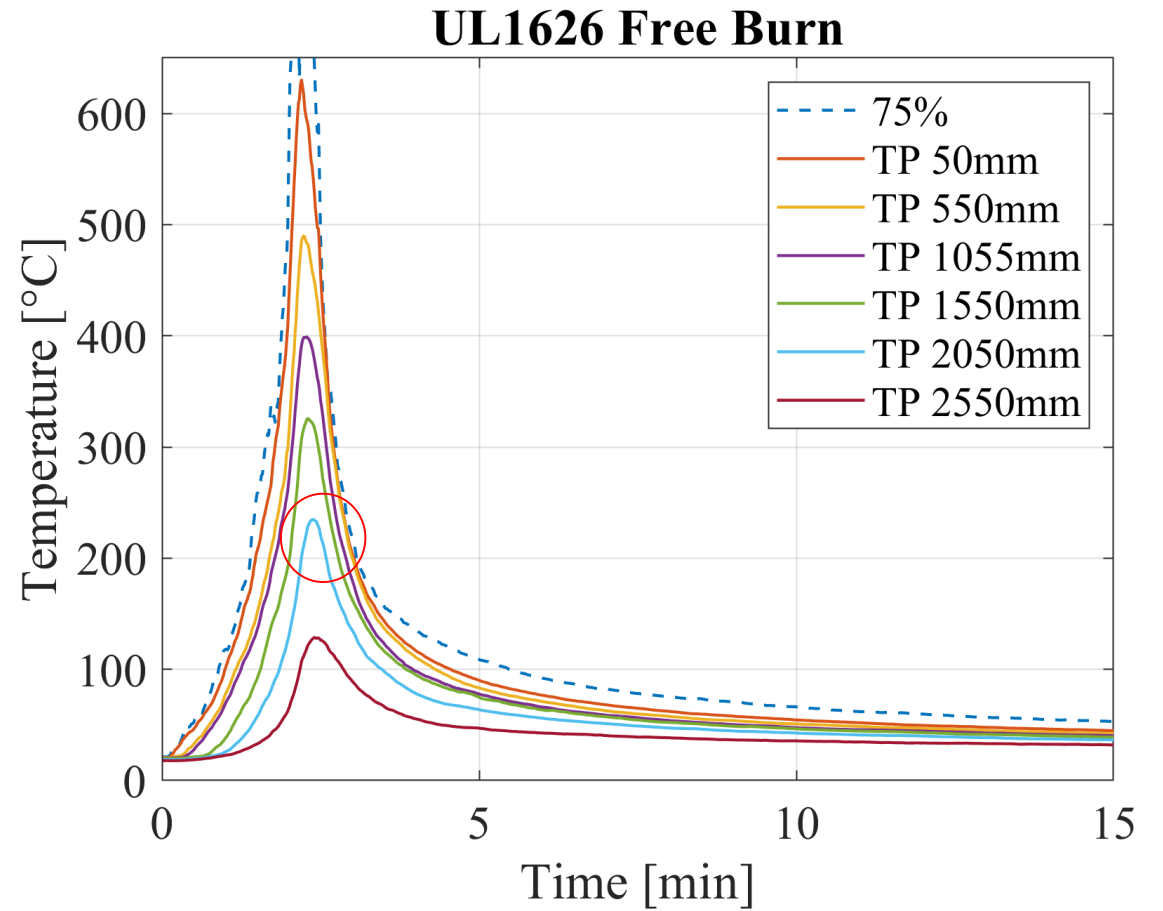
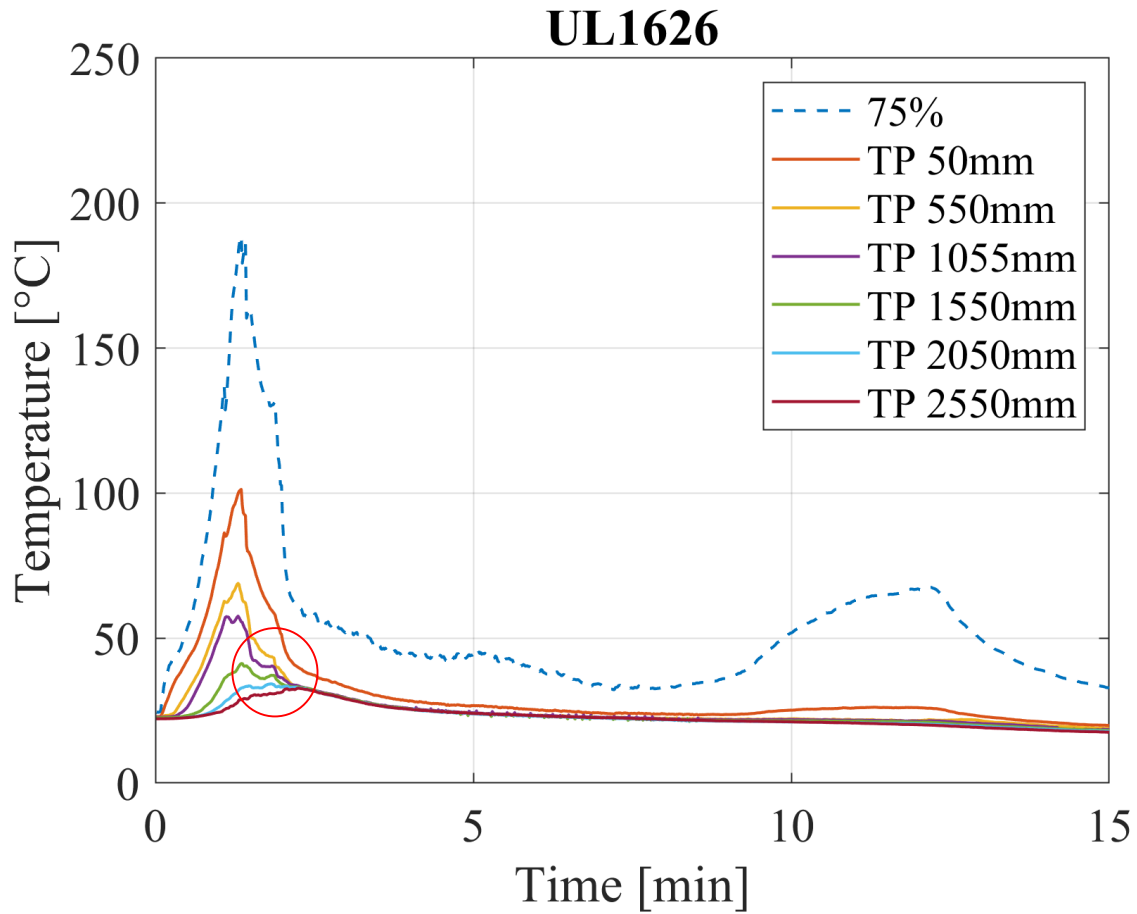
UL1626



UL1626 vapaapalo

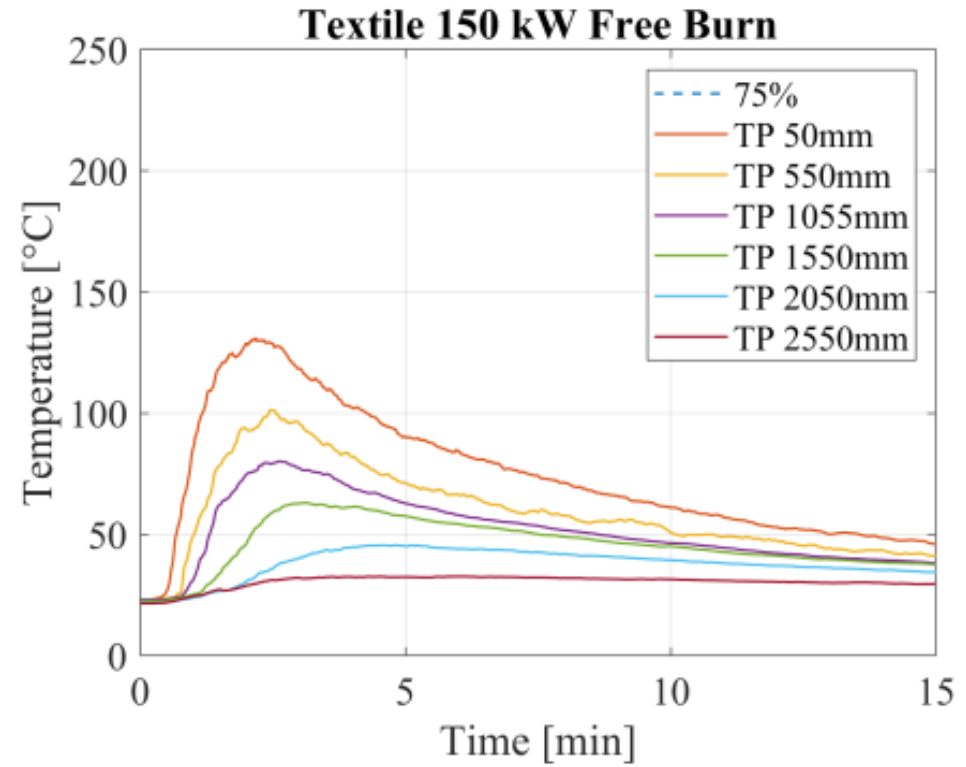
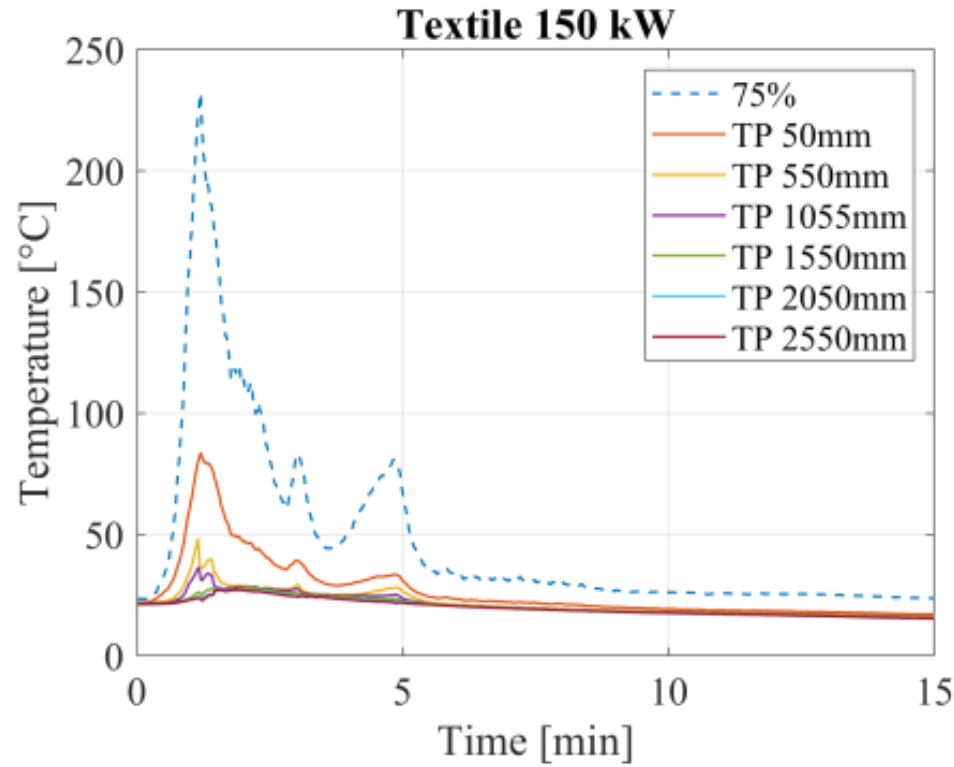
- **Sprinkleri sammutti 3 / 14 kokeesta.**
- **Aktivointiajat keskim. 72 ± 13 s [53 s, 102 s]**
- **Vapaapalot kasvoivat n. 2-3 min, jonka jälkeen tukahtuivat. Voimakas ylipaine havaittiin.**

Tulokset: UL 1626 lämpötilat





Tulokset: 150 kW tekstiilipalon lämmöt



- **Sammutti täysin 3 / 6 palosta.**
- **Aktivointiajat keskim. 122 ± 83 s [65 s, 287 s]**
- **Haasteita huoneessa olevat rakenteet (loisteputket).**

Tulokset: 1500 kW tekstiilipalo



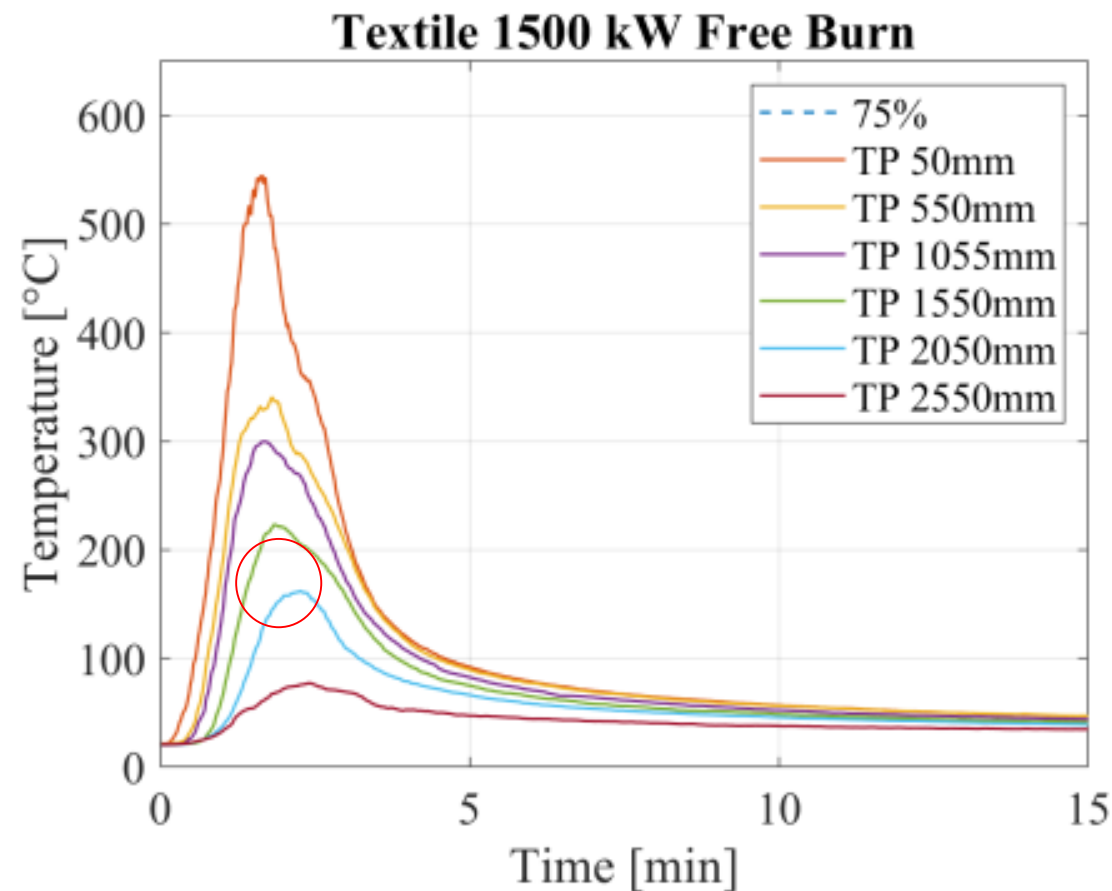
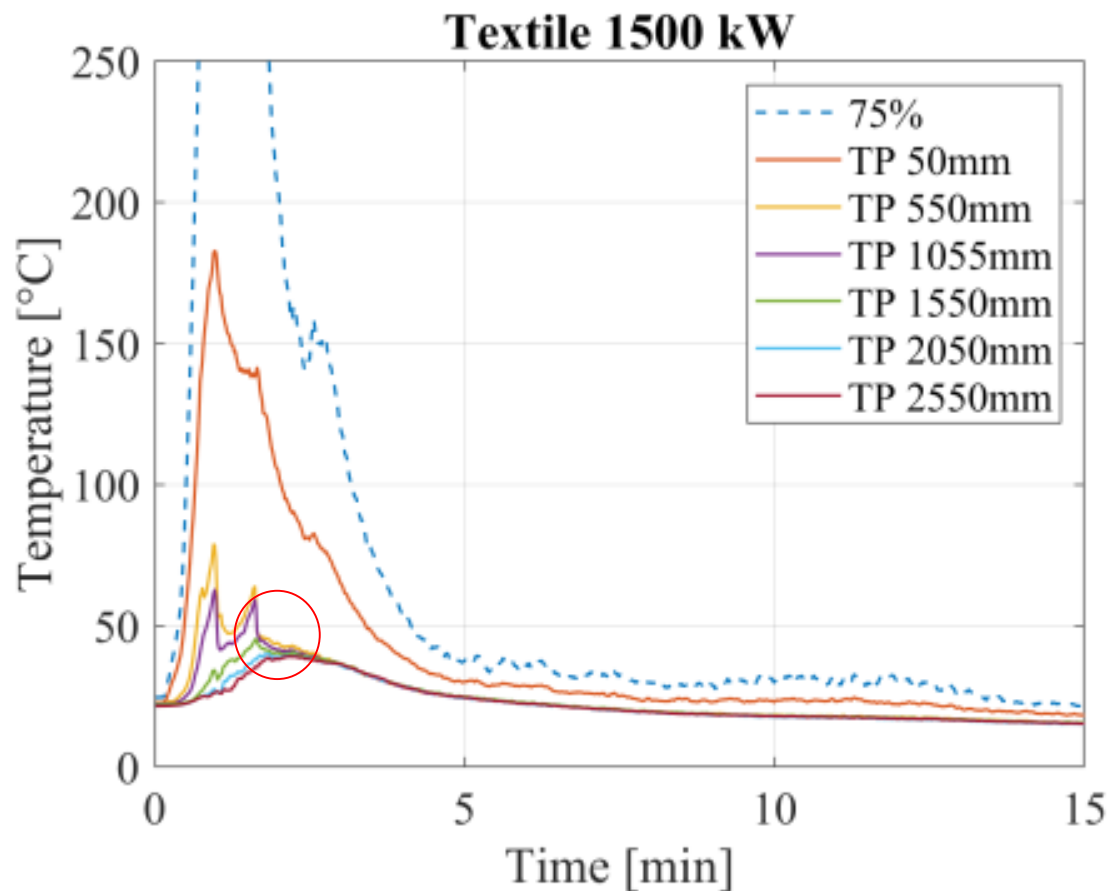
TEX 1500



TEX 1500 vapaapalo

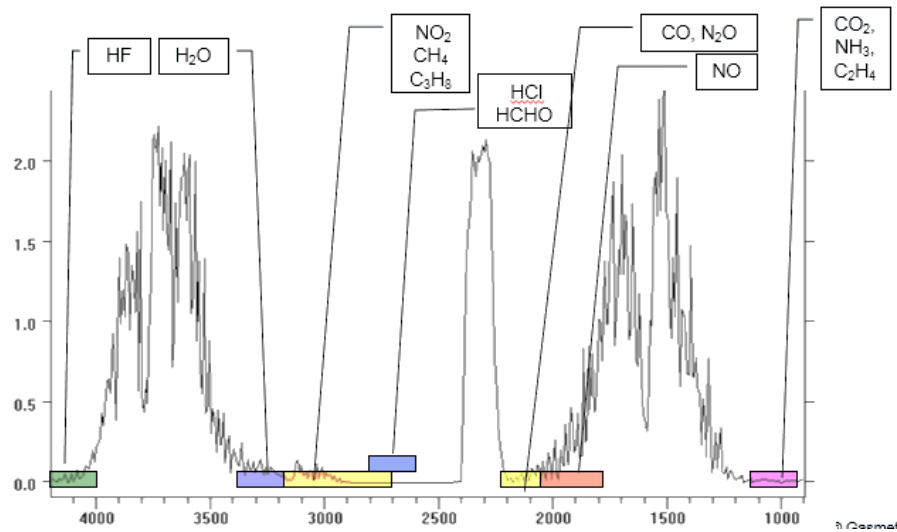
- **Sprinkleri laukesi mutta ei sammuttanut yhtään paloa täysin.**
- **Aktivointiajat keskim. 41 ± 14 s [37 s, 73 s]**
- **Kolmessa kokeessa aktivoitui kaksi suutinta.**

Tulokset: 1500 kW tekstiilipalon lämmöt



Savukaasujen mittaus

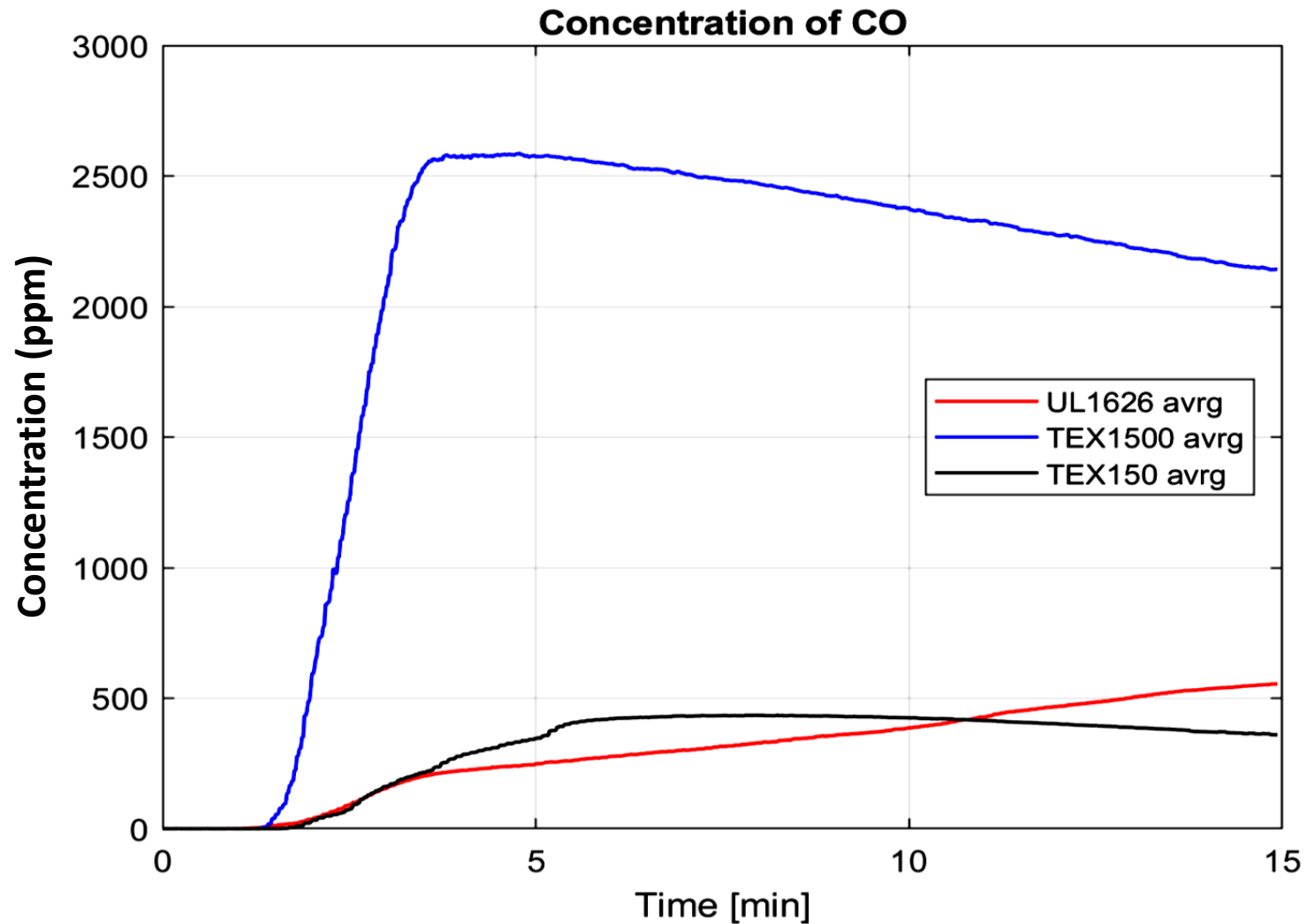
- Kaasuanalysointilaitteisto Gaset Dx4000 FTIR (Fourier Transform Infrared)
- Yli 20 kaasukomponenttia havaittiin ja käytettiin analyysissä



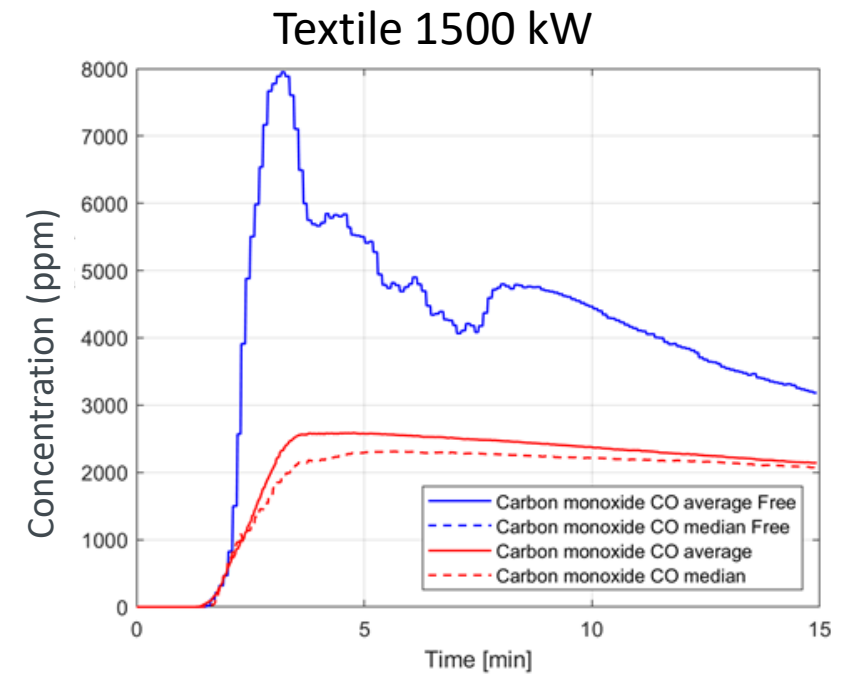
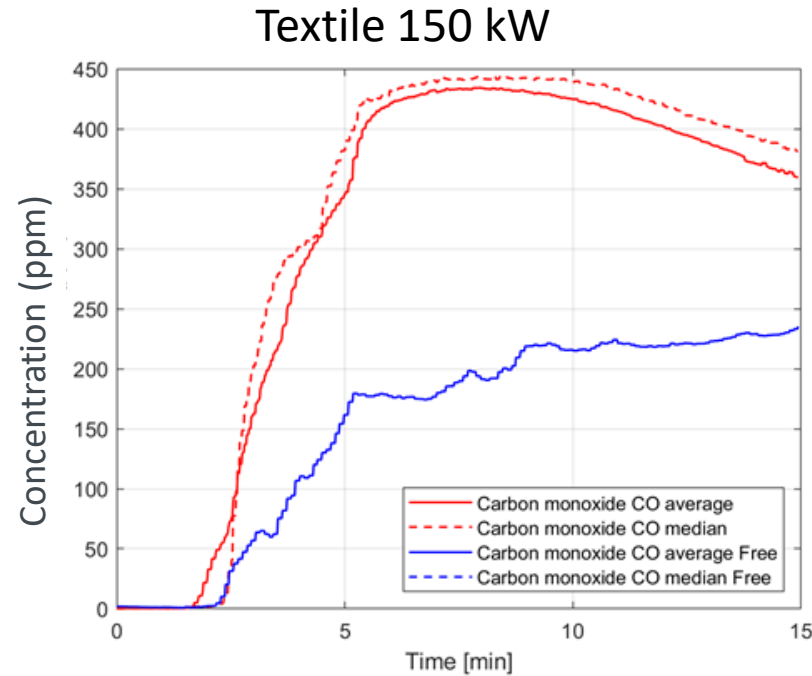
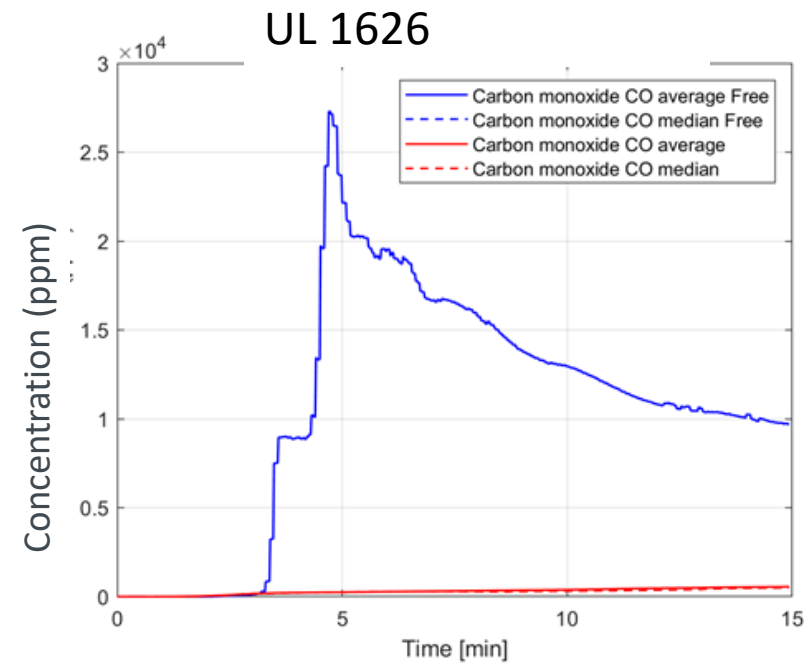
Kuva: Gaset Technologies



Tulokset: CO sprinklatuissa kokeissa



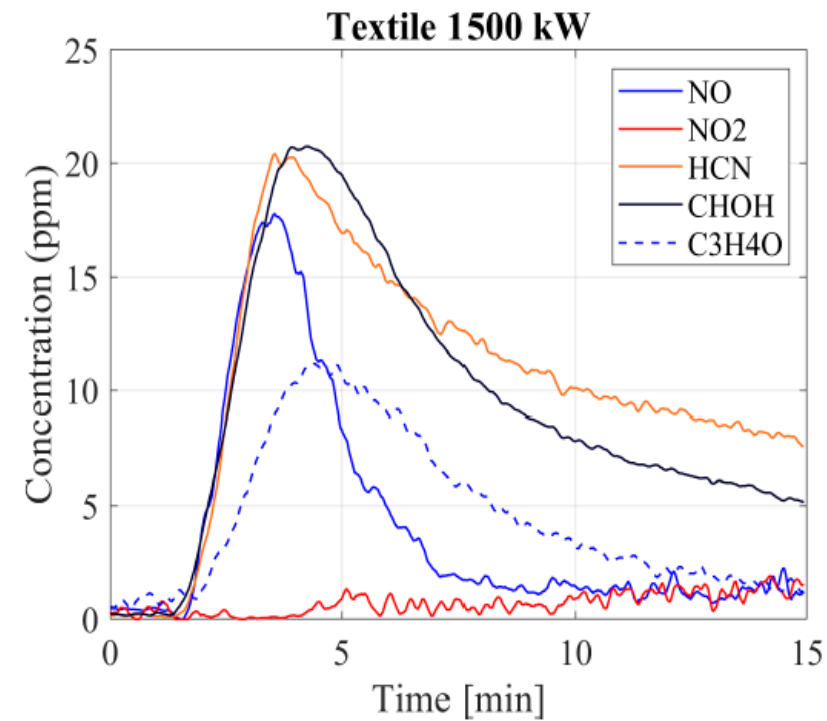
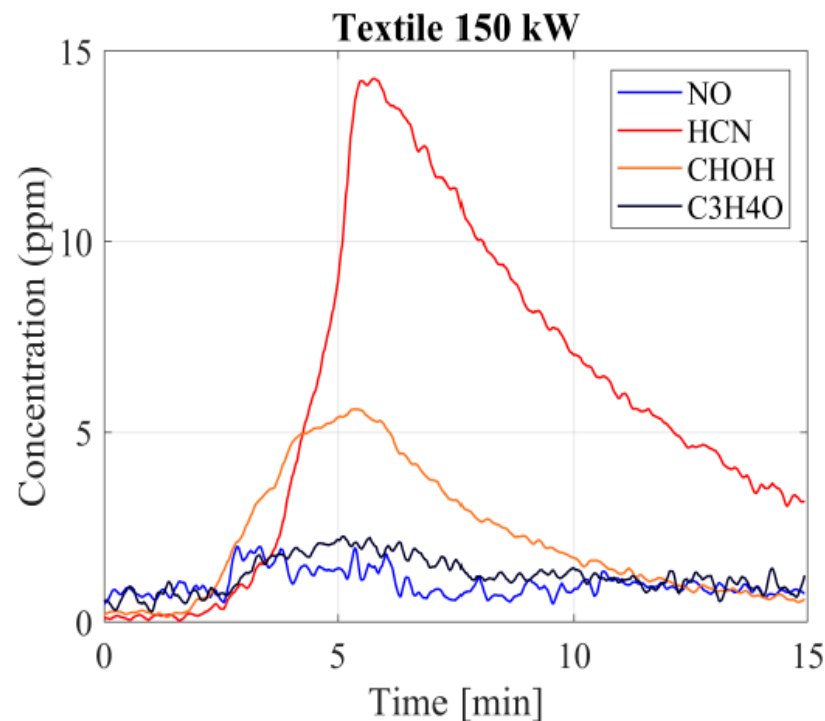
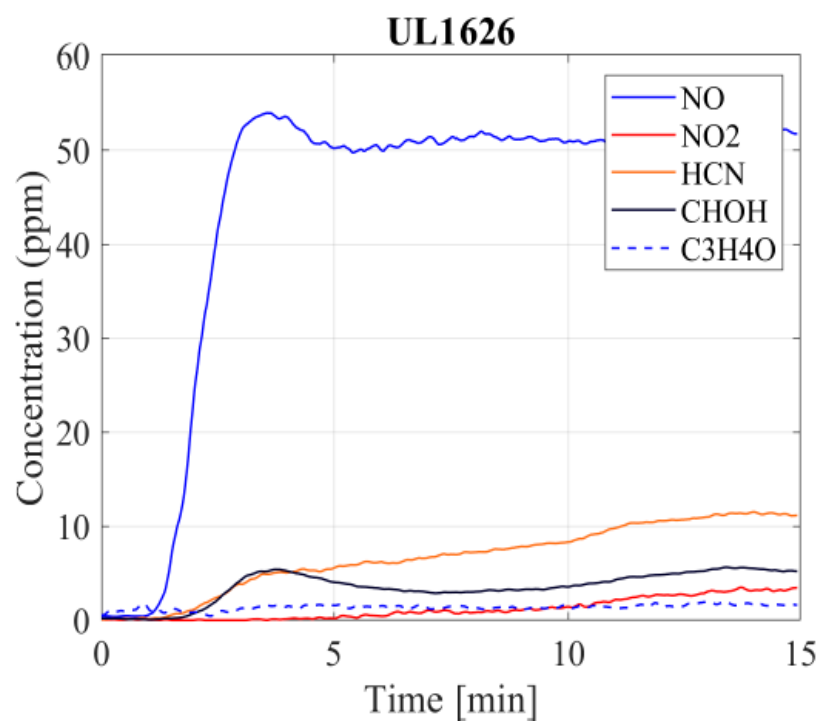
Tulokset: CO sprinklatuissa ja vapaapaloissa



Sininen = vapaapalo

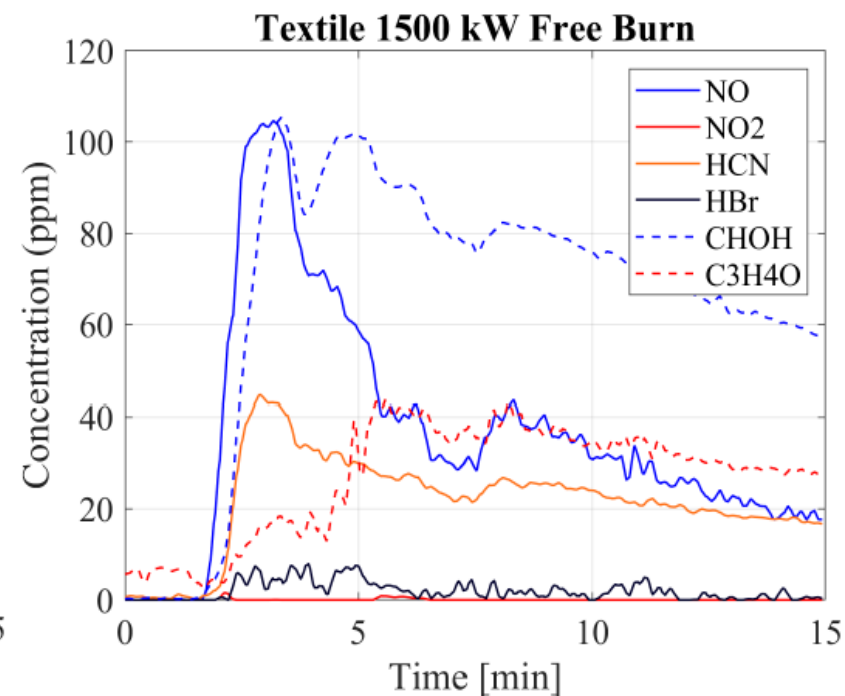
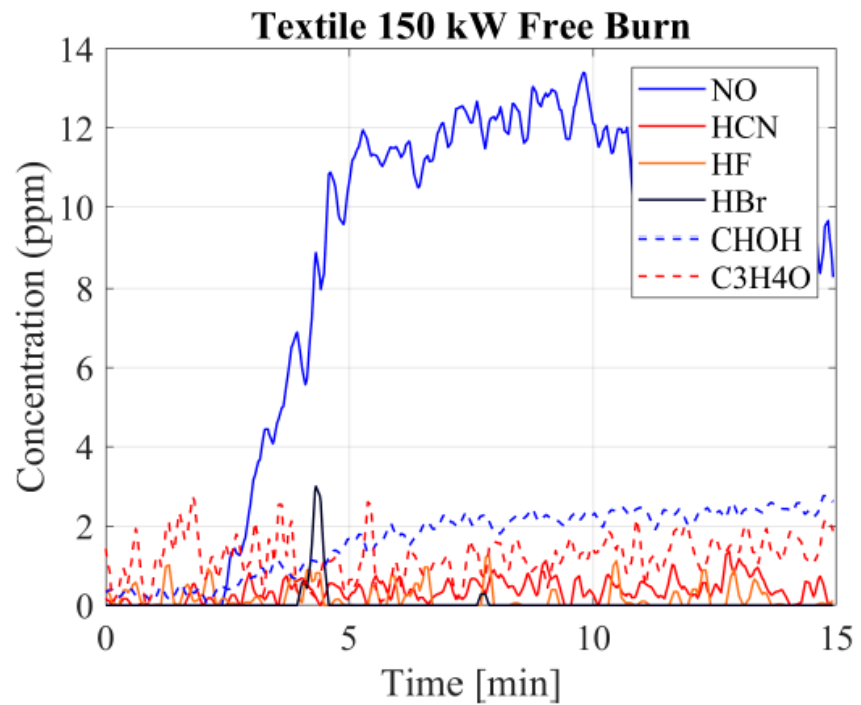
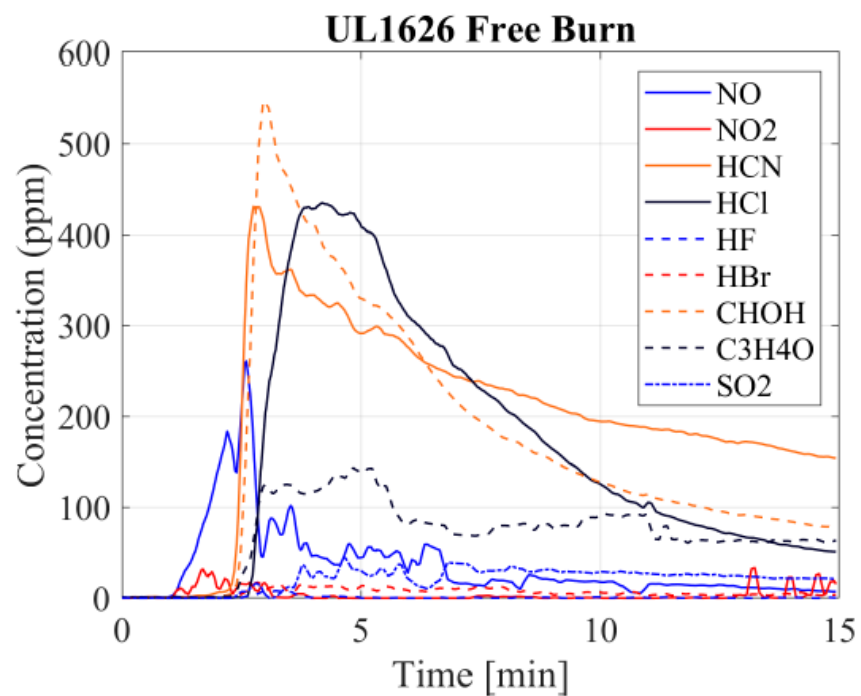
Punainen = sprinkleroitu

Tulokset: Muut tukahduttavat ja ärsyttävät kaasut, sprinklatut kokeet



- UL 1626-testissä typpimonoksidi (NO) dominoi
- Tekstiili 150 kW-testissä HCN dominoi, vähän typenoksideja (NO_x)
- Tekstiili 1500 kW-testissä HCN, formaldehydi, NO ja akroleiini

Tulokset: muut tukahduttavat ja ärsyttävät kaasut, vapaapalot

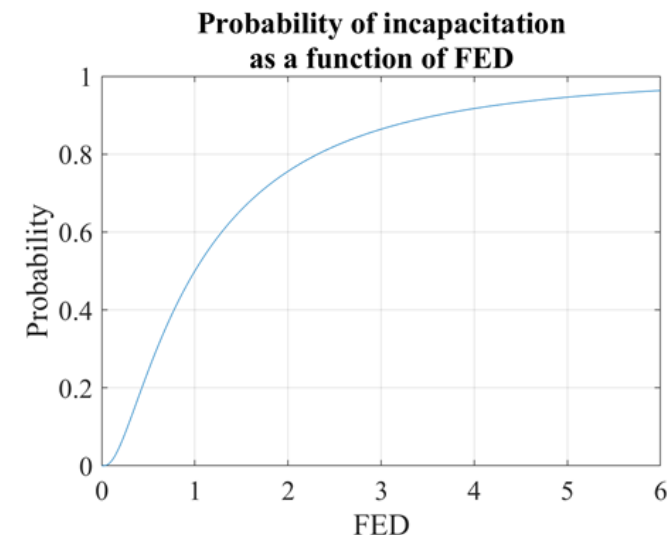


Lamaantumisen arviointi, Fractional Effective Dose (FED)

1. Purserin menetelmä: Hengitettyjen kaasujen (CO, HCN, CO₂, NO, NO₂) kumulatiivista annosta verrataan lamaantumista aiheuttavaan annokseen
 - Levossa hengitystiheys 8.5 l/min ja CHOb% 40%
 - Kevyessä työssä 25 l/min ja CHOb% 30%
2. ISO 13571: Kiinteä rasituksen taso, vain CO ja HCN otetaan huomioon tukahduttavina kaasuina

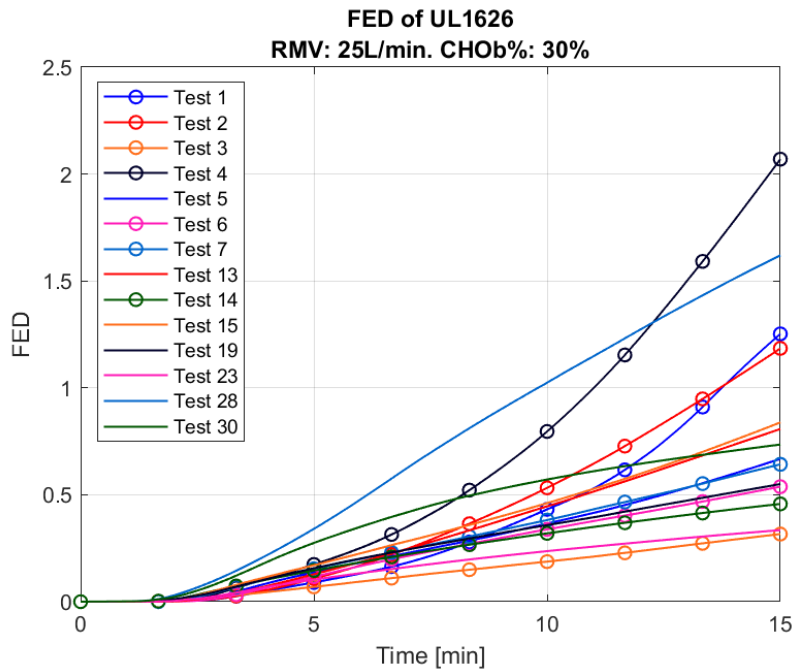
Tyypillinen ”raja-arvo” suunnittelussa FED = 0.3,
varovainen FED = 0.1

FED	Arvioitu lamaantuneen väestön osuus
0.0 – 0.3	0 – 11 %
0.3 – 1.0	11 – 50 %
1.0 – 3.0	50 – 89 %

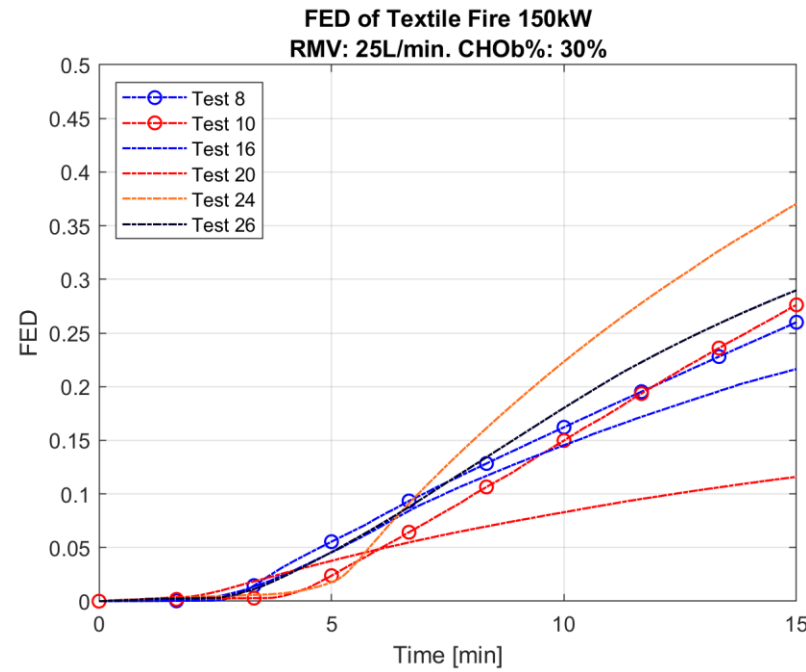


FED Tulokset

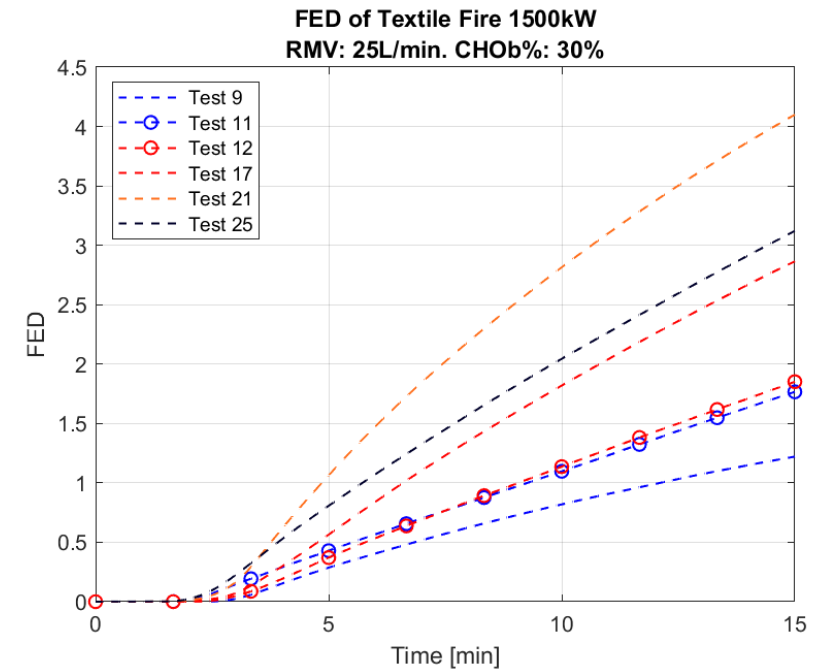
Esimerkki: Purser – Kevyt työ



UL1626



150 kW TEX



1500 kW TEX

FED Tulokset

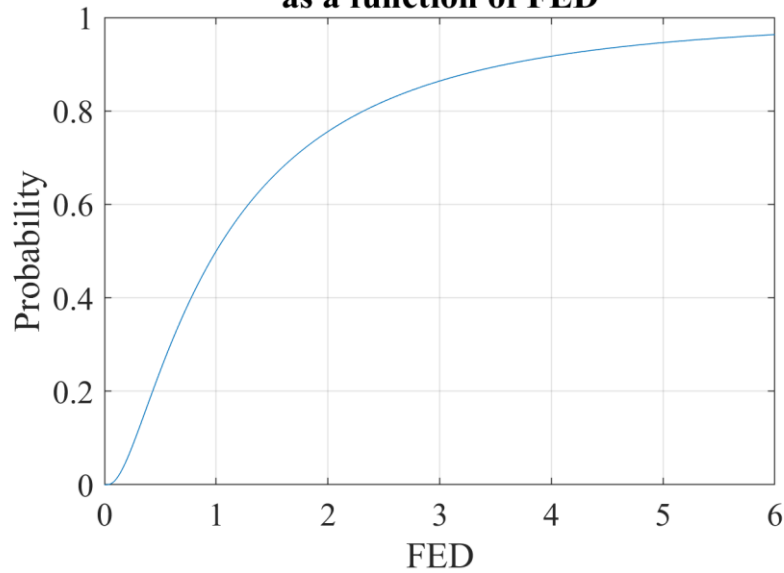
Aika minuuteissa FED-raja-arvon ylitykseen

Fire type	Purser Rest			Purser Light work			ISO 13571		
	FED threshold								
	> 0.1	> 0.3	> 1.0	> 0.1	> 0.3	> 1.0	> 0.1	> 0.3	> 1.0
UL 1626	4.0	7.8	-	3.8	7.1	-	11	-	-
UL 1626 Free	2.1	2.6	2.7	2.1	2.6	2.7	2.5	2.6	2.8
Textile 150	13	-	-	7.3	-	-	9.3	-	-
Textile 150 Free	11	-	-	8.6	-	-	-	-	-
Textile 1500	3.6	5.9	-	2.9	3.8	6.7	3.2	4.4	8.9
Textile 1500 Free	2.4	2.6	3.2	2.3	2.4	2.7	2.4	2.5	2.9

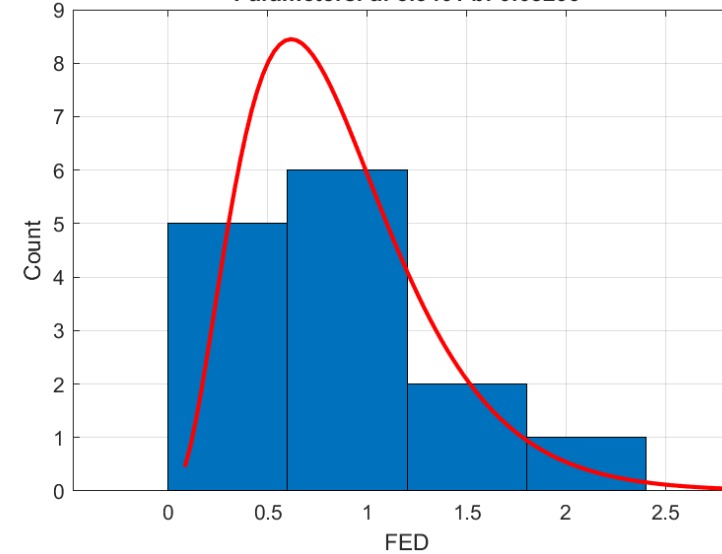
- UL 1626 -kokeissa Purserin malli antoi suurempia FED tuloksia, joten raja-arvojen ylittävät ajat olivat lyhyempiä kuin ISO 13571-menetelmällä.
- UL 1626 ja TEX 1500 -vapaapalot ylittivät FED-raja-arvot nopeammin kuin sprinklatut palot.

Lamaantumisen todennäköisyys– Esimerkki: UL1626 levossa

Probability of incapacitation
as a function of FED



Histogram of UL1626 results fitted with Gamma
Time: 15min, Rest
Parameters: a: 5.5401 b: 0.08296



$$P(I|x) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \operatorname{erf} \left[\frac{\ln(x)}{\sqrt{2}} \right]$$

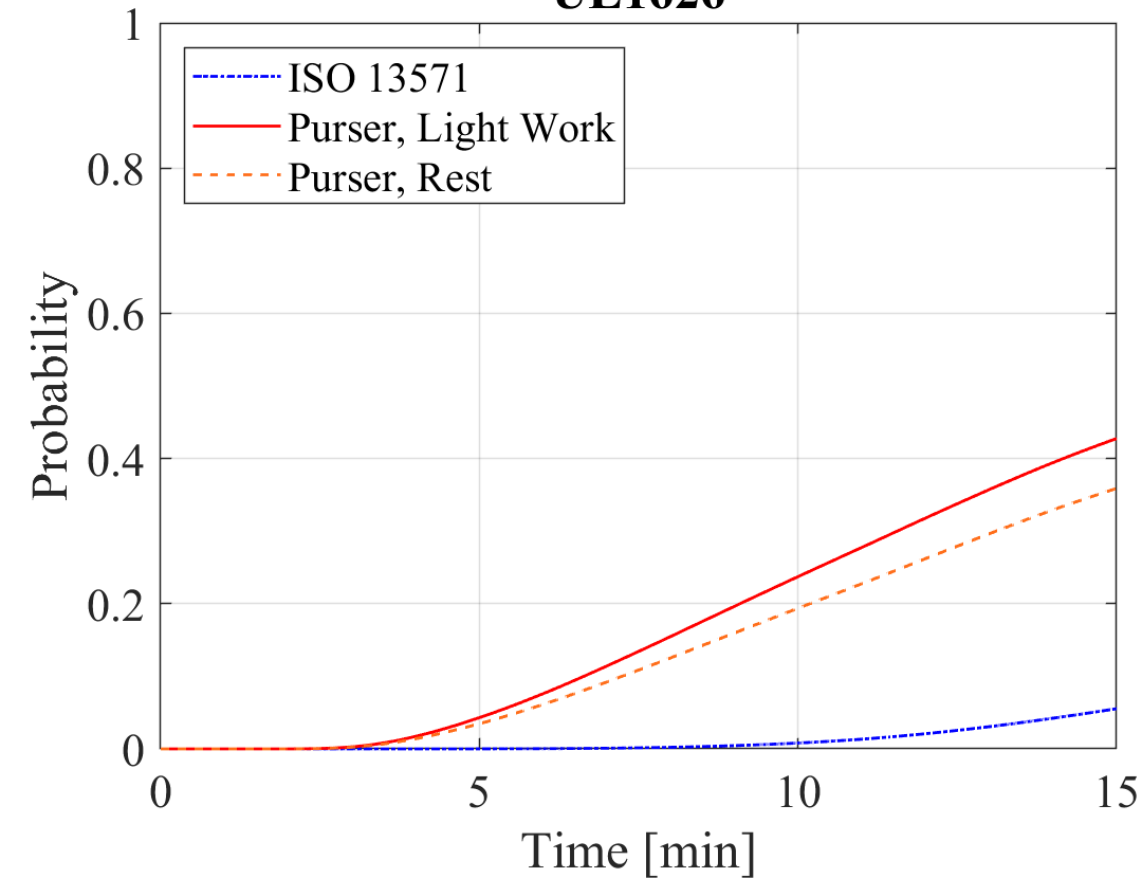
$$f(x, t) = f(x, \alpha(t), \theta(t)) = \frac{x^{\alpha-1} e^{-x/\theta}}{\theta^{\alpha} \Gamma(\alpha)}$$

$$P_I(t) = \int_0^{\infty} P(I|x) f(x, t) dx$$

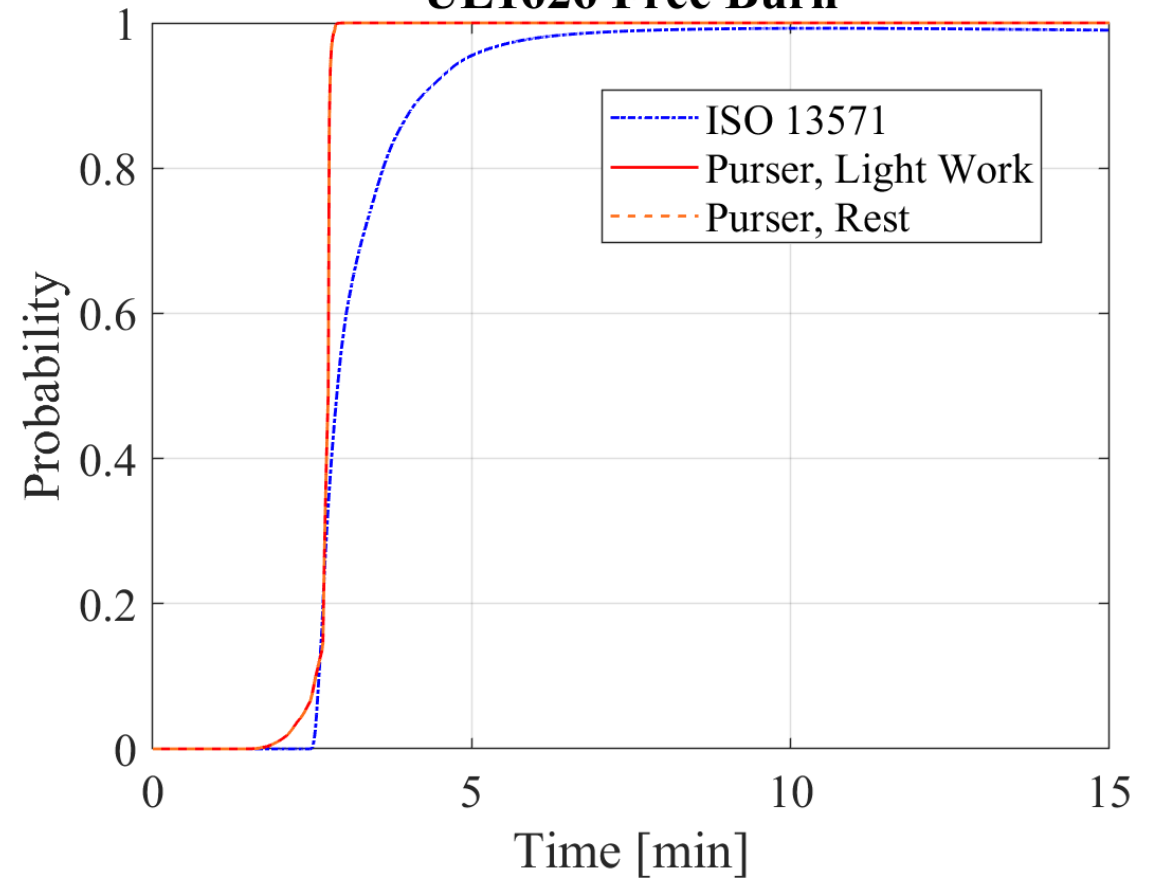
Lamaantumisen todennäköisyys

– UL 1626

UL1626

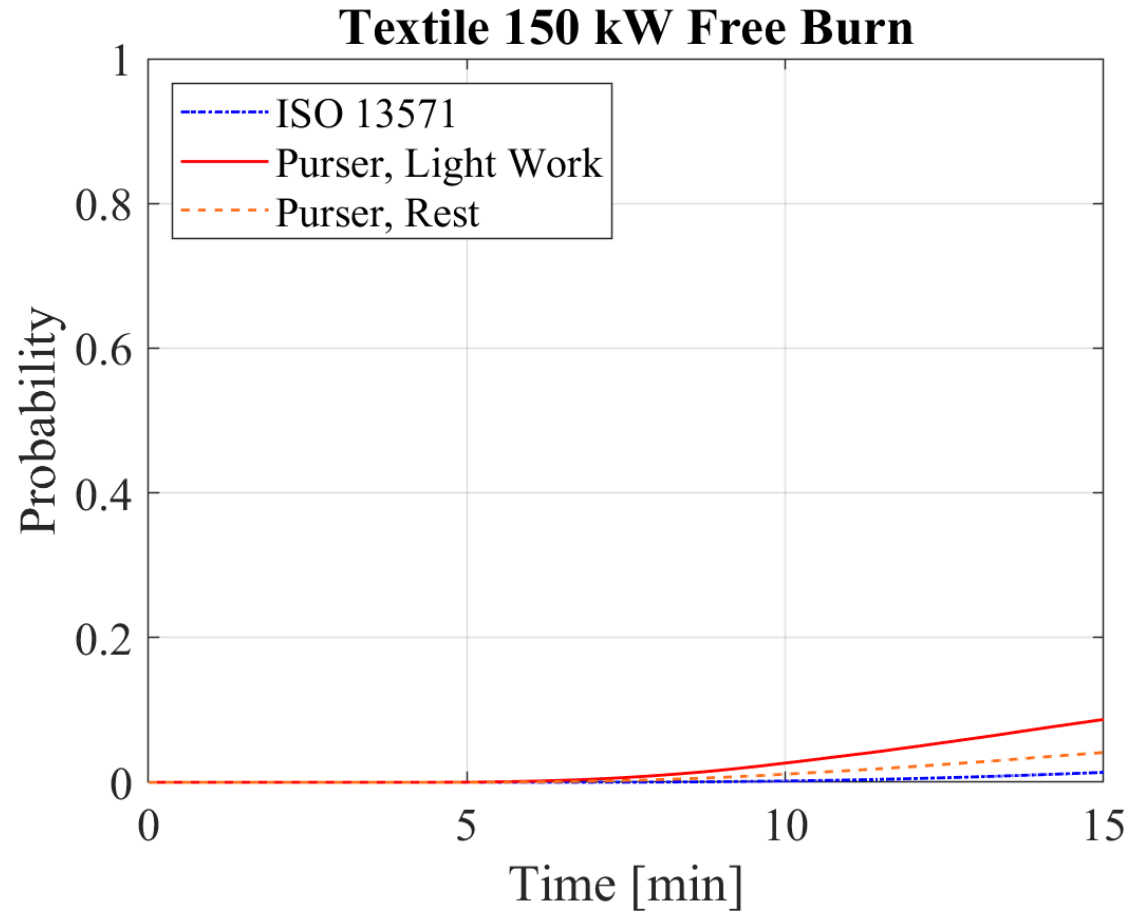
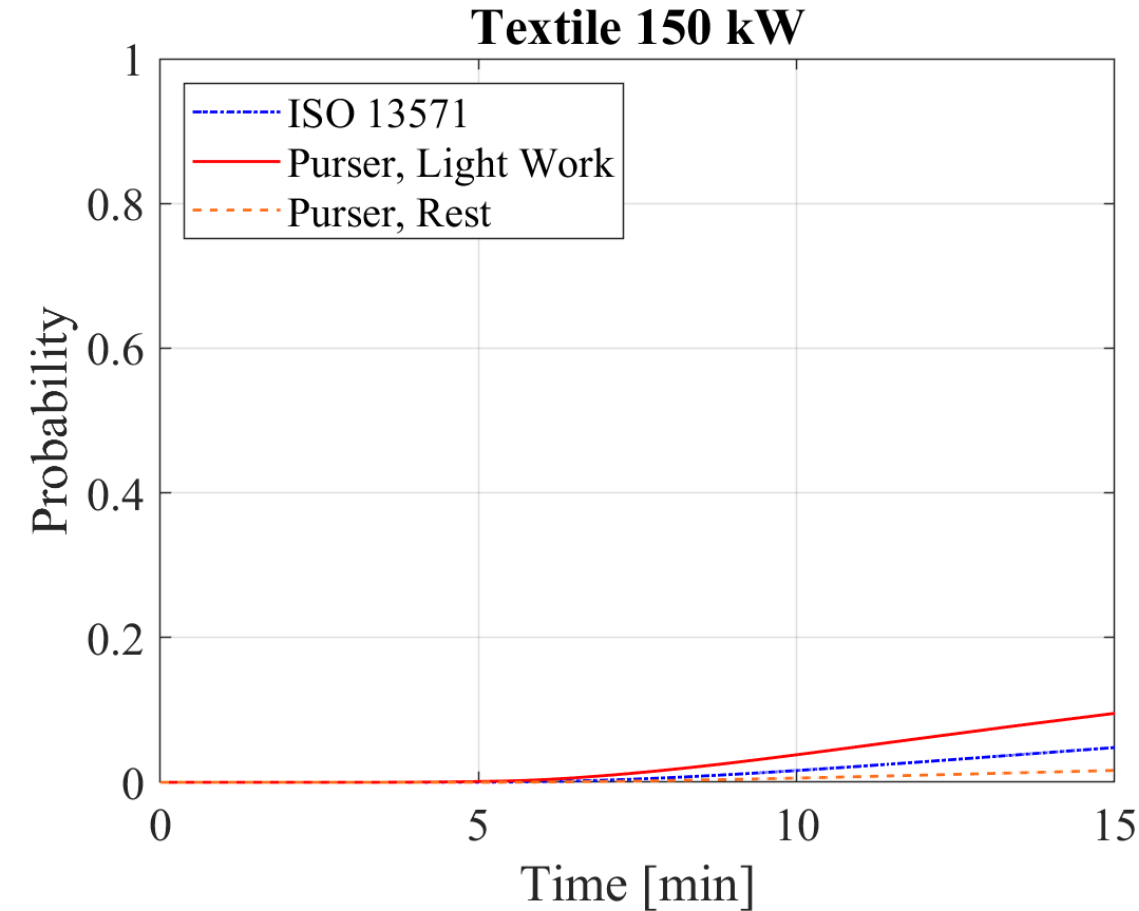


UL1626 Free Burn



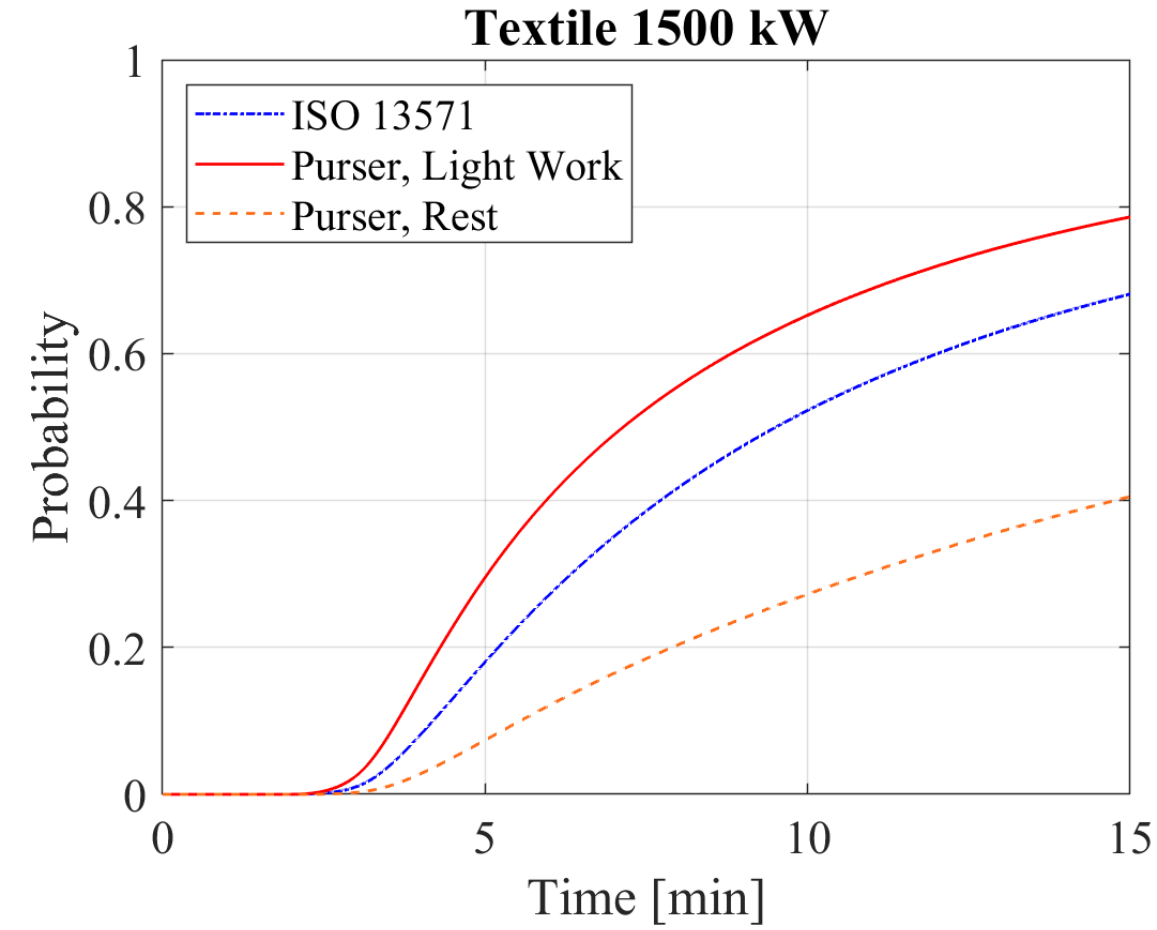
Lamaantumisen todennäköisyys

– Tekstiili 150 kW



Lamaantumisen todennäköisyys

– Tekstiili 1500 kW



Johtopäätökset

1. Ilman sammutuslaitteistoa suuremmat palot aiheuttivat vaaralliset olosuhteet 3 minuutissa. Palokunta ei ehtisi pelastamaan syttymishuoneen potilaita.
2. Sprinkleri rajoitti (100 %) tai sammutti (23 %) palot.
3. Sprinkleri piti lämpötilan alhaisena ja esti ylipaineen. Osaston muille potilashuoneille ja henkilökunnalle aiheutuva vaara pienenee tehokkaasti.
4. Sprinkleri alensi tukahduttavaa (ja ärsyttävää) vaikutusta merkittävästi, lisäten evakuointiaikaa useilla minuuteilla.
5. Sprinkleri lisäsi pelastamisen onnistumistodennäköisyyttä
0...10 % → 60...90 %.
6. “Pienissä” paloissa sprinkleri ei parantanut olosuhteita merkittävästi.

