

# FIRE AND EVACUATION MODELING TECHNICAL CONFERENCE – FEMTC 2018

**Szikra Csaba**

BME Építészmérnöki Kar  
Épületgépészeti és Épületenergetikai Tanszék

**Dr. Takács Lajos Gábor**

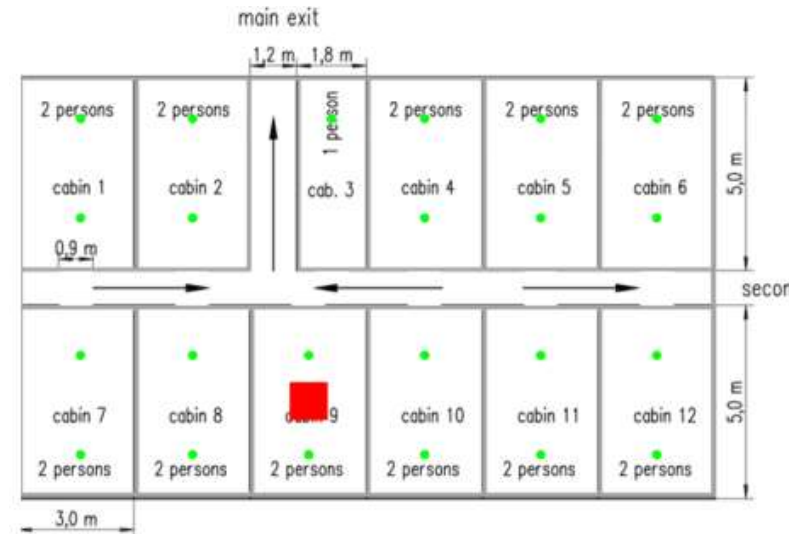
BME Építészmérnöki Kar  
Épületszerkezzettani Tanszék



# DANIEL ROSBERG - WSP BRAND & RISK

## Acceptance Criteria in Fire Safety Engineering: A Review and Case Study

- Az előadás a különböző szimulációk kiértékelési lehetőségéről és összefüggéseiről szólt.
- A svéd és az új-zélandi ajánlások alapján modelleztek és elemeztek egy alaprajzi elrendezést, kiemelten vizsgálva a füst összetétel alakulását.
- A vizsgálat célja volt bemutatni, hogy a FED (Fractional Effective Dose) jellemzők használata milyen modellezési kihívásokat okoz, illetve mekkora felelősséget jelent a modellt készítő és felhasználók részéről!
- Legfontosabb megállapítás: jelenleg világszerte nagyon kevés adat áll rendelkezésre az anyagok égés során kibocsátott mennyiségére és ezáltal a FED értékek alakulására, amely így még kétséges teszi ezen mérőszám általános alkalmazását.



### Fractional effective dose (FED) concept

- More common when evacuation through smoke
- More complex method
- Fire model (CFD) to calculate concentrations
- Evacuation model to calculate dose



# DANIEL ROSBERG - WSP BRAND & RISK

## Acceptance Criteria in Fire Safety Engineering: A Review and Case Study

Table 1 Comparison of acceptance criteria in the Swedish and New Zealand building regulations.

Criteria	Swedish building regulations <sup>(1)</sup> BBRAD 3	New Zealand Building Code <sup>(1)</sup> C/VM2
Smoke layer above floor level	Smoke layer > 1.6 + (ceiling height)*0.1 [m]	-
Visibility	Visibility > 10 m (spaces > 100 m <sup>2</sup> )	Visibility <sup>(2)</sup> > 10 m (spaces > 100 m <sup>2</sup> )
Visibility	Visibility > 5 m (spaces < 100 m <sup>2</sup> or spaces where queuing start early in the evacuation)	Visibility <sup>(2)</sup> > 5 m (spaces < 100 m <sup>2</sup> )
Thermal radiation	Radiation < 2.5 kW/m <sup>2</sup> or a short-term radiation of < 10 kW/m <sup>2</sup> combined with a maximum energy dose of < 60 kJ/m <sup>2</sup> in excess of the energy from a radiation level of 1 kW/m <sup>2</sup>	Requirements for radiation exposure along egress routes.
Temperature	Temperature < 80 °C	FED <sub>thermal</sub> criteria specified
Carbon monoxide toxicity	[CO] < 2000 ppm	FED <sub>CO</sub> criteria specified
Carbon Dioxide toxicity	[CO <sub>2</sub> ] < 5%	-
Oxygen availability	[O <sub>2</sub> ] > 15%	-
FED	-	FED <sub>CO</sub> < 0.3 FED <sub>thermal</sub> < 0.3 <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Criteria assessed at 2.0 meters above the walking surface.  
<sup>(2)</sup> For the NZBC this criteria does not apply if the building is sprinkler protected with fewer than 1000 people.

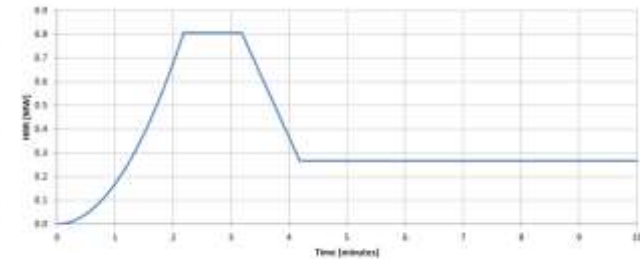


Figure 2: Design fire based on BBRAD 3 with sprinkler activation limiting the fire size.

“simple chemistry”  
 parameters with a  
 reaction of  
 C 4.56;  
 H 6.56;  
 O 2.34;  
 N 0.4



# DANIEL ROSBERG - WSP BRAND & RISK

## Acceptance Criteria in Fire Safety Engineering: A Review and Case Study

Table 2: Fire parameters used in the modelling.

Yield	Units	BBRAD 3	NIST sofa <sup>(1)</sup>
Peak fire size (no sprinklers)	MW	5	-(3)
Peak fire size (with sprinklers) – see Figure 2	MW	0.8	-(3)
Growth rate (t-squared)	kW/m <sup>2</sup>	0.047	-(3)
Heat of combustion	MJ/kg	20	-(3)
Fraction of Hydrogen in soot	-	0.1 <sup>(2)</sup>	0.1 <sup>(2)</sup>
Yields (per gram of fuel consumed)			
Soot	[g/g]	0.1	-(3)
Carbon Dioxide (CO <sub>2</sub> )	[g/g]	2.5	1.59
Carbon Monoxide (CO)	[g/g]	0.1	0.0144
Hydrogen Cyanide (HCN)	[g/g]	-	0.0035
Hydrogen Chloride (HCl)	[g/g]	-	0.018
Nitrogen Dioxide (NO <sub>2</sub> )	[g/g]	-	0.07
Acrolein (C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O)	[g/g]	-	0.008
Formaldehyde (CH <sub>2</sub> O)	[g/g]	-	0.02

(1) Upper limits for the pre-flashover NIST sofa taken as inputs.  
(2) No value given. FDS default assumed.  
(3) No value given. BBRAD 3 value assumed.





# DANIEL ROSBERG - WSP BRAND & RISK

## Acceptance Criteria in Fire Safety Engineering: A Review and Case Study

Table 3: Tenability criteria used for the modelling

ID	Criteria	Level	Swedish building regulations <sup>(1)</sup> BBRAD 3
1	Smoke layer above floor level	Smoke layer > 1.6 + (ceiling height)*0.1 [m]	
2a	Visibility, 2.0 m above floor level	Visibility > 10 m (spaces > 100 m <sup>2</sup> )	
2b	Visibility, 2.0 m above floor level	Visibility > 5 m (spaces < 100 m <sup>2</sup> )	
3	Thermal radiation	Radiation < 2.5 kW/m <sup>2</sup>	
4	Temperature	Temperature < 80 °C	
5a	Carbon monoxide toxicity	[CO] < 2000 ppm	
5b	Carbon Dioxide toxicity	[CO <sub>2</sub> ] < 5%	– Common values – FED < 1.0 – 50 % of the population being susceptible – FED < 0.3 – 11 % of the population being susceptible
5c	Oxygen availability	[O <sub>2</sub> ] > 15%	
6a	FED (not part of BBRAD)	FED < 0.3	
6b	FED (not part of BBRAD)	FED < 1.0	
7	FIC (not part of BBRAD)	FIC < 1.0	

$$FED_{TOT} = FED_{CO} + FED_{CN} + FED_{NO_x} + FLD_{irr} \times HV_{CO_2} + FED_{O_2}$$

$$FED_{CO} = \int_0^t 2.764 \times 10^{-5} (C_{CO}(t))^{1.036} dt$$



# KATIE MCQUADE-JONES AND MATT BILSON

## Natural Ventilation Of A Short Road Tunnel Application Of FDS+EVAC

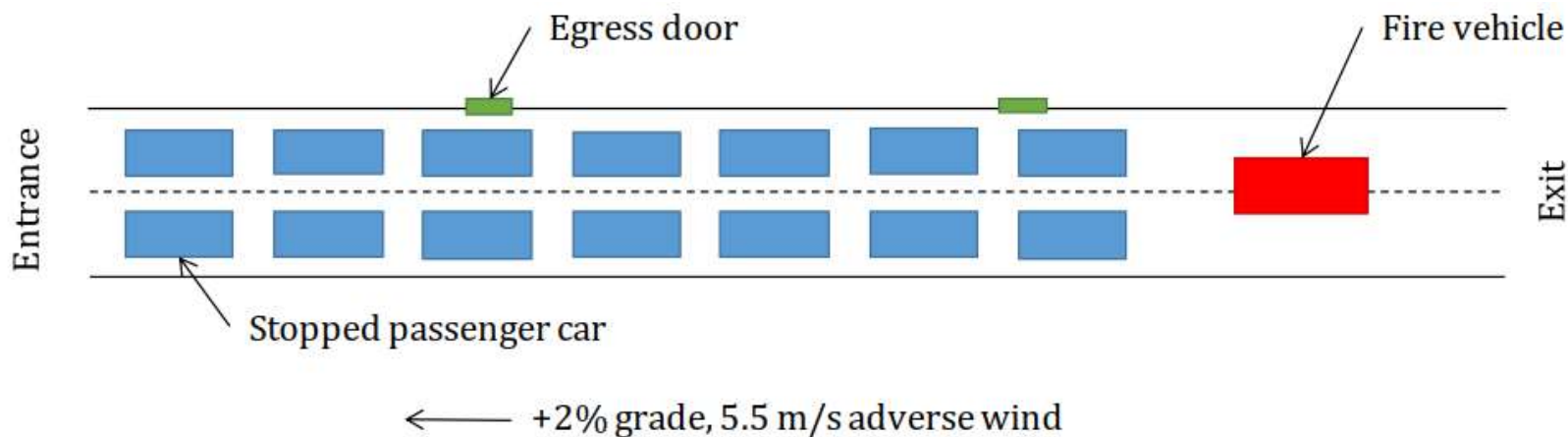
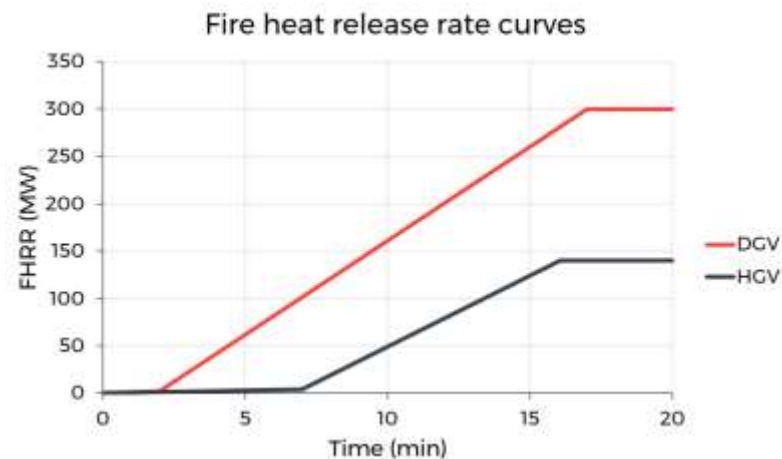


Figure 2: Schematic layout of two-lane tunnel and fire scenario

- Rövid illetve a hosszú alagutak tűzeseti viselkedéseit vizsgálta (esettanulmányok).
- A New York-i rövid (200-300 m), de széles (2×4, 2×6 sáv) alagutak esetében igazolták, hogy tehergépjármű nagyobb teljesítményű tűzesetét (300 MW) figyelembe véve még rövid alagutak esetén is szükség lehet köztes menekülési pontok kialakítása.



# KATIE MCQUADE-JONES AND MATT BILSON

## Natural Ventilation Of A Short Road Tunnel Application Of FDS+EVAC

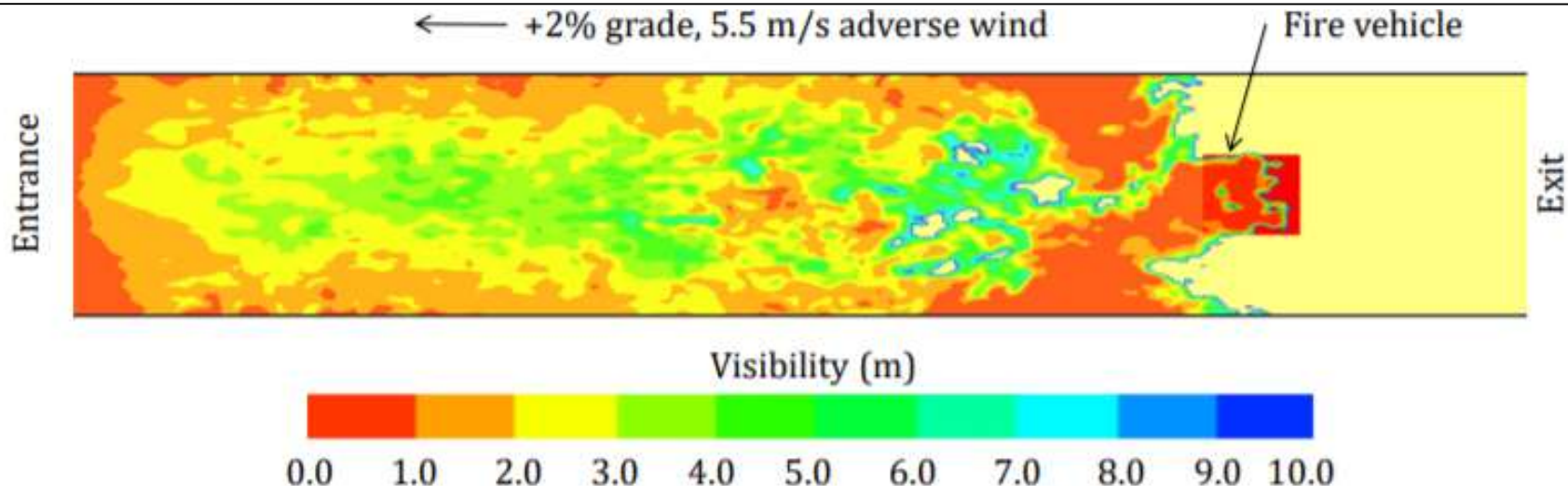


Figure 8: Case FEM-01-07, visibility at 2.4 m above roadway at 335 s (as last occupant exits)

Követelmények NFPA 502 szerint:

**Emergency ventilation shall not be required in tunnels** less than 3280 feet (1000m) in length, where it can be shown by an engineering analysis that the *level of safety* provided by a mechanical ventilation system is equaled or exceeded by enhancing the means of **egress** or the **use of natural ventilation**.

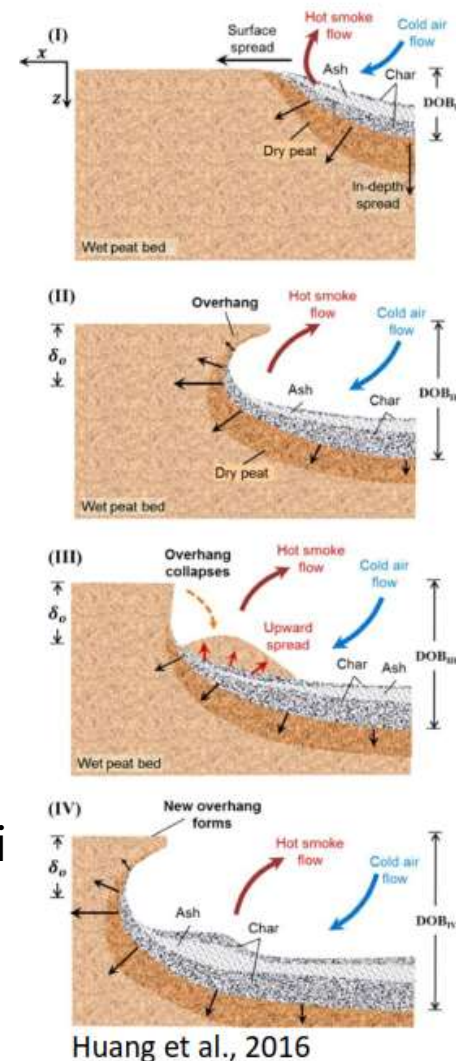
*level of safety* - In all cases, the desired goal shall be to provide an evacuation path for motorists who are exiting from the tunnel and to facilitate fire-fighting operations.





# RANDALL MCDERMOTT – NIST

## Development of 3D Heat Transfer and Pyrolysis in FDS



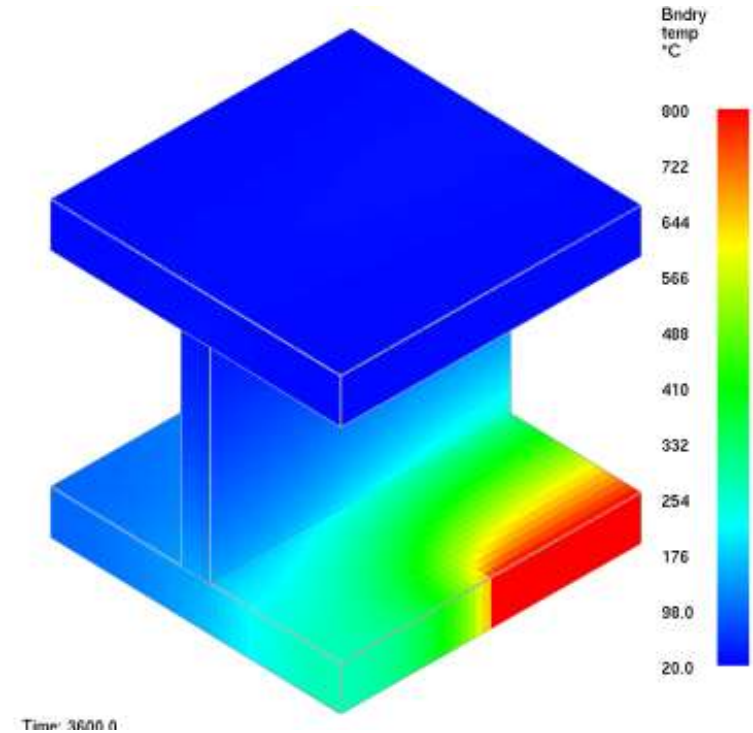
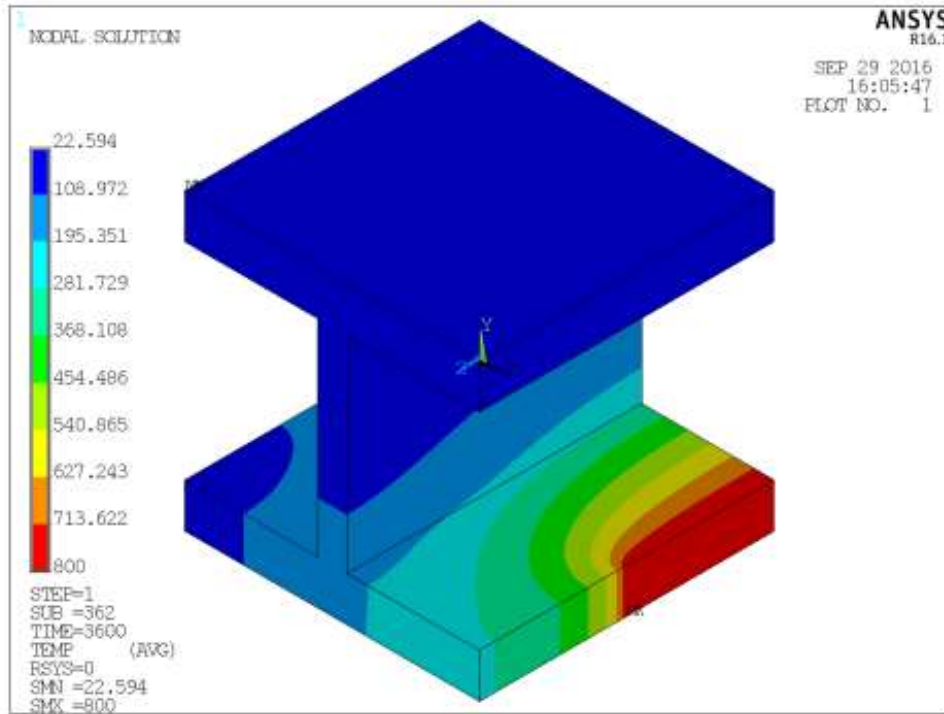
- Összetett szerkezetek belsejében a hőmérséklet időbeli változása
- Terjedő lángok vizsgálata
- Parázsló égés vizsgálata





# RANDALL MCDERMOTT – NIST

## Development of 3D Heat Transfer and Pyrolysis in FDS



Lehetőségek:

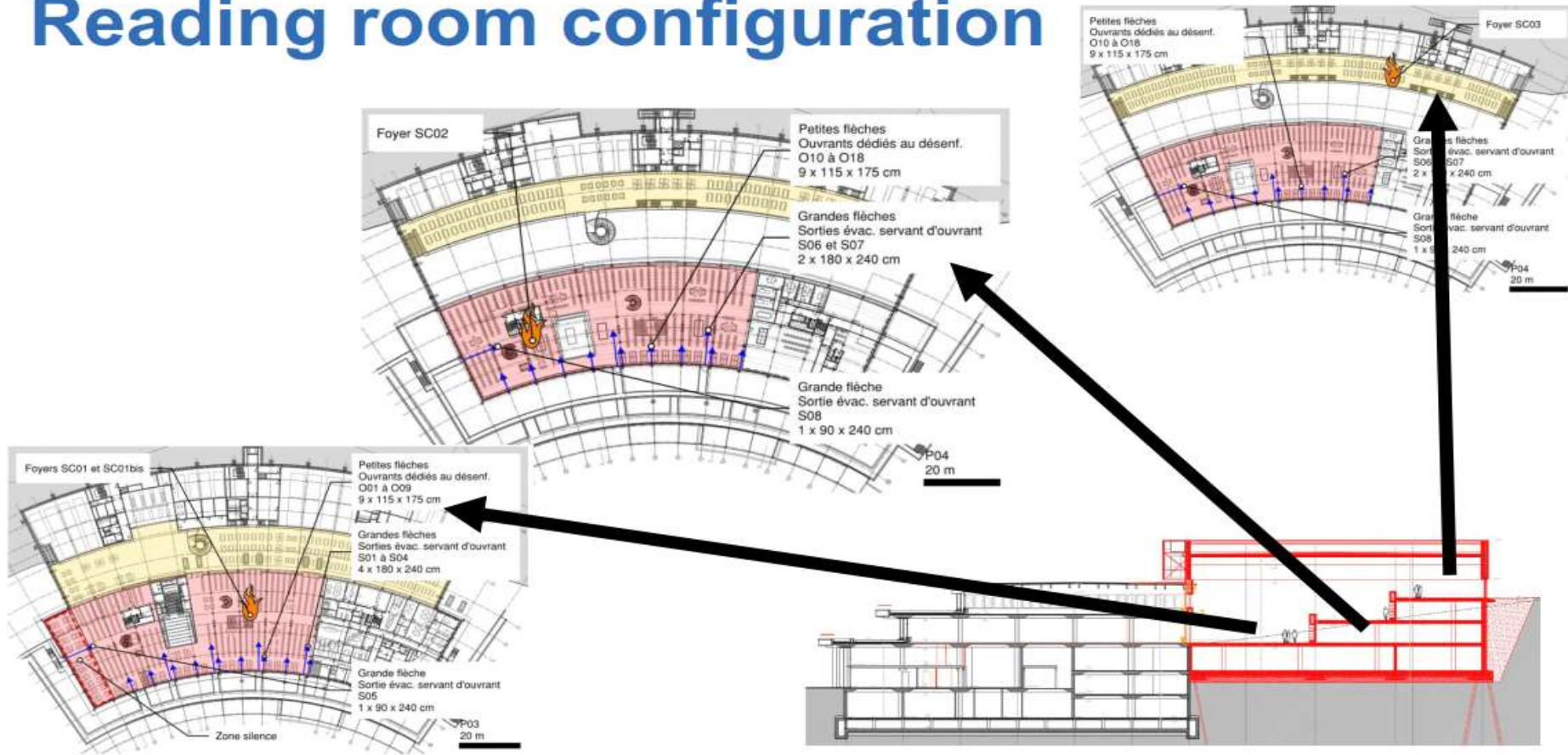
- Levegő oldalon időben és térben változó hőmérséklet
- Sugárzással a felületen belépő hő modellezése
- Elégő, eltűnő elemek modellezése
- Éghető anyagtranszport a szerkezet belsejéből a felület felé



# DR. Sylvain DESANGHERE; Eric TONICELLO

Pre-design of the Performance-Based Design of the smoke management system Lausanne University Library

## Reading room configuration

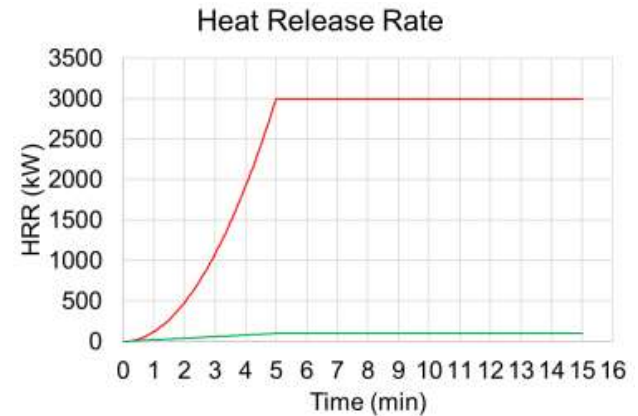
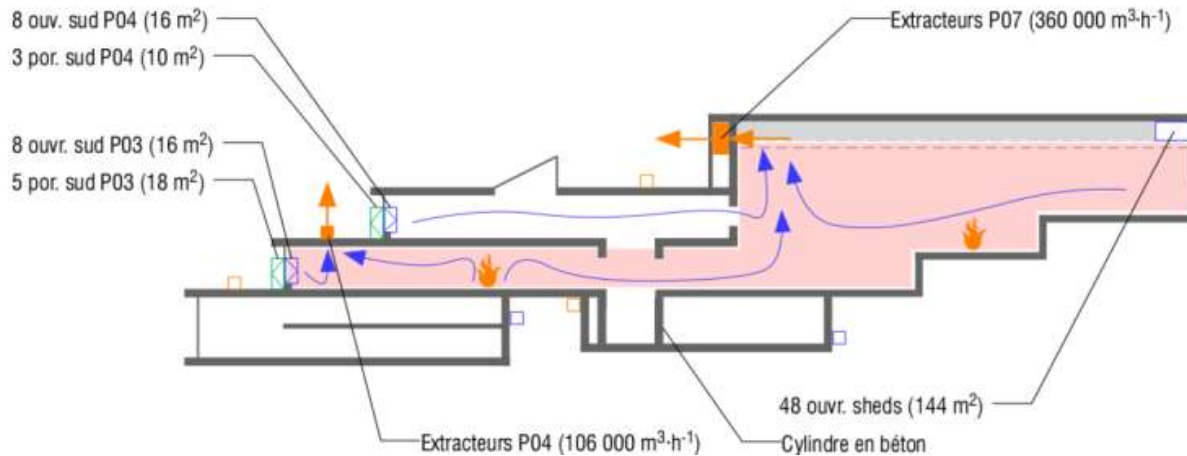


Könyvtár eredeti épülethez hozzáépítés - Füstterjedés és menekülési szimuláció Gépi elszívás, természetes légpótlással - Automatikus oltóberendezés nélkül

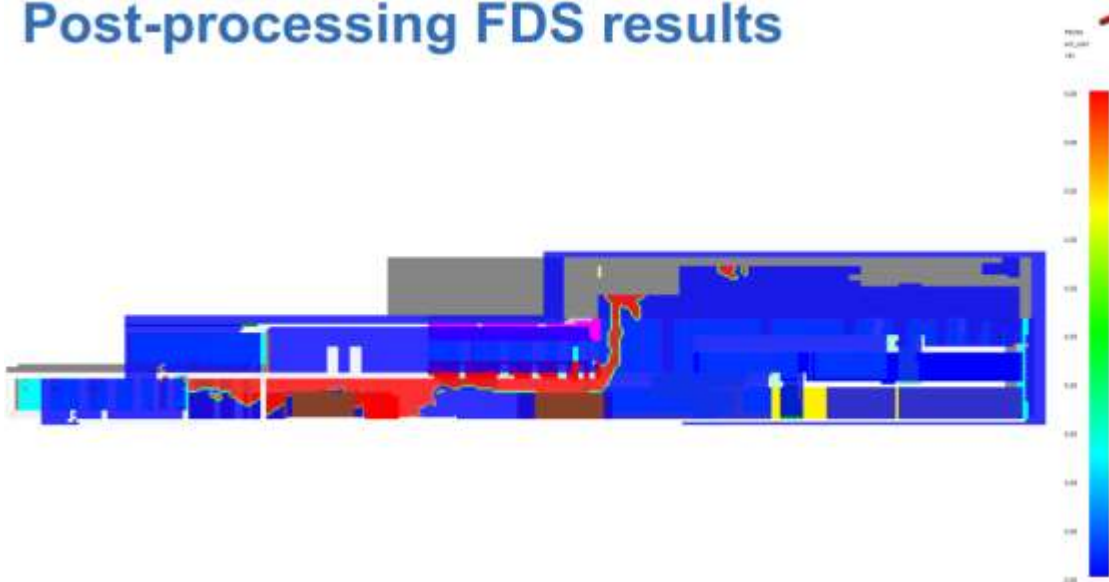


# DR. Sylvain DESANGHERE; Eric TONICELLO

## Pre-design of the Performance-Based Design of the smoke management system Lausanne University Library



### Post-processing FDS results



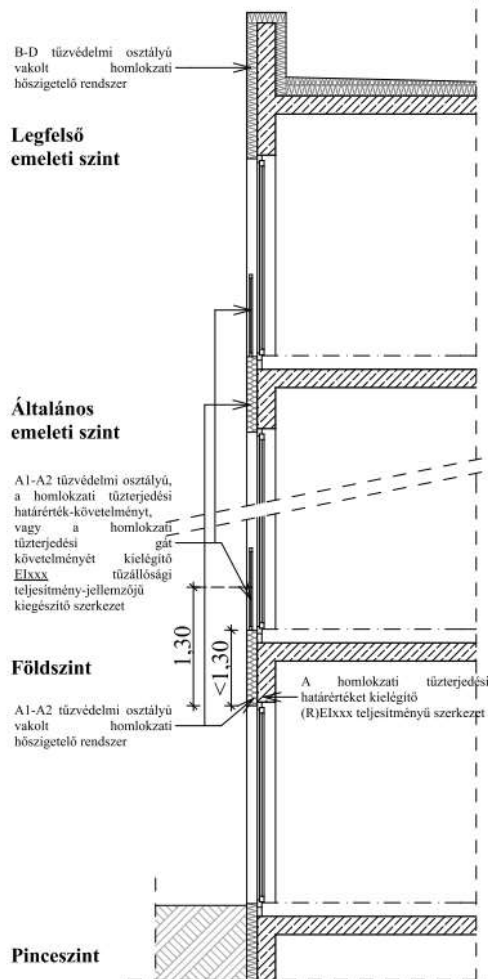
### Fire scenarios

- Cellulosic and plastic « mixed » fire
- 25 MJ/kg – 5 % soot production
- Small « smoky » fire
- 25 MJ/kg – 10 % soot production
- Several locations in the room

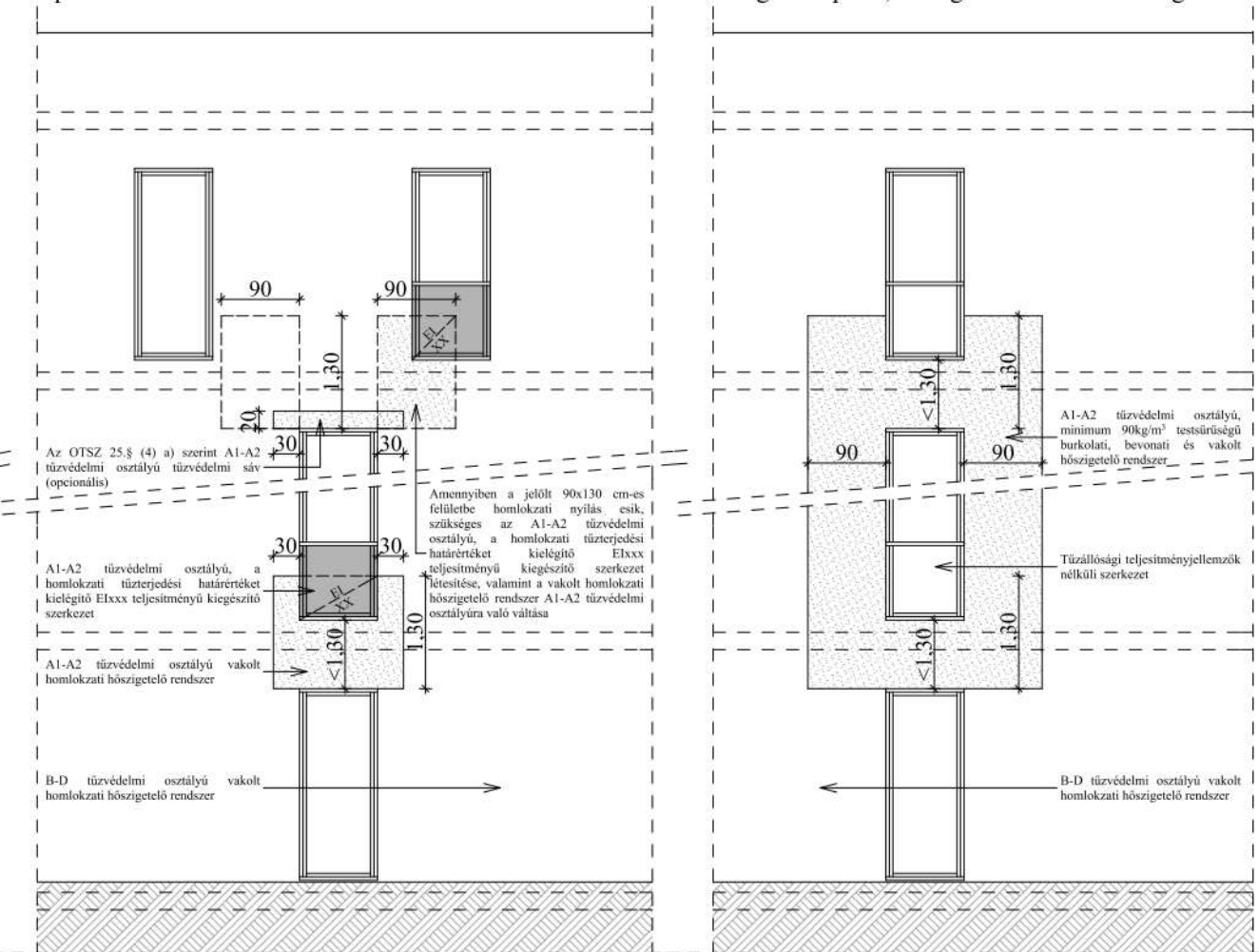


# HOMLOKZATI TŰZTERJEDÉS ELLENI VÉDELEM FRANCIAERKÉLYEK

Új létesítésű épület

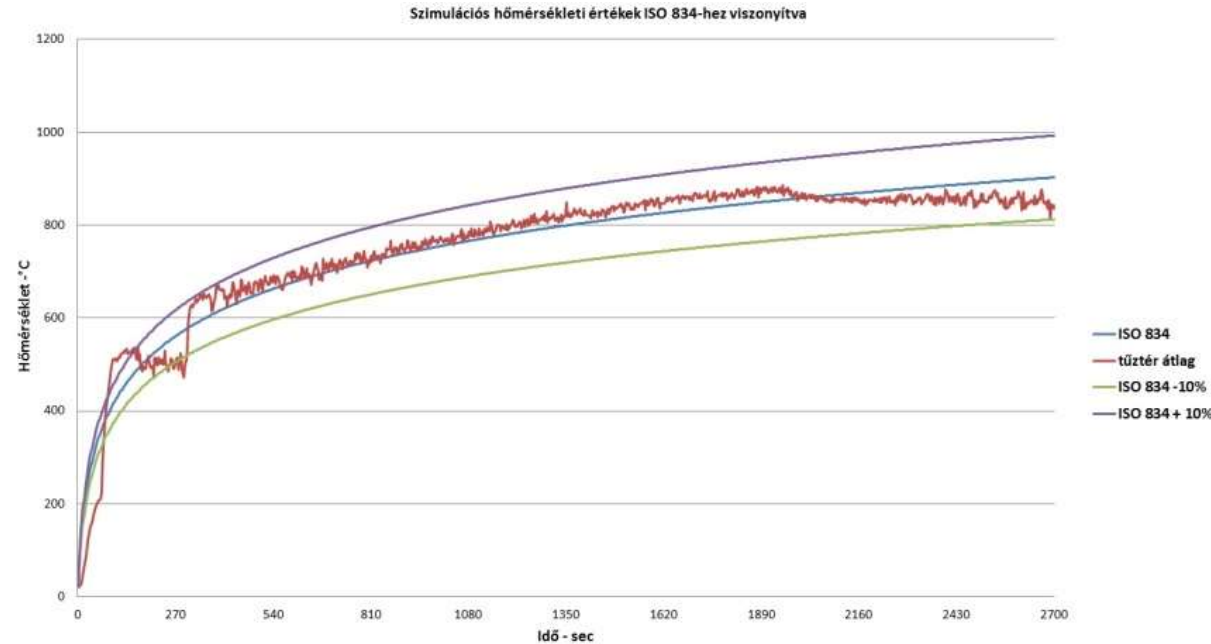
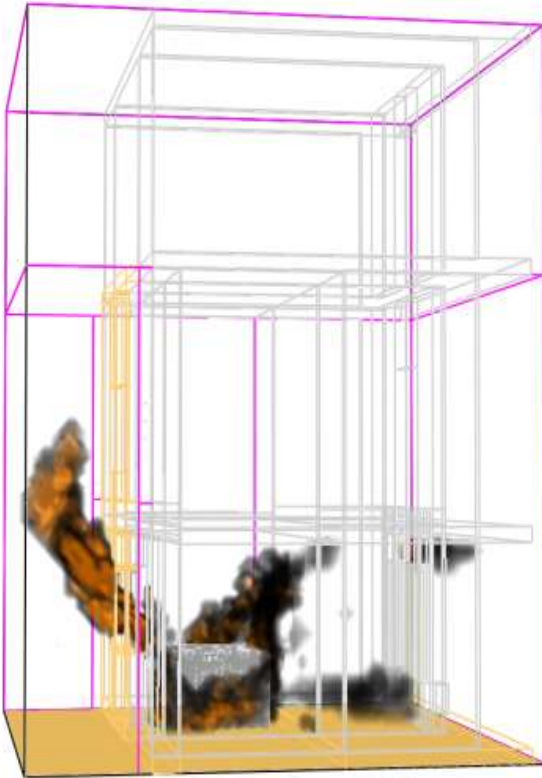


Meglévő épület, utólagos homlokzati hőszigetelés





# HOMLOKZATI TŰZTERJEDÉSI HATÁRÉRTÉK-VIZSGÁLAT CFD MODELLEZÉSE

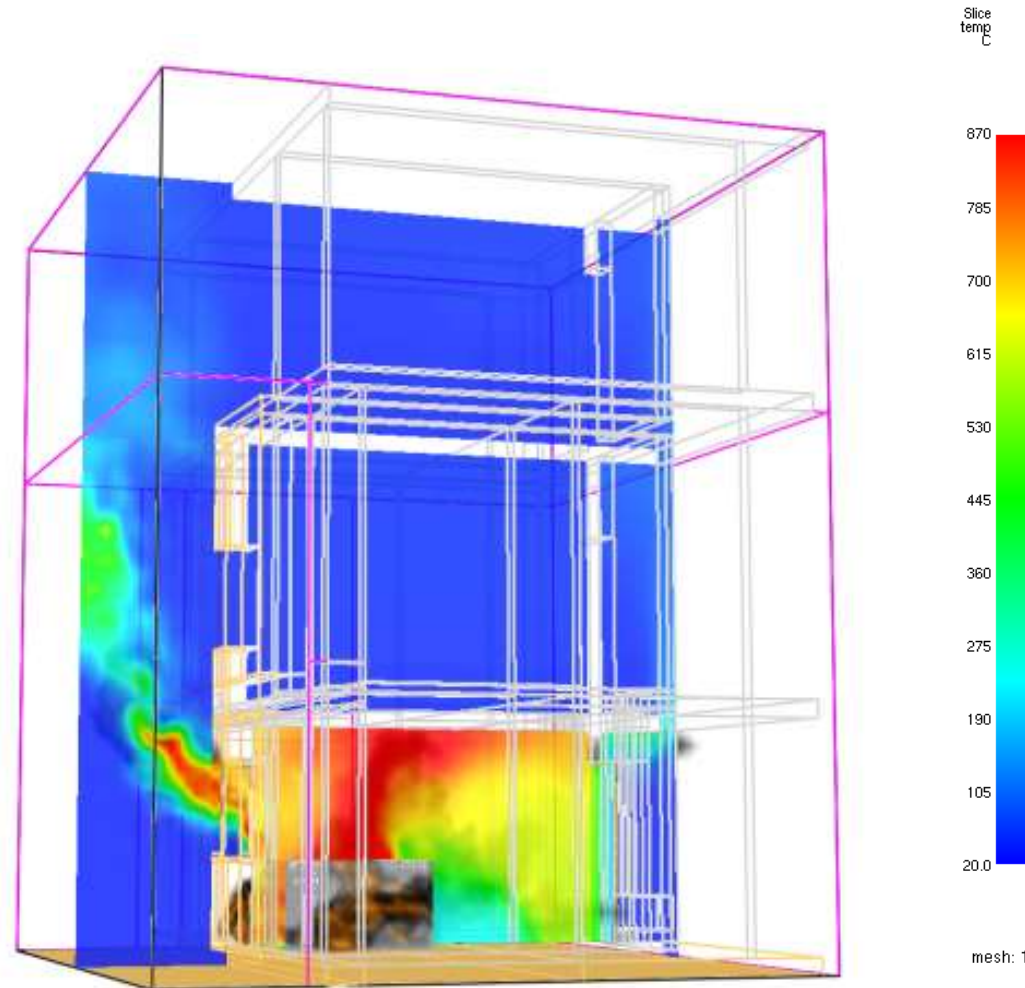


Homlokzati tűzterjedési határérték-vizsgálat  
modellezése CFD szimulációval  
A modell validálása valós vizsgálati  
eredmények összehasonlításával

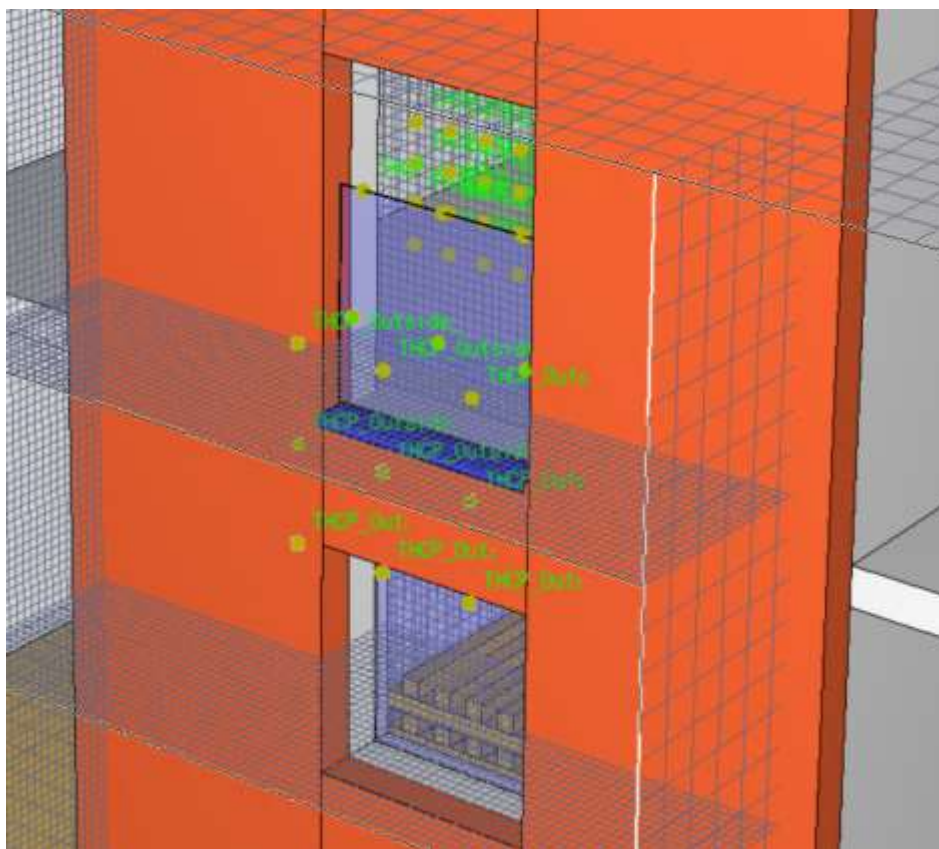


# HOMLOKZATI TŰZTERJEDÉSI HATÁRÉRTÉK-VIZSGÁLAT CFD MODELLEZÉSE

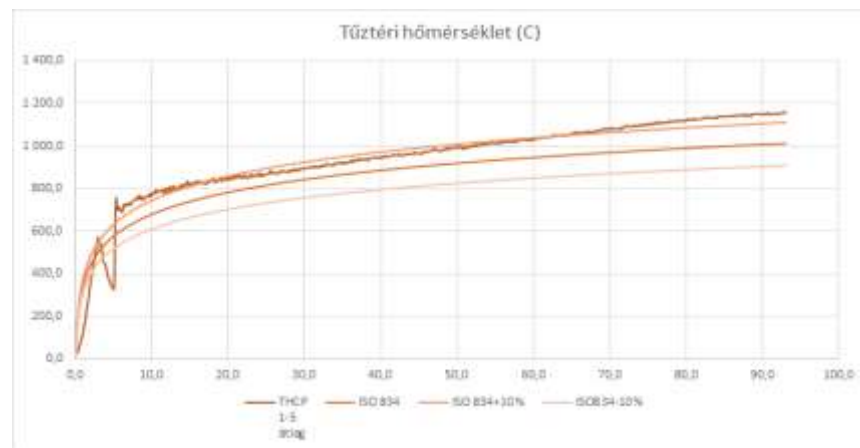
- A módszer nem helyettesíti a laborvizsgálatot
- Alkalmassá tehető annak vizsgálatára, hogy ismert vizsgálati eredménytől eltérő geometriai viszonyok esetén azok alkalmazhatók-e
- Feltétel: a már elvégzett vizsgálati eredményeivel a modell validálandó
- Feltételezett partnerségi kapcsolat: BME, ÉMI, MEPS, európai szervezetek
- Eredmény: jogszabály-módosítás (vagy TvMI) a módszer alkalmazhatóságára



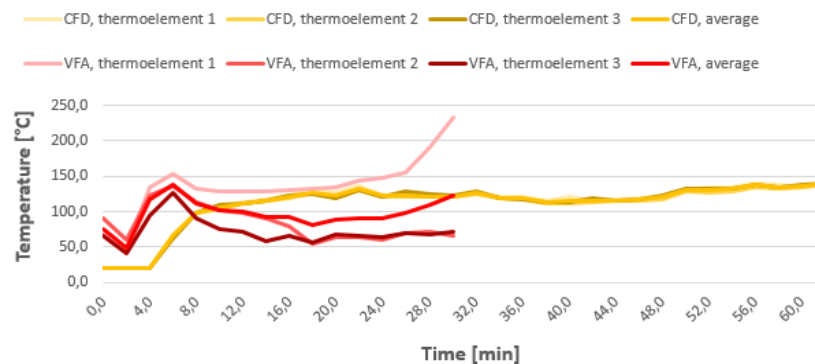
# FRANCIAERKÉLYEK – MEGLÉVŐ VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK KITERJESZTÉSE CFD SZIMULÁCIÓVAL



Parapetüvegre jutó hőmérséklet kité vizsgálata CFD szimulációval

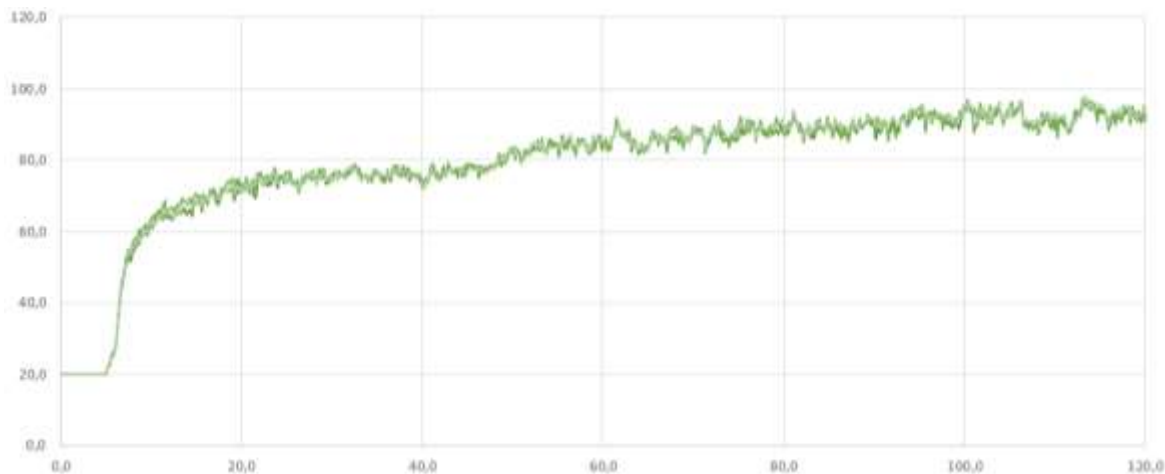


Gáztéri hőmérséklet alakulása – a továbbfejlesztett modell validációja

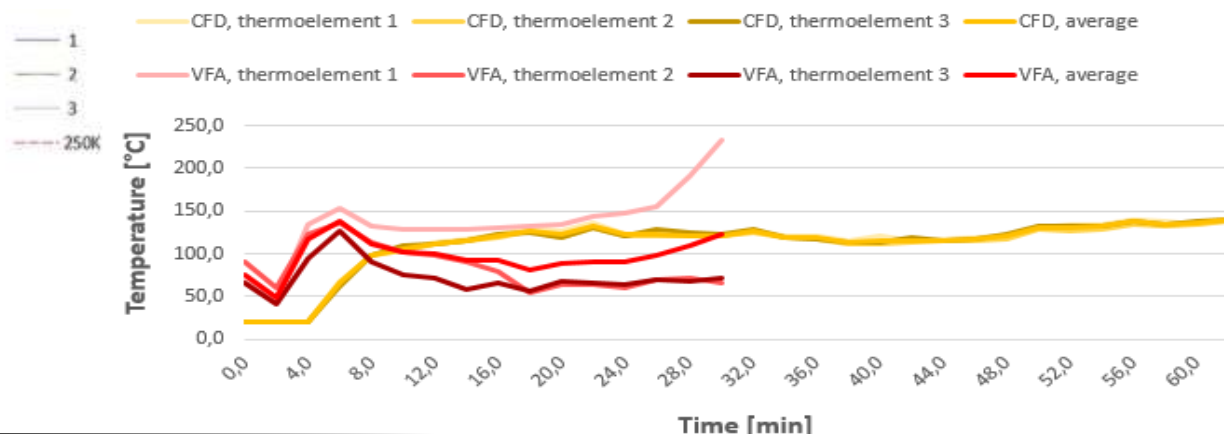
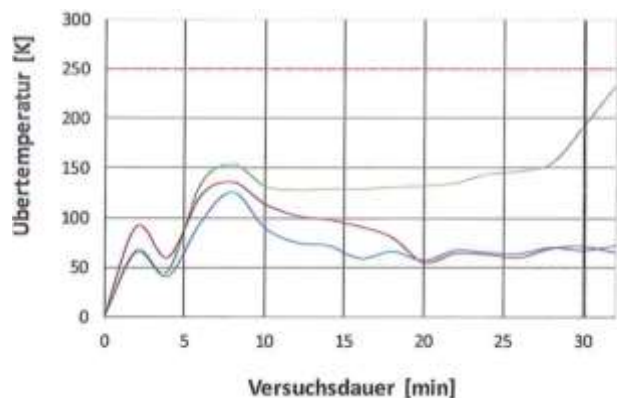


# FRANCIAERKÉLYEK – MEGLÉVŐ VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK KITERJESZTÉSE CFD SZIMULÁCIÓVAL

Az üvegkorláton belül, +3,35 m magasságban elhelyezett hőmérsékletmérő műszerek grafikonjai egymásra másolva. Az átlaghőmérséklet nem haladja meg a 90 °C-t, a hőmérséklet emelkedés 20 °C kiindulási hőmérséklet mellett pedig a 40-70 K-t a teljes, 120 perces vizsgálati időtartam alatt.

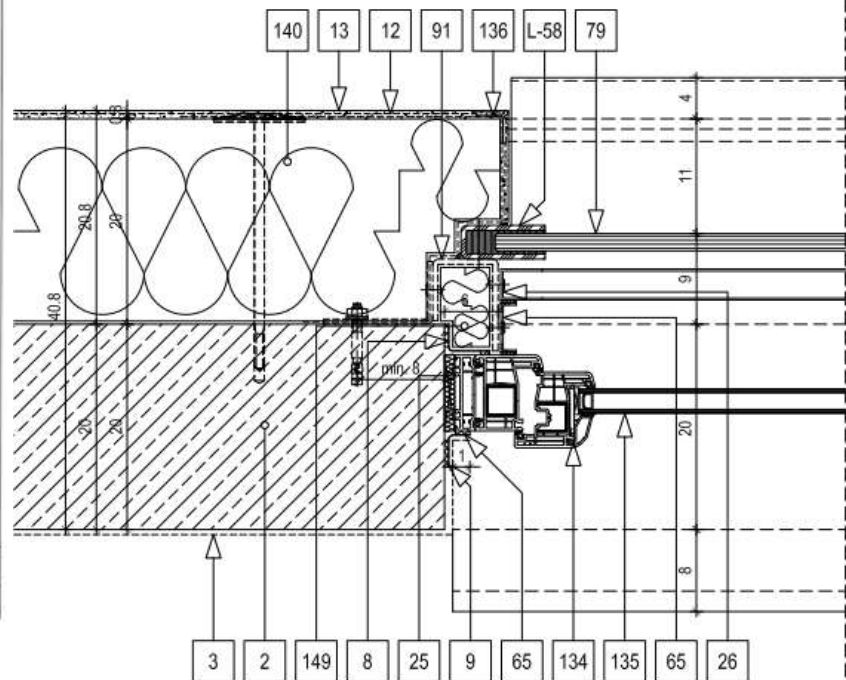
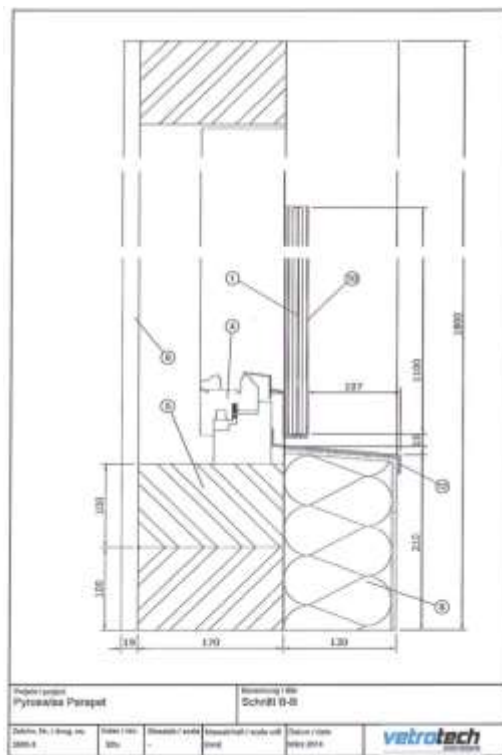
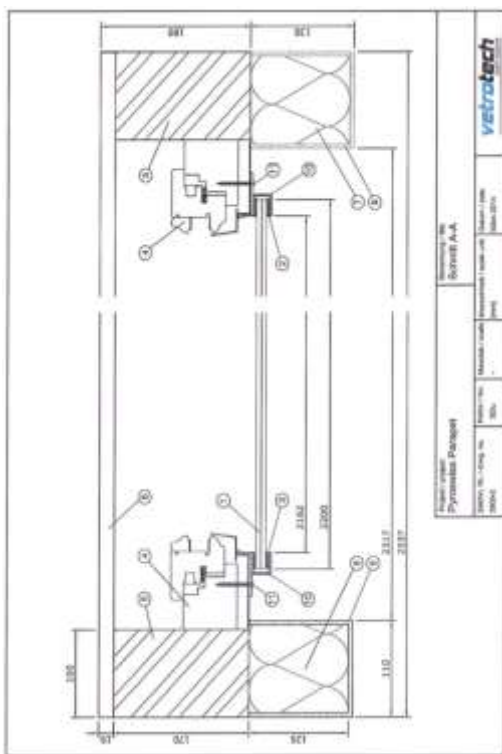


Lent balra: az MA 39 – VFA 2014-0244.01 sz. vizsgálat során parapetüveg felső élén mért hőmérsékleti adatok, jobbra a vizsgálati eredmények a szimulációs eredményekkel összemásolva (validáció)





# FRANCIAERKÉLYEK – MEGLÉVŐ VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK KITERJESZTÉSE CFD SZIMULÁCIÓVAL



Franciaerkély tűzállósági vizsgálati részletek (ÖNORM B 3800-8:2013 szabvány szerinti vizsgálat során), forrás: Vetrotech Saint-Gobain

Beépítési részlet (tervező: Farsang és Dudinszky Tervezőiroda)



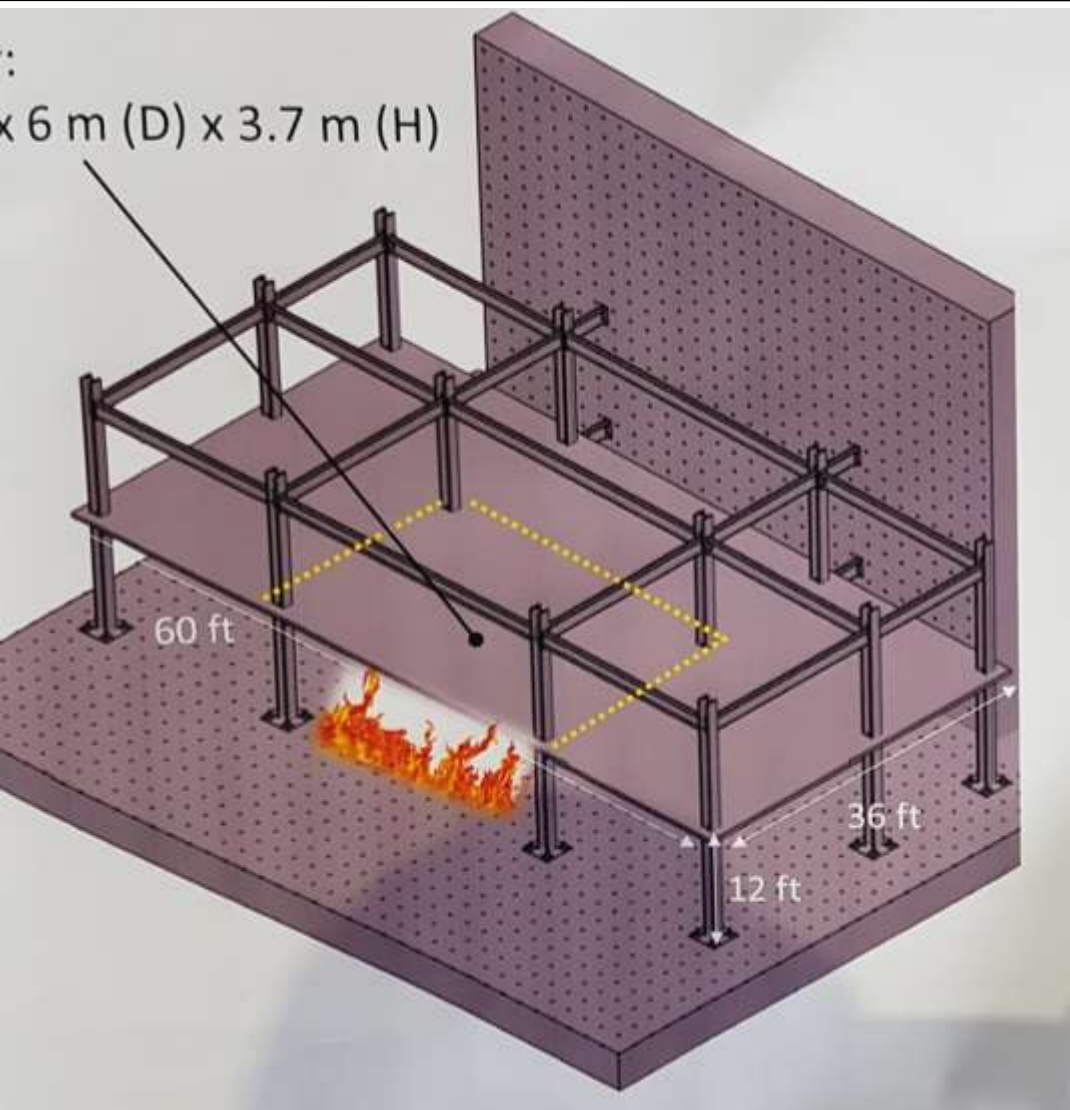
# LABOR LÁTOGATÁS - NIST



3 hagyományos vizsgálóberendezés  
gyűjtőernyőkkel – 2, 5, 10 MW  
csúcsteljesítményű tüzek vizsgálatára



# LABOR LÁTOGATÁS - NIST

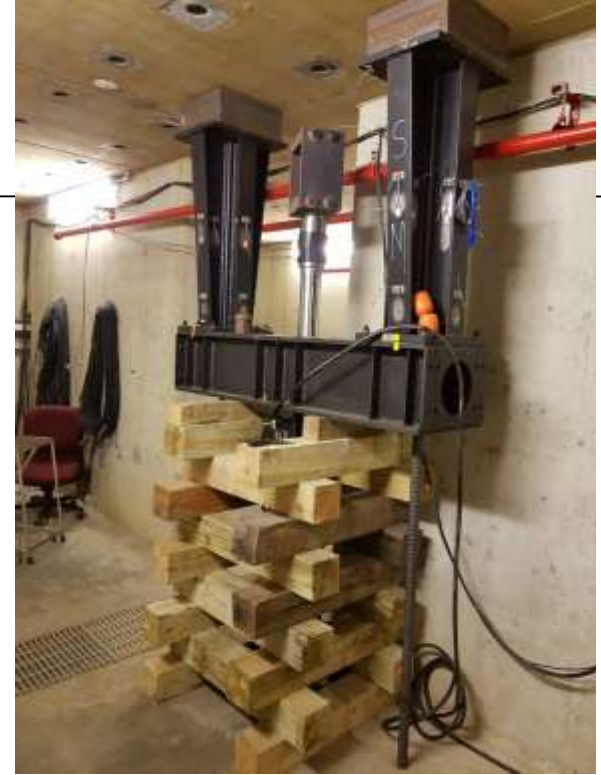


2019-2020: nagyméretű tüzek vizsgálatára alkalmas földem- és falszerkezet – a vizsgálóberendezés nem kemence, a valós építményszerkezetet kell benne megépíteni, a platform alkalmas a megterhelésére is





# LABOR LÁTOGATÁS - NIST



2019-2020: nagyméretű tüzek vizsgálatára alkalmas földem- és falszerkezet – a vizsgálóberendezés nem kemence, a valós építményszerkezetet kell benne megépíteni, a platform alkalmas a megterhelésére is



FEMTC 2018 – nemzetközi kitekintés, tapasztalatok

© Szikra Csaba, Dr. Takács Lajos Gábor

BME Építészmérnöki kar, Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszék, Épületszerkezet-tani Tanszék





# LABOR LÁTOGATÁS - NIST



Tűzgátló habarcs a laboratóriumban

Gépészet és sprinkler a laborban – a sprinklert vizsgálat idején lekapcsolják



## VIII. Lakiteleki Tűzvédelmi Szakmai Napok

# Köszönöm a figyelmet

**Szikra Csaba**

BME Építésmérnöki Kar  
Épületgépészeti és Épületenergetikai Tanszék

**Dr. Takács Lajos Gábor**

BME Építésmérnöki Kar  
Épületszerkezzettani Tanszék

