

A szimuláció szerepe a hő- és füstelvezetésben

Balatonföldvár, 2017. április 27-28.

Szikra Csaba

BME Építésztechnológiai Kar

Veresné Rauscher Judit

Flamella Kft.

Miről lesz ma szó?

- Szimulációs lehetőségek
- Szereplők kapcsolatai, felelősségi körök
 - Kik vesznek részt benne?
 - Kié az ötlet és a megvalósítás?
 - Kié a felelősség?
- Csarnok épület hő- és füstelvezetése
Lehetőségek és eredmények
- Csarnok épület kiürítése
Lehetőségek és eredmények
- Szimulációk összedolgozása
- Tanulságok



Szimulációs vizsgálatok – TvMI lehetőségek

- Tűz- és füstterjedési vizsgálat
 - hő- és füstelvezetés vizsgálata
 - komplett tűzfolyamatok vizsgálata
 - füstelvezetés optimalizálás
 - füstkötények elhagyása
 - homlokzati tűzterjedés
- Tűztávolság vizsgálata
- Menekülési vizsgálat
 - kiürítési idő vizsgálata (normaidő)
 - meneküléshez szükséges és rendelkezésre álló idő összehasonlítása
 - meglevő épület funkcióváltás, létszám növekedés
 - nagy létszámú és/vagy nagy kiterjedésű épület tervezése
 - rendezvények vizsgálata
- (Tűztéri hőmérséklet meghatározása)
 - termikus analízis bemenő adata
 - nem jóváhagyás köteles

Szimulációs vizsgálatok – Ki? Mikor?

Ki keresi meg a szimuláció készítőjét?

tűz- és füstterjedés

- Építész/generál tervező
- Tűzvédelmi tervező
- Épületgépész tervező
- Kivitelező
- Üzemeltető

menekülés

- Építész/generál tervező
- Tűzvédelmi tervező
- Építtető
- Üzemeltető

Mikor keresik meg a szimuláció készítőjét?

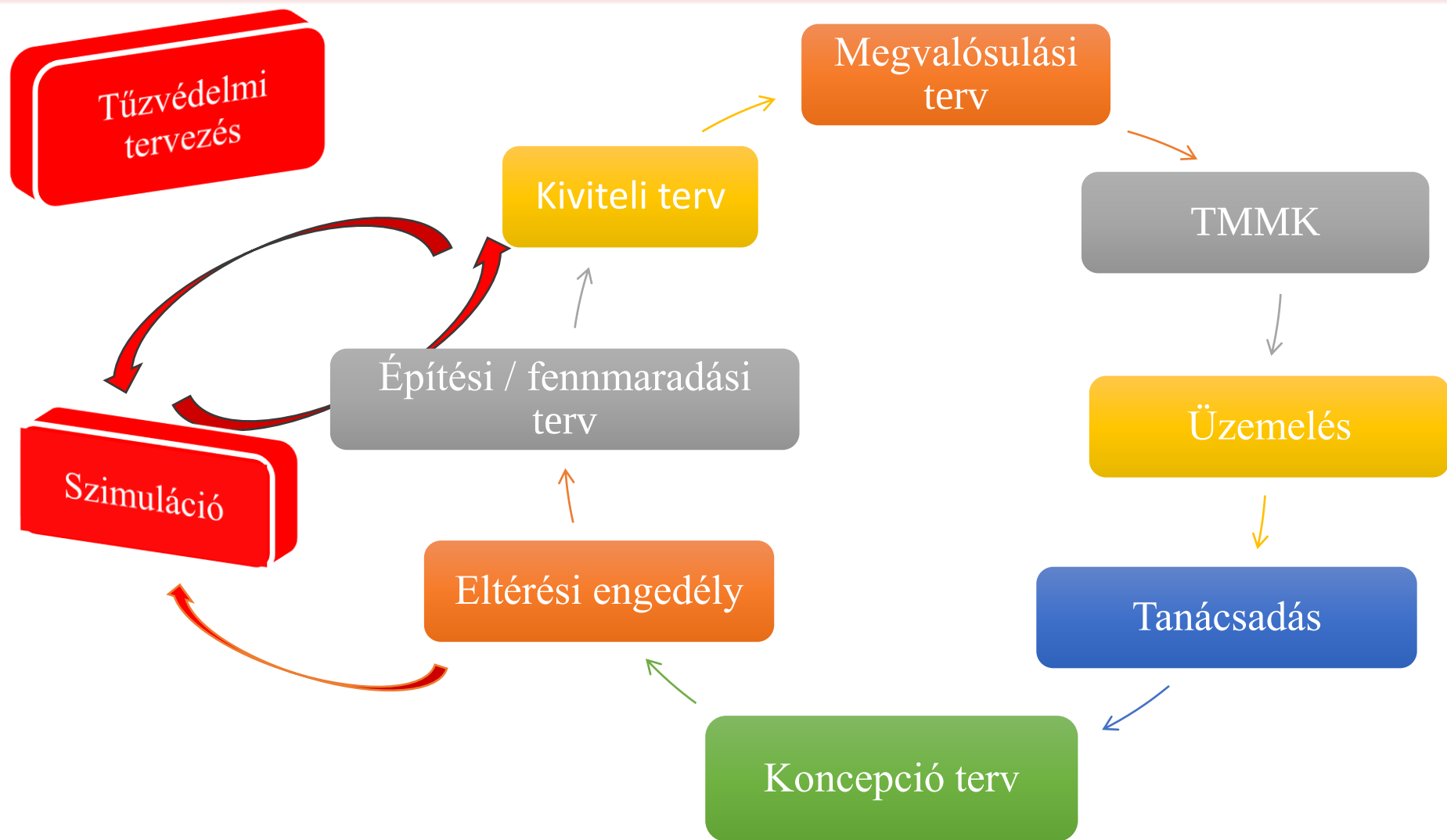
tűz- és füstterjedés

- építési engedély
- kiviteli tervezés
- kivitelezés
- üzemelés alatt

menekülés

- építési engedély
- kiviteli tervezés
- üzemelés alatt
- rendezvényszervezés

Szimulációs vizsgálatok – tervezés menete



Szimulációs vizsgálatok - Ki miért felel?

- Építtető/Beruházó/Üzemeltető

- Használati adatok megadása
- Eredmények ismerete, feladatok elvégzése
- Üzemelési feltételek betartása



nem feladata az adatok értelmezése, direkt utasítások adása

- Építész/generál tervező

- A lehető legpontosabb térbeli adatok
- Szakági tervezők összefogása
- Eredmények következményeinek visszadolgozása



módosítás esetén együtt gondolkodás ...

- Gépész és elektromos tervező

- Tervezett gépészeti és elektromos kialakítás
- Eredmények után szükséges alkalmazás

- Hatóság

- Engedélyezés, ellenőrzés
- Átvétel, ellenőrzés

- Kivitelező

- A szimulációban levő feltételek ismerete, betartása

Szimulációs vizsgálatok - Ki miért felel?

- Tűzvédelmi tervező
 - Tűzvédelmi alap adatok meghatározása, tűzvédelmi koncepció kialakítása
 - Szimuláció szükségességének meghatározása, javaslat a kiindulási adatokra
 - Szimuláció eredményeinek áttekintése és elfogadása esetén beépítése az általános tűzvédelmi kialakításba
- Szimuláció készítője
 - Szimulációs adatok meghatározása, alátámasztása
 - Szimuláció készítése, értékelése, szükséges módosítása
 - Elemzés készítése, jóváhagyás előkészítése
 - Adatszolgáltatás generál és szakági tervezők irányába

a feladatköröket
végezheti ugyanaz a
személy
vagy
külön szakemberek
együttműködve

Fontos az együttműködés és együtt tervezés !!!



DE mi történik,
ha nincs meg
az egyetértés?

Szimulációs vizsgálatok - Ki miért felel?

- Tűzvédelmi tervező felelőssége

- Ismeri az épületet és minden tekintetben felel érte
- Tisztában van a szimulációk lehetőségeivel és korlátaival, alap szinten ismeri a működésüket
- Az elemzést tudja értelmezni és az eredményt alkalmazni a kialakításokban



A szimulációért is közösen felel a készítővel!

- Szimuláció készítőjének felelőssége

- Szimulációs kiinduló adatok meghatározása (szakirodalmi alátámasztás): például tűz mérete, felfutása, helye vagy menekülők jellemzői, eloszlása
- Szimuláció készítése, értékelése, szükséges módosításai (körfolyamat)
- Reális és betartható korlátok, feltételek meghatározása, alkalmazása
- Eredmények miatt esetleges koncepció módosításra javaslatok kidolgozása



Ez jellemzően nem az általános tűzvédelmi tervező feladata!



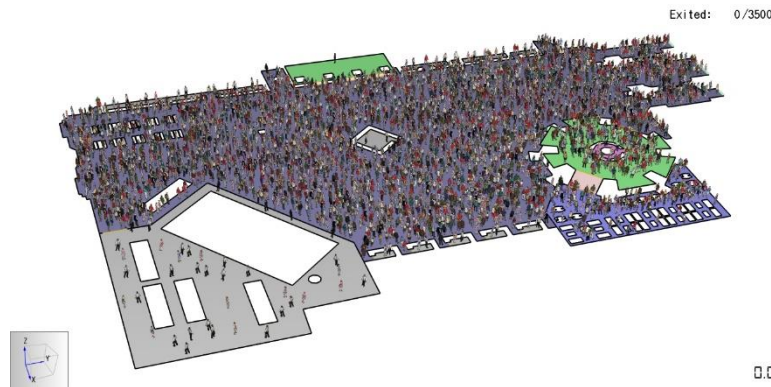
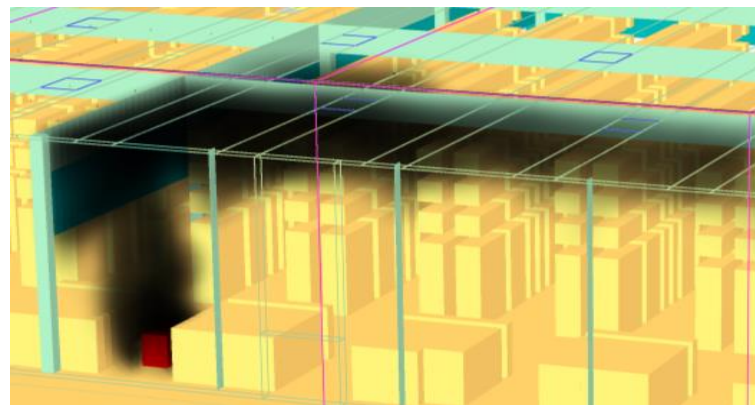
DE sosem önálló döntéssel, csak többi tervezővel együtt

Szimulációs vizsgálatok – Csodaszer?

A szimuláció mindig a valóság egyszerűsítése, annak tervezhetősége miatt! Ennek megfelelően kell tudni elkészíteni és értékelni az eredményeit!

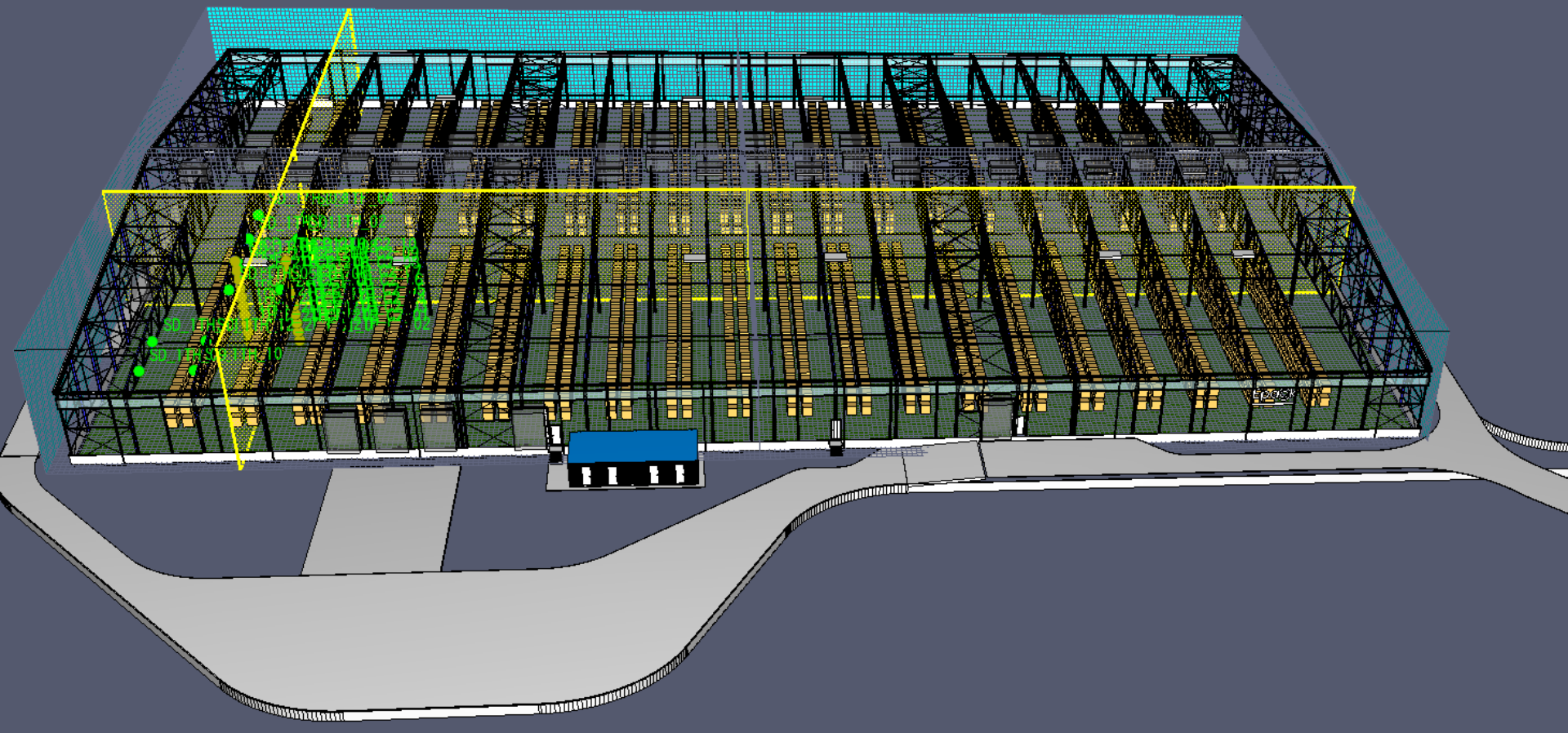
Kérdés, hogy hogyan történik?

Ha nem jó a kiindulás vagy az értékelés, akkor az eredmény hamis biztonságérzetet adhat...



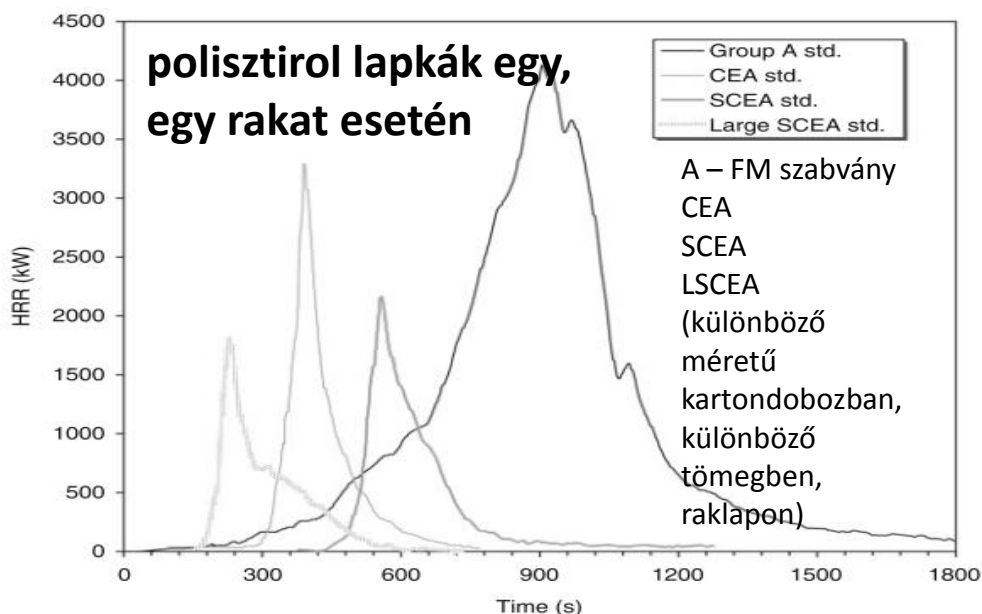
Nem csodaszer, hanem jó kezekben egy korszerű tervezési módszer!
Nézzük meg, hogy hogyan is működhet ez...

Csarnok hő- és füstelvezetése - VA

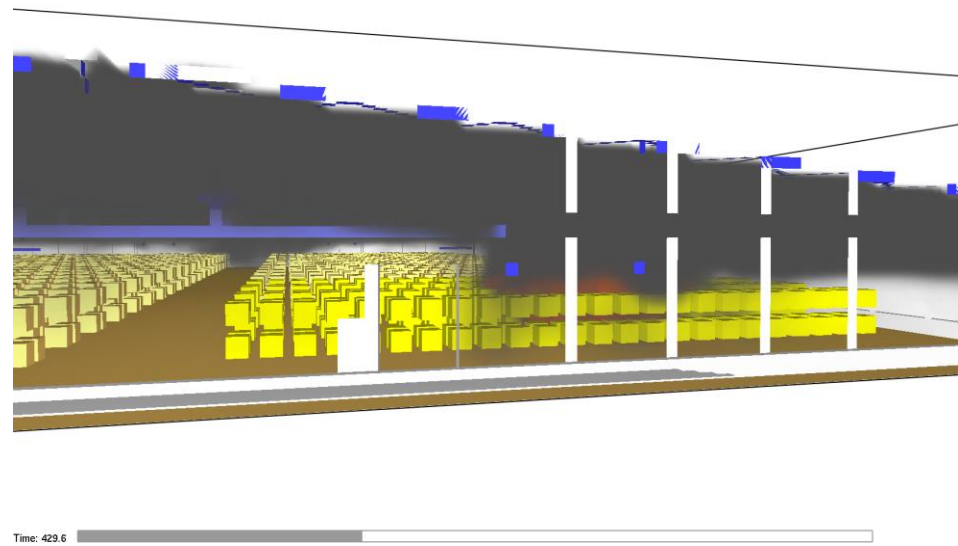
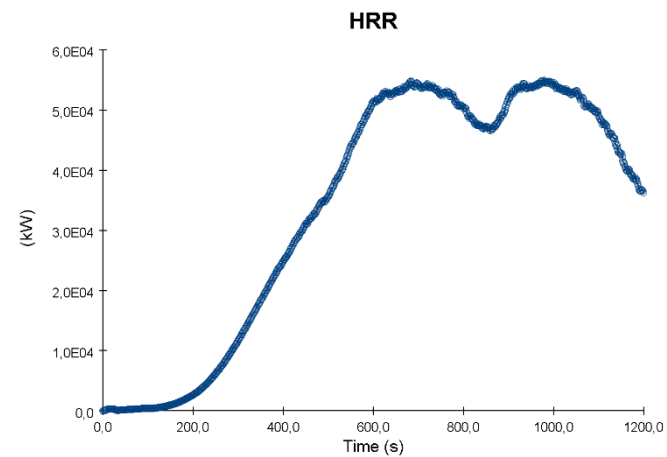
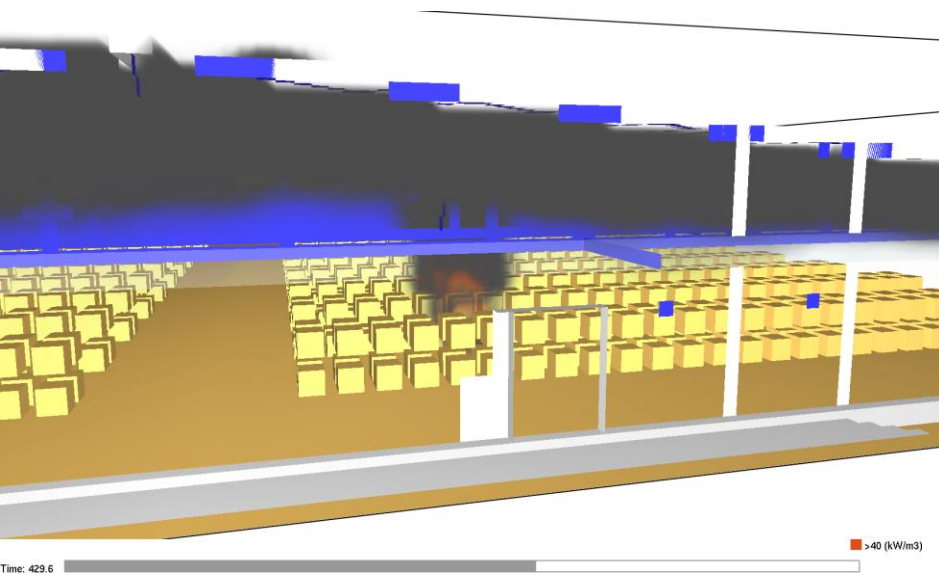
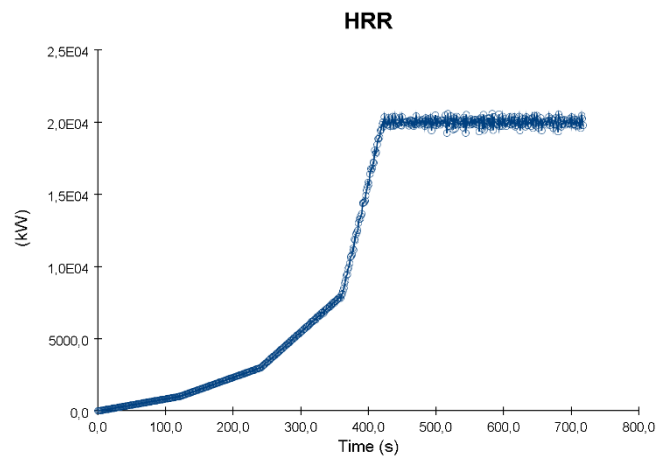


Elméleti háttér – tűzteljesítmény ($HRR=f(t)$)

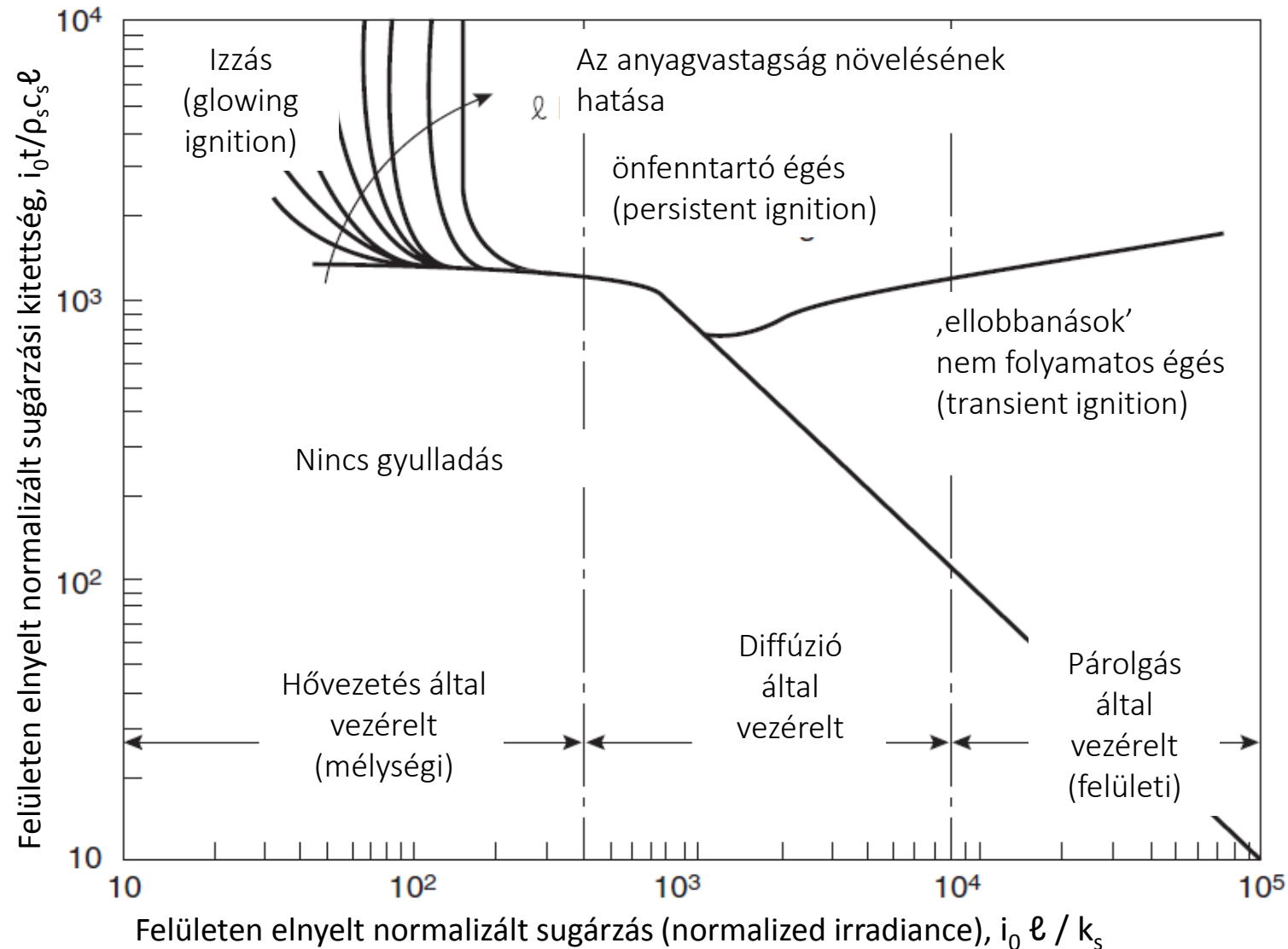
- Tárolt anyagok jellemzői (égéshő, sűrűség, gyulladási hőmérséklet, tömeg, ...)
- Csomagolás módja
- Tárolás módja
- Tárolási magasság
- Tűzforrás helye (a geometriai térben, elhelyezkedése a rakaton)



Helyi- vagy terjedő tűz?



Szilárd, éghető anyagok meggyulladása



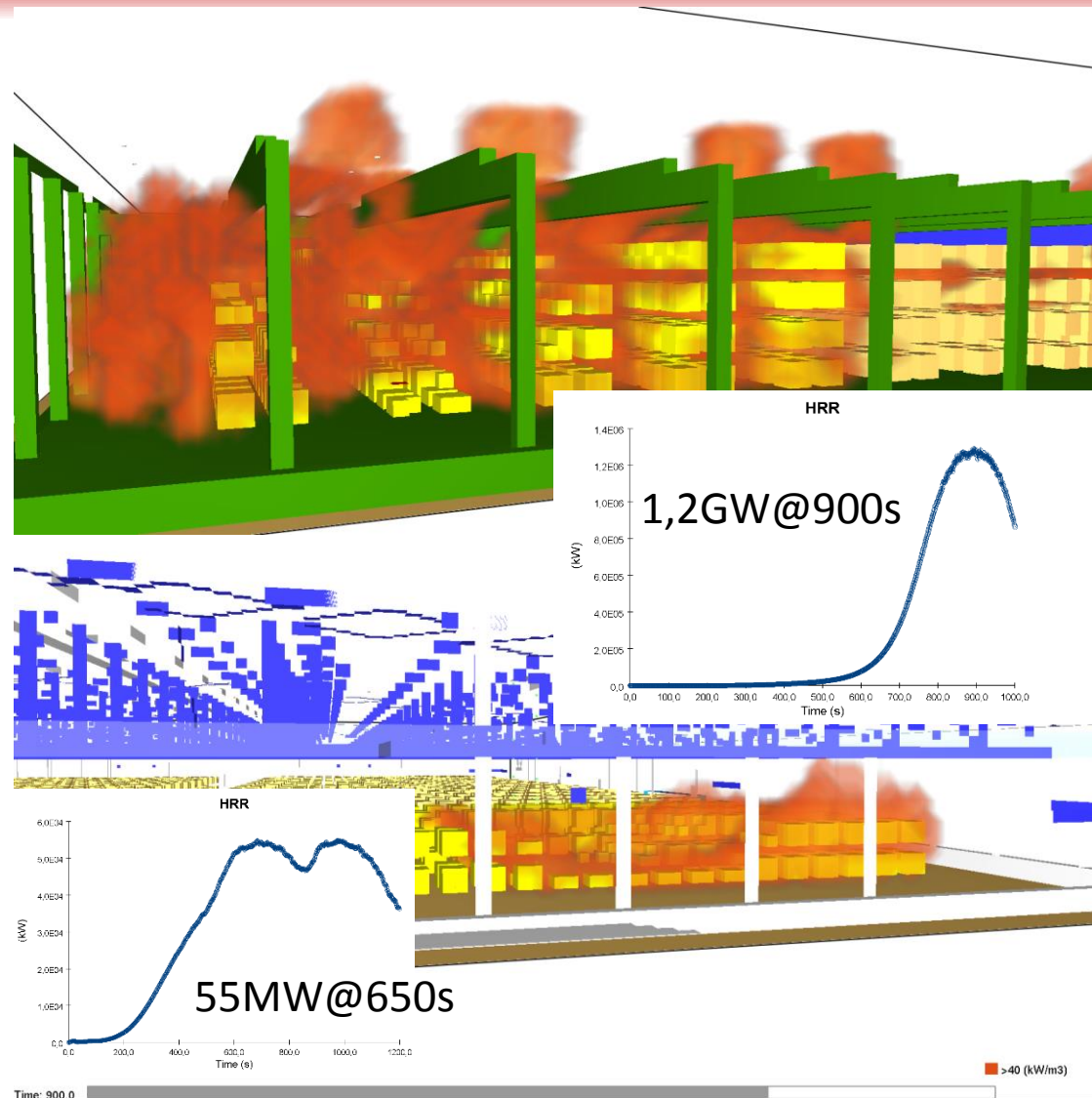
Martin's Map

i_0 : felületen elnyelt sugárzási energia (W/m^2)
 k_s : mintadarab hővezetési tényezője ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)
 ℓ : mintadarab vastagsága (m)
 t : besugárzás időtartama (s)
 $\rho_s c_s$ ($\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{kJ}/\text{kgK} = \text{kJ}/\text{m}^3\text{K}$) – fajlagos térfogathő

Rakatok gyulladása, tűzterjedés sebessége

- Tárolt anyagok felületének jellemzői (vagyis a csomagolástól)
- A tárolt anyag jellemző
- Tárolás módja
- **Tárolási magasság**
- Tűzkeletkezési magassága
- Tűzforrás helye a rakatokon belül
- Tűzforrás helyzete a csarnokban

A terjedő tűz modellezése az FDS-ben a gyulladási hőmérséklettel lehetséges



Láthatóság (1) – Füstfejlesztőképesség, ε (%)

Type	Smoke Conversion Factor, ε
Douglas fir	0.03–0.17
Douglas fir	< 0.01–0.025
Hardboard	0.0004–0.001
Fiberboard	0.005–0.01
Polyvinylchloride	0.03–0.12
Polyvinylchloride	0.12
Polyurethane (flexible)	0.07–0.15
Polyurethane (flexible)	< 0.01–0.035
Polyurethane (rigid)	0.06–0.19
Polyurethane (rigid)	0.09
Polystyrene	0.17 ($m_{O_2} = 0.30$) ^b
Polystyrene	0.15 ($m_{O_2} = 0.23$)
Polypropylene	0.12
Polypropylene	0.016
Polypropylene	0.08 ($m_{O_2} = 0.23$)
Polypropylene	0.10 ($m_{O_2} = 0.23$)
Polymethylmethacrylate	0.02 ($m_{O_2} = 0.23$)
Polyoxymethylene	~0
Cellulosic insulation	0.01–0.12

az egységnyi tömegű
éghető anyag
elégetésekor keletkező
füst tömegszázalékban
kifejezve

$$\dot{Q} = A_f \cdot \dot{m}'' \cdot \chi \cdot \Delta H_c$$

$$\dot{m}'' = \frac{\dot{Q}}{A_f \cdot \chi \cdot \Delta H_c}$$

$$\dot{f} = \varepsilon \cdot \dot{m} = \frac{\varepsilon \cdot \dot{Q}}{\chi \cdot \Delta H_c}$$

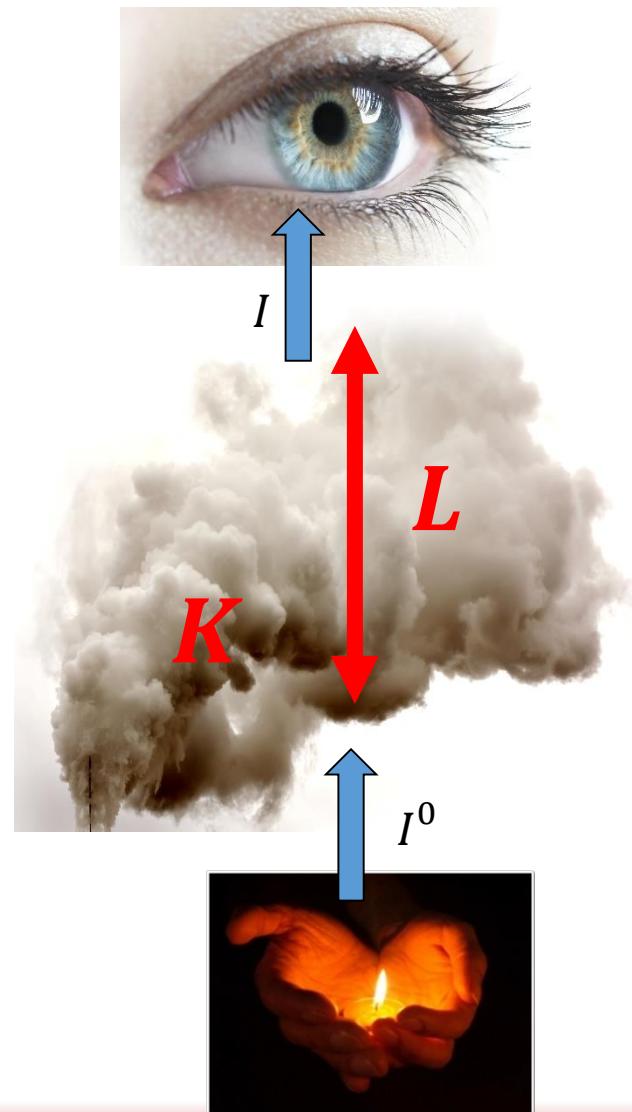
$$\dot{f} = \varepsilon \cdot \dot{m} = \frac{\varepsilon \cdot \alpha \cdot t^2}{\chi \cdot \Delta H_c}$$

Láthatóság (2) – Fénytranszmisszió

A füst egyik legfontosabb jellemzője. Méréssel határozható meg, fizikai alapjait Brouguer törvénye (1729) alapozta meg:

$$T = \frac{I}{I^0} = e^{-KL}$$

Az egyenlet egy adott vastagságú közeg transzmissziójára mond ki törvényt mely szerint adott hullámhosszon a beeső és áthaladó fény intenzitásának hányadosa (I_λ / I_λ^0) exponenciálisan csökken a **fényút hosszának** [$L(m)$] és **fényelnyelő-képességének** [$K \left(\frac{1}{m} \right)$] szorzatával.



Láthatóság (3) – Fajlagos fényelnyelő képesség

$$K_{\rho} \text{ (m}^2\text{/g)} = \frac{K}{\rho}$$

ρ – a füst tömegsűrűsége (kg/m³)

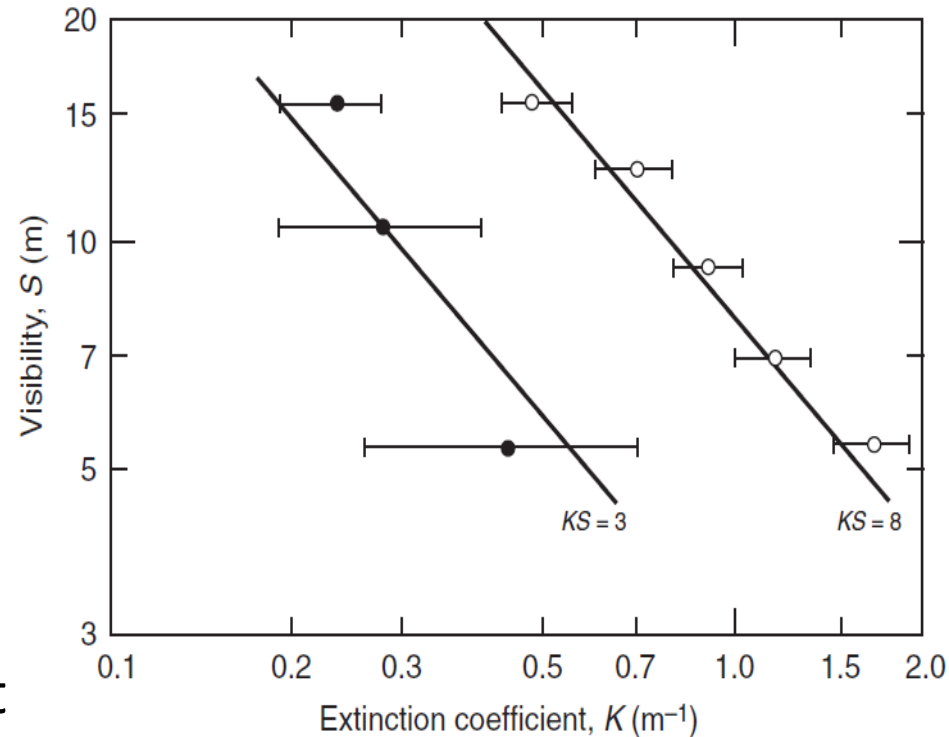
Lánggal égő fa és műanyag esetén

$$K_m = 7,6 \text{ m}^2/\text{g}$$

$$\text{Parázsló égés esetén } K_m = 4.4 \text{ m}^2/\text{g}$$

Így a tér adott pontjában a fényelnyelő-képesség arányos a füst tömegsűrűségével:

$$K = \rho(x, y, z) \cdot K_{\rho}$$

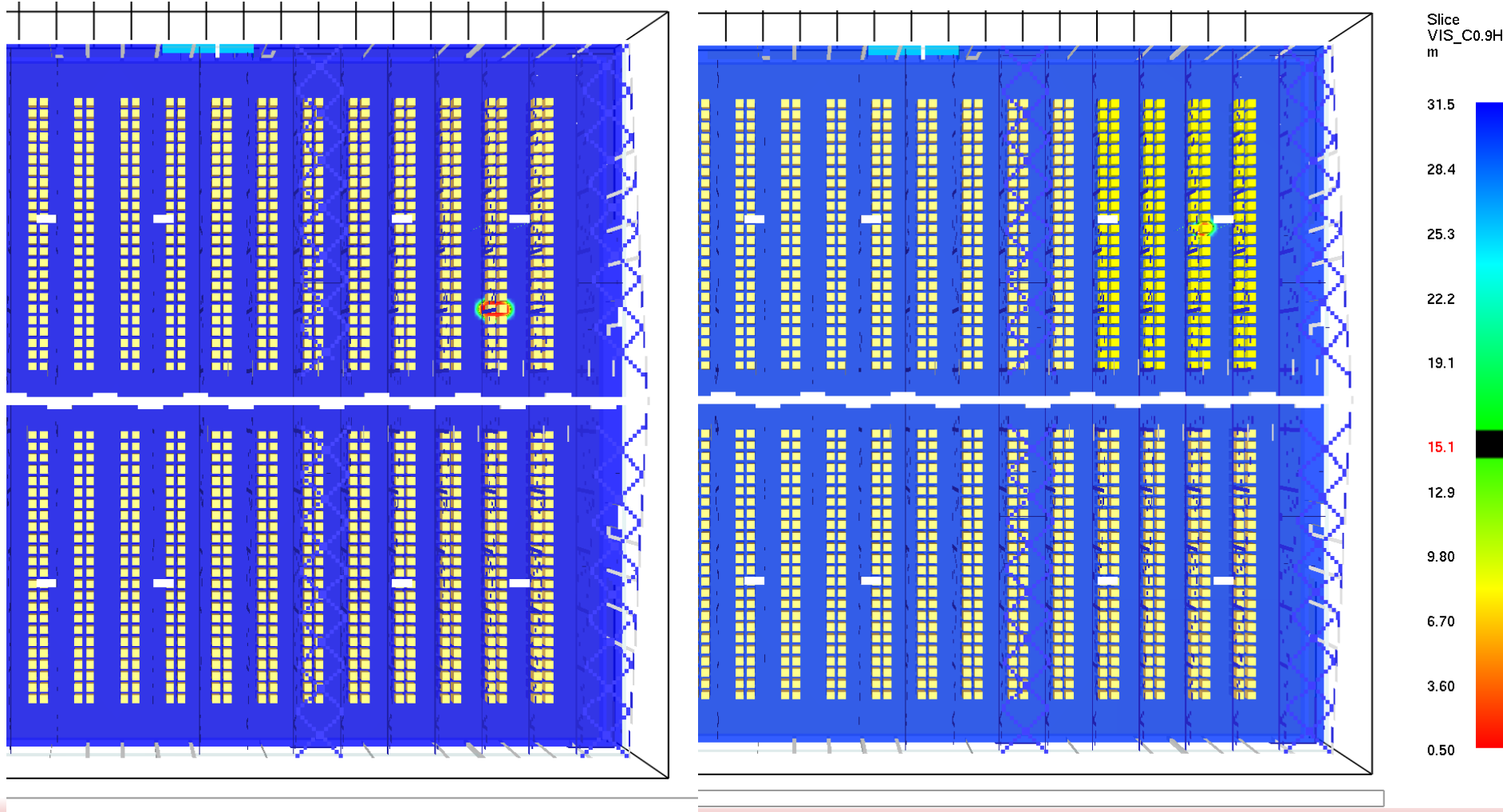


Szubjektív mérési eredmények - a füst irritáló és toxikus hatásának figyelembevétele nélkül - a menekülési útvonalak jelzéseire.

Láthatóság vizsgálat a kiürítési idő végén (@z2m)

A vizsgálati időtartam: 15 s tűzérzékelési idő + 90 s kiürítési szintidő = 105 s

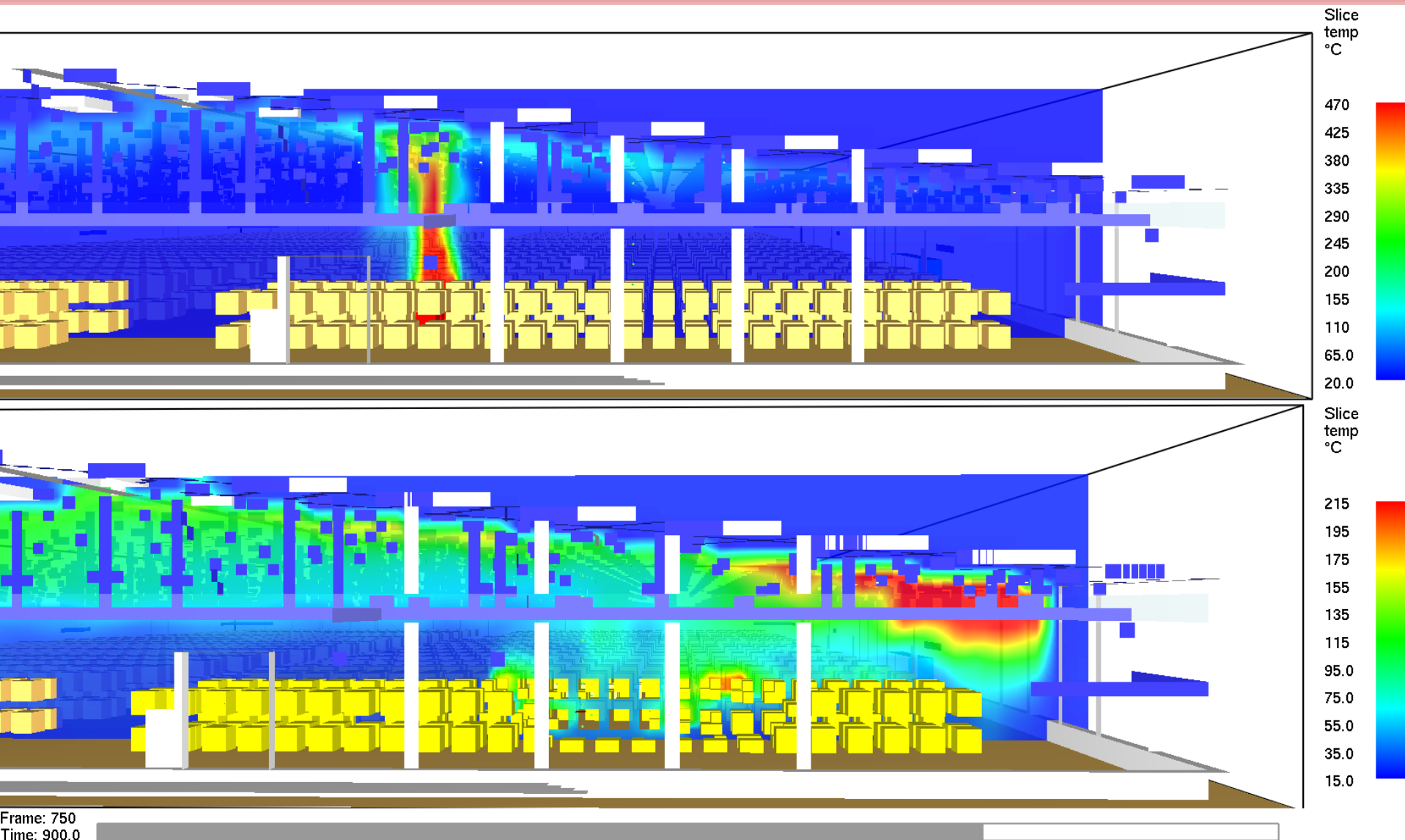
A kiürítési szintidőn belül a menekülés teljes útvonalán a látótávolság nem süllyedhet 15 m alá



Füstterjedés vizsgálat (@105s, @900s)



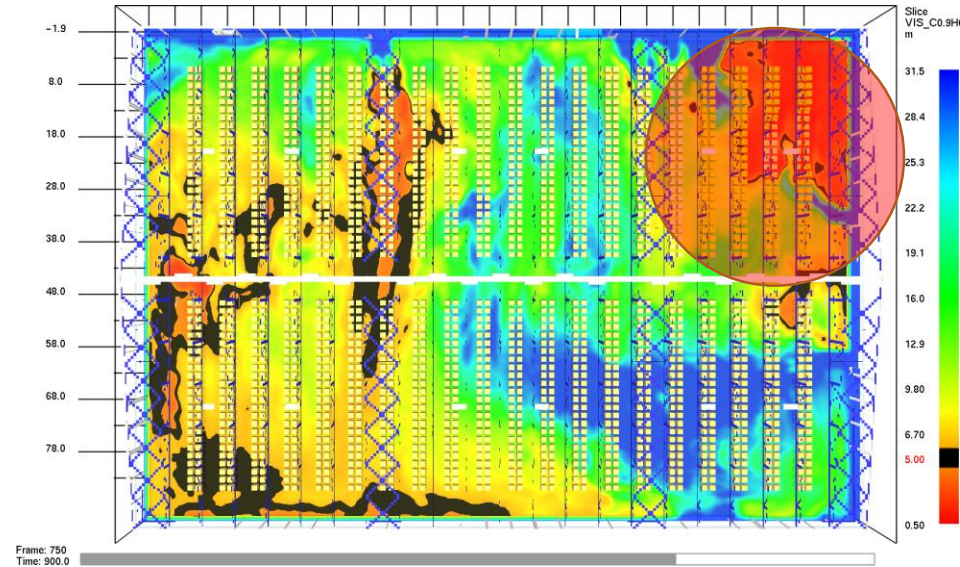
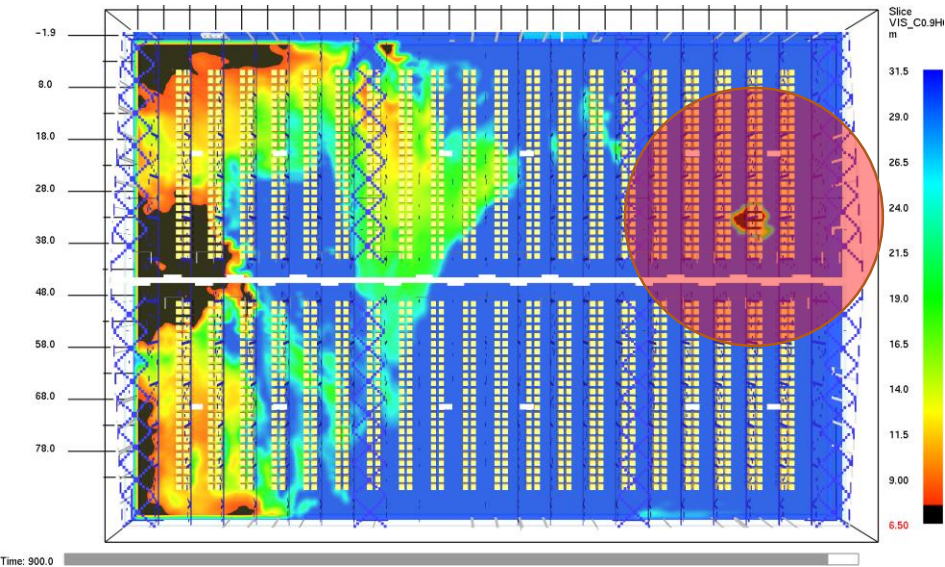
Hőmérséklet vizsgálat (@900s)



Beavatkozási feltételek biztosítása(@900s, @z2m)

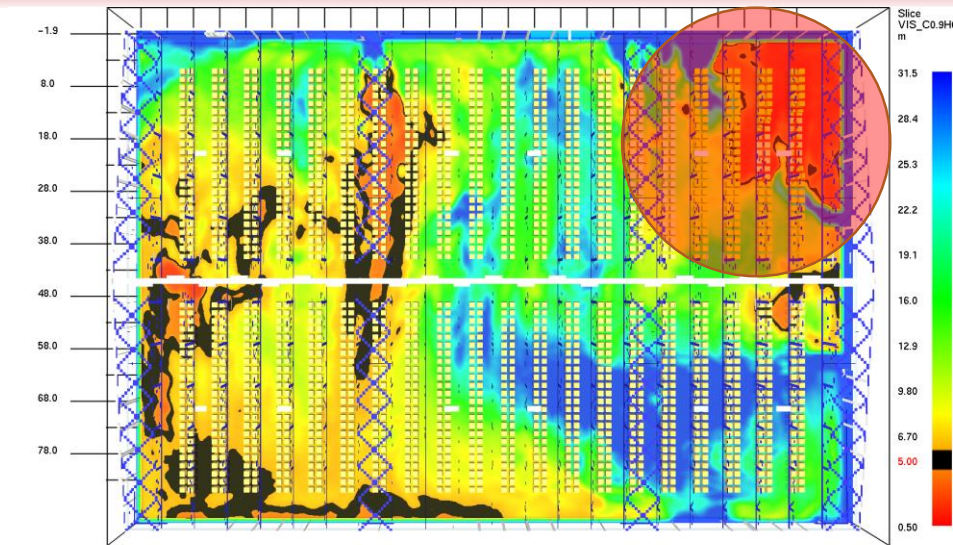
A vizsgálati időtartam: TVMI alapján számítandó a várható beavatkozás időpontja

A tűzfészek helyétől mérve 25 méternél nagyobb távolságban a látótávolság 5 méternél kisebb nem lehet abban az időpillanatban, amikor a tűzoltó elkezd a beavatkozást.

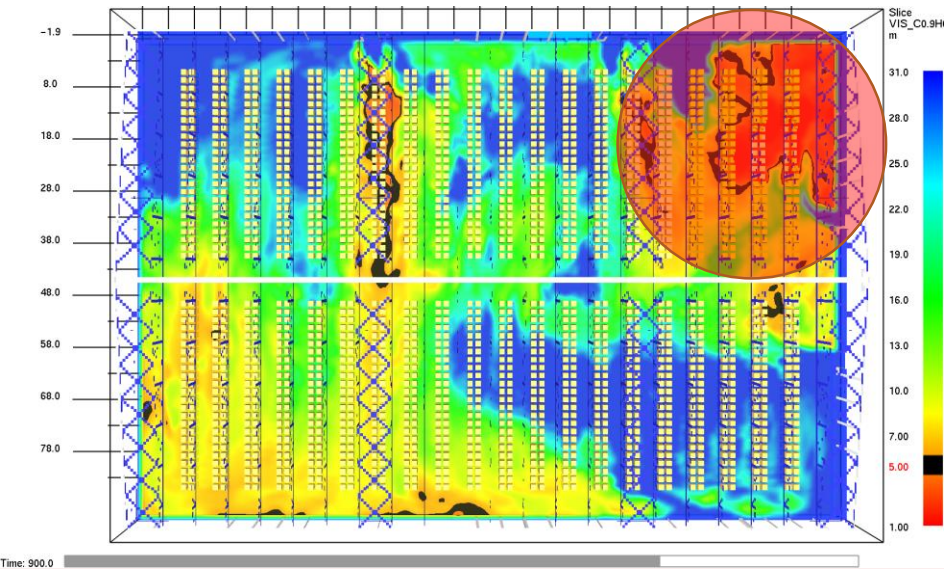
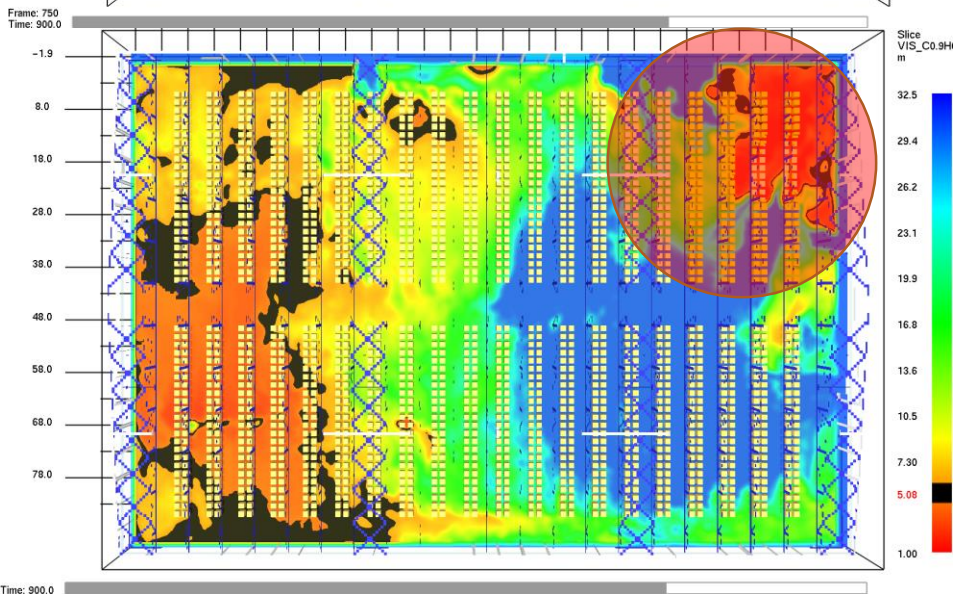


Lánggal égő fa és műanyag esetét feltételezve (Fajlagos fényelnyelő képesség $K_m=7,6\text{m}^2/\text{g}$), 2m magasságban vizsgálati síkot veszünk fel. A piros színű kör a tűzfészek 25m-es környezetét jelzi. A jobb oldali skálán, illetve a vizsgálati síkon a fekete vonal az 5m-es látótávolság határát jelöli.

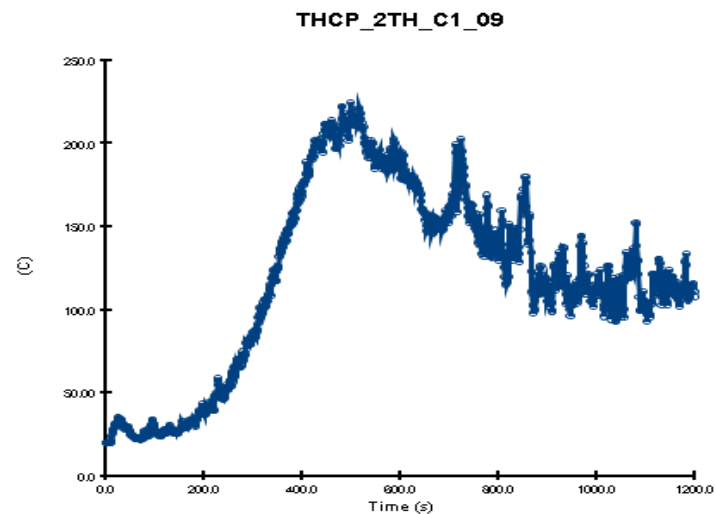
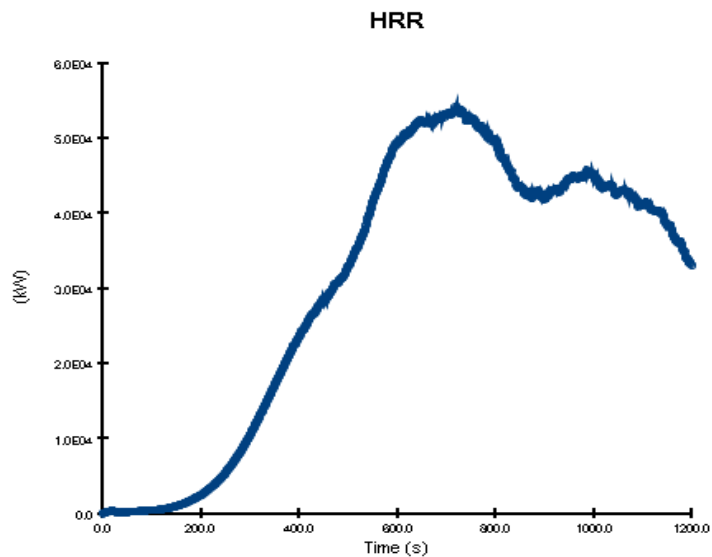
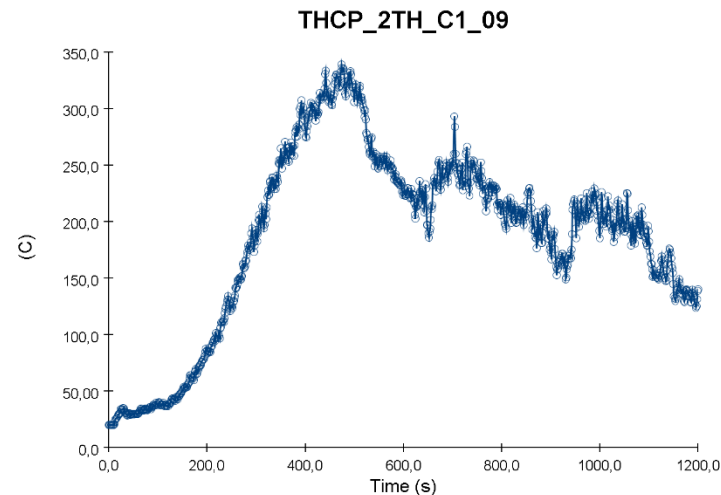
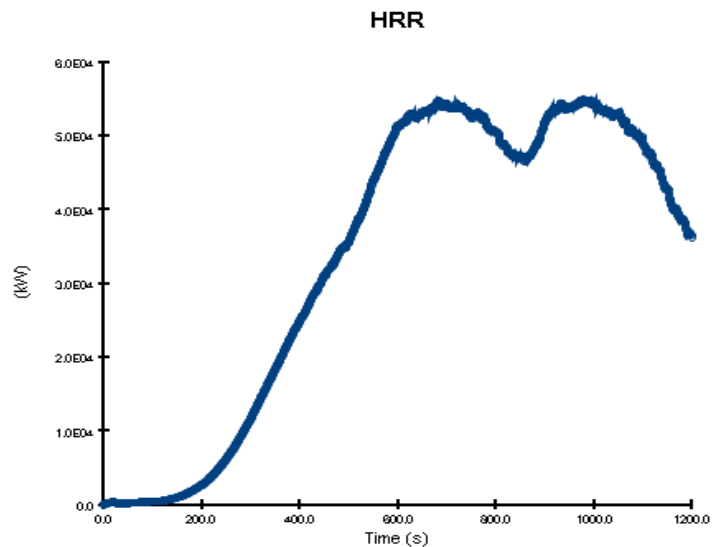
Beavatkozási feltételek: VA, VB, VC (@900s)



Terjedő tűz esetén, 900s pillanatában a 2m magasan elhelyezett láthatósági síkon a TvMI-ben megfogalmazott követelményeket mindhárom épület teljesítette.



HRR, t@z=9m: VA, VB, VC



Csarnok kiürítése – kiindulási adatok

- Tárolási funkció
- Befoglaló méret 90×132 m, 8 db 3 m-es ipari kapu, 4 db 1 m-es személy bejárat
- AK kockázati osztály
- Létszám – max. 20 fő, önállóan menekülő
- Kiürítés ellenőrzése
 - Geometriai módszer – 45 m
 - Kézi számítás – 1,5 perc – 60 m
 - Szimuláció – $ASET > RSET$



a létszámból adódóan az ajtó szélességek elegendőek



a méretből, raktározás rendszerből adódóan a távolság várhatóan meghaladja a 60 m-t is!



szimuláció készítése

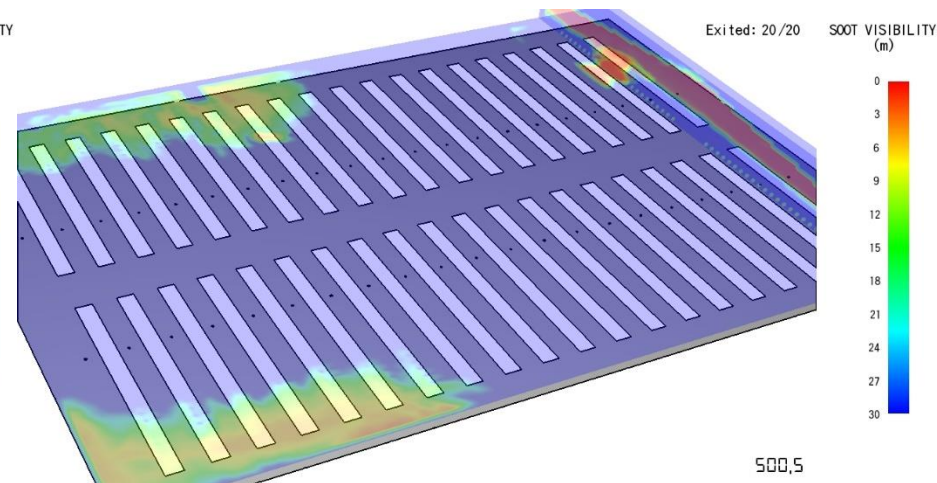
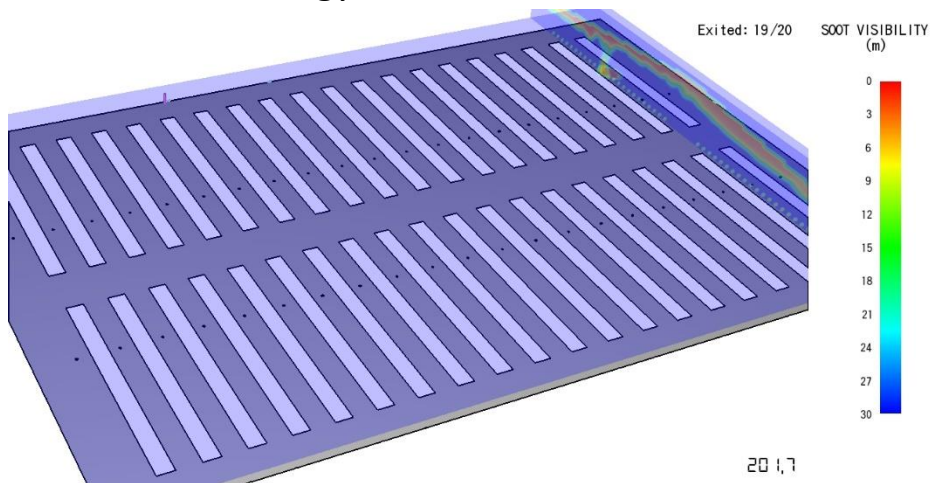


Csarnok kiürítése – szimulációs eredmények

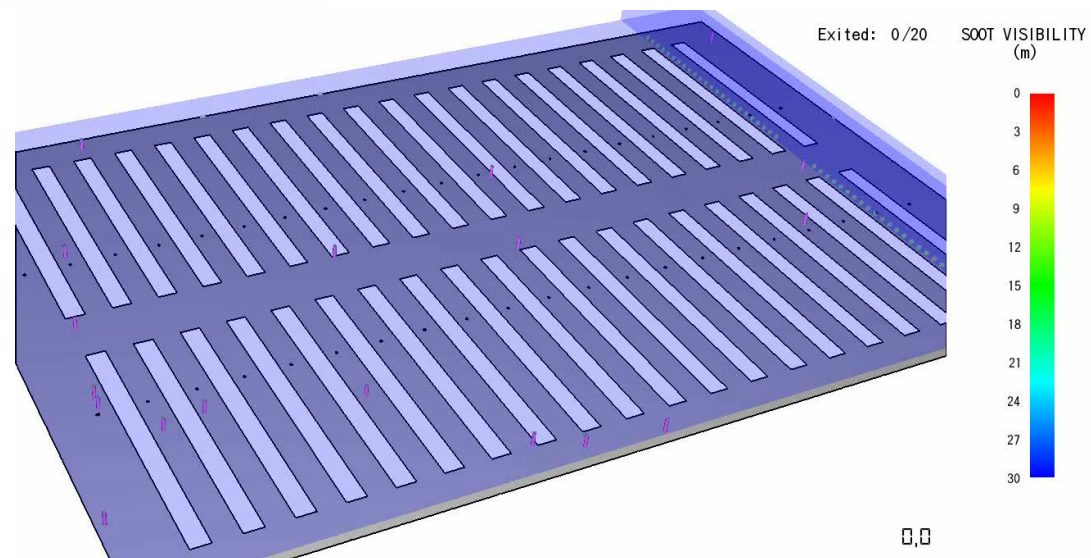
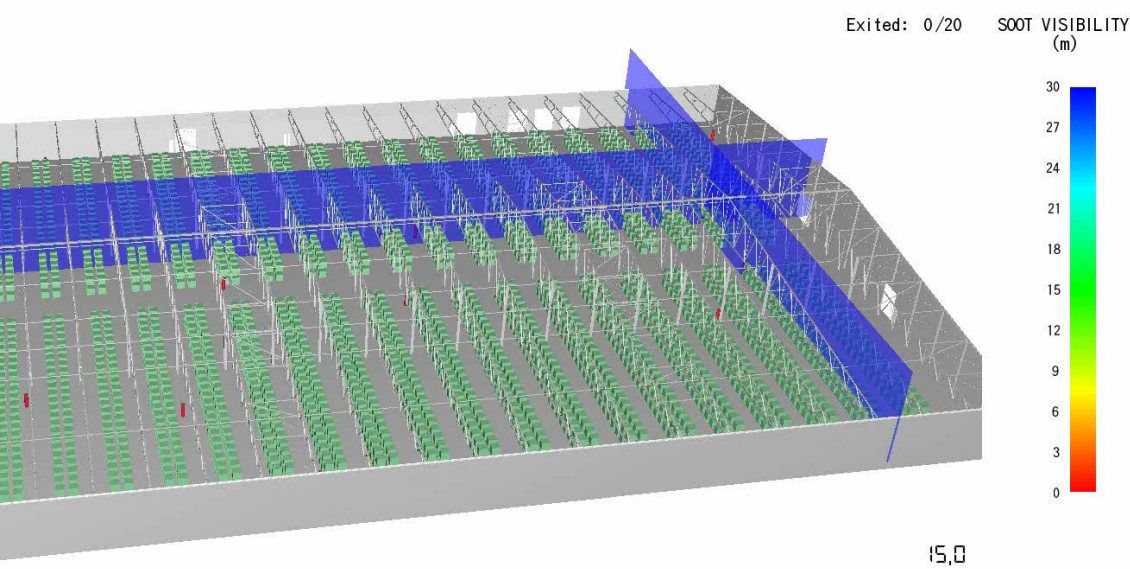
- Alap adatok
 - Haladási sebesség – TvMI alapján 40 m/min
vagy
SFPE alapján 1,19 m/s
 - Személy mérete – 50 cm vállszélesség
- Késleltetés
 - nincs ha kiürítési szintidő
 - 15 s tűzjelző jelzési időpontja
+ 0-60 s „pre-movement time”
- Tűzhatás figyelembe vétele!



Sebesség / késleltetés	0,67 m/s	1,19 m/s
0 s = normaidő ellenőrzés	~ 145 s	~ 85 s
15 – 75 s között = RSET <> ASET	~ 150 s	~ 200 s

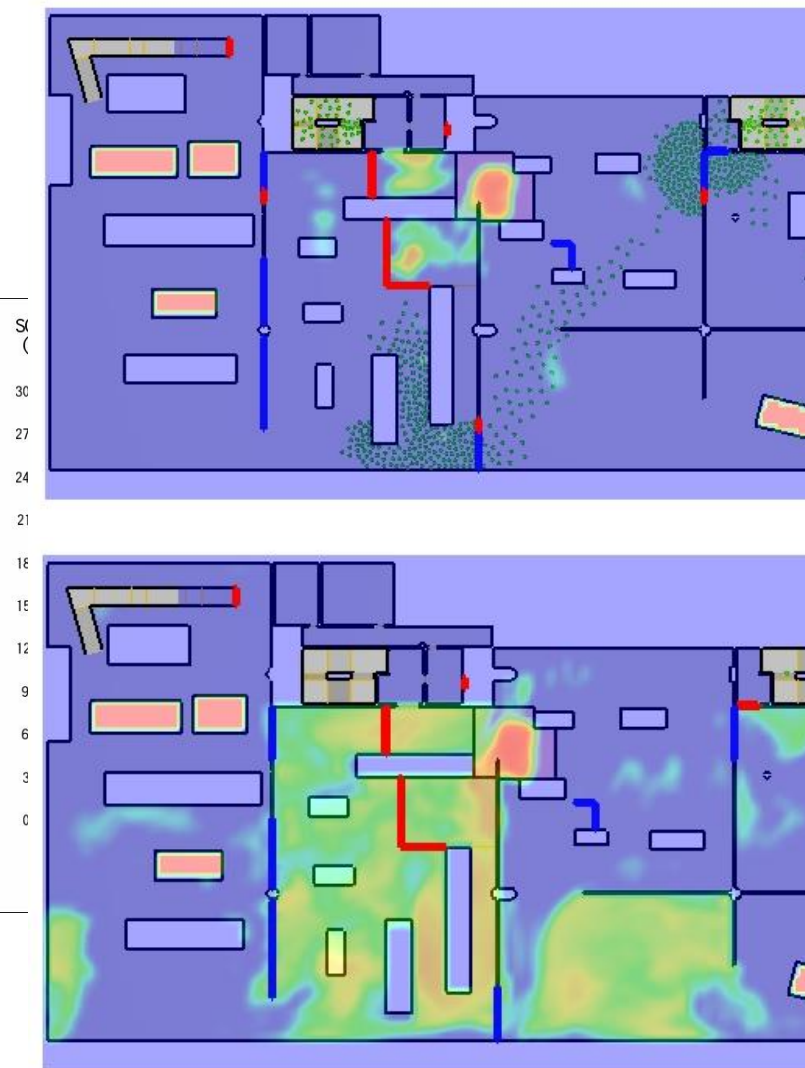
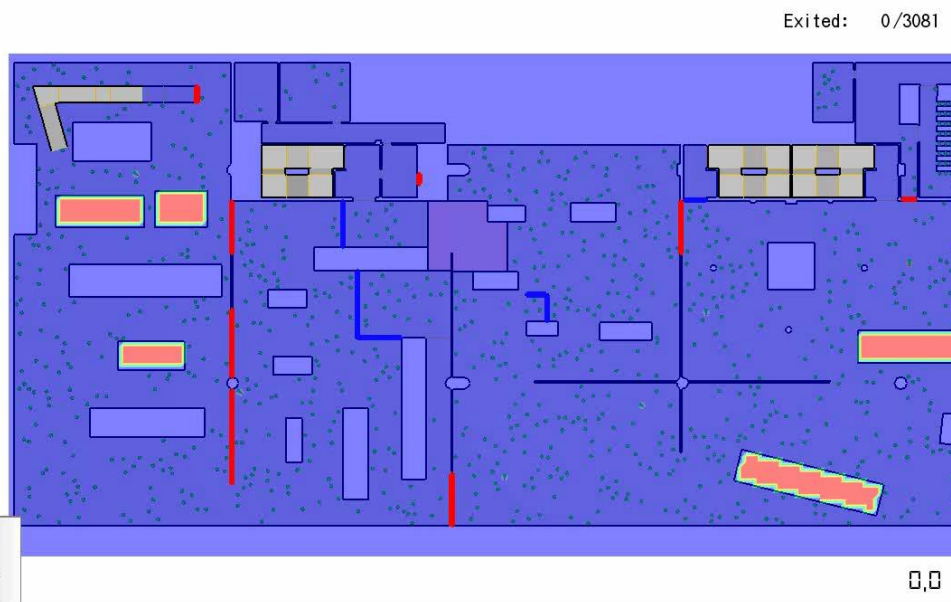


Csarnok kiürítése – szimuláció eredménye



Szimulációs vizsgálatok – közös értékelés

... és még egy „látványosabb” példa



Köszönjük a megtisztelő figyelmet!

FORRÁSOK, SZAKIRODALOM

- [1] SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 5th ed., National Fire Protection Association, Quincy, MA, 2016.
- [2] VTT Working Papers 139: Jukka Hietaniemi & Esko Mikkola: Design Fires For Fire Safety Engineering.
- [3] Enclosure fire dynamics / Björn Karlsson, James G. Quintiere, ISBN 0-8493-1300-7
- [4] NFPA, Guide for Smoke and Heat Venting, NFPA 204M, National Fire Protection Association, Quincy, MA, 1985.
- [5] Fire Detection in Warehouse Facilities Final Phase I Report, Daniel T. Gottuk, Ph.D., Joshua Dinaburg, Hughes Associates, Inc., Fire Protection Research Foundation
- [6] Fire Detection in Warehouse Facilities, Final report Phase I., Daniel T. Gottuk, Ph.D. Joshua Dinaburg Hughes Associates, Fire Protection Research Foundation 2012
- [7] S.B. Martin, "Diffusion-Controlled Ignition of Cellulosic Materials by Intense Radiant Energy," 10th Symposium (International) on Combustion, Combustion Institute, Pittsburgh, PA, p. 877 (1965).