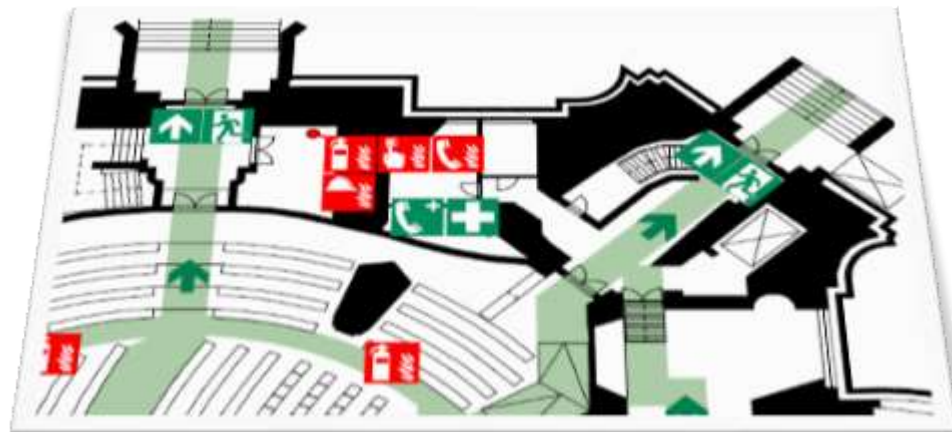


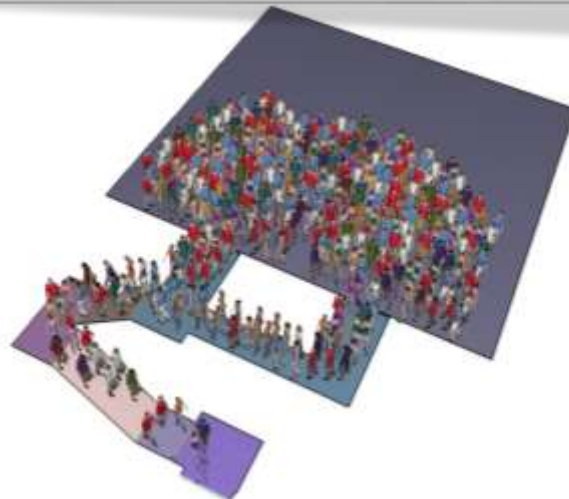
# Gyakorlati példák a számítógépes modellezés alkalmazására a kiürítés tervezésben

**IV. Lakiteleki Tűzvédelmi Szakmai Napok  
Lakiteleki Népfőiskola 2015. szeptember 7-8.**



**Veresné Rauscher Judit  
okl. építésmérnök,  
tűzvédelmi tervezési szakmérnök  
építésügyi tűzvédelmi tervező**

2015. szeptember 7.



# KIÜRÍTÉS IGAZOLÁSA geometriai módszerrel (OTSZ)

Ellenőrzésre 3 lehetőség:

- geometriai ellenőrzés
- kiürítés számítás
- menekülési szimuláció



Néhány részlet:

- lépcső hossza a magasság háromszorosa;
- lejtő hossza meredekség függő szorzóval;
- lépcsőház szélessége 3 szintre méretezett (?);

	a megengedett legnagyobb útvonalhossz (m), ha a kiürítendő kockázati egység kockázati osztálya			
	NAK	AK	KK	MK
Menekülési út elérési távolsága	30	45	45	30
Átmeneti védett tér és biztonságos tér elérési távolsága menekülési útvonal nélkül				
Menekülési út elérési távolsága, valamint átmeneti védett tér és biztonságos tér elérési távolsága menekülési útvonal nélkül abban az esetben, ha a helyiség belmagassága 4 méternél nagyobb, beépített tűzjelző berendezéssel ellátott és hő és füst elleni védelme biztosított	45	60	60	30
Menekülési útvonal megengedett legnagyobb hossza	200	300	300	200
Menekülésben korlátozott személyek részére szolgáló átmeneti védett tér elérési távolsága menekülési útvonalon keresztül, a menekülési útvonalba lépés helyétől mérve	40			

Például 499 fő kiürítéséhez kell:  
360 cm lépcsőkar szélesség és  
600 cm ajtó szélesség

menekülő létszám (fő)	menekülési útvonal, lépcsőkar legkisebb szabad szélessége (m)	menekülési útvonalon beépített ajtó legkisebb szabad belmérete (m)
0-50	1,2	0,9
51-100		1,2 vagy 2 db 0,9
101-	1,2 + minden további megkezdett 100 főre további 0,6	minden megkezdett 50 főre 0,6 és egyetlen ajtó szabad belmérete sem lehet kisebb 0,9 méternél

# KIÜRÍTÉS IGAZOLÁSA kézi számítással (TvMI)



- nagyjából a korábbi egyenletek, pontosításokkal
- módosított sebességek
- csökkentett szintidők

	a kiürítés megengedett időtartama (perc), ha a kockázati egység kockázati osztálya			
	NAK	AK	KK	MK
Első szakasz	1,0	1,5	1,5	1,0
Második szakasz	6,0	8,0	6,0	6,0

Első szakasz (helyiség vagy *helyiségcsoport*):

- A helyiség/helyiségcsoport kiürítés időtartama az útszakaszok hossza alapján
- A helyiség kiürítés időtartama a számításba vett kiürítési útvonal szabad szélességének átbocsátó képessége alapján
- A helyiségcsoport kiürítés időtartama a számításba vett kiürítési útvonal szabad szélességének átbocsátó képessége alapján
- A helyiségcsoport kiürítés időtartama kiürítésre számításba vett menekülési útvonalra vagy biztonságos térbe vezető nyílászárók átbocsátó képessége alapján

$$t_{1a} = \sum_{i=1}^n \frac{S_{1i}}{v_i}$$

$$t_{1b} = \frac{N_1}{k * \sum_{i=1}^n l_{1szi}}$$

$$41,7 \frac{f\ddot{o}}{m * \min} = \frac{50 f\ddot{o}}{1,20m * 1 \min}$$

$$t_{2a} = t_{1ma} + \sum_{i=1}^n \frac{S_{2i}}{v_i}$$

$$t_{2b} = t_{y1} + \frac{N_2}{k * \sum_{i=1}^n l_{2szi}} + \sum_{i=1}^n \frac{S_{2i}}{v_i}$$

$$t_{2c} = t_{y2} + \frac{N_2}{k * \sum_{i=1}^n l_{2szi}}$$

Második szakasz (menekülési útvonal):

- A kiürítés időtartama az útszakaszok hossza alapján
- A kiürítés időtartama a számításba vett menekülési útvonal szabad szélességének átbocsátó képessége alapján
- A kiürítés időtartama menekülésre számításba vett biztonságos térbe vezető nyílászárók átbocsátó képessége alapján

Harmadik szakasz (másik tűzszakasz)

# Tűzvédelmi Törvény, OTSZ és TvMI

## a tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról szóló 1996. évi XXXI. törvény

3/A. § (2) A tűzvédelmi műszaki irányelvek kidolgozásáért felelős bizottság kidolgozza az Országos Tűzvédelmi Szabályzatban meghatározott biztonsági szintnek megfelelő egyes műszaki megoldásokat, számítási módszereket tartalmazó tűzvédelmi műszaki irányelveket.



BM OKF honlapján eddig közzétételre került:

- beépített tűzjelző berendezés tervezése, telepítése,
- beépített tűzoltó berendezés tervezése, telepítése,
- hő és füst elleni védelem,
- kiürítés,
- szabadtéri rendezvények,
- számítógépes tűz- és füstterjedési, valamint menekülési szimuláció,
- tűzoltó egységek beavatkozását biztosító követelmények,
- tűzterjedés elleni védelem,
- tűzvédelmi műszaki megfelelőségi kézikönyv,
- villamos berendezések, villámvédelem és elektrosztatikus feltöltődés elleni védelem.

Tűzvédelmi Műszaki Irányelv  
Fire Protection Technical Guideline  
Azonosító: TvMI 8.1:2015.03.05.

Témakör:  
Számítógépes tűz- és füstterjedési, valamint  
menekülési szimuláció  
Fire – , smokespread and evacuation modelling

+ az érdemi részt megjegyzések,  
informatív mellékletek egészítik ki

TvMI betartása önkéntes, de  
igazolható vele a biztonsági szint

szimuláció esetében „kötelező”

## A kiürítés modellező számítógépes programok

A kiürítés modellező programok fejlődése során először csak a kézi számítások egyszerűsítése történt meg, majd megjelentek a hidraulikus áramlási modellek. A további fejlődés során egyre több faktor vehető figyelembe a programokban: épületek pontos tulajdonságai, előzetes képzések, környezeti hatások, emberi viselkedés, stb.

A modellek két nagy csoportba sorolhatóak:

- a mozgási és viselkedési modellek, amelyek a személyeket egyediként kezelik;
- az un. 'csapágygolyó' modellek, amik a személyeket csak tárgyként kezelik, automatikus reakciókkal.

← a fejlődés inkább ezen modellek esetében figyelhető meg



léteznek mozgási, viselkedési és részleges viselkedési modellek

## A modellező program választás szempontjai

Nincs olyan modellező program, amely minden eset feldolgozásához alkalmas. Mindig alkalmazkodni kell a feladathoz és a kívánt célhoz, hiszen minden programnak megvannak a saját jellemzői és specialitásai.

- Milyen dokumentáció áll rendelkezésre? (algoritmusok, feltételek, lehetőségek, használati útmutató)
- Milyen épületre használható? Milyen validációval rendelkezik?
- Tűz hatásait figyelembe veszi-e és milyen módon?
- Adatbevitel módja?
- Megjelenítés módja és a kinyerhető eredmények formája?
- A mozgást befolyásoló tényezők és az alkalmazott viselkedési minták.

# SZÁMÍTÓGÉPES SZIMULÁCIÓS PROGRAMOK

	szempont	Pathfinder	Evac Sim	building Exodus	Steps
1	dokumentáció	van*	részleges*	oktatás*	van
2	épület típus	minden	csak egyszerűbb geometria*	minden	minden
3	modellezés	részleges viselkedés*	viselkedés	viselkedés	részleges viselkedés
4	validáció	norma, más modell, tapasztalat*	nem	tapasztalat	norma
5	elérhetőség	díj ellenében*	ingyen*	díj ellenében	díj ellenében
6	viselkedés	csak mozgás, közvetett viselkedés*	feltételes viselkedés, valószínűség	feltételes viselkedés, valószínűség	közvetett viselkedés,
7	tűzhatás	manuális adat	import adat	import adat	nem
8	mozgás	sűrűség, interperszonális távolság *	sűrűség	cella befogadó képesség és szabad állapot	lehetőség, cella üres állapota
9	CAD	igen	nem	igen	igen
10	megjelenítés	2D, 3D*	nem	2D, 3D	3D

# SZÁMÍTÓGÉPES SZIMULÁCIÓ PROGRAMOK

	szempont	Pathfinder	Evac Sim	building Exodus	Steps
11	csoportképzés	részben*	van	van	van
12	lassú emberek	van*	van	van	van
13	késleltetés - pre-movement	van*	van	van	van
14	útvonal választás	legrövidebb út és idő*	feltételes	feltételes	rangsorolás alapján
15	lift	van*	nincs*	nincs	van
16	toxicitás hatása	nincs	nincs	van	nincs
17	türelmetlenség/ lökdösődés	nincs	nincs	van	van
18	személyelosztás	többféle*	többféle	többféle	rangsorolás alapján

## modellező programok tulajdonságainak összehasonlítása – NIST (2005)

\* egyéb forrás alapján javítva



# SZÁMÍTÓGÉPES SZIMULÁCIÓ PROGRAMOK

A program milyen viselkedést alkalmaz?

- csak mozgási modell;
- közvetett viselkedés – késleltetés, egyedi tulajdonságok;
- feltételes viselkedés – bizonyos reakciók meghatározhatók;
- funkcionális analógia – a viselkedést összehasonlítások alapján hozza létre;
- mesterséges intelligencia;
- valószínűségi számítás.



a piacon mindegyik típus megtalálható

A mozgás meghatározását mi befolyásolja?

- a sebesség és az áramlás a személy-sűrűség függvénye;
- a felhasználó által meghatározott a sebesség, az átáramlás és a megengedhető sűrűség;
- interperszonális távolság – a személyeket egy buborék veszi körbe, ami elválasztja egymástól vagy a tárgytól;
- minden cellának előre beállított maximális befogadó képessége van, amelyet a mozgás során folyamatosan követ;
- egy-egy cellában egy időpontban csak egy személy tartózkodhat;
- a feltételes módban a mozgást az épületben levő feltételek által meghatározott tényekre adott válaszok befolyásolják;
- a funkcionális analógia során a hidraulikus folyadékmozgás szabályai alapján alakul ki a mozgási folyamat;
- akadálytalan áramlás esetén a személyek folyamatosan mozognak és a késlekedési időt csak a végén adja hozzá.



a különböző modellek esetében ezek elkülönülten vagy párhuzamosan is megjelenhetnek



# KIÜRÍTÉS IGAZOLÁSA számítógépes szimulációval (TvMI)

A TvMI bevezetése alapján:

„A menekülés vizsgálat során figyelemmel lehet kísérni előre meghatározott kiürítési változat alapján a menekülés folyamatát és időtartamát tervezési feladatok vagy meglévő állapot ellenőrzése során. A menekülési vizsgálat a tűz- és füstterjedési vizsgálattal egyidejűleg is alkalmazható.”

**Kiürítési változat (evacuation scenario):** egy-egy menekülés folyamatának leírása, amely magába foglalja a kiindulási állapot és a menekülést befolyásoló tényezők meghatározását.

A szimulációval szemben a kézi számítás és a geometriai módszer az össznépesség átlagos menekülő képességén alapul, ami átlagolja az önállóan menekülni képes és a csökkent mozgásképességű személyeket is.



Másképp mozgó személyek és menekülési felvonó modellezése is lehetséges.

Az eredmények az alábbiak lehetnek:

- szintidő követelmény alapján kiüríthető létszám meghatározása;
- átbocsátott személyek száma az idő függvényében;
- kiürítési vagy menekülési időtartam illetve annak szakaszai;
- menekülési felvonó hatékonysága a kiürítés során;
- biztonságos terek (például gyülekezőhely, nagy létszámú kiürítés esetében az építmény környezete) és átmeneti védett terek (például füstmentes lépcsőházak, önálló helyiségek) befogadóképességének igazolása;
- kiürítés/menekülés folyamatának bemutatása az esetleges torlódásokkal (például menekülési felvonó környezete, menekülési iránnyal ellentétesen közlekedő személyek hatása, akadályok hatása).

# KIÜRÍTÉS IGAZOLÁSA számítógépes szimulációval (TvMI)

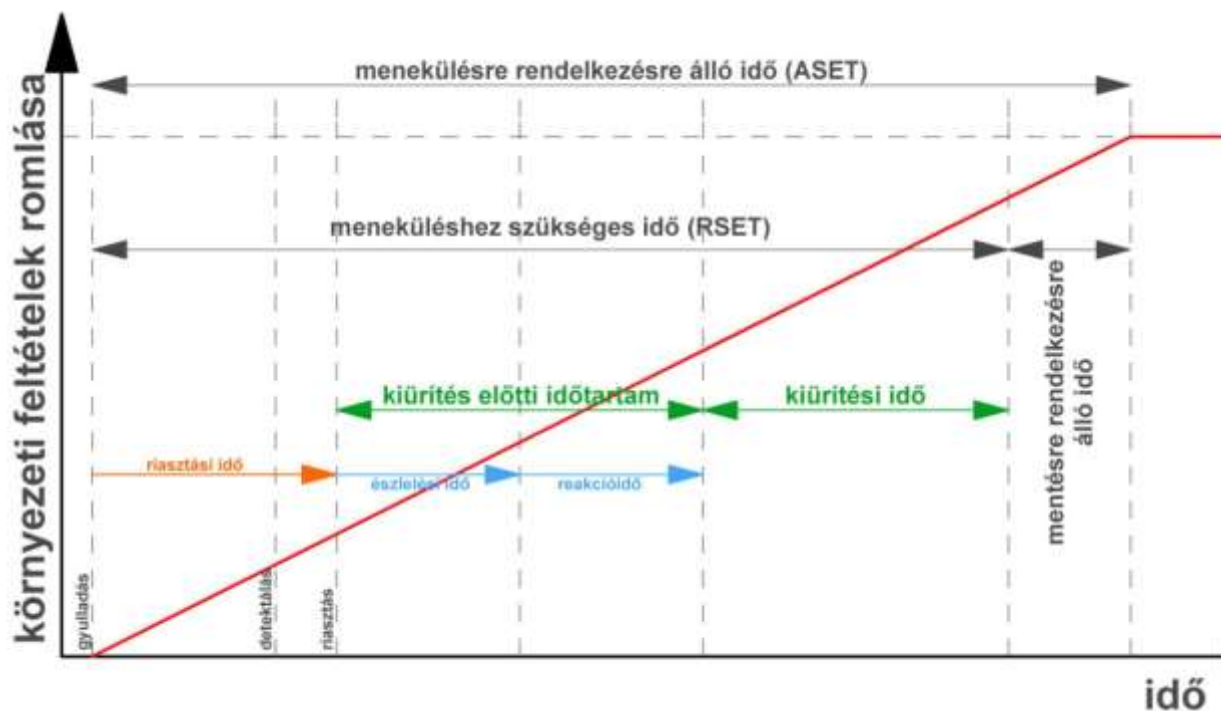
Számítógépes szimuláció alkalmazása esetén ellenőrizni és igazolni kell, hogy a menekülő személyek a vizsgált területet (helyiség, tűzszakasz, épület, építmény, szabad tér)

- a kiürítési normaidőn belül;
  - vagy a tűz- és füstterjedési szimuláció során meghatározott időn belül;
- el tudják hagyni.

a fizikai kiüríthetőség ellenőrzése (travel time)



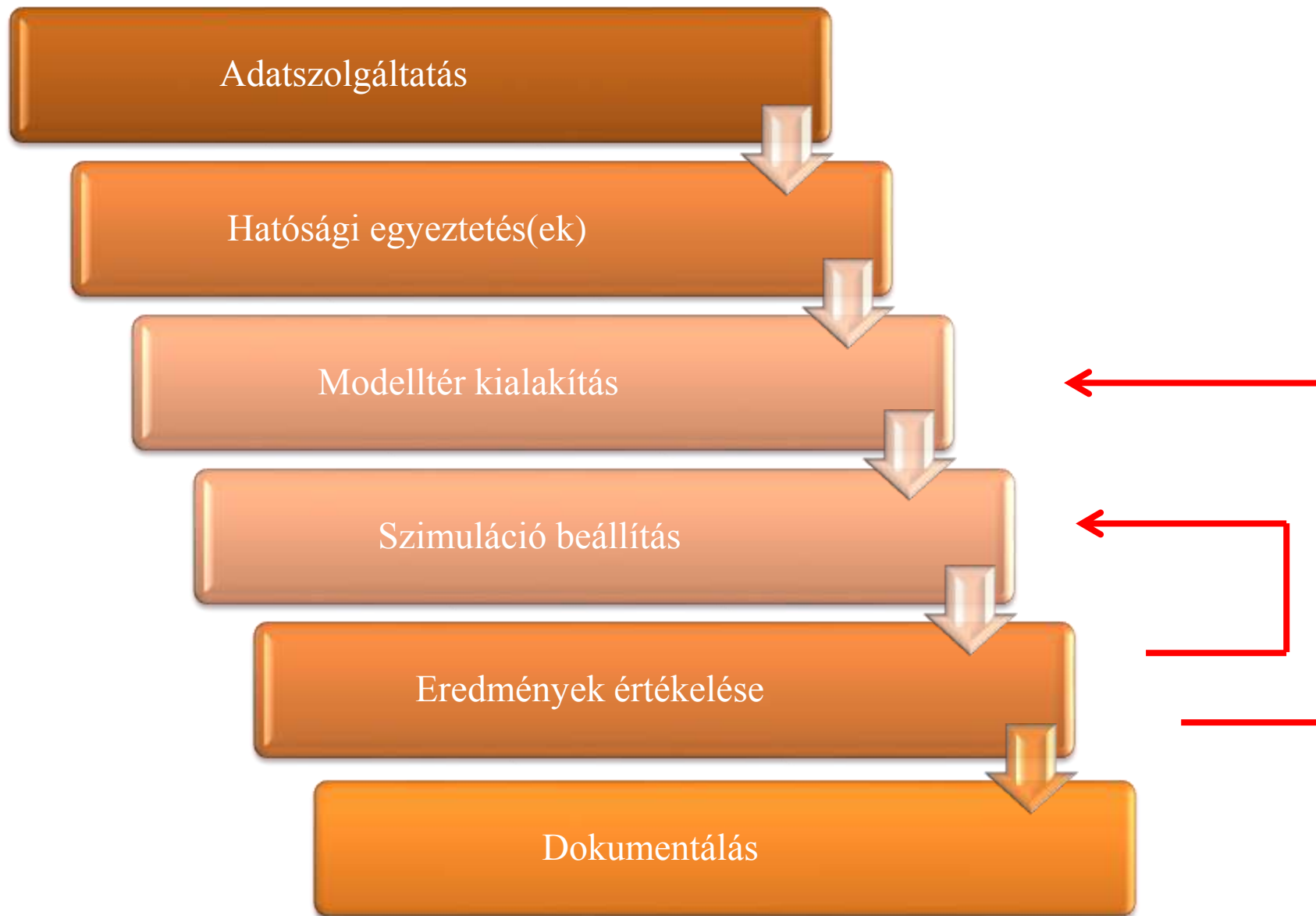
ASET és RSET összehasonlítása



**Menekülésre rendelkezésre álló idő (ASET):** a tűz keletkezésétől (a gyulladástól) számított teljes idő, amely során az építményben, szabad téren a környezeti feltételek lehetővé teszik a biztonságos menekülést és a mentést.

**Meneküléshez szükséges időtartam (RSET):** az a teljes számított idő, amely alatt a személyek elhagyják az építményt, azaz a tűz keletkezésétől kezdve a biztonságos tér eléréséig tartó időszak. Magába foglalja az észlelés és riasztás idejét, a kiürítés előtti időt és a kiürítési időt.

# A menekülési szimuláció készítés folyamata



# A menekülési szimuláció készítés folyamata

A modellezés során többféle kiinduló adat bevitele szükséges, amelyek programonként változóak lehetnek.

## GEOMETRIAI ADATOK

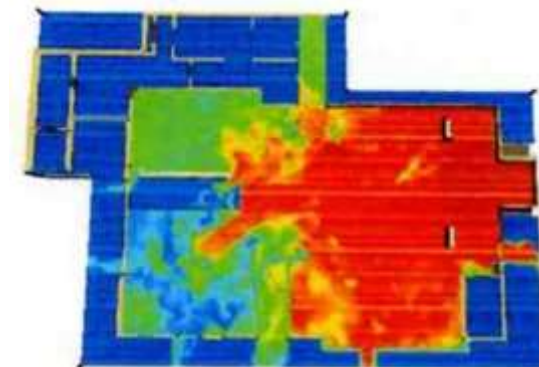
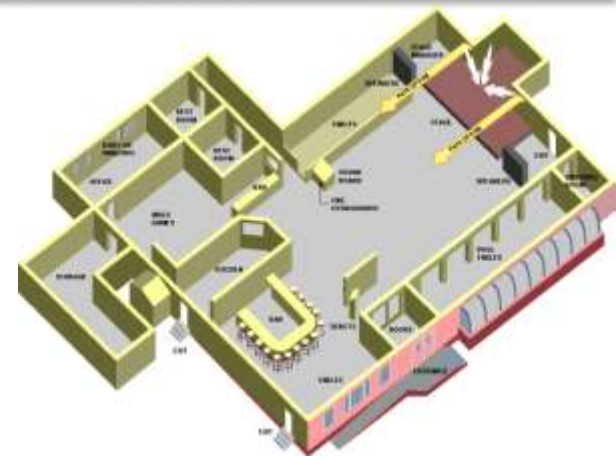
A geometriai adatok a kiürítendő épület adatai, a lehető legpontosabb bevittel. Ezzel adjuk meg a kiürítés kereteit: a kiürítendő helyiségek és közlekedők méreteit és elhelyezkedésüket, a menekülésre igénybe vett ajtók adatait, a kiürítést akadályozó berendezések és személyek adatait és elhelyezkedését.

## A SZEMÉLYEK ADATAI

A kiürítésben rész vevő személyek tulajdonságai jelentősen befolyásolhatják a kiürítés menetét. Ezek közül leginkább személyek méretei és a haladási sebességük a meghatározó. A viselkedési modellek esetében a különböző viselkedési jellemzők megadása is fontos lehet.

## A TŰZHATÁS ADATAI

Amennyiben a kiürítés modellező program lehetővé teszi és más tűzmodellezési programból az adatok rendelkezésre állnak, a tűzhatás hő, füst és toxikus hatásait az idő függvényében szükséges megadni.



# A menekülési szimuláció eredményei

Az utóbbi időkben egyre jelentősebb szerepe van a döntés-előkészítésben a számítógépnek. A rendszerek az emberi döntéshozó folyamatot szimulálják (modellezik) számítógépen, a szűkebb szakterület szakértőinek ismeretére, tudására és következtetési módszereikre alapozva.

Ne feledjük azonban, hogy a legfejlettebb számítógép is csak segíti és nem helyettesíti az embert. Mivel minden modell a valóság egyszerűsítése, így a tulajdonságok csak egy részéről tájékozathat.

Emellett fontos azt is szem előtt tartani, hogy a program valószínűségekkel számol és a térbeli körülmények alapján jelezhet bizonyos lehetőségeket. Ezért a számítógépes szimuláció eredményét minden esetben csak megfelelő szaktudással szabad értelmezni, mivel a kiegészítő ismeretekkel együtt adhat elfogadható eredményeket.



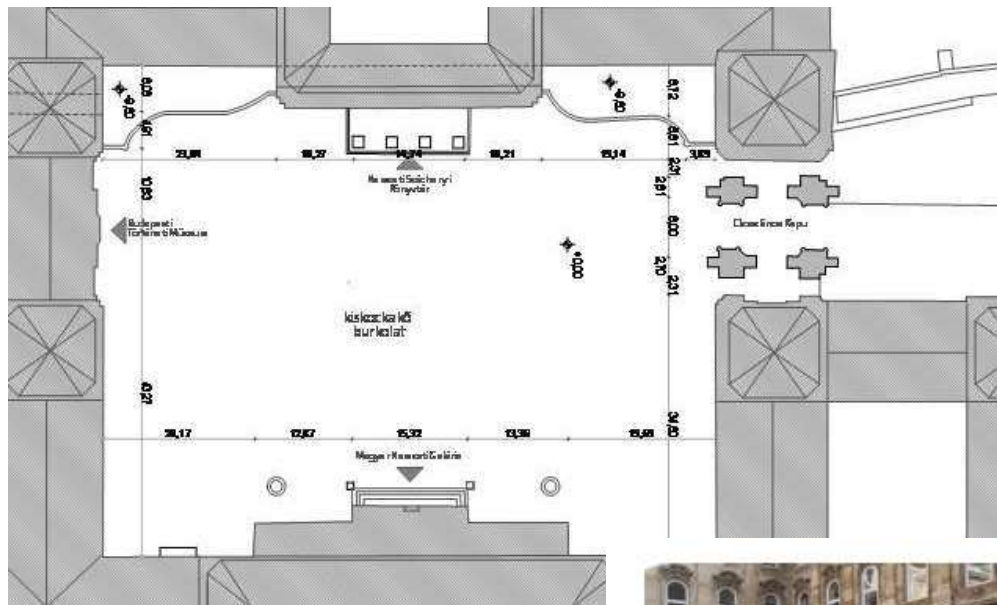
ÉS MOST NÉHÁNY  
GYAKORLATI PÉLDA ...





# MŰEMLÉKI KÖRNYEZET ÚJ HASZNOSÍTÁSA

felmérési terv



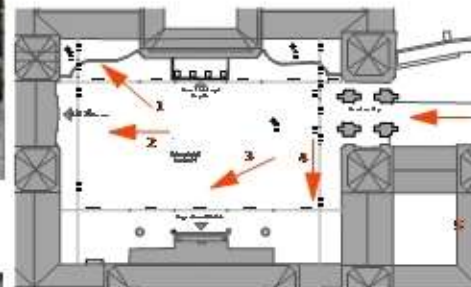
- műemléki környezet – nem módosítható;
- cél a lehető legnagyobb kihasználtság;
- szabad tér – 4 perc szintidő;
- ‘egy’ kijárat áteresztő képessége;
- alkalmazott szélességek – 01,95 m, 5,45 m, 2,25 m

számítás:

$$9,65 \text{ m} \times 41,7 \times 4 = 1609 \text{ fő}$$



1. kép - Műemléki Környezet



5. kép - Műemléki Környezet: Kijáratok és Műemléki Környezet



2. kép - Műemléki Környezet: Műemléki Környezet



3. kép - Műemléki Környezet: Műemléki Környezet



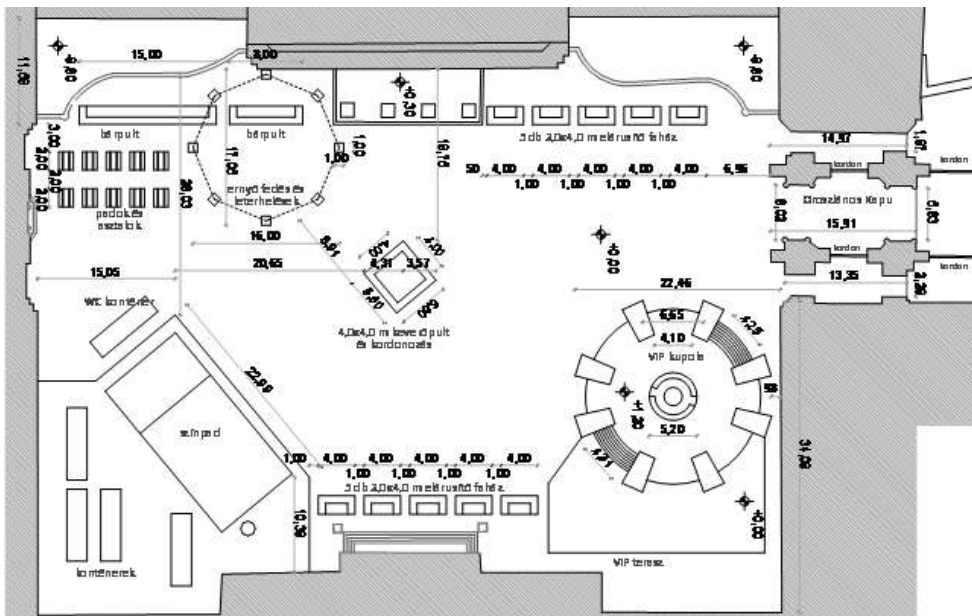
4. kép - Műemléki Környezet: Műemléki Környezet

BUDAI VÁR – Oroszlános Udvar

# MŰEMLÉKI KÖRNYEZET ÚJ HASZNOSÍTÁSA

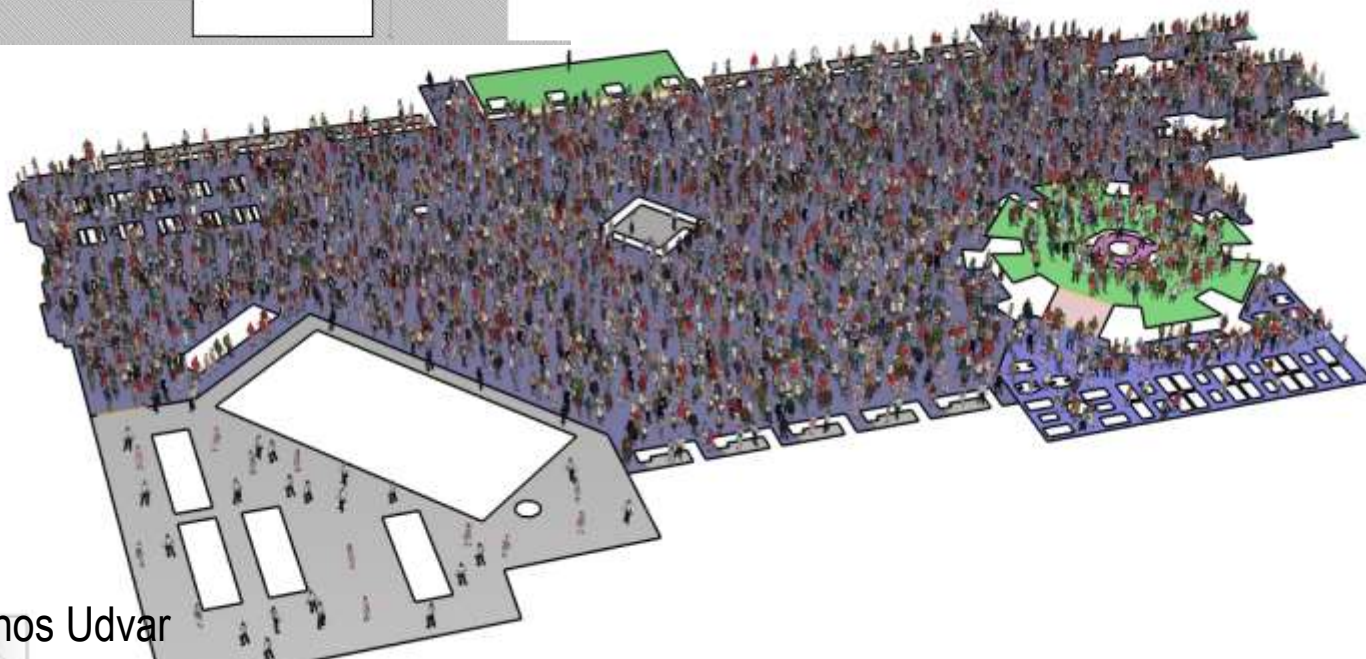
tervezett kialakítás

- színpad, vip kupola, árusítóhelyek, sörpadok;
- vendégek (férfiak, nők, részegek) = 3410 fő;
- színpad, személyzet, biztonságiak = 90 fő;



Exited: 0/3500

szimuláció:  
3500 fő

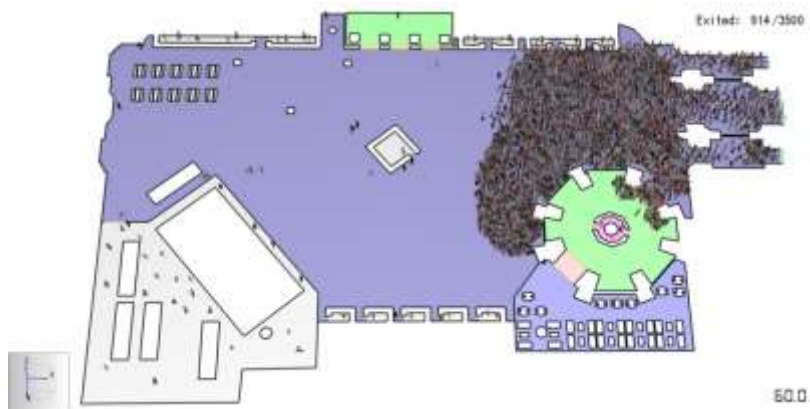


BUDAI VÁR – Oroszlános Udvar

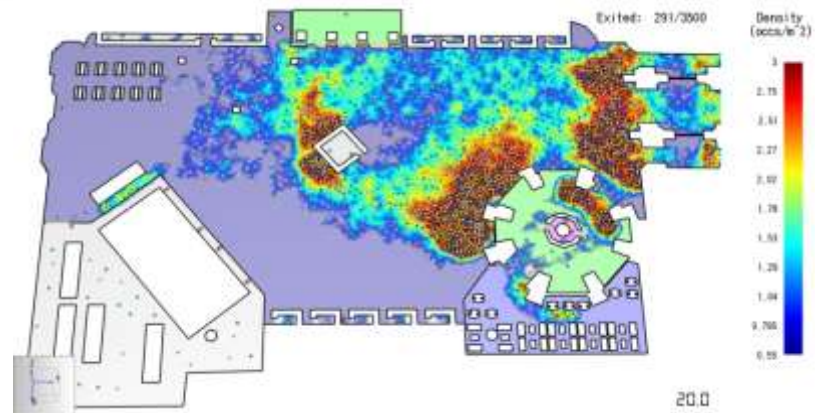


# MŰEMLÉKI KÖRNYEZET ÚJ HASZNOSÍTÁSA

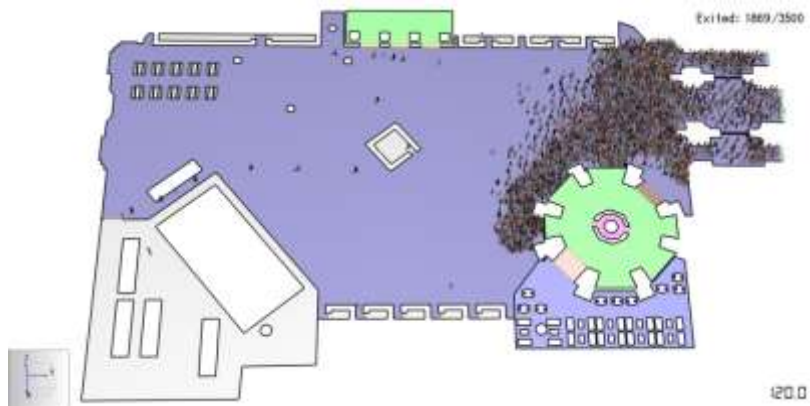
60 s



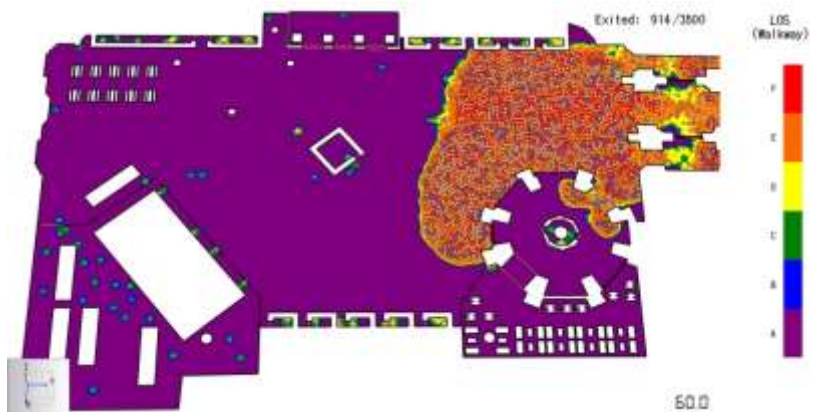
sűrűség



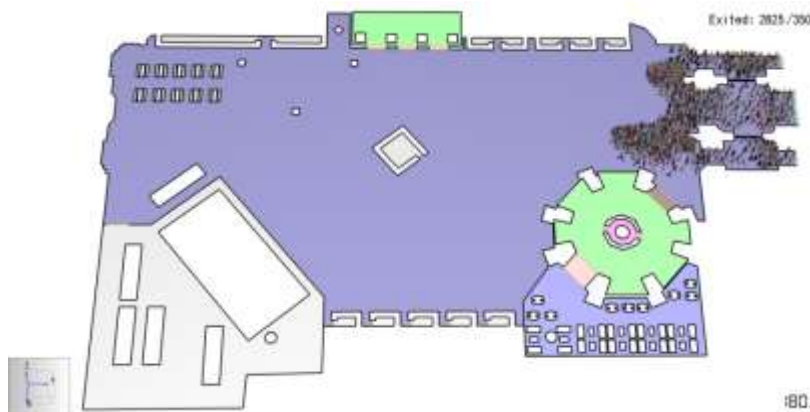
120 s



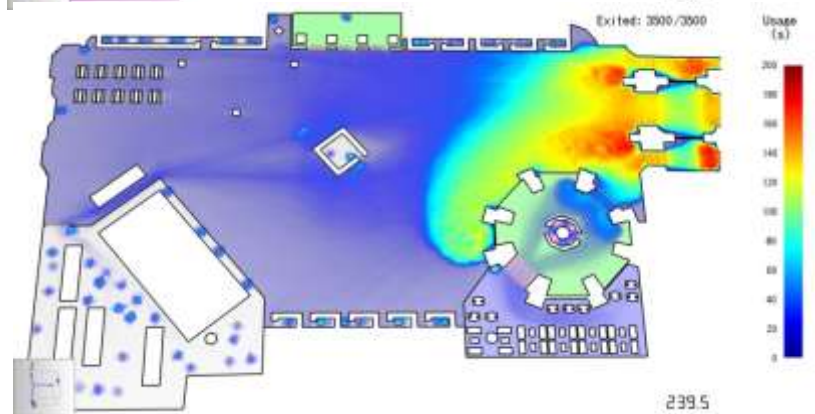
LOS



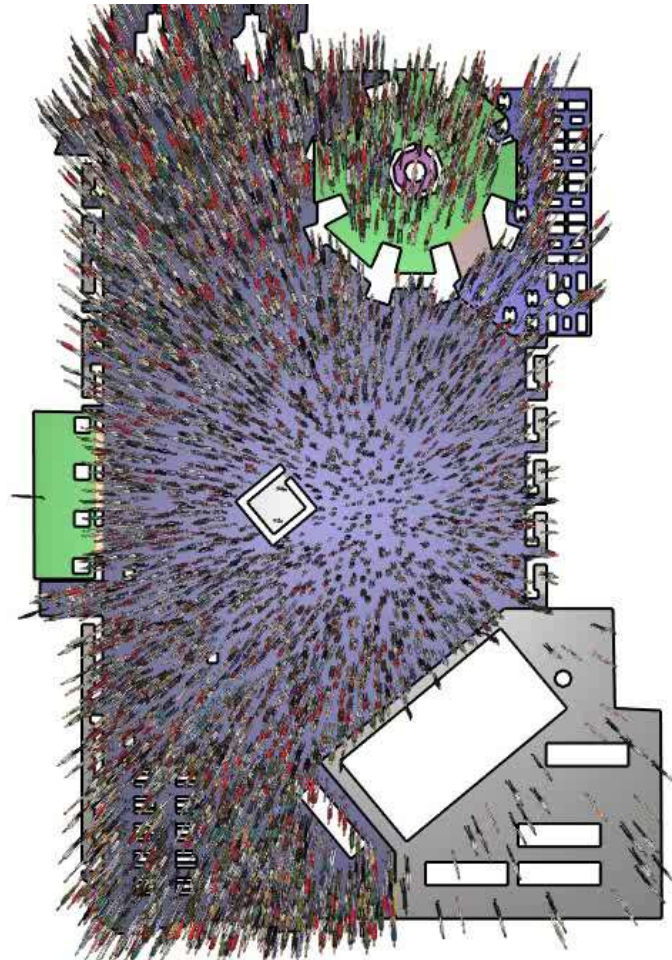
180 s



kihasználtság



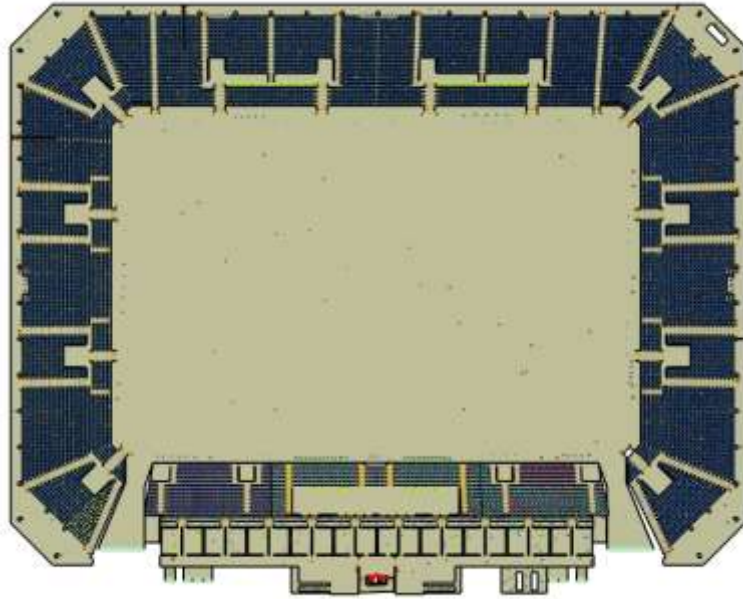
Exited: 0/3500



0.0



# ÚJ ÉPÜLET TERVEZÉSE - STADION

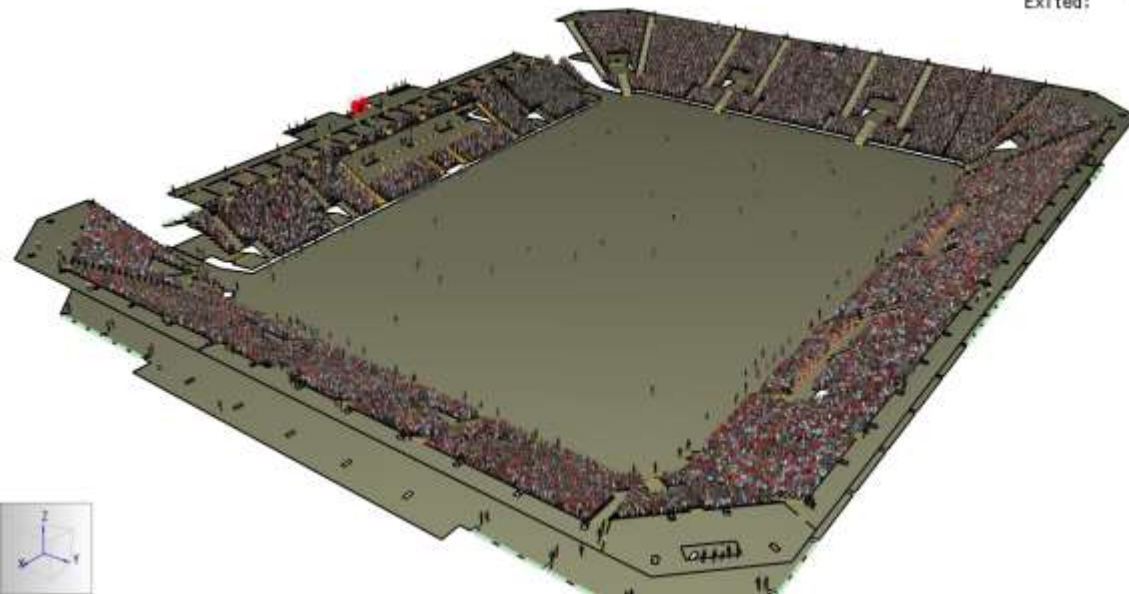


- adott kívánt befogadóképesség (~13.400 fő);
- kötött geometriai szerkesztés;
- cél a lehető legnagyobb kihasználtság;
- lelátó kiürítése 6 perc egy ütemben vizsgálva;



Exited: 0/14532

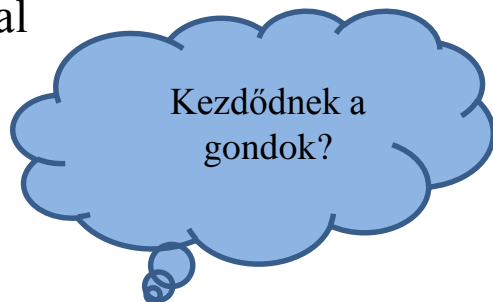
- 20/40 szék soronként;
- legalább 1,20 m lelátó lépcső, szélesebbet osztani kell;
- korlátok, fogódzók kialakítása;
- elválasztott be- és kiléptetés;
- lezárható, elválasztható útvonalak (ultrák, vendég szektor);
- egyéb rendeltetés (koncert);



0.0

# ÚJ ÉPÜLET TERVEZÉSE - STADION

Kiürítés ellenőrzése geometriai módszerrel  
vagy kézi számítással



korábbi állásfoglalás (szabvány):  
lelátó sor széléig 1. ütem, utána 2.  
ütem;  
jelenlegi terv, hogy 1 ütemben kell  
ellenőrizni;


Milyen távolságot ellenőrzök?



Széktől a feltöltő alagútig vagy a külső  
kordon kapukig?

Milyen szélességet ellenőrzök?



Széksor és lelátó lépcső csatlakozása? 

A helytől függően milyen létszámra?

Lelátó lépcső és visszafordulás helye?

Feltöltő alagút szélessége? 

Ha számítás, akkor milyen egyenlettel?




Kordonozáson kapuk szélessége?

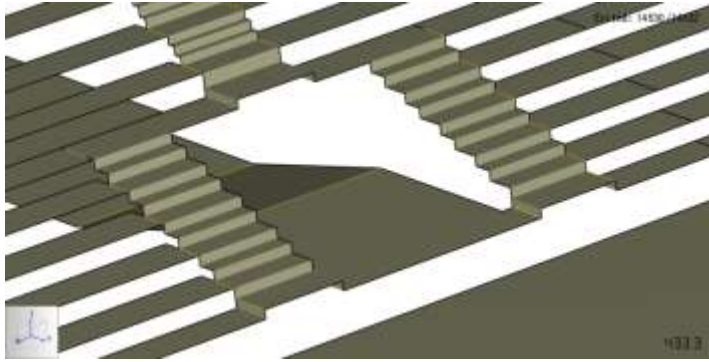


Ha egy ütemben  
vizsgáljuk, akkor talán az  
1. ütem egyenleteivel, ami  
távolság és szélesség  
ellenőrzése...

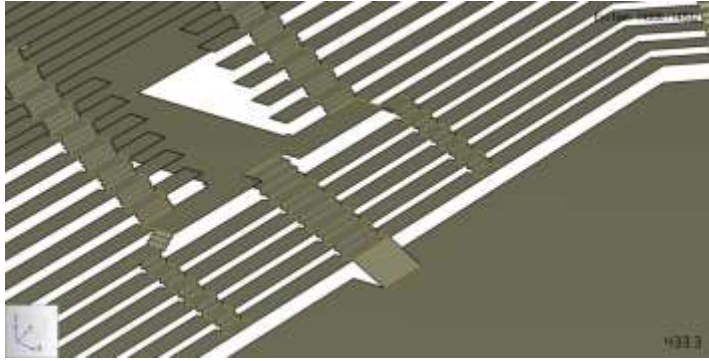
A kiválasztott hely létszámára? 

Na de mennyi időre, ha nem az épület  
elhagyásáig nézem? 

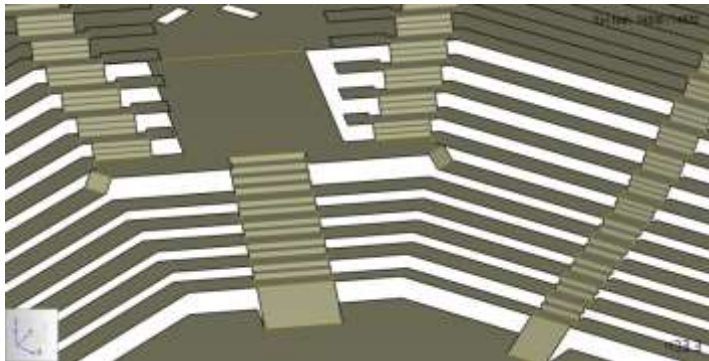
# ÚJ ÉPÜLET TERVEZÉSE - STADION



1.

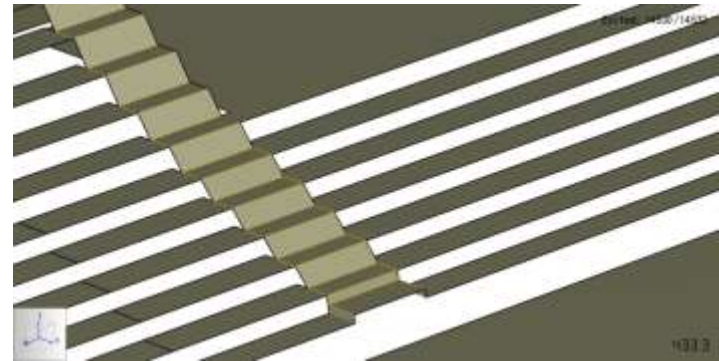


2.

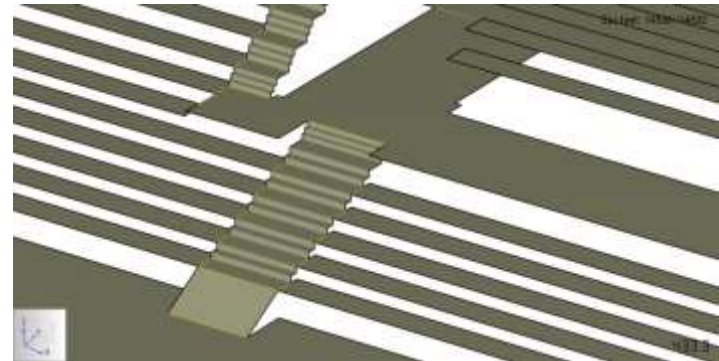


3.

Többféle lelátó lépcső és forduló kialakítás  
- Hol melyik alkalmas?



4.



5.



# ÚJ ÉPÜLET TERVEZÉSE - STADION



1.



2.



3.

Többféle lelátó lépcső és forduló kialakítás  
- Hol melyik alkalmas?



4.



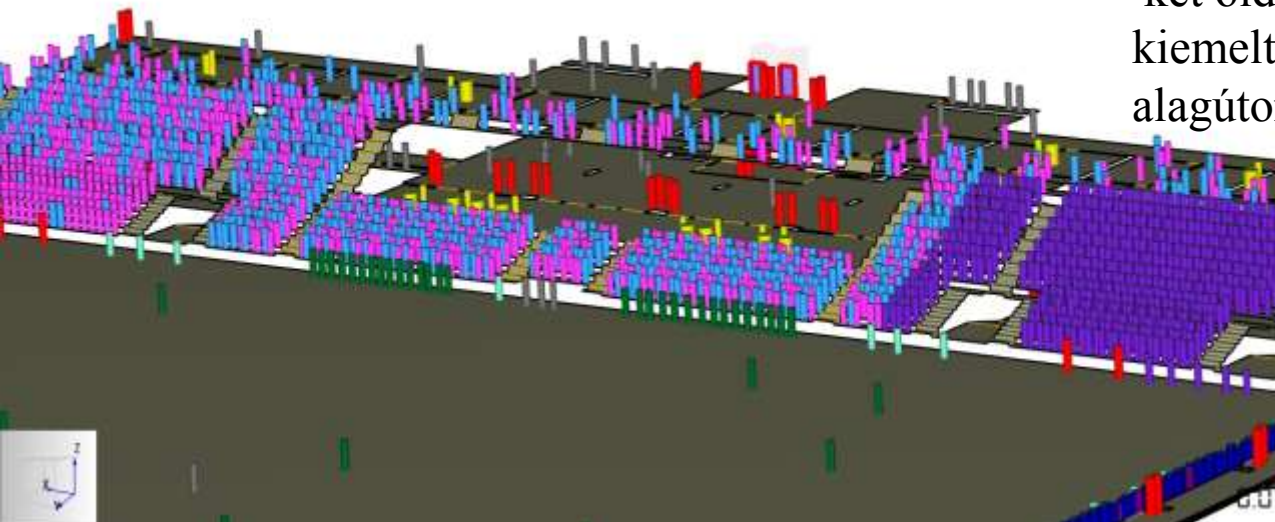
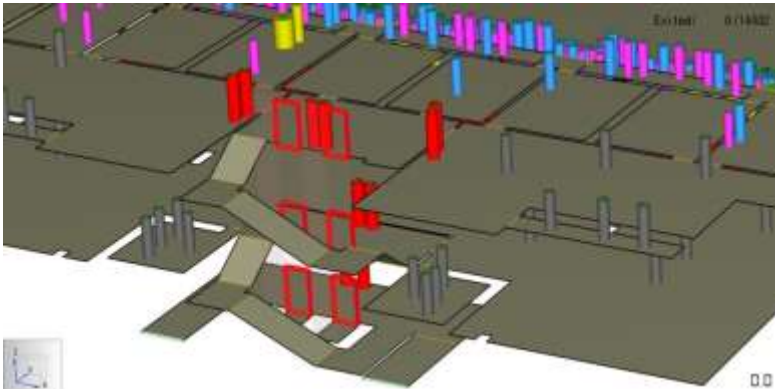
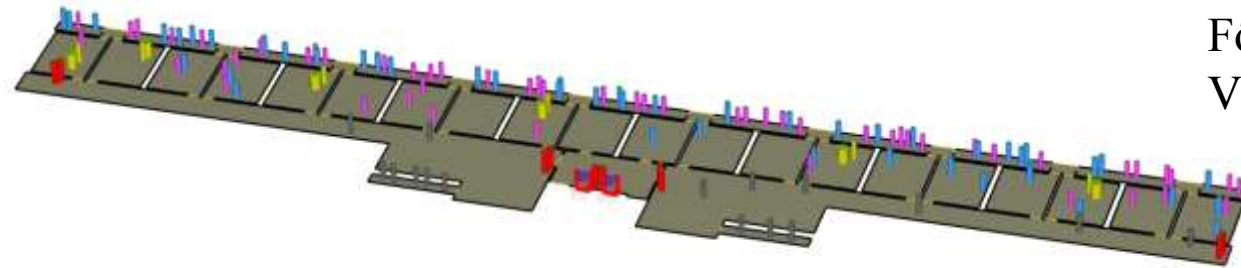
5.

# ÚJ ÉPÜLET TERVEZÉSE - STADION

Főépület kialakítása –  
VIP területek, skyboxok, média



- 1. emelet lounge, 2. emelet skybox;
- közepén füstmentes lépcsőház és 2 biztonsági felvonó;
- pluszban két külső lépcső 1. emeletről;
- a lelátóról az épületen keresztül menekülnek;
- két oldalsó lelátó szakaszon média és kiemelt vendégek ülnek, feltöltő alagúton keresztül menekülnek;

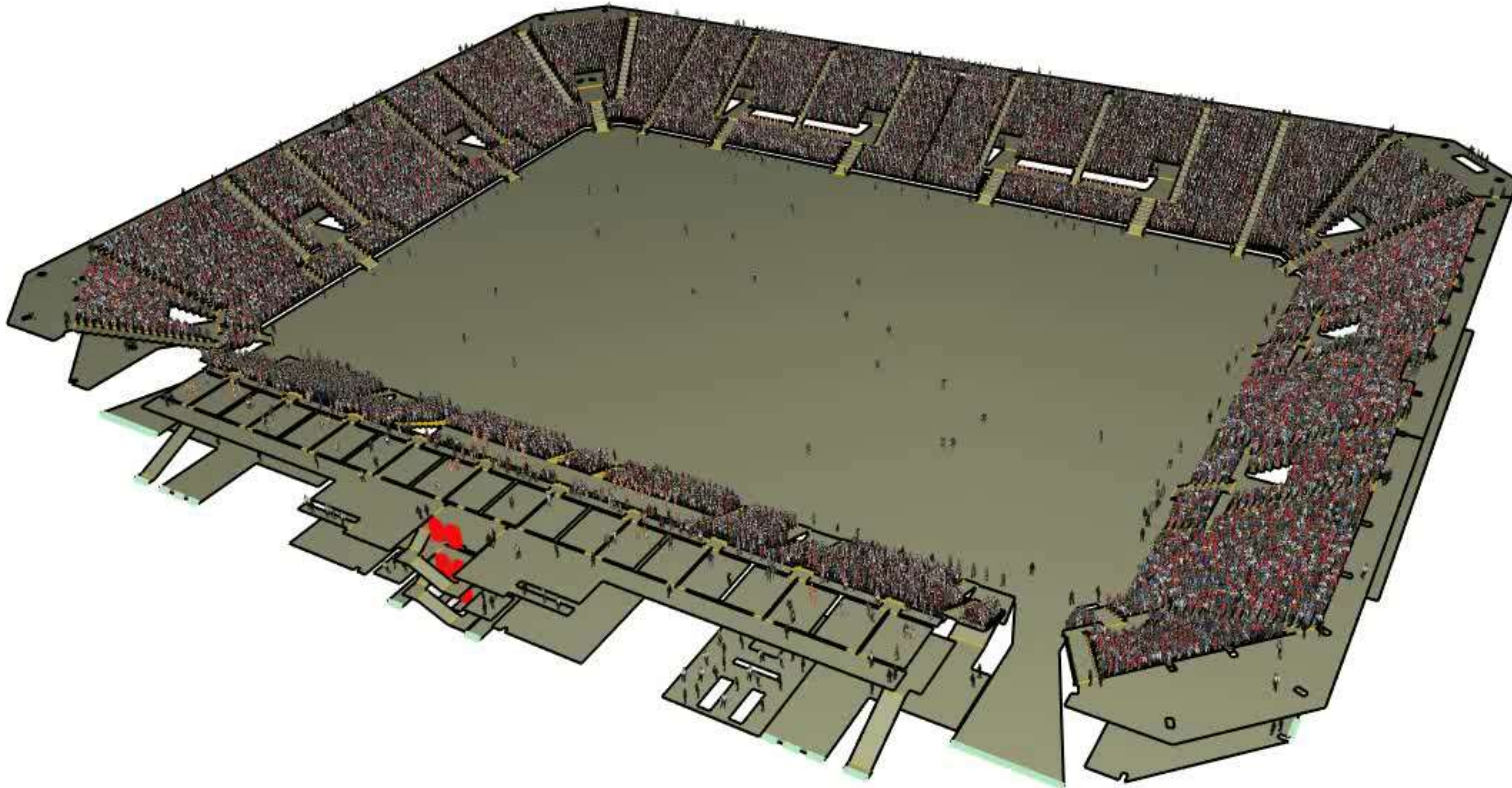




# ÚJ ÉPÜLET TERVEZÉSE - STADION

Kiürítés menete – kívülről nézve

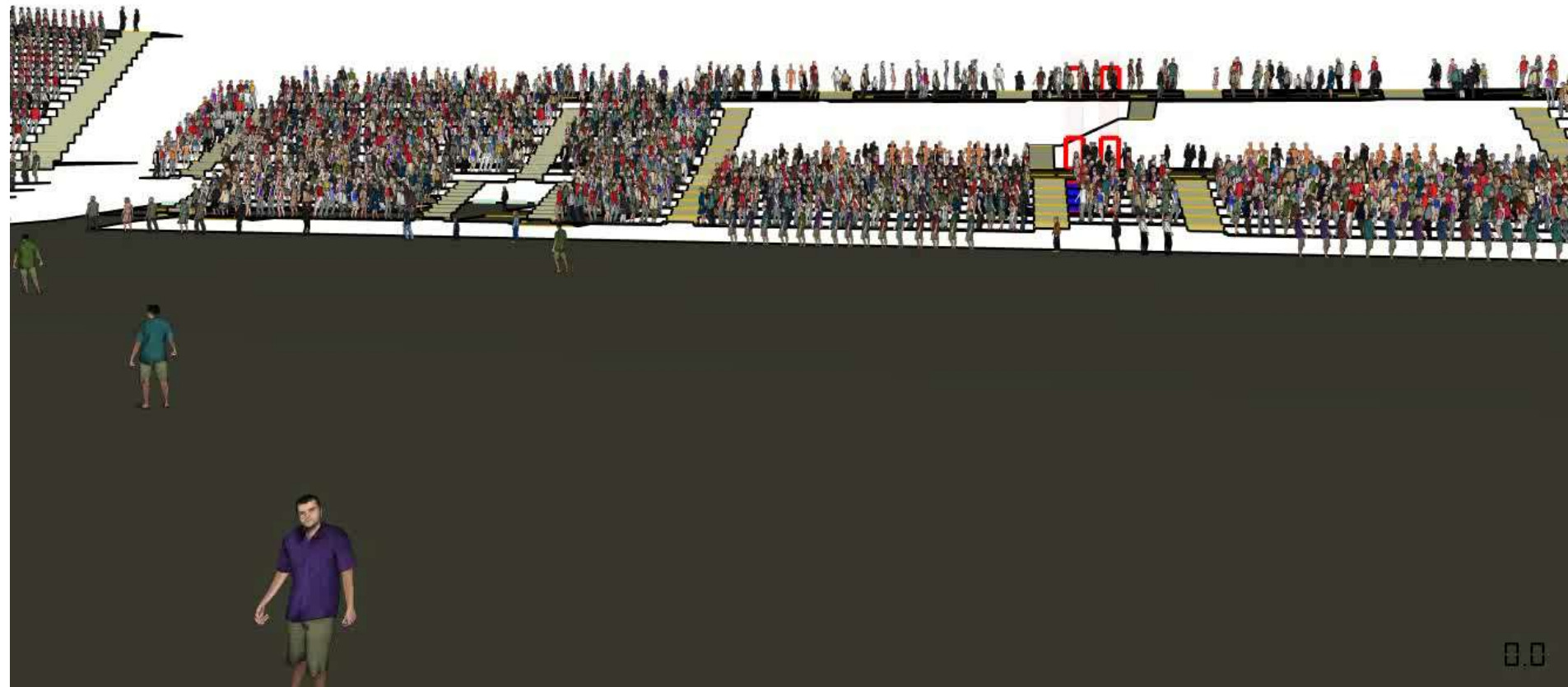
Exited: 0/14532



# ÚJ ÉPÜLET TERVEZÉSE - STADION

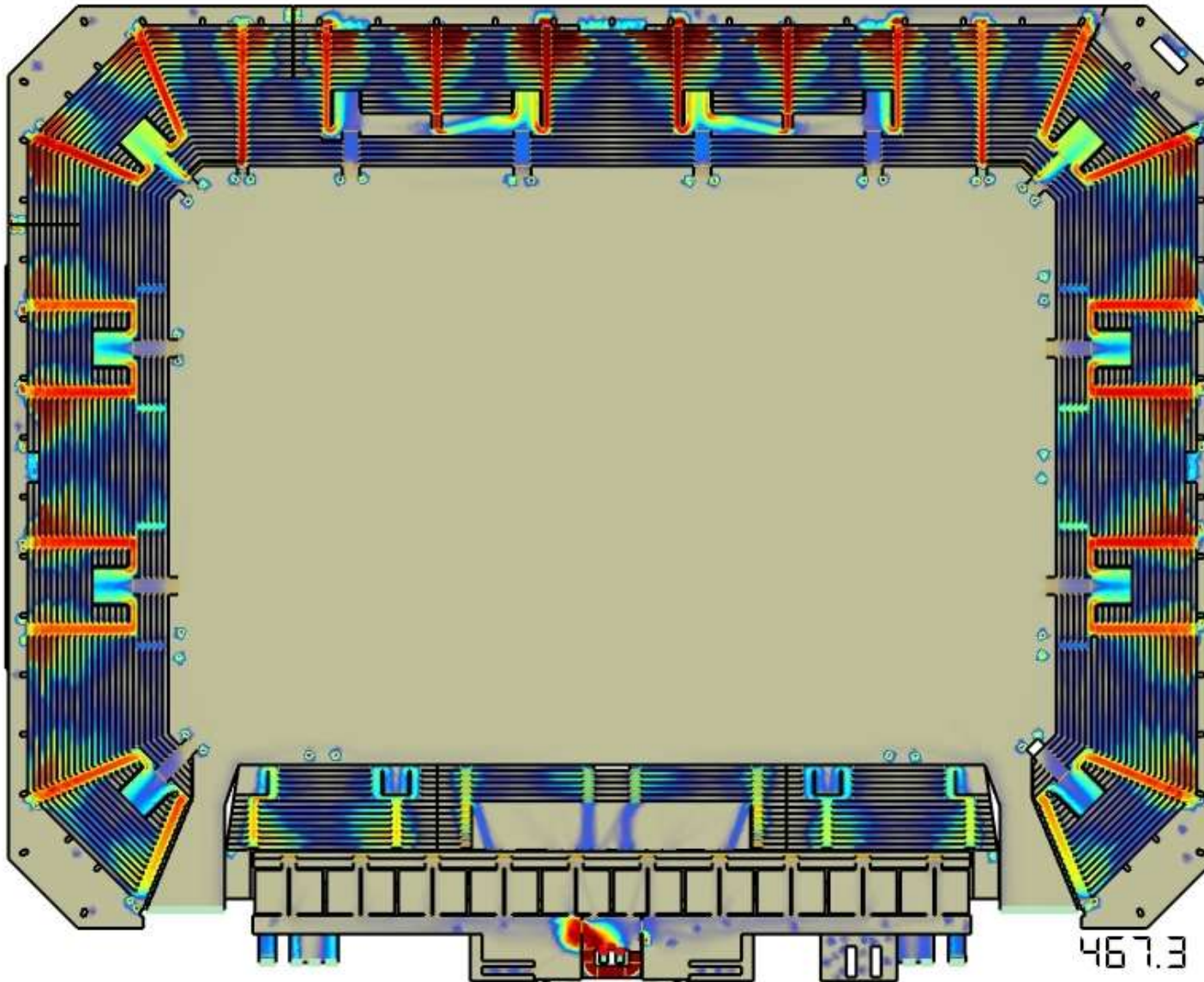
Kiürítés menete – belülről nézve

Exited: 0/14532



# ÚJ ÉPÜLET TERVEZÉSE - STADION

Exited: 14532/14532



Usage  
(s)

200

180

160

140

120

100

80

60

40

20

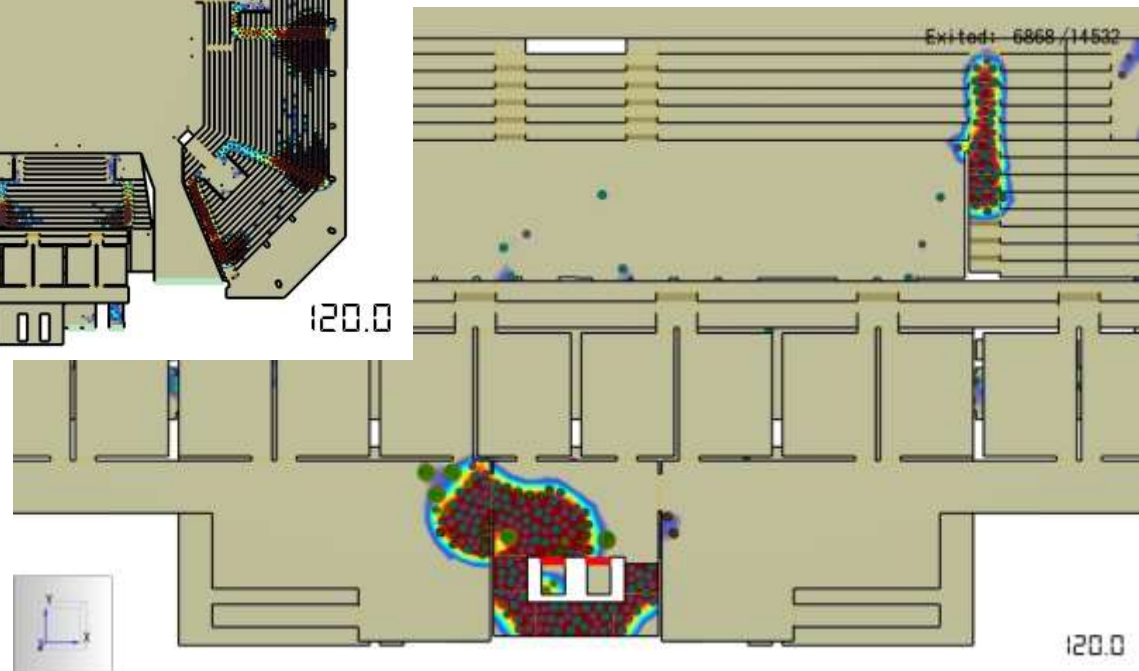
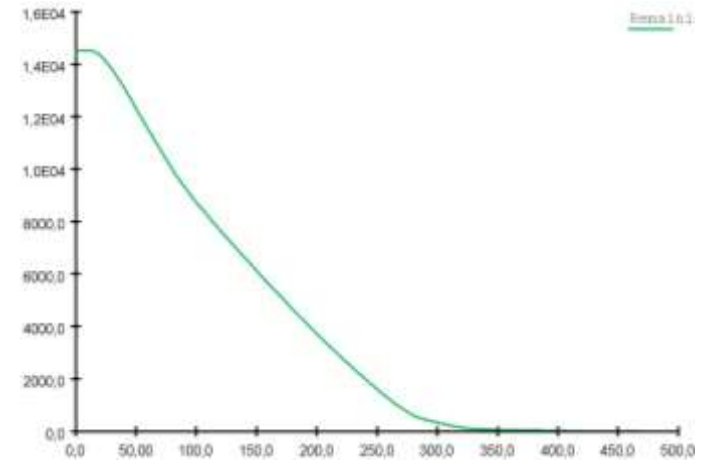
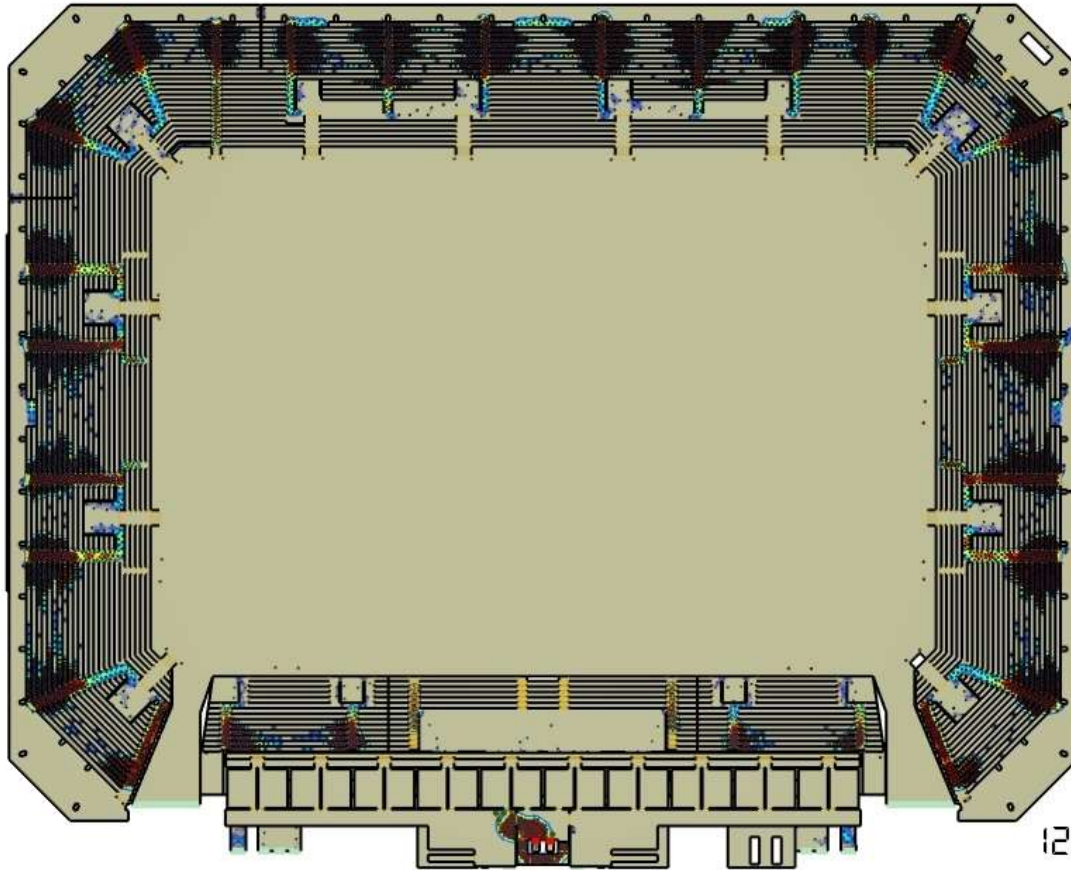
0

467.3

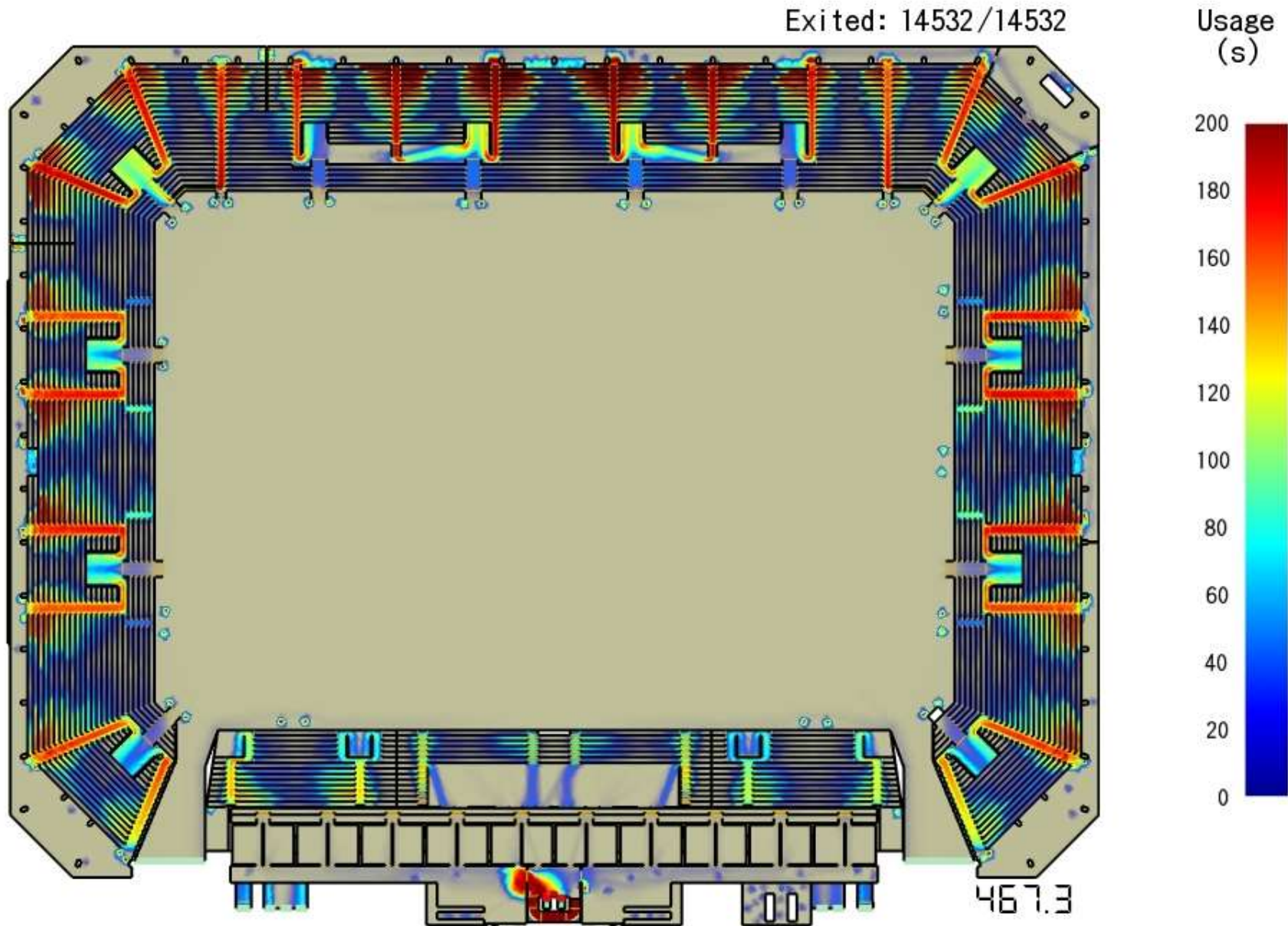


# ÚJ ÉPÜLET TERVEZÉSE - STADION

Exited: 6868 / 14532

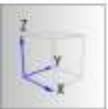
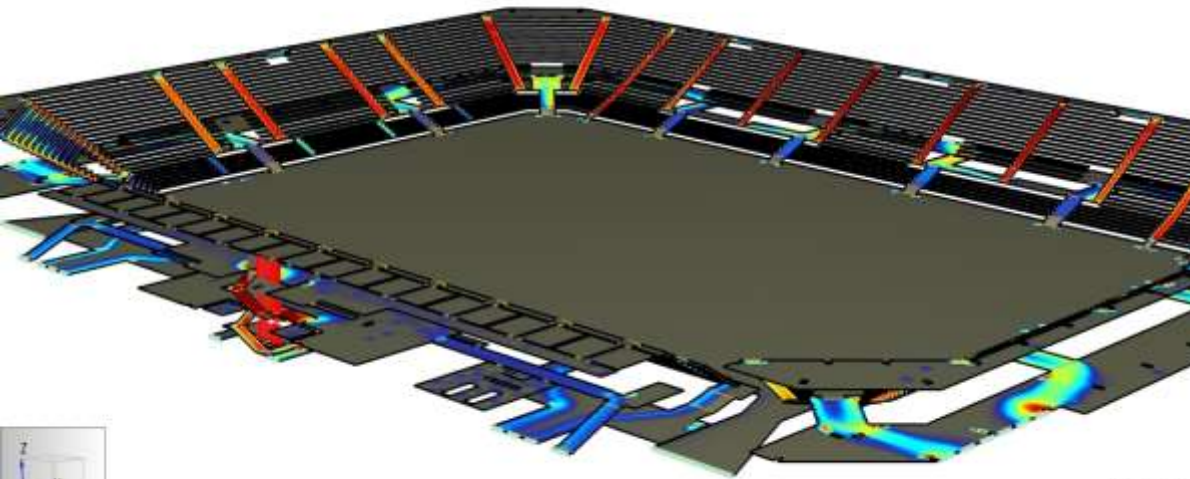


# ÚJ ÉPÜLET TERVEZÉSE - STADION



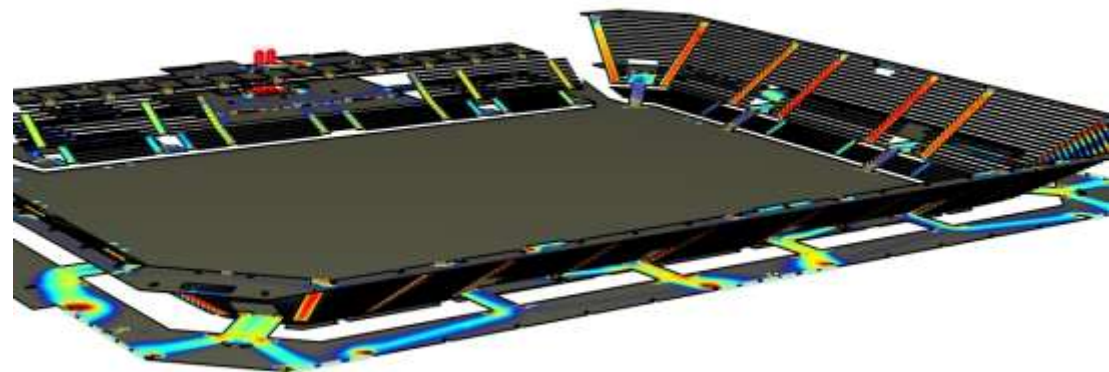
# ÚJ ÉPÜLET TERVEZÉSE - STADION

Exited: 14532/14532



467.3

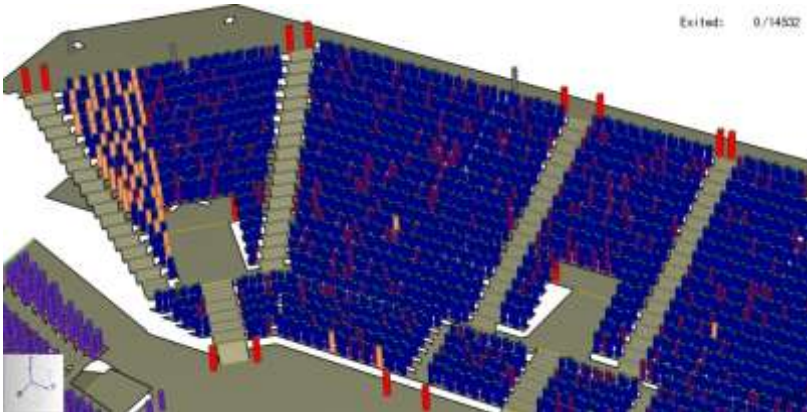
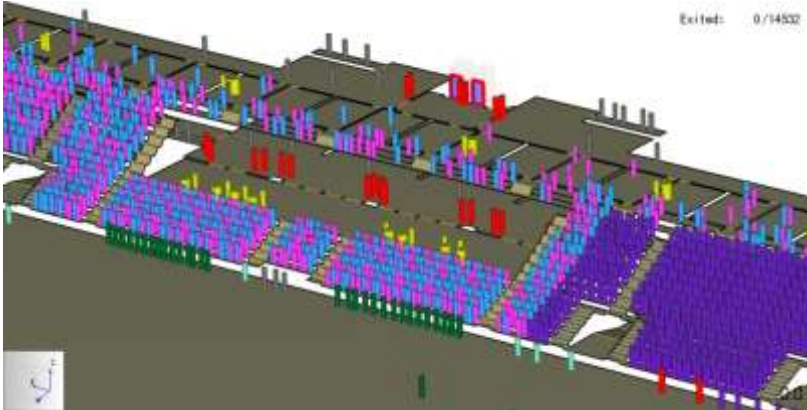
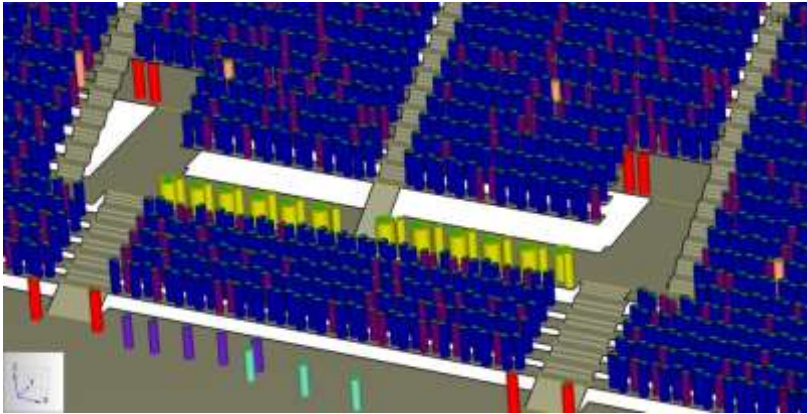
Exited: 14532/14532



467.3



# ÚJ ÉPÜLET TERVEZÉSE - STADION



Mozgásukban korlátozott vendégek –  
Hol helyezkednek el? Hogy érkeznek és  
távoznak? Kijelölt helyeken vagy bárhol?

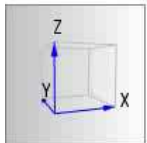
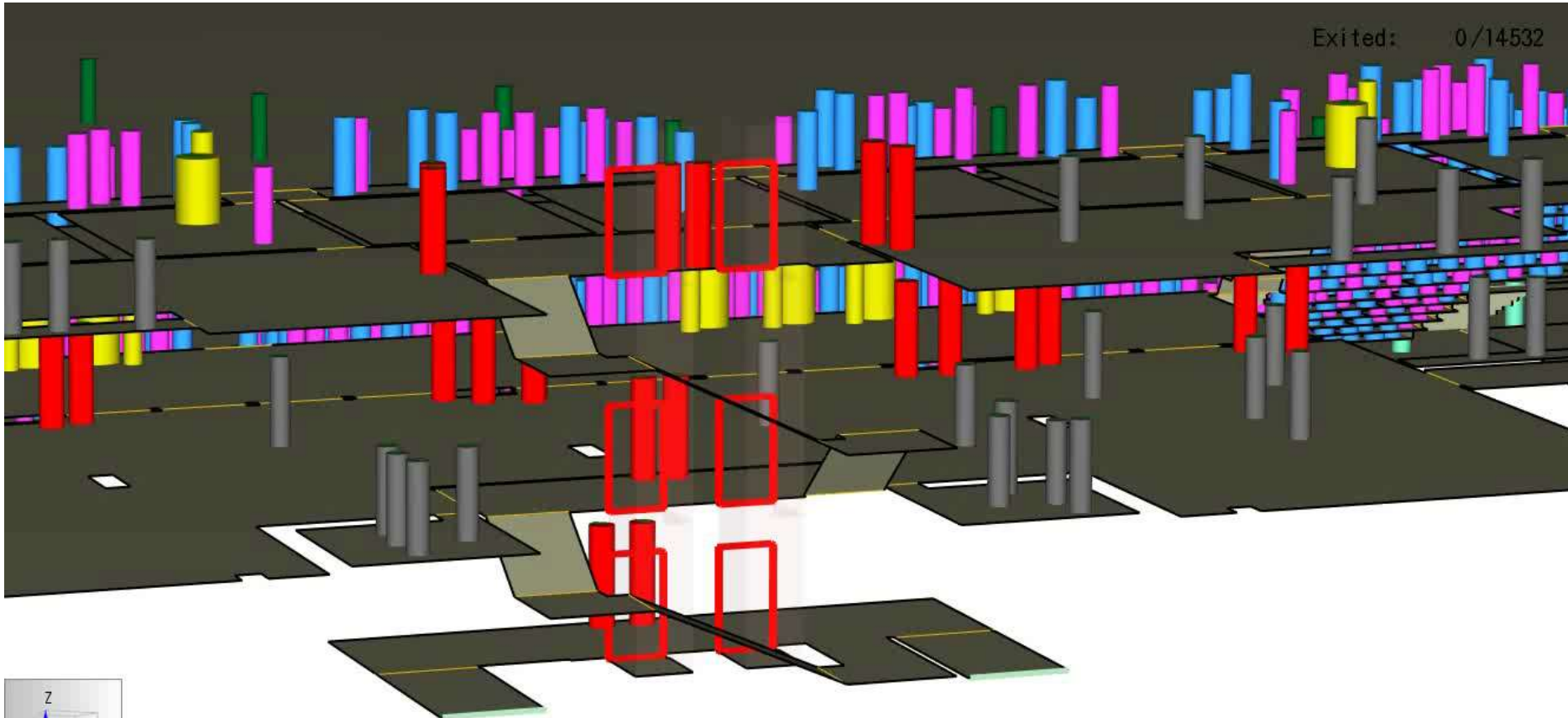


- látássérülteknek kijelölt szektor (kommentátorral) és emellett bárhol lehetnek;
- hallássérülteknek kijelölt terület indukciós hurok miatt, de nem szerepelnek a modellben;
- mozgássérültek általános szektorban kijelölt helyen, szintben menekülnek;
- mozgássérültek vip területen 1. és 2. emeleten, felvonóval menekülnek;
- nehezen mozgó vendégek bárhol lehetnek, de jelen modellben nem szerepelnek;

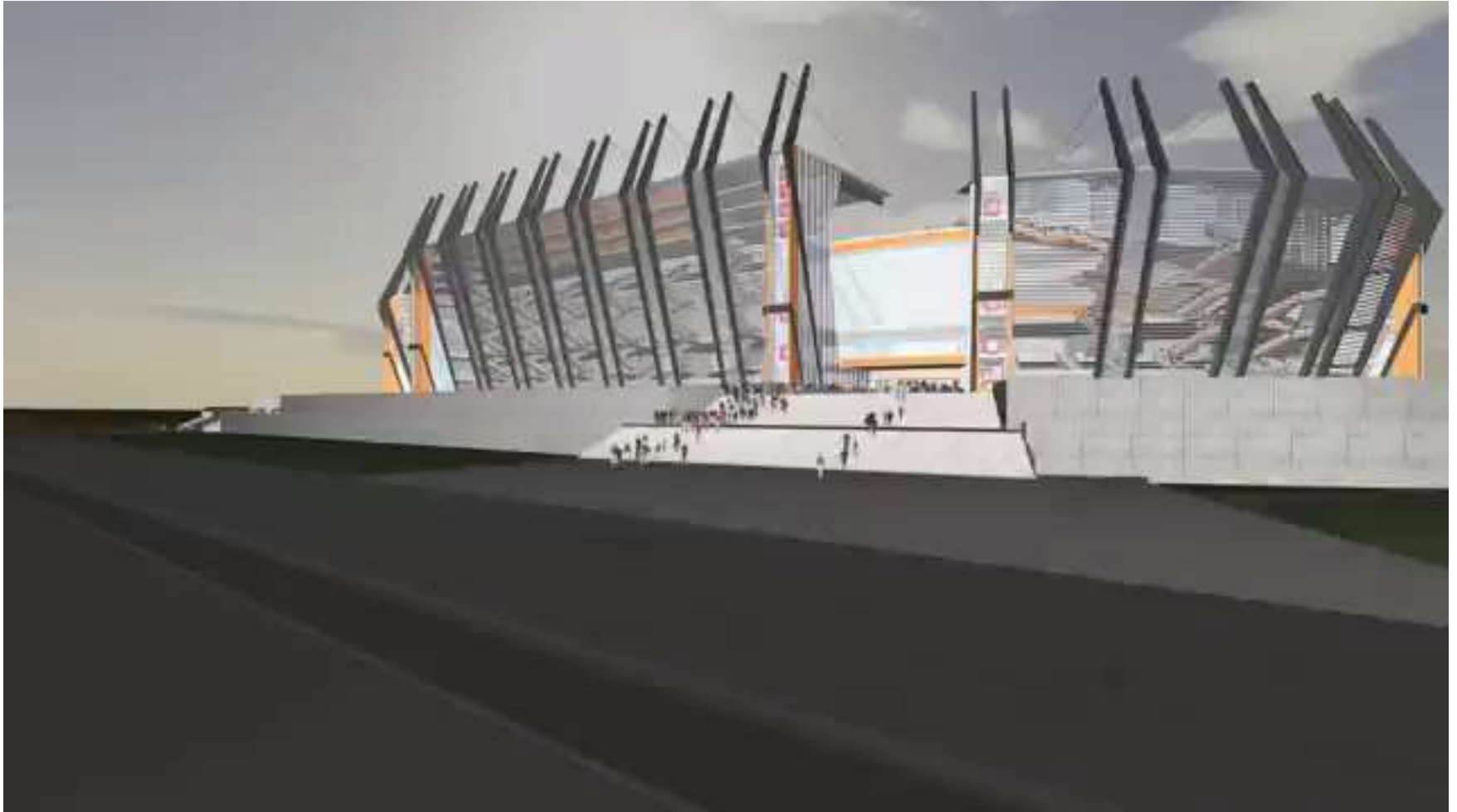


## Kiürítés menete – biztonsági felvonó

Exited: 0/14532



# PATHFINDER MINTA VIDEÓ



forrás: [www.thunderheadeng.com](http://www.thunderheadeng.com)

# Gyakorlati példák a számítógépes modellezés alkalmazására a kiürítés tervezésben

**IV. Lakiteleki Tűzvédelmi Szakmai Napok  
Lakiteleki Népfőiskola 2015. szeptember 7-8.**



Bryan Klein (Thunderhead Engineering Ltd.)

**Köszönöm megtisztelő  
figyelmüket!**