

Veres György

Kiürítés számítógépes modellezése

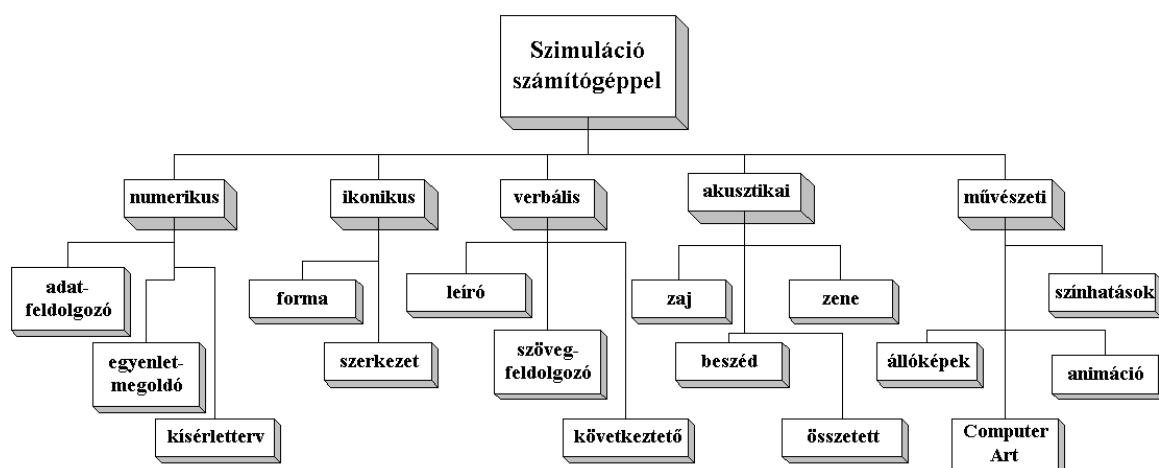
A kiürítés számítógépes modellezése a korszerű tűzvédelmi tervezés egyik legjobban felhasználható eszköze, amellyel realisztikusan meghatározható a menekülési útvonal, a személyek mozgása. Felhasználható tűzvédelmi oktatások során, valamint a tűz modellekhez a menekülési időtartam meghatározásához.

A számítógépes modell

A számítógépes technológia rohamos fejlődése lehetővé tette a bonyolult számítások időbeni redukálását és a velük történő modellezés mára már a kutatások, tervezések nélkülözhetetlen eszközévé vált. Ma az amerikai energiaügyi minisztérium kutatóközpontjában lévő Jaguar Cray XT5-ös szuperszámítógép [1] a világ leggyorsabb szimulációs berendezése. A gép csúcsteljesítménye 1,7 petaflops¹. A számítástudományban a matematikai modell értelmezése eltér, mivel a rendszer sztochasztikus hatásoknak van kitéve. Minden megoldási módszer alapja a matematikai modell transzformációja, azaz rendszer matematikai modelljét numerikus számításokkal oldjuk meg. A számítógépes numerikus megoldások során ezzel a transzformációval kapjuk meg a számítási modellt, amelyet matematikai modellnek hívnak a számítástechnikában. Mivel a számítógép algoritmikus berendezés, így bármilyen algoritmizálható feladat megoldható vele. Ha ismert a folyamat algoritmusa, akkor a számítógépes program megírható, amelynek futtatásával a folyamat modellt, szimulációvá válik.

A számítógépes szimulációk csoportosítása [2] (2. ábra):

- numerikus, a mérési, megfigyelési, statisztikai adatok feldolgozása (értékelése), matematikai modellből kialakított számítási modell megoldása,
- ikonikus, a modell vizuálisan megfigyelhető,
- verbális, modell szavakban kifejezhető kapcsolatait tárjuk fel,
- akusztikai, hanghatásokat ellenőrizhetjük, változtathatjuk.
- művészeti, pl. animációk előállítása.



2. ábra Számítógépes szimulációk csoportosítása

¹ A flops a Floating Point Operations Per Second kifejezés rövidítése. Megmutatja, hogy egy másodperc alatt hány lebegőpontos (tört számmal végzett) matematikai alapműveletre képes a számítógép. A peta szorzó SI mértékegységrendszer egyik előtagját, a számítástechnikában kettő az ötvenedik jelöli.

A szimulációk csoportja természetesen egyidejűleg is keveredik a felhasználói igénynek megfelelően. A szimulációt röviden egy valós folyamat vagy rendszer meghatározott ideig történő imitálásaként, utánzásaként definiálhatjuk [3].

Rendelkezésre álló kiürítési modellek

A kiürítési szimulációk segítségével a teljesítmény alapú tervezés vizsgálatához különböző scenáriókat állíthatunk fel. A programok segítségével megbecsülhetjük az épület kiürítéséhez szükséges időt. A legfejlettebb programok már figyelembe vesznek pszichológiai tényezőket, mint az emberi viselkedést a tűz esetén, a füst, hő és a láthatóság csökkenésének hatásait. A grafika segítségével jól szimulálható az emberek mozgásának bemutatása az épület kiürítése alatt. A bemeneti adatok rendszerint a személyek létszámára, korára, vállszélességeire, haladási sebességeire és az épület geometriájára (kijáratok, lépcsők, liftek és közlekedők stb.) korlátozódnak. A ECSC DIFISEK+ projekt² keretében [4] a kiürítési modelleket vizsgálták, amely vizsgálat kivonatos megállapításait a 3. ábra szemlélteti.

Alkalmazási terület: Kijáratok			
Modell	Ország	Azonosító	Rövid leírás
AEA EGRESS	USA	112	A kiürítési folyamat vizsgálata.
ALLSAFE	Norvégia	113	Kiürítési modell emberi tényezőkkel.
ASERI	Németország	114	Bonyolult geometriájú épületekben az emberi mozgás és a füst és tűz terjedésének modellje.
BGRAF	USA	115	Vészkiárat modellek, melyek az emberi döntések sztochasztikus modelljét alkalmazzák.
EESCAPE	Ausztrália	116	Többszintes épületek lépcsőn keresztüli evakuálásának modellje.
EGRESS	UK	117	Összetett geometriai szemléltető kiürítési modell.
EGRESSPRO	Ausztrália	118	Tűzoltó berendezések és tűzérzékelők és aktiválásának kiürítési modellje.
ELVAC	USA	119	Többszintes épület liften keresztüli kiürítésének modellje.
EVACNET	USA	120	Modell a kiürítés optimális tervezéséhez.
EVACS	Japán	121	Modell a kiürítés optimális tervezéséhez.
EXIT89	USA	122	Magas épületek kiürítése.
EXITT	USA	123	Csomóponti és íves háló felosztású kiürítési modell, az emberi viselkedéstényezőkkel.
EXODUS	UK	124	Kiürítési program a biztonságtechnikához.
GRIDFLOW	UK	125	Szimuláció többszintes épület minden emeletének kiürítéséhez és az épület teljes kiürítéséhez szükséges idő meghatározására.
PATHFINDER	USA	126	Kiürítési modell.
PEDROUTE	UK	127	Gyalogos szimulációs modell.
SEVE_P	Franciaország	128	Torlódásokkal ellátott grafikus kiürítési modell.
SIMULEX	UK	129	Koordináta alapú kiürítési modell.
STEPS	UK	130	3D-s szimulációs modell a torlódásos mozgásokhoz.
WAYOUT	Ausztrália	131	FireWind programcsomaghoz kiürítési modell.

3. ábra ECSC DIFISEK+ projektben vizsgált tűzvédelmi szoftverek

² European Coal and Steel Community Dissemination of Fire Safety Engineering Knowledge

Kiürítési modellek jellemzése

Cél

A program kiválasztásnál meg kell határozni a célt, vagyis mire szeretnénk használni, milyen épület típusra, mivel egyes modellek speciálisan bizonyos épület típusokra fejlesztették ki (3. ábra).

A modellezési módszer

A modell kifinomultságának kifejezésére használják az alábbi alkategóriákat: viselkedési modell, mozgási modell és a vegyes, vagyis amelyik a viselkedési és mozgási modellel is egyidejűleg képes számolni. A viselkedési modellek figyelembe veszik a személyek lehetséges és/vagy döntéseit. A mozgási modellek a személyek egyik pontból a másik pontba történő mozgását jelenítik meg. A vegyes rendszerű programok elsődlegesen mozgási modellek, de a viselkedés szimulálására is alkalmasak, pl. kiürítés előtti időtartam eloszlása a személyek között, illetve a füst hatásait a személyekre. Ezek a modellek az egész épület szimulálására alkalmasak, amely során a teljes épületben történő mozgás jól megfigyelhető.

Háló felépítés

A programok a lehetséges közlekedési útvonalakat hálókra bontják. A fejlettebb rendszerek több részre (háromszögekre) bontják az útvonalat, amelyeken a személyek mozgásának szimulálása történik. A durva hálózati modellek az alaprajzot felosztják helyiségekre és lépcsőkre. A mozgásszimulálás helyiségről helyiségre történik. A folytonos hálózati modellek alkalmasak két dimenzióban megjeleníteni az épület alaprajzát, megjelenítve a személyek mozgását. A mai legfejlettebb modellek pl. Pathfinder a folytonos és háromszögekre bontott hálót használja és képes a modellezett teret már három dimenzióban is bemutatni.

Perspektíva

A perspektívát két csoportra bonthatjuk, ahogy a modell látja a személyeket, és ahogy a személyek látják az épületet. A mérnöki munkákra használt programokra a külső szemlélő perspektíva jellemző, ahol a személyek csoportosan vagy személyenként elkülönítve láthatóak. Amennyiben nem fontos minden egyes személy eloszlása úgy elegendő a globális nézet homogén eloszlásának megfigyelése. A személyek szemszögéből az épület látható globálisan vagy saját szemszögből. A globális szemszög esetén feltételezzük, hogy a személyek ismerik a szabadba vezető menekülési útvonalaktól, a saját szemszög esetén a személynek nincs ismerete a menekülési útvonalakról, döntést kell hoznia a megfelelő útvonal kiválasztásáról.

Viselkedés

A régebbi modellek nem tartalmaztak viselkedési szempontot, vagyis egyik pontból a másikba történő mozgás volt a vizsgálat fő célja. A fejlesztők tovább finomították ezeket a programokat a számítógépes játék programokból átvéve a kikerülés A* heurisztikus függvényt³ [5] valamint a mesterséges intelligenciát. Russel szerinti négy megközelítése van a mesterséges intelligenciának [6]: 1. A mesterséges intelligencia úgy gondolkodik, mint az ember. 2. A mesterséges intelligencia úgy cselekszik, mint az ember. 3. A mesterséges intelligencia racionálisan gondolkodik. 4. A mesterséges intelligencia racionálisan cselekszik.

Mozgás

³ technikai jelentés: heurisztikus kiértékelő függvény, amely a probléma egy állapotához egy számot rendel

A modellek egyik legfontosabb tulajdonsága, mely szerint hogyan kezelik a személyek mozgását az épületen belül:

- személyek létszámát, sűrűségét figyelembevevő program, amely kihatással bír a haladási sebességekre és a menekülési útvonal szélességek átbocsátásaira,
- felhasználó által beállítható a haladási sebesség és az átbocsátó képesség,
- személyek közti távolság: minden személyt 360° -ban buborék veszi körül, amely bizonyos távolság tartását eredményezi a személyek között, akadályoktól és falaktól.

Számítógéppel segített tervezés, CAD⁴

A CAD tervezés lehetővé teszi, hogy a modellező szoftverbe külső fájlokat importáljunk. Sok esetben a terv bevitelével időt takarítunk meg és pontosabb alaprajzokat kapunk.

Megjelenítés

A fejlesztők mára a 3D megjelenítéssel lehetővé teszik az épületben menekülők szemléltetését elforgatással is.

A modellezésre több program is rendelkezésre áll. A programok helyes kiválasztásával a kiürítés a mai tűzvédelmi tudomány álláspontja alapján megfelelően szimulálható.

Modellezés Pathfinder 2009 szimulációs program segítségével

A program 3D megjelenítéssel rendelkezik, amely lehetővé teszi a szimulációt animációként megjeleníteni. A program személy alapú kiürítési szimulátor azaz minden egyes személyt felruház a kikerülés heurisztikával. A szoftver három részből áll a grafikus megjelenítő felületből, a szimulátorból és a 3D megjelenítőből. A program lehetővé teszi, hogy a személyek számának változását az idő függvényében minden egyes helyiséget grafikusan megvizsgálhassuk. Az alaprajz bevitel után a program a menekülésre rendelkezésre álló területet háromszög hálókra bontja, valamint az 1,8 méternél kisebb belmagasságú részeket is akadályként veszi figyelembe.

A program figyelembe veszi a meghatározott személyek általi sűrűséggel befolyásolt haladási sebességet és a keresztmetszetek általi átbocsátóképességet, valamint alkalmazza az A* inverz kikerülési heurisztikát. A kikerülési viselkedés figyelembe veszi a közvetlen környezetből adódó bementi adatokat, amelynek eredménye a kimeneti adat, azaz a kikerülési vektor. A kikerülési viselkedés magába foglalja a keresést, menekülést, üldözést, behatárolást és az akadályok elkerülését [7].

Menekülő személyek fizikai jellemzői

Vállszélességek

A személyek vállszélességeit külön-külön vagy csoportosan határozhatjuk meg. A felnőtt test vállszélességét 510-760 mm közötti értékkel [8] határozzák meg az Egyesült Államok tűzvédelmi szakemberei. A pontosabb vállszélesség méreteket a 4. ábra [9] tartalmazza. A 4. ábrában megjelenő adatokat először 1969-ben publikálták, azóta az emberi antropológia kutatásai szerint a fejlett világokra jellemző elhízás, illetve egészséges táplálkozás következtében a felnőttek körében 0,51 m [10] vállszélesség adódik.

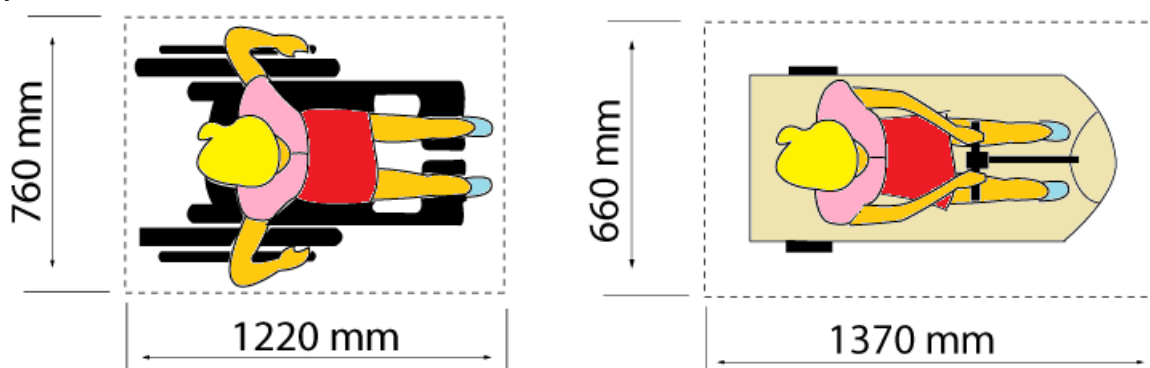
	Vállszélesség (m)
nyári ruházatban	0,51
átmeneti időszak ruházatban	0,53
téli ruházatban	0,54

⁴ Computer Aided Design: számítógéppel segített tervezés

könnyű csomaggal a kézben	0,75
járás járóbottal	0,75
gyerek a kézben	0,8
nagyobb táska a kézben	0,8
járás mankóval	0,84
elektromos kerekesszék	0,5-0,67
járókeret	0,58-0,64
kerekesszék	0,76
csomagok a kezekben	0,9-1,1

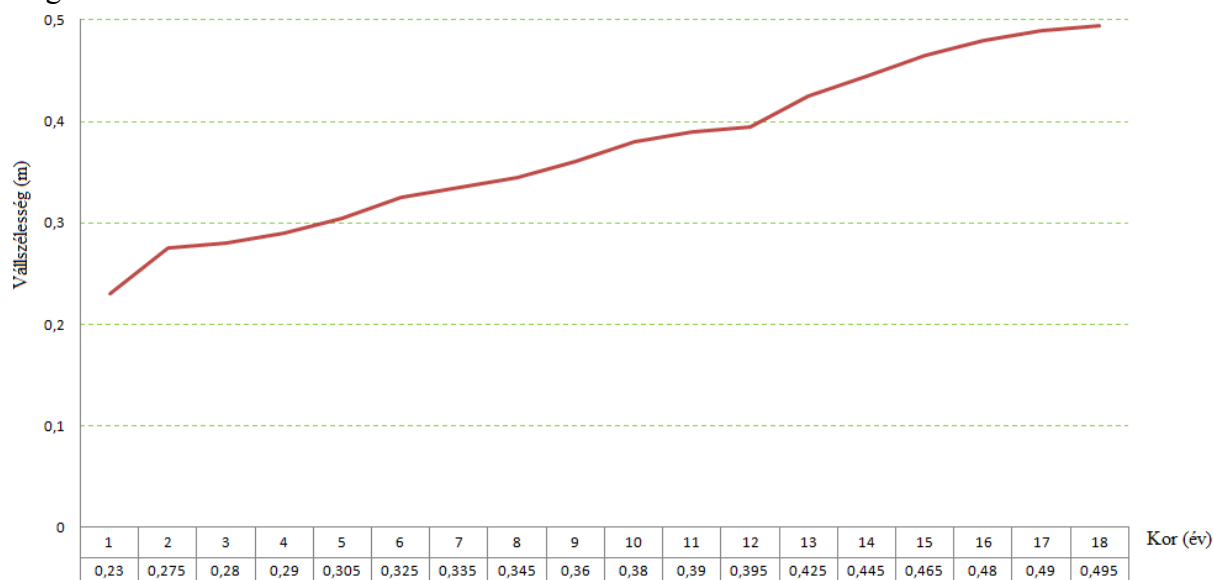
4. ábra Vállszélességek

A kerekesszékek, mint a személy vállának meghosszabbított dimenzióját vehetjük – 5. ábra figyelembe.



5. ábra Kerekesszék és elektromos kerekesszék dimenziók

A gyerekekre vonatkozó adatok [10] a 6. ábrában foglaltak szerint pontosabban meghatározhatóak



6. ábra Gyerek-kamaszkori vállszélességi adatok

Haladási sebességek

Csoportosan vagy egyes személyekhez különböző haladási sebességeket rendelhetünk, amelyeket természetesen a szimuláció során sűrűség befolyásol. Figyelembe vehető haladási sebességeket [11, 12] a 7. ábra tartalmazza.

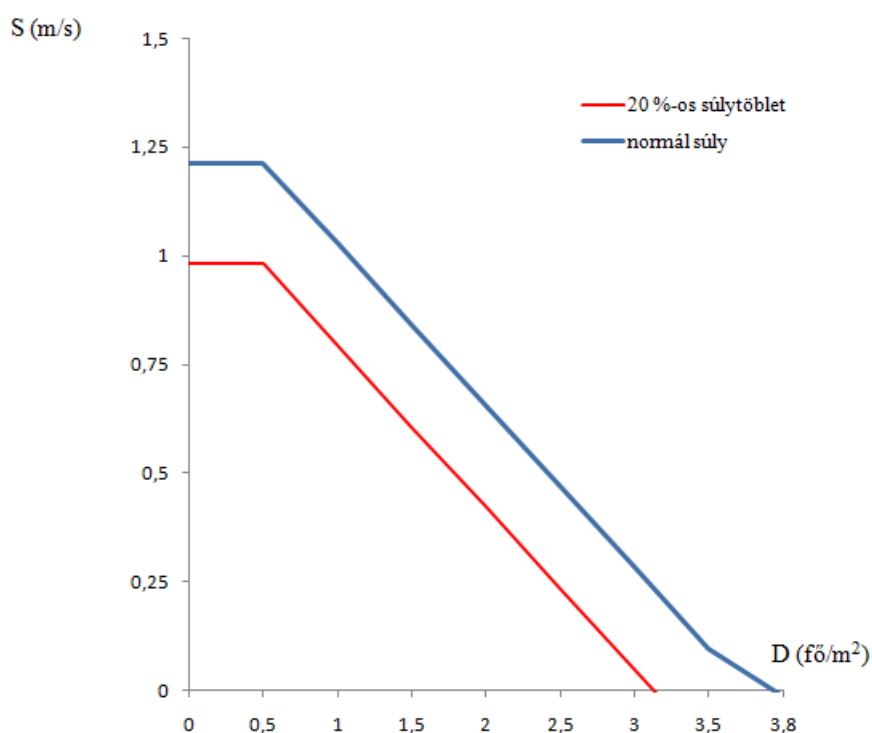
Meghatározás	m/s
óvodás (4-6 év)	0,77

kisiskolás (7-12 év)	1,07
egészséges személy	1,2
túlsúlyos személy	0,98
minden fogyatékkal élő személy	0,71
mozgásszervi fogyatékosággal	0,57
mankóval	0,67
járóbottal	0,49
járókerettel	0,34
elektromos kerekesszékekkel	0,89
kerekesszékekkel	0,38
kerekesszék külső segítséggel	1,02
fogyatékos személy külső segítséggel	0,58
$m^2/fő \leq 1$	$0,26^5$
$1 < m^2/fő \leq 25$	$0,5^5$
$m^2/fő > 25$	$0,66^5$

7. ábra Haladási sebességek

A magyarországi haladási sebesség vizsgálata során [12] megállapításra került, hogy egészséges személyekhez képest a óvodáskorúak 65% a kisiskolások 90% csökkentett értékkel haladnak egészséges személyhez viszonyítottnan. A mért értékek összhangban vannak a nemzetközileg is elfogadott felnőtt egészséges személy haladási sebesség értékkel.

Személy sűrűség, elhízás hatása a haladási sebességre (8. ábra)



8. ábra Haladási sebesség-személyssűrűség-súlytöbblet viszonya

A $0,54$ fő/m² felett a mozgás sebesség függ a többi személytől. A $3,8$ fő/m² értéknél a mozgás megáll, létrejön a feltorlódás. Ezen kívül a haladási sebességet befolyásolja a személyek elhízása, amely magyarországi felmérések szerint a fiatalok és a felnőtt lakosság 20%-os

⁵ 9/2008 (II. 22) ÖTM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzat (OTSZ) kiadásáról melléklet 5. rész I/7 fejezet 3.1. pont szerinti értékek.

többség testtömegét jelenti. A haladási sebesség a normál 1,2 m/s sebességről lecsökken 0,98 m/s sebességre.

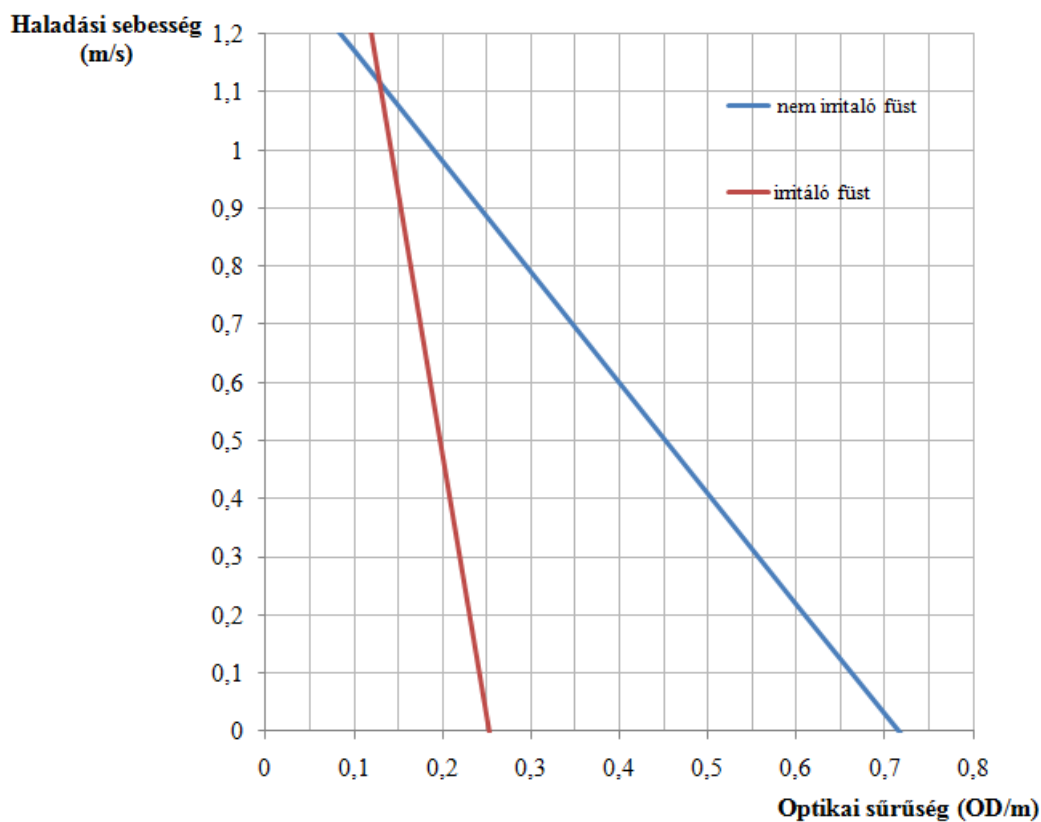
A füst hatása a haladási sebességre

A haladási sebességet nem csak az egy m²-re eső személyek száma befolyásolja, hanem a tűzből adódó emberi érzékszerveket irritáló és nem irritáló égéstermékek jelenléte. Irritáló füst (0,2 OD⁶/m) nem irritáló füst (0,5 OD/m), valamint kevert irritáló és nem irritáló füst (0,33 OD/m) jelenlétében a haladási lecsökken 0,3 m/s sebesség értékre (9. ábra). A menekülési hajlamot a láthatóság nagymértékben befolyásolja, hogy a bent lévő személy az épület belső elrendezését ismeri-e, illetve hajlandó a füstön keresztül menni.

Az optikai sűrűség a haladási sebesség az alábbi képlettel számítható [13]:

$$V_{ni} = 1,36 - 1,9 \times OD/m \text{ (m/s) nem irritáló füstben}$$

$$V_i = 2,27 - 9 \times OD/m \text{ (m/s) irritáló füstben}$$



9. ábra Optikai sűrűség hatása a haladási sebességre

A számítógépes tűzmodellezés során a láthatóság meghatározására kerülő extinkciós koefficiensben (C_s) kifejezett füstsűrűség értékek irritáló füsttel (0,5 1/m), nem irritáló füsttel (1,15 1/m), valamint kevert irritáló és nem irritáló füsttel (0,76 1/m) kapott adatok egyeznek meg a benti optikai sűrűség adatival.

Menekülés előtti időtartam

A menekülés előtti időtartam meghatározása az egyik legnehezebb kihívás a tűzvédelemmel foglalkozó szakemberek részére. Az időtartamot befolyásoló több tényező együttes hatását kell megvizsgálni:

- személyi,

⁶ A fényelnyelés mértékére jellemző paraméter az optikai sűrűség (optical density, OD), vagy abszorbancia (A).

- motivációs,
- tűzeseti riasztás módszerei, eszközei,
- épület tulajdonságai,
- tűz jellemzői,

és a megfelelő közelítő értéket meghatározni.

Kiürítés modellezése

A modell egy fikciós tömegtartózkodásra szolgáló szórakozóhely⁷ kiürítését szimulálja. A szórakozó helyeken bekövetkezett tüzesetekből adódó füstképződés, füstterjedés, hőáramlás és a menekülés már több katasztrófához vezetett (10. ábra). A tűz szimulációt összekötve a kiürítés modellezésével már mérnöki megközelítéssel állapítható, tervezhető a kiürítés, menekülés építészeti megoldása.

Év	Hely	elhunytak/sérültek száma (fő)
2009	Perm, Oroszország	150/160
2009	Bankok, Thaiföld	66/222
2008	Shenzen, Kína	43/88
2006	Pattaya, Thaiföld	8/54
2004	Buenos Aires, Argentína	194/714
2003	Rhode Island, USA	100/230
2002	Lima, Peru	25/100
2002	Caracas, Venezuela	47/0
2002	Saigon, Vietnam	33/0
2001	Tokió, Japán	44/3
2001	Volendam, Hollandia	10/130
2000	Luoyang, Kína	309/50
2000	Mexikó város, Mexikó	20/27
2000	Jiaozuo, Kína	74/0
1998	Göteborg, Svédország	63/0
1996	Quezon, Fülöp-szigetek	162/95
1995	Kína	51/0
1994	Lianing, Kína	234/0
1993	Buenos Aires, Argentína	17/0
1990	New York, USA	87/0
1990	Zaragoza, Spanyolország	43/0

10. ábra Szórakozó helyeken 1990-2010. között bekövetkezett tragikus kimenetelű tüzesetek

Peremfeltételek:

- tűzállósági fokozat II.⁸,
- menekülési előtti időtartam megközelítően nulla,
- nincs tűz keletkezés,
- a szórakozó hely területén egészséges fiatal személyek tartózkodnak,
- a túlsúlyos személyek létszáma elhanyagolható,
- a személyek kiürítése nyári időszakban történik,
- haladási sebesség első modellnél 1,2 m/s, második modellnél OTSZ szerinti értékek,

⁷ Tömegtartózkodásra szolgáló helyiség: egyidejűleg 300 személynél nagyobb befogadó képességű helyiség.

⁸ Tűzállósági fokozat: egy építmény egészére, és tűzszakaszaira vonatkozó olyan kategória, amely meghatározza az épületszerkezetek tűzállósági határértékének és éghetőségének követelményeit az építmény/tűzszakasz tűzveszélyességi osztálya, esetenként rendeltetése és szintszáma alapján.

- a feltorlódásnál nem jön létre kritikus tömegnyomás, illetve a haladást lehetetlenné tevő betömörödés,
- személyek a hozzájuk legközelebb eső kijáratot választják.

Létszám és építészeti adatok (11, 12. ábra) a modellek létrehozása során.

Helyiség alapterület (m ²)	Létszám (fő)	Személy sűrűség		Haladási sebesség (m/s)	Ajtó szélességek (m)	Megengedett időtartam OTSZ szerint (min)
		(fő/m ²)	(m ² /fő)			
687,41	995	1,44	0,69	1,2	15,91	1,5
87,44	40	0,45	2,18	1,2	3,3	2
171,2	401	2,34	0,42	1,2	7,19	1,5
35,9	30	0,83	1,19	1,2	2,2	2
102,34	40	0,39	2,55	1,2	3,6	2

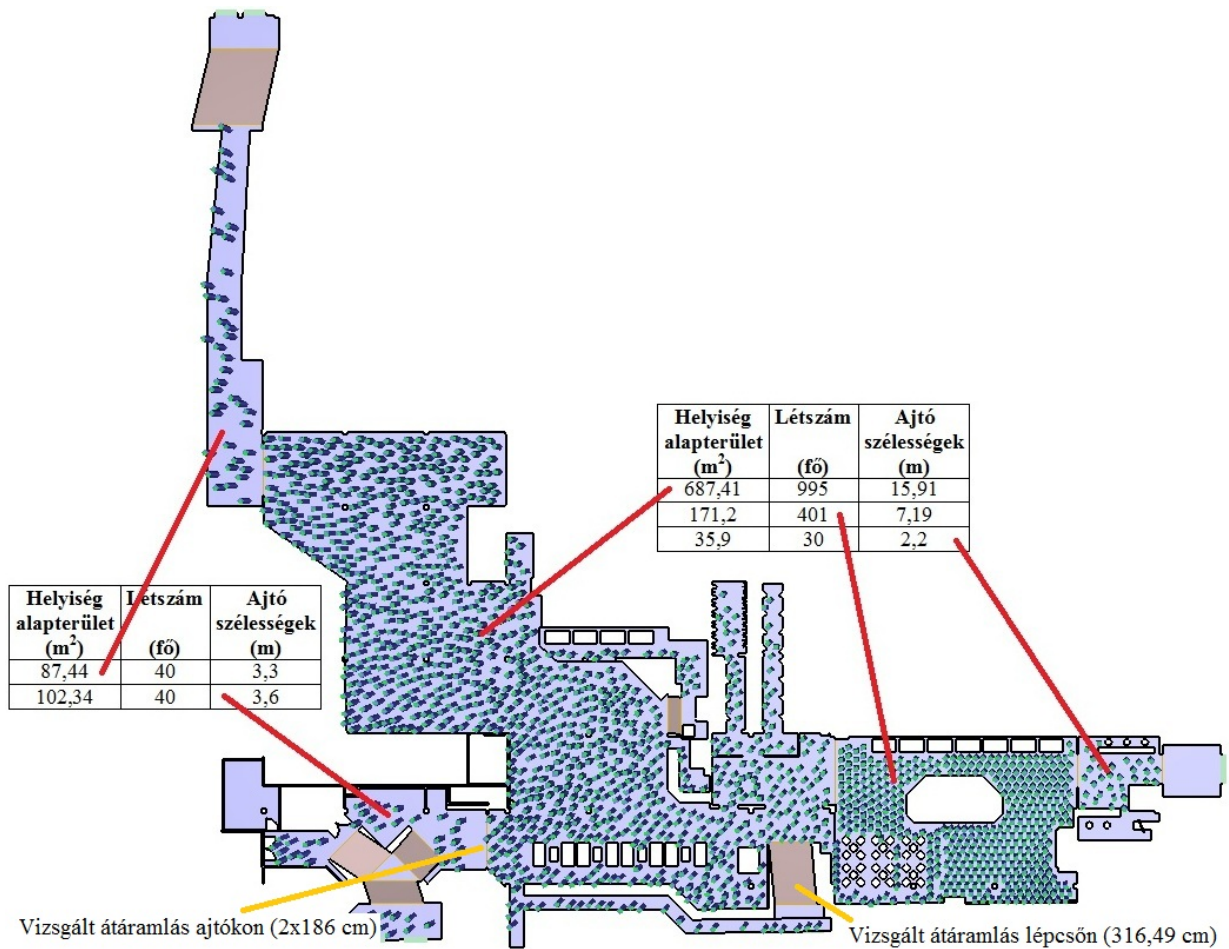
11. ábra 1. sz. modell adatok

Helyiség alapterület (m ²)	Létszám (fő)	Személy sűrűség		Haladási sebesség (m/s)	Ajtó szélességek (m)	Megengedett időtartam OTSZ szerint (min)
		(fő/m ²)	(m ² /fő)			
687,41	995	1,44	0,69	0,26	15,91	1,5
87,44	40	0,45	2,18	0,5	3,3	2
171,2	401	2,34	0,42	0,26	7,19	1,5
35,9	30	0,83	1,19	0,5	2,2	2
102,34	40	0,39	2,55	0,5	3,6	2

12. ábra 2. sz. modell adatok

A modellek közt csak a haladási sebesség megadása különbözik. Az 1 modellnél a - 8. ábra - szerinti érték a 2 modellnél - 12. ábra - az OTSZ által meghatározott haladási sebesség értékek kerültek meghatározásra.

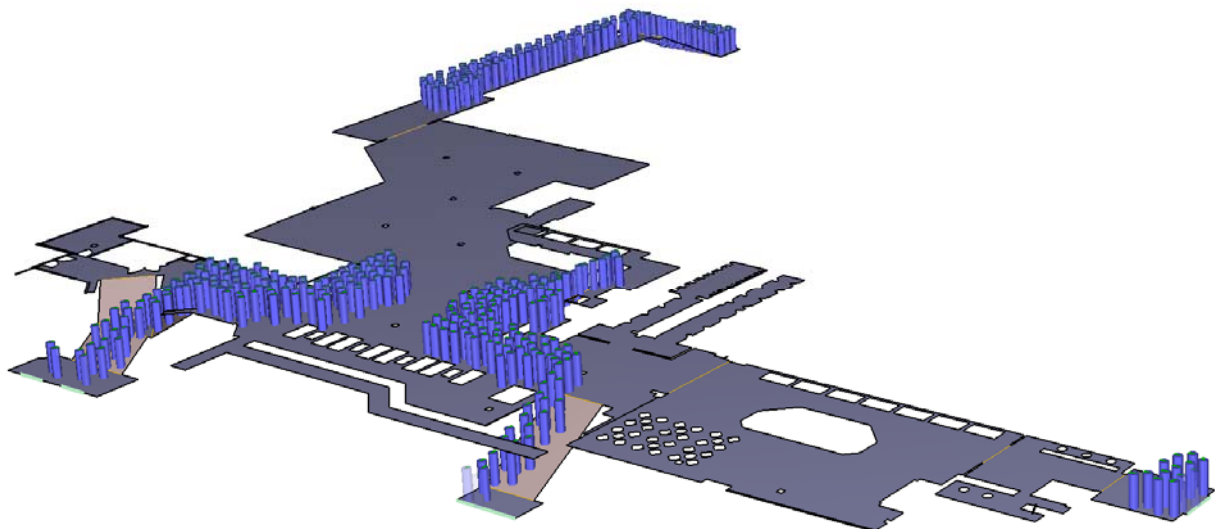
Az alaprajzi elrendezést és a vizsgált helyiségek méreteit, nyílások méreteit a 13. ábra tartalmazza.



13. ábra Alaprajzi elrendezés, létszám adatok

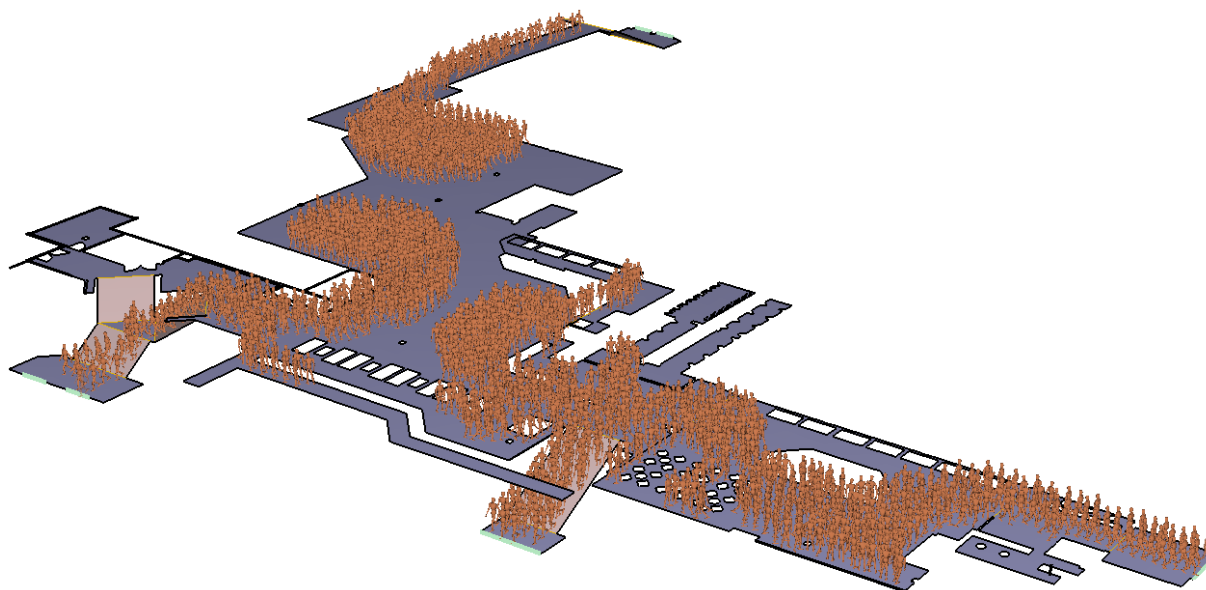
Helyiség kiürítése

Az OTSZ tömegtartózkodású helyiségre vonatkozólag 90 s megengedett időtartamot határoz meg I-II. tűzállósági fokozatba sorolt épületeknél. A modellekhez tartozó 90 s eltelt idő állapotot a 14, 15. ábrák tartalmazzák.



0 1:30. 1

14. ábra 1 sz. modell eltelt idő 1:30 perc



15. ábra 2 sz. modell eltelt idő 1:30 perc

A 687,41 m² alapterületű helyiség kiürítésének időtartamát a 19. ábrán láthatjuk. A helyiség az OTSZ értékek szerinti kiürítése - 2 modell - 9:48 perc alatt történik meg, amely a jogszabályi módszerrel számítva 2,74 perc értéket kapunk (16. ábra), amely így is magasabb az OTSZ-ben megengedett 1,5 perc értéknél.

egyenes útvonalhossz (m)	haladási sebesség (m/s)	lépcső útvonalhossz (m)	haladási sebesség (m/s)	számított idő (s)
29	0,26	8,46	0,16	164,41

16. ábra OTSZ szerinti 687,41 m² helyiség kiürítés számítása

A 171,2 m² területű helyiség OTSZ szerinti számított értékét a 17. ábra tartalmazza.

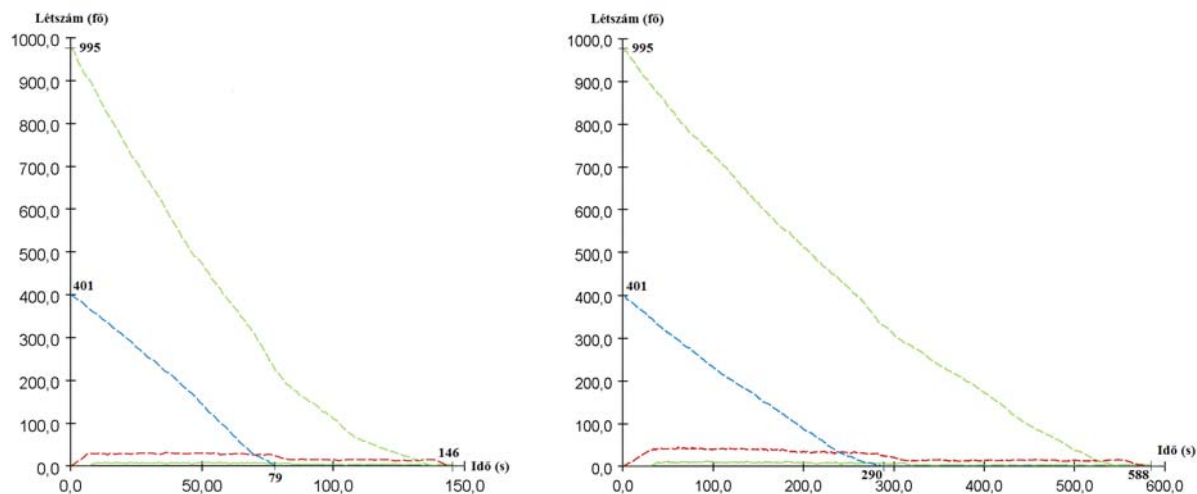
egyenes útvonalhossz (m)	haladási sebesség (m/s)	lépcső útvonalhossz (m)	haladási sebesség (m/s)	számított idő (s)
18	0,26	-	-	69,23

17. ábra OTSZ szerinti 171,2 m² helyiség kiürítés számítása

A két vizsgált helyiség nyílászáróin keresztüli áthaladás OTSZ szerinti értékeit a 18. ábra tartalmazza.

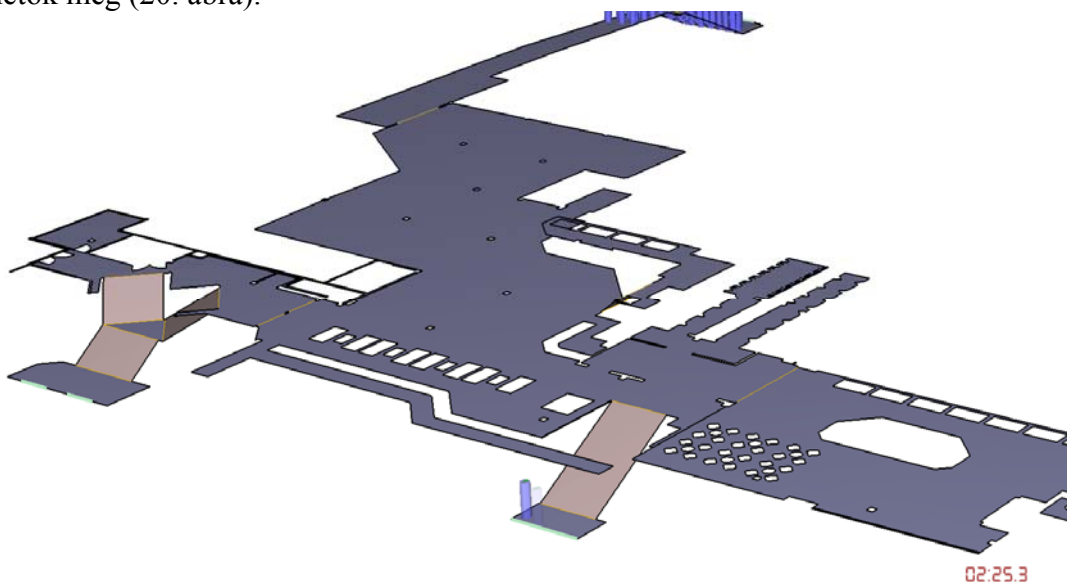
létszám (fő)	nyílás szélesség (m)	átbocsátó képesség (fő/m/min)	számított idő (s)
995	15,91	41,7	89,4
401	7,19	41,7	79,8

18. ábra Ajtók átbecsátóképessége OTSZ szerint



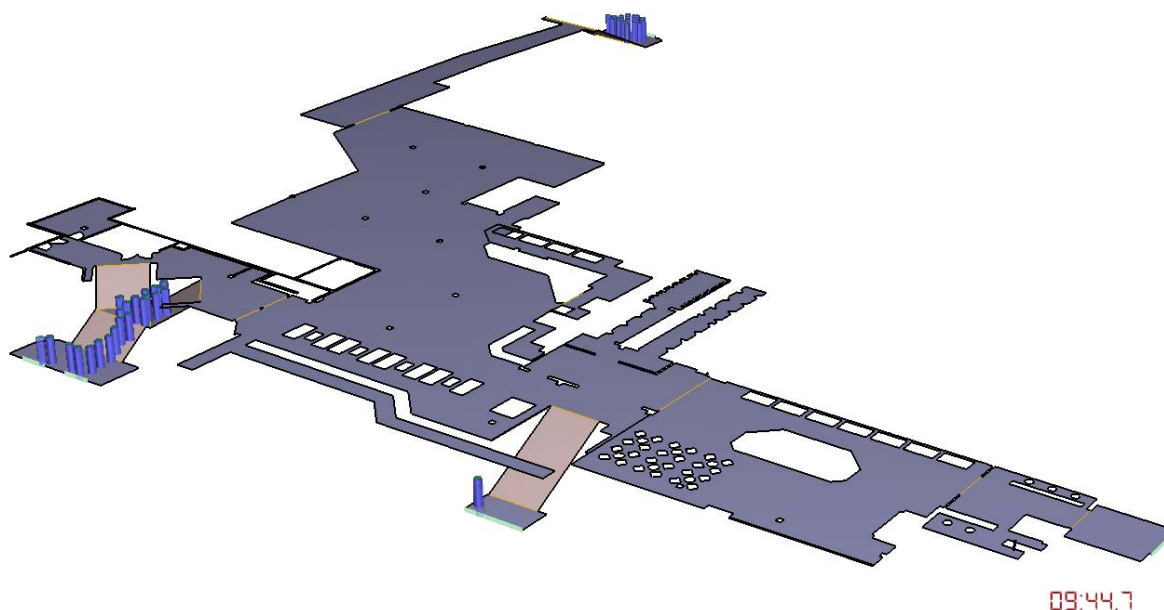
19. ábra 1 és 2 modell vizsgált helyiségek kiürítése

Az OTSZ szerinti haladási értékek az 1 modell által meghatározott kiürítés időtartamnál figyelhető meg (20. ábra).



20. ábra 1 sz. modell eltelt idő 2:26 perc

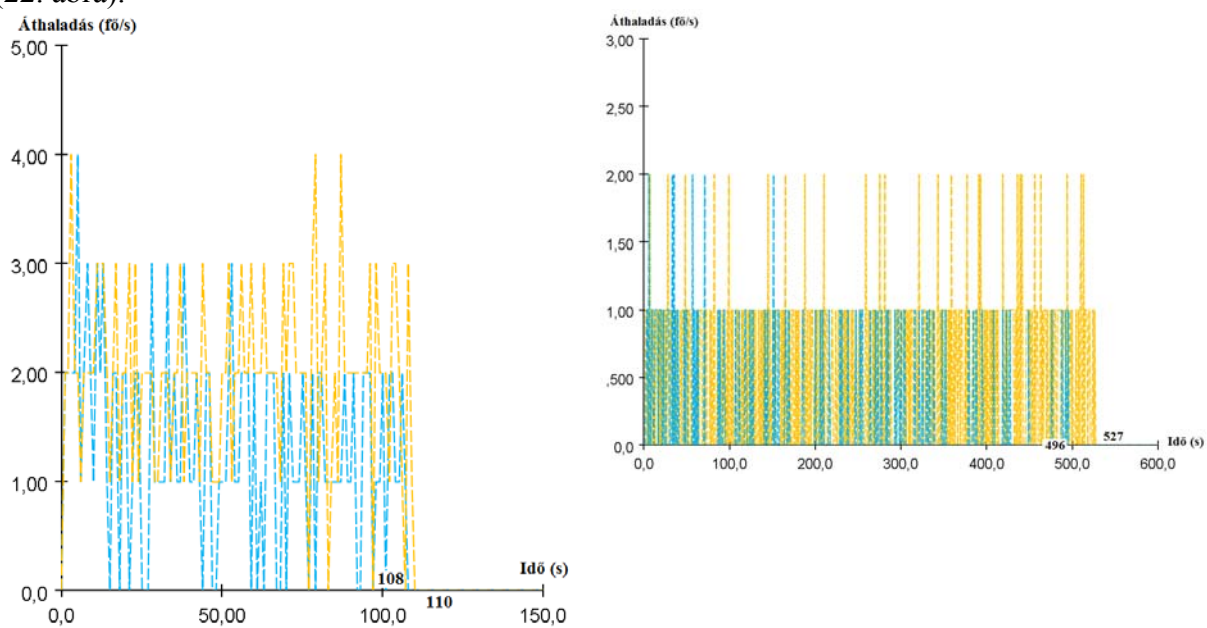
A 2 modell alapján a vizsgált helyiség 21. ábra 9:48 perc alatt üríthető ki.



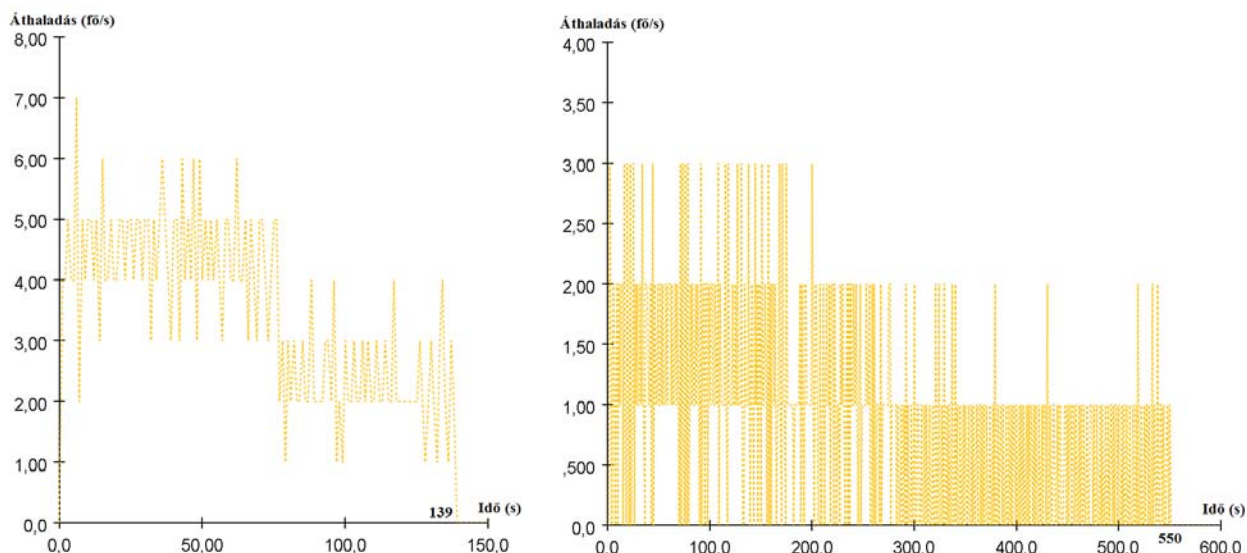
21. ábra 2 sz. modell eltelt idő 9:44 perc

Átbocsátóképesség vizsgálat

A 2 db 186 cm-es nyílás szélességen 304 fő haladt át, amelyhez az OTSZ szerint 2,02 min érték számított. A modellezés során 1 modellhez 110 s a 2 modellhez 527 s értéket kapunk (22. ábra).



22. ábra 1 és 2 modell vizsgált nyílászárókon való áthaladás
Lépcső átbocsátás vizsgálata



23. ábra 1 és 2 modell vizsgált lépcsőn történő áthaladás

A 316 cm-es széles lépcsőn 448 fő haladt át, amelyhez az OTSZ szerint 219 s értéket 1 modellhez 139 s a 2 modellhez 550 s értéket kapunk (23. ábra).

5.2. Épület teljes kiürítési időtartama

OTSZ szerinti számítás:

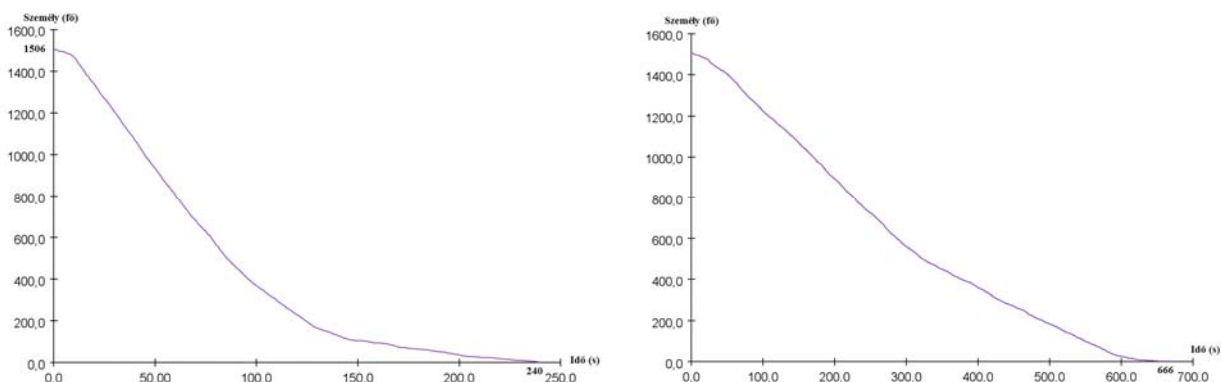
A modellezés során a 687,41 m² alapterületű helyiségből az alábbi helyiségek felé történt menekülés szimuláció, valamint közvetlen a szabadba:

- 87,44 m² helyiségbe: 304 fő $t_{1a}=0,75$, $t_{1b}=2,02$, $t_{2a}=3,96$, $t_{2c}=4,15$, $t_{2c}=5,41$,
- 102,34 m² helyiségbe: 385 fő $t_{2a}=4,21$, $t_{2b}=2,86$, $t_{2c}=4,03$,
- közvetlen a szabadba 306 fő, megjegyzés a 171,2 m²-es helyiségből áramlás történt 142 fő.

A modellezés során a 171,2 m² alapterületű helyiségből az alábbi helyiségek felé történt menekülés szimuláció:

- 687,41 m² helyiségbe: 142 fő,
- 39,9 m² helyiségbe: 259 fő $t_{2a}=2,99$, $t_{2b}=3,07$, $t_{2c}=3,07$.

Az 1. modellnél az 1506 fő kiürítése 240 s a 2. modellnél 666 s alatt történt meg (24. ábra).



24. ábra 1 és 2 modellhez tartozó teljes kiürítési idők

Összefoglalás

A számított értékeket a 25. ábrában foglaltam össze.

Megnevezés	fő	OTSZ (s)	1 modell (s)	2 modell (s)
------------	----	----------	--------------	--------------

687,41 helyiség kiürítés	995	164	146 (-18)	588 (+424)
171,2 helyiség kiürítés	401	69	79 (-10)	299 (+230)
ajtó átbocsátás	304	122	110 (-12)	527 (+405)
lépcső átbocsátás	385	219	139 (-80)	550 (+331)
teljes kiürítés	1506	341	240 (-101)	666 (+325)

25. ábra OTSZ-től eltérő értékek meghatározása

A peremfeltételekkel meghatározott számítógépes modellezés eltérő értékei a haladási sebességre ható személysűrűséggel függnek össze. A 1,2 m/s haladási sebesség értéknél jobb kiürítési időt kapunk, mint az OTSZ haladási sebességeinél - 2 modell -, ahol az eltérés a teljes kiürítési időn kívül (51%) több mint 100%-os.

A számítógépes modellezés nem helyettesíti az embert, de a mozgásról realisztikus képet ad, amely a kiürítés megtervezéséhez nagymértékben hozzájárul a döntések meghozatalához megfelelő támpontot ad. A tűz modellek és kiürítési modellek összehangolásával a hő és füst a láthatóság összehangolható, tehát meghatározható az optimális kiürítési feltételek modellezése.

Egyéb következtetések

A szórakozóhelyeken megtörtént tüzesetek rámutattak arra, hogy a pirotechnikai eszközök használata csak szakemberek által működtethető. A személyzet részére rendező feliratú láthatósági mellény, mint „egyenruha” készenlétben tartása javasolt a tömegkezelése érdekében. A személyzet egymással, valamint a vezetéssel történő kapcsolattartása a kommunikációs biztonság technikai eszközök (pl. fülbe helyezhető walkie-talkie fülhallgató) használatával biztosítható. A beépítésre kerülő éghető anyagú díszletek, dekorációk minimalizálása és égéskésleltető szerrel történő kezelése javasolt, valamint ezen anyagok mennyiségének figyelembevételével a beépített sprinkler oltóberendezés kiépítése.

Veres György tű. őrgy. okl. biztonságtechnikai mérnök (MSc)

Felhasznált irodalom

[1] <http://www.top500.org/lists/2010/06>

letöltés dátuma: 2010. június 2.

[2] <http://web.t-online.hu/eszucs7/modell/Modellcsoportos.htm>

letöltés dátuma: 2010. június 2.:

[3] Jerry Banks: Handbook of Simulation - Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice

John Wiley & Sons Inc, Canada, 1998.

[4] <http://www.difisek.eu/HU/Syllabus/WP4-HU-Syllabus.pdf>

letöltés dátuma: 2010. június 2.

[5] Ian Millington, John Funge Artificial Intelligence for Games

Elsevier Ltd. USA, 2009.

[6] www.manuf.bme.hu/gdf/Fogalmak.pdf

letöltés dátuma: 2009. szeptember 10.

[7] <http://www.uni-koblenz-landau.de/koblenz/fb4/institute/IFI/AGKI/Publications-/2006/shortsteering.pdf>

letöltés dátuma: 2009. szeptember 10.

- [8] NFPA 101 Life Safety Code
National Fire Protection Association, Quincy, 2006.
- [9] W. M. Predtechenskii, A. I. Milinski: Planning for Foot Traffic Flow in Buildings
Amerind Publishing Co PTV Ltd, New Delhi, India, 1978. 2. táblázat
- [10] Stephen Pheasant: Bodyspace anthropology, ergonomics, and the design of work
Taylor & Francis Ltd. London, 1998.
- [11] K. E. Boyce, T. J. Shields, and G.W. H. Silcock, "Toward the Characterization of
Building Occupancies for Fire Safety Engineering: Capabilities of Disabled People Moving
Horizontally and on an Incline,"
Fire Technology, 35 (1) 1999. 54. oldal
- [12] Heizler György: Mozgáskorlátozott személyek menekítése
www.vedelem.hu/letoltes/tanulmany/tan55.pdf
letöltés dátuma: 2010. február 15.
- [13] ISO/TR 16738:2009 Fire-safety engineering — Technical information on methods for
evaluating behaviour and movement of people
The International Organization for Standardization Genf Svájc, 2009.