

PhD értekezés

Herczeg Gergely

– 2021 –

NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM
HADTUDOMÁNYI ÉS HONVÉDTISZTKÉPZŐ KAR
KATONAI MŰSZAKI DOKTORI ISKOLA

Herczeg Gergely

**A tűzvédelmi használati szabályoknak és a
tűzoltó beavatkozás műszaki feltételeinek
fejlesztési lehetőségei az antropometriai
tényezők vizsgálatával**

Doktori (PhD) értekezés

Témavezető:

.....
Dr. Bérczi László t. dandártábornok PhD

BUDAPEST, 2021.

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS	5
A tudományos probléma megfogalmazása	8
Hipotézisek	9
Kutatási célok	9
Kutatási módszerek	10
Szakirodalmi összefoglaló	11
Az értekezés felépítése.....	16
A kutatási téma körülhatárolása.....	18
1. TŰZVÉDELMI ESZKÖZÖK OPTIMÁLIS ELHELYEZÉSÉNEK MEGHATÁROZÁSA ANTROPOMETRIAI ADATOK FELHASZNÁLÁSÁVAL ...	20
1.1. Szakirodalmi áttekintés.....	21
1.1.1. Tűzvédelmi eszközök	21
1.1.2. Tűzoltó-vízforrások	24
1.1.3. Közműelzárók	26
1.2. Antropometriai adatok	28
1.3. Tűzvédelmi eszközök	33
1.4. Tűzoltó-vízforrások	41
1.5. Közműelzárók.....	55
1.6. Részkövetkeztetések	62
2. SZŰKÍTÉSEK ÁTBOCSÁTÓKÉPESSÉGE TŰZESETI KIÜRÍTÉS SORÁN.....	63
2.1. Szakirodalmi áttekintés.....	64
2.1.1. Kiürítési gyakorlatok	64
2.1.2. Átbocsátóképesség.....	68
2.1.3. Vészkijáratok nyithatósága	78
2.2. Kiürítési gyakorlatok szervezése, lebonyolítása és értékelése.....	82
2.3. Közösségi rendeltetésű épületek kiürítési gyakorlatainak tapasztalatai	89
2.3.1. Módszer	90
2.3.2. Eredmények	92
2.4. Az átbocsátóképesség vizsgálata vegyes életkorú (felnőtt és gyermek) populációval.....	93
2.4.1. Módszer	93
2.4.2. Eredmények	97
2.5. Az átbocsátóképesség vizsgálata gyermekekkel és fiatalokkal	105

2.5.1. Módszer	105
2.5.2. Általános iskolákban végzett megfigyelés és mérés.....	109
2.5.3. Nyolc évfolyamos gimnáziumban végzett megfigyelés és mérés	111
2.5.4. Értékek összevetése	113
2.6. Lehetőségek vészkijáratok nyithatóságának biztosítására.....	119
2.6.1. Vészkijáratok használhatósága a gyakorlatban.....	119
2.6.2. Vészkijáratok zárai	127
2.7. Részkövetkeztetések	137
2.7.1. Kiürítési gyakorlatok elméleti vizsgálata	137
2.7.2. Kiürítési gyakorlatok tapasztalatai.....	138
2.7.3. Átbocsátóképesség vegyes életkorú populáción vizsgálva.....	139
2.7.4. Átbocsátóképesség gyermekekkel és fiatalokkal vizsgálva.....	141
2.7.5. Vészkijáratok nyithatósága	143
ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK.....	146
ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	149
AJÁNLÁSOK.....	150
KUTATÁSI EREDMÉNYEK GYAKORLATI FELHASZNÁLHATÓSÁGA.....	151
HIVATKOZOTT IRODALOM JEGYZÉKE	152
SAJÁT PUBLIKÁCIÓK JEGYZÉKE	173
MELLÉKLETEK.....	175
1. számú melléklet: Fogalomjegyzék.....	175
2. számú melléklet: Jogszabályok, szabványok és irányelvek jegyzéke	177
3. számú melléklet: Rövidítések jegyzéke.....	181
4. számú melléklet: Ábrák, képek, táblázatok és képletek jegyzéke	182
5. számú melléklet: Közösségi rendeltetésű épületek kiürítési gyakorlatainak mérési eredményei 2013–2018 között.....	186
6. számú melléklet: Az értekezés kohéziós táblázata	192

BEVEZETÉS

A tüzek megelőzése fontos feladat a Magyarország Alaptörvénye IV. cikke (1) bekezdésében foglalt személyi biztonsághoz fűződő jog, valamint a XXI. cikke (1) bekezdésében foglalt egészséges környezethez való jog biztosításához [1]. A tüzmelegelőzésre vonatkozó szabályok megismerése, megtartása és megtartatása a magánszemélyek kötelezettsége [2:15. §]. A gazdálkodó tevékenységet folytató magánszemélyeknek, jogi személyeknek és jogi személyiséggel nem rendelkező szervezeteknek a tűzvédelmi követelmények megtartásáról, valamint a tüzek megelőzésének és eloltásának felelőteiről gondoskodniuk kell [2:18. §]. A tüzmelegelőzésre vonatkozó alapvető jogszabály az Országos Tűzvédelmi Szabályzat, melynek részét képezik a tűzoltóságok beavatkozásával kapcsolatos követelmények és a tűzvédelmi használati szabályok is [3].

Az Országos Tűzvédelmi Szabályzat 2014. december 5-i megjelenése a tűzvédelem jogi szabályozását új alapokra helyezte. Ez megnyilvánul abban is, hogy a jogszabály inkább csak az elvárt biztonsági szintet határozza meg, a konkrét megvalósítás lehetőségeit nem. Az előírások megvalósításának módjára a Tűzvédelmi Műszaki Bizottság által kidolgozott és a BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság által kiadott tűzvédelmi műszaki irányelvek tartalmaznak lehetséges megoldásokat [4], melyek alkalmazása esetén a jogszabály előírása szerint úgy kell tekinteni, hogy a jogszabály által előírt biztonsági szint teljesül. A tűzvédelmi műszaki irányelvektől eltérő műszaki megoldással megvalósított azonos biztonsági szint előzetes hatósági jóváhagyáshoz van kötve [5].

Az Országos Tűzvédelmi Szabályzat sok olyan előírást tartalmaz, melyeket nem csak a rendelet hatálybalépését követő létesítések esetén kell alkalmazni, hanem Magyarország teljes területén, így a meglévő létesítmények területén is. E szabályokat általában használati szabálynak tekinti a szakirodalom. A használati szabályok között a jogszabály sok esetben olyan megfogalmazást tartalmaz, amely többféle módon is értelmezhető. A jogszabály rendelkezéseinek betartása további iránymutatás nélkül nehéz helyzetbe hozhatja a jogalkalmazókat.

A tűzvédelmi eszközök (például tűzoltó készülékek, tűzjelző kézi jelzésadók), tűzoltó-vízforrások és közműelzárók hozzáférhetőségének, akadálytalan megközelíthetőségének biztosítása és azok eltorlaszolásának tilalma jogszabályi előírás

[3:179. §]. A tűzoltó készülékek hozzáférhetősége alapvetően fontos a tüzek korai állapotban történő eloltásához. Amennyiben nem biztosított a hozzáférhetőség, úgy a tűz eloltása meghiúsulhat. A tűzjelző kézi jelzésadóknak hozzáférhetősége a korai tűzjelzés lehetőségét tudja biztosítani. A tűzoltó-vízforrások hozzáférhetőségének a tűzoltóság beavatkozása szempontjából van jelentősége. Nem csak személyekkel kell tudni hozzáférni a tűzoltó-vízforrásokhoz, hanem a gépjárművekkel is. A közműelzárók elzárása, a közművek lekapcsolása, illetve kiszakaszolása a tűzzel érintett épületben alkalmas lehet a tűz eloltására, a károk mérséklésére, a beavatkozást végző tűzoltóság személyi állománya élete védelmének biztosítására. Ha a közműelzárók hozzáférhetősége nem biztosított, úgy az előbbiek kerülnek veszélybe.

A hozzáférhetőség és az eltorlaszolás fogalmai nincsenek jogszabályi szinten definiálva és ezen fogalmakra nem tartalmaz tűzvédelmi műszaki irányelv vagy szabvány sem iránymutatást. Emiatt a jogalkalmazás során felmerülhet a fogalmak eseti definiálásának igénye, mely eltérő lehet az egyes jogalkalmazók között. Ahhoz, hogy ez jogbizonytalanságot ne eredményezzen célszerű jogszabályban vagy tűzvédelmi műszaki irányelvben definiálni a hozzáférhetőség és az eltorlaszolás fogalmait.

Az épületekben tartózkodó személyek életének biztonsága akkor garantálható, ha tűz vagy más lokális veszélyhelyzet során biztonságba menekülhetnek. Ezen biztonságba menekülés egyik lehetséges módja az épületek kiürítése. A kiürítésnek olyan gyorsan kell megtörténnie, hogy a tűz és kísérőjelenségei ne tudjanak kárt okozni az emberben. A kiürítés megtervezhető számítással is az Országos Tűzvédelmi Szabályzat szerint [3:52. §], melynek részleteit tűzvédelmi műszaki irányelv [6] tartalmazza. A kiürítési számítás a jogszabályban foglalt normaidők teljesülésének igazolására szolgál. Feltételezzük, hogy a normaidők alatt a biztonságos menekülés feltételei végig adottak. Ezt hivatottak biztosítani az Országos Tűzvédelmi Szabályzat erre vonatkozó létesítési és használati előírásai.

A kiürítés során bejárt útvonalon elhelyezkedő szűkítések átbecsátóképessége befolyással van a kiürítés időtartamára, így az épületben tartózkodók biztonságára is. Ha a szűkítések átbecsátóképességét a valósághoz képest nagyobb értéként vesszük figyelembe a kiürítési számítás során, úgy a számítással a valóságtól eltérően kisebb idő adódik az épület kiürítésére. Ez ahhoz vezethet, hogy az épület a valóságban nem lesz normaidőn belül kiüríthető, így az épületben tartózkodó személyek élete veszélybe kerülhet. Ha azonban a szűkítések átbecsátóképességét a valóságban tapasztalhatónál

kisebb értéként vesszük figyelembe, úgy az épületben tartózkodó személyek biztonsága nő, hiszen rövidebb idő alatt is elhagyhatják az épületet, mint a normaidő. Ez azonban a szükségesnél nagyobb mértékben korlátozza a helyiségek és épületek befogadóképességét, melynek gazdasági kárai lehetnek. Mindezek miatt célszerű a szűkítések átbocsátóképességének kiürítési számításakor figyelembe vett értékét az épületet használó személyek valós képességeihez igazítani. Ahhoz, hogy ezt meg lehessen tenni, meg kell vizsgálni, hogy a kiürítési számítás során alkalmazott átbocsátóképesség értékének megállapítása óta változott-e a népesség menekülőképességének ezen paramétere.

A helyiségekből és épületekből való kimenekülés alapvető feltétele a vészkijáratként használható ajtók nyithatósága. A vészkijáratok ajtóinak funkciója azonban a nyílászárás is, így a zárt állapot és a nyithatóság együttesen merül fel igényként. Ha a vészkijárat olyan módon van bezárva, hogy az nem nyitható minden menekülni kényszerülő személy számára, akkor fennáll a lehetősége az életveszélynek nem csak a tűz és kísérelése, hanem az emberek között kialakuló pánik miatt is. A vészkijáratok nyithatóságának különleges megoldásai ott kerülnek előtérbe, ahol az épület üzemeltetője az épület rendeltetése, jellege vagy az épületben tartózkodó személyek tulajdonságai miatt kontroll alatt szeretné tartani a vészkijáratokon keresztüli mozgást. Ilyen lehet, ha a belépés valamely feltételhez (például belépőjegy) kötött vagy ha az épület elhagyása engedély nélkül nem kívánatos (például gyermekek felügyelete). Ilyen esetekben is biztosítani kell, hogy veszélyhelyzetben a bent tartózkodó személyek biztonságosan ki tudjanak menekülni. A vészkijáratok nyithatósága lehetőségeinek feltárása lehetőséget ad a vészkijáratok zárt állapotban tartására úgy, hogy azon keresztül a menekülés lehetősége biztosított, azonban a nem veszélyhelyzeti kontrollálatlan áthaladás lehetősége minimális.

A téma keretében megvalósuló kutatás és fejlesztés elősegíti a tüzek hatékony megelőzését, valamint a tűzoltó beavatkozás feltételeinek biztosítását olyan módon, hogy ez az állampolgárok és gazdasági szereplők részére minél kisebb mértékben legyen zavaró a hétköznapi életben. A téma keretében nyert kutatási eredmények és fejlesztési javaslatok beépítésre kerülhetnek jogszabályokba, tűzvédelmi műszaki irányelvbe, módszertani útmutatókba stb.

Felmerül az igény egy a tűzvédelmi használati szabályokról szóló tűzvédelmi műszaki irányelv kidolgozására, mely segíthetné a jogalkalmazókat az Országos

Tűzvédelmi Szabályzat által elvárt biztonsági szint megvalósításának lehetséges műszaki megoldásaival. A használati szabályokról szóló tűzvédelmi műszaki irányelv olyan iránymutatást tartalmazhatna, melyek segítik a jogalkotói szándék által elvárt biztonsági szint teljesülését, ugyanakkor részletesebb megfogalmazásával és konkrét műszaki megoldásaival a jogalkalmazók segítségére lenne.

A tudományos probléma megfogalmazása

A tűzvédelmi használati szabályok és a tűzoltó beavatkozással kapcsolatos követelmények között sok esetben a jogszabály olyan megfogalmazást tartalmaz, mely többféle módon is értelmezhető. A jogszabályi előírásoknak való megfelelés – további iránymutatás nélkül – nehéz helyzetbe hozhatja a jogalkalmazókat. Az elvárt biztonsági szint megvalósításának lehetséges módjaira kívánok optimális megoldást találni.

P1. A tűzvédelmi eszközök, tűzoltó-vízforrások és közműelzárók hozzáférhetősége nem definiált.

Jelenleg nem ismert, hogy milyen feltételek mellett tekinthetők a tűzvédelmi eszközök, tűzoltó-vízforrások és közműelzárók hozzáférhetőnek. A jelenlegi előírások több esetben csak általánosságban fogalmazzák meg a megközelíthetőség és hozzáférhetőség követelményét, de a megvalósítás konkrét műszaki megoldásaira nem adnak iránymutatást.

P2. Nem ismert a kiürítési számítás során alkalmazott átbocsátóképesség-érték tudományos alapja és kapcsolata a populáció átlagos menekülőképességével.

Az előírt átbocsátóképesség-értéket, mely nem tesz lehetővé differenciálást, több, mint 50 éve alkalmazzák, így annak felülvizsgálata indokolt.

Hipotézisek

Az általam felvetett tudományos probléma tagolásához hasonlóan a kutatásom kiindulásakor felállított hipotéziseimet az alábbiakban fogalmazom meg.

H1. Feltételezem, hogy az antropometriai tulajdonságok figyelembevételével kalkulált geometriai adatokra optimalizált paraméterek alkalmazása nyújtja a legszélesebb használati körben az elvárt biztonsági szintnek megfelelő műszaki megoldásokat.

H2. Feltételezem, hogy a felnőttek, fiatalok és gyermekek szűkítésen keresztüli áramlásának vizsgálatával meghatározható átbecsátóképesség-érték nagyobb, mint a jelenleg elfogadott és a vonatkozó TvMI¹-ben rögzített érték.

Kutatási célok

Kutatásom célja olyan konkrét műszaki ajánlások kidolgozása, mely a jogalkalmazókat segítheti az elvárt tűzvédelmi biztonsági szint megteremtése optimalizálásában a tűzvédelmi eszközök, tűzoltó-vízforrások és közműelzárók hozzáférhetőségével, illetve az épületek tűzeseti kiürítésének tervezése során figyelembe vett vészkijáratok nyithatóságának feltételeivel kapcsolatban; céloom továbbá a kiürítési számítás során alkalmazott átbecsátóképesség-érték felülvizsgálata és új érték meghatározása.

C1. Céloom, hogy antropometriai adatok vizsgálatával egzakt módon meghatározzam a tűzvédelmi eszközök, tűzoltó-vízforrások és közműelzárók elhelyezésének használati, valamint tűzoltó beavatkozási szempontból optimális geometriai paramétereit.

C2. Céloom, hogy a jelenleg elfogadott és a vonatkozó TvMI-ben rögzített átbecsátóképesség értékének differenciált módon történő meghatározását lehetővé tevő átbecsátóképesség-értéket határozzak meg felnőttek, fiatalok és gyermekek vonatkozásában.

¹ tűzvédelmi műszaki irányelv

Kutatási módszerek

Alkalmazott módszereim ahhoz, hogy kutatási céljaimat elérjem és hipotéziseimet igazolni tudjam: az analízis, a szintézis, az összehasonlító kritikai elemzés és a helyszíni felmérés.

Tanulmányoztam és összehasonlító elemzéssel értékeltem a hazai és nemzetközi szakirodalmat, valamint különböző szabványokat és irányelveket. Ezáltal javaslatokat fogalmaztam meg a tűzvédelmi eszközök, tűzoltó-vízforrások és közműelzárók megközelíthetőségére, a vészkijáratok nyithatóságának feltételeire, valamint a szűkítések átbocsátóképességére vonatkozóan.

Helyszíni munkám során felmértem létesítmények tűzvédelmi helyzetét; majd elemeztem a meglévő állapotok, az üzemeltetői és használói igények, illetve a tűzvédelmi használati szabályok összevetésével. Ezzel meghatároztam a lehetséges optimumot a jogszabályi követelmények, az elvárt biztonsági szint és az üzemeltetői igények figyelembevételével.

Helyszíni kísérleteket és megfigyeléseket végeztem a populáció átlagos menekülőképességének figyelembevételével a szűkítések átbocsátóképességének vizsgálatára, így meghatároztam a szűkítések átbocsátóképességét, melyet kiürítési számítás során figyelembe lehet venni.

Műszaki rajzokat készítettem kutatási eredményeim szemléltetésére. Matematikai számításokat végeztem méréseim értékeléséhez. Statisztikai módszereket alkalmaztam ahhoz, hogy a választott minta jellemzőiből következtetéseket vonhassak le a populáció egészére. A szűkítések átbocsátóképességének meghatározására, illetve a saját mérési eredményeimmel való összevetésre korszerű számítógépes szimulációkat készítettem a Thunderhead Engineering Consultants, Inc. által fejlesztett Pathfinder szoftver legfrissebb 2021.3.0901 x64 verziójával.

A dedukció és a logikai következtetés is segítségemre volt a módszerek közül a kutatásom során. Kutatási eredményeimet magyar és angol nyelvű közleményekben tettem közzé a tudományos közélet széles nyilvánossága számára. A visszajelzések sokat segítettek abban, hogy azok alapján további irányokat tártam fel a kutatási tevékenységemben.

Szakirodalmi összefoglaló

A tüzmelegelőzésre vonatkozó szabályokat jogszabályok tartalmazzák. Ilyen Magyarország Alaptörvénye [1]; a tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról szóló 1996. évi XXXI. törvény [2]; az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról szóló 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet [3]; a tűzvédelmi szabályzat készítéséről szóló 30/1996. (XII. 6.) BM rendelet [7]. Ezeket egészítik ki az eljárási szabályokkal és egyéb előírásokkal a következő jogszabályok: a hivatásos katasztrófavédelmi szerveknél, az önkormányzati és létesítményi tűzoltóságoknál, az önkéntes tűzoltó egyesületeknél, valamint az ez irányú szakágazatokban foglalkoztatottak szakmai képzési követelményeiről és szakmai képzéseiről szóló 9/2015. (III. 25.) BM rendelet [8]; a tűzoltóság tűzoltási és műszaki mentési tevékenységének általános szabályairól szóló 39/2011. (XI. 15.) BM rendelet [9]; a tűzvédelmi hatósági eljárások általános és különös szabályairól szóló 489/2017. (XII. 29.) Korm. rendelet [5]. A tűzvédelem területén kifejtett kutatásommal hozzá kívánok járulni Magyarország és a magyar állampolgárok biztonságához, melyet alapvető értéként Magyarország Nemzeti Biztonsági Stratégiája deklaráál [10].

Feldolgoztam az adott kutatási témához kapcsolódó hazai és nemzetközi releváns szakirodalmat és áttekintő értékelő elemzést adtam a szerzőknek a témával kapcsolatos véleményéről.

Beda László PhD doktori értekezésében foglalkozik a tűzoltó készülékek hozzáférhetőségével és tűzoltóság általi használatával [11:79]. Egy tüzeset vizsgálatának ismertetésénél leírja, hogy a tűzoltók az alapvezeték megszereléséig egy, a helyszínen készenlétben tartott porral oltó tűzoltó készülékkel kísérleték meg a tűz továbbterjedését megakadályozni. Ebből is látható, hogy a tűzoltó készülékek nem csak a létesítményben dolgozó személyek részére jelentenek lehetőséget a tűz korai eloltására, de a tűzoltóság is használhatja azokat beavatkozása során, így a hozzáférhetőségnél erre is figyelemmel kell lenni. Értekezésemben arra keresem a választ, hogy mely feltételek esetén tekinthetők a tűzvédelmi eszközök, így a tűzoltó készülékek is hozzáférhetőnek.

Bérczi László értekezése segítségemre volt a közművek elzárásának jelentősége témakörének kutatásakor, mivel bemutatta a feszültség közelében történő tűzoltói beavatkozás kockázatait és az ellenük való védekezés lehetőségeit [12]. Értekezésében ismertetett egy esetet, ahol a beavatkozó tűzoltói állomány egy tagja áramütést szenvedett

a tűz oltása során: „*A tűzoltók a káresemények kezelése során számos esetben találkoznak olyan szituációval, amikor az elektromos áram jelenléte akadályozza a beavatkozások biztonságos végrehajtását.*” [12:113]. Megállapításával egyetérték. Bérczi László javaslatot tett elektromostérorősség-érzékelők alkalmazására a beavatkozás során, mely javaslat alapján a beszerzés megtörtént. A közműelzárók hozzáférhetőségének meghatározása alkalmas lehet a beavatkozó állomány védelmének továbbfejlesztésére azáltal, hogy a közművek késedelem nélkül elzárhatók legyenek. Értekezésemben a közműelzárók hozzáférhetőségének kritériumaira is keresem a választ.

Restás Ágoston értekezése az erdőtüzek légi felderítésének és oltásának kutatás-fejlesztésével foglalkozik, mely eltér az én kutatási témámtól, azonban a kárérték és a tűz kialakulása, valamint eloltása között eltelt idő közötti összefüggésről írt megállapításait eredményesen tudtam felhasználni kutatásomban [13]. „*Szabad tűzterjedést feltételezve a függvény először meredek emelkedést mutat, majd az éghető anyag fogyásával a görbe ellaposodik. Amennyiben az éghető anyag elfogy, a tűz önmagától, spontán elalszik, a görbe megszakad. [...] A tűzoltók beavatkozásának idejétől a görbe természetes folyama megtörik, majd megszakad. A görbe természetes végpontja és a tűzoltók oltásának eredményeképp létrejövő végpont közötti – függőleges tengely mentén mért – különbség adja a megmentett érték nagyságát. Korábbi beavatkozás, illetve ugyanazon beavatkozásnál a hatékonyság növekedése a kártérték csökkenését, illetve a megmentett érték növekedését eredményezi.*” [13:12] Restás Ágoston előbbi megállapításait elfogadom és saját értekezésemben akképpen használom fel, hogy indokoljam a tűzvédelmi eszközök hozzáférhetőségének jelentőségét a mentő tűzvédlemben. A tűzvédelmi eszközök hozzáférhetőségének jelentőségére és kritériumaira keresem értekezésemben a tudományosan megalapozott válaszokat, mint a saját új következtetéseimet, és új tudományos eredményeimet.

Szabó Gyula a katonai szolgálatból származó fizikai terhelés értékelésének módszerei témakörében írt doktori értekezése olyan ergonómiai és antropometriai kérdéseket vizsgált, melyeket a tűzvédelmi eszközök hozzáférhetőségének és optimális elhelyezésének kutatásakor sikerrel tudtam felhasználni [14]. „*A kézi emelési műveletek értékelésekor nem szabad elfelejteni, hogy a tömeg nem az egyetlen tényező, amire gondolni kell, például fontos emellett az ismétlés, az egyéni képességek, a testhelyzet és a munkakörnyezet.*” [14:70] Elfogadom az előbbi megállapítást és a tűzvédelmi eszközök hozzáférhetőségének vizsgálatánál használom fel.

Érces Gergő foglalkozott a kiürítéssel és a kiürítési gyakorlatokkal is az építmények tűzvédelemi fejlesztésének lehetőségei a komplex tűzvédelem elemei valós egymásra hatásának mérnöki módszerekkel történő elemzésével című doktori értekezésében [15]. Érces Gergő kutatása során megállapította, hogy előfordul a kiürítési gyakorlatok alkalmával, hogy arra a résztvevőket előre figyelmeztetik. Ilyen esetben a kiürítés sokkal gyorsabban történik meg, mint ahogy egy valós tűzeseti kiürítésnél várható volna [15:102]. Megállapította, hogy az előbbieken kifejtettek miatt „*a kiürítés gyakorlatok méréséből általában nem szűrhető le valós adat*” [15:103]. Ez utóbbi megállapítással nem értek egyet. Saját tapasztalataim alapján is előfordulhat ugyan, hogy a kiürítési gyakorlat alkalmával – arról előre tájékoztatott, arra felkészített személyekkel végzett gyakorlatok során – igen gyorsan megtörténik az épület kiürítése. Köztudomású, hogy pánikhelyzetben megváltoznak az emberi viselkedésformák, így nem várható el az előzőekben kifejtetteknek megfelelően rövid idő alatti kiürítés. Ebből véleményem szerint nem következik, hogy nem lehet valós adatokat nyerni kiürítési gyakorlatokon.

Egyrészt a megelőző tűzvédelem keretében cél kell legyen, hogy a pánikhelyzet kialakulását megelőzzük tűzeseti kiürítés során is. Ennek több, a gyakorlatban is bevált módszere van. Ilyen többek között a pánik elleni világítás, a szabványoknak megfelelően alkalmazott (következetes, felismerhető, egyértelmű stb.) menekülési útirányt jelző rendszer és a kiürítési gyakorlatok is. Senki nem születik azzal a képességgel, hogy megfelelően tudjon reagálni a tűzjelzésre. Ezt meg kell tanítani. Ez a tudástranszfer elméleti oktatáson (például tűzvédelmi oktatás) és gyakorlati foglalkozásokon (mint a kiürítési gyakorlat) valósulhat meg. Az általam szervezett kiürítési gyakorlatokat mindig megelőzte rendszeres oktatás, melyen ismertetésre került a riasztás módja, a tűzeseti kiürítés során elvárt magatartás, az igénybe veendő útvonalak és kijáratok, valamint a gyülekezési hely is. A kiürítési gyakorlatok alkalmával az épületet használók begyakorolhatják a tűzeseti kiürítés során elvárt magatartást, a fegyelmezett, rendezett menekülést. Amennyiben egy létesítményben megfelelően szervezik meg és hajtják végre, valamint értékelik a kiürítési gyakorlatokat, akkor figyelmet fordítanak az életszerűsége, a váratlanságra, de egyben a pánik elkerülésére és a résztvevők megfelelő tájékozottságra is.

A kiürítési gyakorlatok során, az elméleti felkészítést követően, a fokozatosság elvét szem előtt tartva kezdetben a valós veszélyhelyzethez kevésbé közelítő körülmények során van lehetőség begyakorolni a tűz esetén követendő eljárást. Ezt

követően további alkalmakkor lehet fokozatosan közelíteni a valós tüzesethez a gyakorlat körülményeit (például váratlanság). Helyes, és erre törekedtem én is eddigi munkám során, hogy már bölcsődés kortól részt vegyenek a gyermekek a kiürítési gyakorlatokon. Ha a kiürítési gyakorlatokat évente megismétlik egy létesítményben, akkor a gyermek a bölcsődében például kétszer, az óvodában például négyszer, az általános iskolában nyolcszor, majd a középiskolában további négy alkalommal részt vesz kiürítési gyakorlatokon. Így a középiskola befejezését követően a fiatal felnőtt már akár 18 alkalommal is a gyakorlatban is megtanulhatta a helyes tüzeseti magatartást és a menekülés rendezett végrehajtását.

Ha az épületet a jogszabályoknak megfelelően tervezték, kiviteleztek és üzemeltetik, akkor a tűz észlelésekor még nem feltétlenül észleli minden épületben tartózkodó személy a tüzet, illetve annak kísérőjelenségeit. Akkor, ha a riasztáskor a pánik kialakulásának fokozott a kockázata (például világítás megszűnése, tájékozatlanság, útirányjelzések hiánya, a menekülési útvonalon intenzív füst jelenléte, a kijáratok zárt állapota), akkor az az épület vagy annak üzemeltetése nem felel meg az Országos Tűzvédelmi Szabályzat tervezési követelményeinek [3:6.§]. Amikor egy épületben megtörténik a riasztás, akkor a bent tartózkodók zöme nem tudja, hogy valós tüzeset van vagy bejelentés nélküli kiürítési gyakorlatra kerül sor. Amennyiben a személyek felkészítése megfelelő volt, akkor reagálásuk is az lesz, így nagy valószínűséggel pánik nélkül el tudják hagyni az épületet.

Olyan létesítményben tehát, ahol a kiürítési gyakorlaton részt vevő személyek felkészítése megfelelő volt, ott a korábbi gyakorlatok tapasztalatai alapján meghatározható olyan mennyiség (például szűkítés átbocsátóképessége), és olyan helyszín (például főbejárat), ahol a mérés adekvát körülmények között lefolytatható és valós eredmények születnek a jogszabályoknak megfelelően felkészített személyekkel, a jogszabályoknak megfelelő épületből történő menekülésre vonatkoztatva. A mérési hibák kiküszöbölésére ekkor is figyelmet kell fordítani. Mindehhez tehát csupán megfelelő előkészítés és szervezés szükséges. Érces Gergő megállapítása tehát azzal a kiegészítéssel lenne számomra elfogadható, hogy a valóságot tükröző adat a nem megfelelően előkészített kiürítési gyakorlatok során végzett mérésekből általában nem vonható le.

A tűzvédelmi eszközök, tűzoltó-vízforrások és közműelzárók optimális elhelyezésének, valamint hozzáférhetőségének megállapításához felkutattam a vonatkozó hazai és nemzetközi szakirodalmat és megállapítottam, hogy e témakörben igen kevés

tudományos közlemény született. Fel tudtam használni irányelveket, mint a VdS² 2001 [16], a BGI³ 560 [17], a DGUV⁴ 205-001 [18], valamint az NFPA⁵ 10 [19]. Az ide vonatkozó szabványok az emberi test méreteivel kapcsolatos adatokat tartalmazzák [20], másrészt a gépek biztonsága területén használható útmutatást adnak [21].

Restás Ágostonnak a tüzeseti emberi viselkedésformákkal foglalkozó cikkében [22] foglalt megállapításokat fel tudtam használni a kutatásom során. A létesítmények használata és üzemeltetése során előforduló, a tűzvédelmi eszközök hozzáférhetőségét érintő anomáliákat mutatta be Herperger Sándor [23], Tiszolczi Balázs Gergely [24]. A külföldi szakirodalomból kiemelem Dirk Hageböling tűzvédelmi használati előírásokkal kapcsolatos könyvét [25], Tiago Mendes Ferreira és munkatársai [26], valamint Mohammad Ahmad Hassanain és munkatársai [27] tűzcsapok elérhetőségére vonatkozó kutatását.

Beljajev a szűkítések átbocsátóképességére vonatkozó 1938-ban publikált eredményeinek [28] továbbfejlesztésével kapcsolatban olyan neves külföldi szerzők tudományos közleményeit használtam fel, mint Hongliu Li és munkatársai [29], Shuhai Wang és munkatársai [30], Kosuke Fujii és Tomonori Sano [31], valamint Xiangxia Ren és munkatársai [32], akik a szűkítések átbocsátóképességét nem konstansnak írták le, hanem méréseik alapján az lineáris vagy másodfokú függvénye a szűkítés szélességének. Kiemelendő továbbá a szűkítések átbocsátóképességének témakörében írt és általam felhasznált kutatások szerzői közül: Kretz [33], Gwynne és munkatársai [34], Seyfried [35], Fernandez és munkatársai [36], Thompson és munkatársai [37], Pastor és munkatársai [38], DiNenno és munkatársai [39], Garcimartín és munkatársai [40], Nicolas és munkatársai [41], valamint Haghani és Sarvi [42].

A vészkijáratok nyithatóságának lehetőségeire vonatkozó kutatásomhoz a releváns szakirodalom felkutatása során megállapítottam, hogy több közlemény is foglalkozik a vészkijáratok témakörével, mint: Olander és munkatársai nem használható vészkijáratok megjelölésének hatékonyságáról [43], Tang és munkatársai a menekülési tervek menekülők által történő értelmezhetőségéről [44], Ji és munkatársai a hangyák és

² Vertrauen durch Sicherheit; VdS Schadenverhütung GmbH (Német vállalati biztonsággal foglalkozó intézet irányelve.)

³ Berufsgenossenschaft Information (Németországi szakmai egyesületi tájékoztató.)

⁴ Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung Spitzenverband (Német Törvényes Balesetbiztosító Csúcsszövetség) irányelve

⁵ National Fire Protection Association, USA (Amerikai egyesült államokbeli tűzvédelmi szövetség irányelve.)

emberek több kijáratral rendelkező helyiségből történő menekülésének hasonlóságairól [45]; de egyik sem kifejezetten a vészkijáratok nyithatóságának kérdését tárgyalja. Találtam magyar forrást is Horváth Lajos cikkében, ahol a vészkijáratok lakattal történő lezárásáról számolt be egy szórakozóhely esetében [46]. Berek Tamás a vészkijáratok nyithatóságának korlátozására tesz javaslatot különlegesen kockázatos rendeltetések esetén, mint amilyenek a CBRN⁶ laboratóriumok [47]. Evenson leírja, hogy veszélyhelyzet esetén célszerű, ha a tűzoltók be tudnak jutni az épületbe a vészkijáratokon keresztül [48].

Összegezve tehát doktori értekezésemhez felhasználtam magyar és külföldi szerzők tudományos közleményeit is, valamint merítettem a témámhoz kapcsolódó kutatási eredményekről beszámoló doktori értekezésekből is. Ezen kívül feldolgoztam és értékeltem a jogszabályok, szabványok, irányelvek és egyéb útmutatók releváns előírásait is. A releváns szakirodalom részletes áttekintését az egyes fejezeteken belül mutatom be.

Az értekezés felépítése

Az első fejezetben a tűzvédelmi eszközök, tűzoltó-vízforrások és közműelzárók optimális elhelyezését vizsgálom. Bemutatom és elemzem a tűzvédelmi eszközök, tűzoltó-vízforrások és közműelzárók hozzáférhetőségével kapcsolatos vonatkozó szakirodalmat, beleértve az antropometriai adatokat és releváns szabványokat is. Táblázatba foglalom és rendszerezem az ide vonatkozó antropometriai adatokat. Fényképekkel illusztrálok és feltárom a jogalkalmazás során felmerülő gyakorlati problémákat. Meghatározom a tűzvédelmi eszközök, tűzoltó-vízforrások és közműelzárók hozzáférhetőségének gyakorlati jelentőségét, valamint azok optimális elhelyezésének kritériumait és a hozzáférhetőség feltételeit.

Értekezésem lényegi része a második fejezet, melyben a kiürítési számítás során alkalmazott átbocsátóképesség-érték felülvizsgálata volt a kutatásom célja. Mivel kutatómunkám jelentős részét szenteltem ezen vizsgálatoknak, így ezek bemutatása és eredményeinek ismertetése is terjedelmesebb, mint az első fejezet. Bemutatom és elemzem a vonatkozó szakirodalmat, mely a kiürítési gyakorlatok szervezésével és lebonyolításával, illetve a gyalogosáramlás során a szűkítések átbocsátóképességével kapcsolatos. Áttekintést adok a kiürítési gyakorlatok szervezésének és lebonyolításának

⁶ CBRN: chemical, biological, radiological and nuclear. Magyarul: vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris. Az angol kifejezés magyar megfelelője az ABV vagy RBV.

jelenlegi helyzetéről, az erre vonatkozó jogszabályi előírásokról. Javaslatokat teszek a hatékonyság növelése érdekében lehetséges új megoldásokra. Ismertetem a kiürítési gyakorlatok során szerzett tapasztalataimat.

Bemutatom tizenhét közösségi rendeltetésű épületben végrehajtott kiürítési gyakorlatok tapasztalatait. Megbecsülöm a kijáratok átbecsátóképességére vonatkozó hatályos érték viszonyát a valós átbecsátóképességgel. Megfigyeléseimből következtetéseket vonok le a menekülő tömeggel kapcsolatban. Ismertetem a metróállomáson végrehajtott megfigyelésemet és mérésemet, melyben vegyes életkorú populáció segítségével határoztam meg a szűkítések átbecsátóképességét. Leírom a gyermekek és fiatalok részvételével végzett vizsgálataimat, melyeket általános iskolák és egy nyolc évfolyamos gimnázium kiürítési gyakorlatain végeztem a szűkítések átbecsátóképességének ezen életkorú személyekre vonatkoztatott értékének megállapítására. Statisztikai módszerekkel elemzem a mért értékeimet, hogy releváns következtetéseket vonhassak le belőlük.

A szűkítések átbecsátóképességére vonatkozó kutatásom eredményeit összevetem a kiürítés korszerű számítógépes modellezésére alkalmas szoftverrel készített szimulációk eredményeivel.

A kiürítési számítás egyetlen elemi tényezőjét, a szűkítések átbecsátóképességét volt céлом meghatározni. Ez az érték független a kiürítési számítás további elemeitől, az épület egészének geometriájától, valamint a torlódásoktól. Ahogy azt korábban írtam, a pánik valóban befolyásolhatja az emberek viselkedését, de ha fokozott a pánik kialakulásának kockázata, akkor az épület kialakítása vagy üzemeltetése nem megfelelő. Az évtizedeken át alkalmazott átbecsátóképesség-érték forrása – ahogy azt a vonatkozó fejezetben részletesen bemutatam – nem pánikban lévő vagy menekülőképességében korlátozott személyek vizsgálatával került meghatározásra. A kiürítési számítás alapjait leíró mű nem tesz említést biztonsági tényezőkről, így alappal nem feltételezhetem, hogy a jelenleg alkalmazott kiürítési számításban implicit megbúvó biztonsági tényezők figyelmen kívül hagyását eredményezné a szűkítések átbecsátóképesség-értékének mai korban meglévő valós viszonyokhoz való közelítése, különösen, hogy statisztikai elemzéssel határoztam meg azt az értéket, mely a populáció egészére 95–99%-os valószínűséggel érvényesül.

Bemutatom és elemzem a vészkijáratok nyithatóságával kapcsolatos vonatkozó szakirodalmat. Bemutatom és fényképekkel illusztrálom a létesítményüzemeltetés során felmerülő gyakorlati problémákat a vészkijáratok nyithatóságának biztosításával kapcsolatban. Elemzem és bemutatom a vészkijáratok zárára, pánikzarára és a villamos szabályozású kijáratok rendszerek menekülési útvonalon való használatára vonatkozó külföldi példákat, előírásokat, szabványokat. Meghatározom a vészkijáratok nyithatóságát biztosító optimális megoldásokat.

Kutatásom során holisztikus elemzésre törekedtem, mely figyelembe veszi a komplex tűzvédelmi szempontokat. A holisztikus szemlélet megjelenik értekezésemben a tűzvédelmi eszközök hozzáférhetőségi kritériumainak kutatásakor, hiszen az ott tett megállapítások nem csupán egyféle tűzvédelmi eszköz, hanem azok egész sora vonatkozásában értelmezhető. Ezen kívül az ott feltárt kritériumok szerint biztosítható hozzáférés többek között olyan, nem a tűzvédelemhez kapcsolódó eszközökhöz, mint az elsősegély-felszerelés, szemmosó palack, félautomata defibrillátor. Szintén a holisztikus szemlélet érhető tetten a szűkítések átbecsátóképességére vonatkozó fejezetben is. Az általam kutatott átbecsátóképesség és a szűkítések gyalogosáramlásra gyakorolt hatása olyan tényezők, melyek nem csak a tűzvédelem területén vehetők figyelembe. Kutatási eredményeim alkalmazhatók például metróállomás, repülőtér, stadion, egyéb közforgalmú létesítmény, de akár utasszállító-járművek tervezéséhez, illetve felhasználhatók tömeges személymozgások (például tömegrendezvények) szervezése és tervezése során is.

A kutatási téma körülhatárolása

A tűzvédelmi eszközök, tűzoltó-vízforrások és közműelzárók hozzáférhetősége és az optimális elhelyezése vizsgálatának nem volt része a gyermekek, az idősek és a mozgásukban korlátozottak ezen eszközökhöz való hozzáféréseinek vizsgálata. Ezen előbbi személyi körtől csak igen szélsőséges esetben lenne elvárható a tűzvédelmi eszközök, tűzoltó-vízforrások és közműelzárók tűzeseti használata, illetve működtetése. Emiatt kizárólag teljes mértékben munkaképes és egészséges felnőtt populáció vonatkozásában vizsgáltam a hozzáférhetőséget és az optimális elhelyezést.

Kutatásom az átbecsátóképesség, mint a szűkítések gyalogosáramlásra vonatkozó egyik tényezőjének meghatározására irányult. Tehát kutatásomban csak ezen egy tényezőt vizsgáltam. Nem volt tárgya a kutatásnak a kiürítés komplex rendszerének, a

kiürítési számítás más elemeinek vizsgálata; a szűkítések átbocsátóképességén kívül a menekülőképesség más tényezőinek vizsgálata. Az átbocsátóképesség egy olyan elemi gyalogosáramlási tényező, melynek vizsgálata független a kiürítési számítás egyéb elemeitől. Ráadásul a holisztikus szemléletnek megfelelően nem csak a tűzvédelem, hanem – ahogy azt az értekezés felépítésének ismertetésekor írtam – más szakterületeken is felhasználható adatokat eredményezett erre vonatkozó kutatásom. A kiürítési számításban alkalmazott átbocsátóképesség-érték megváltoztatása független a többi tényezőtől, ellenben alkalmas lehet arra, hogy a számítást közelítse a napjainkban fennálló viszonyokhoz.

Értekezésemben a vészkijáratok manuális nyithatóságának kérdésével is foglalkozom. Mivel más tudományágak speciális szaktudását is igényelné, kutatásomnak nem tárgya a vészkijáratok kényszertartózkodással érintett létesítményben történő zárva tarthatóságának vizsgálata. A hő- és füst elleni védelem vészkijáratokat érintő összefüggései, a beépített tűzjelző berendezés vészkijáratok nyithatóságával kapcsolatos vezérlésének kérdései azért nem képezték részét kutatásomnak, mivel ezen kérdések távol esnek a kijáratok manuális nyithatósága témakörén. Ugyan előfordul, hogy vészkijáratok szerepet játszanak a hő- és füstelvezetésben, de ekkor a manuális nyithatóság (melyet vizsgálók) éppen úgy érvényesülő követelmény, mint más esetben. Az pedig, hogy a tűzjelző berendezés milyen módon vezérli a vészkijáratok nyitását, szintén nem kapcsolódik a manuális nyithatóság problémájához.

A jogszabályok kritikai elemzése nem képezte részét kutatásomnak, csupán javaslatokat fogalmazok meg a meglévő előírások tudományosan megalapozott továbbfejlesztésére, differenciálására és részletezésére. Értekezésemben a tűzvédelmi használati szabályoknak csupán egyes részletkérdéseivel foglalkozom.

1. TŰZVÉDELMI ESZKÖZÖK OPTIMÁLIS ELHELYEZÉSÉNEK MEGHATÁROZÁSA ANTROPOMETRIAI ADATOK FELHASZNÁLÁSÁVAL

A tűzvédelmi eszközök (például tűzoltó készülékek, tűzcsapok, kézi jelzésadók stb.) könnyű, gyors és hatékony használatának feltétele a hozzáférhetőség. A tűzvédelmi eszközök hozzáférhetősége a kialakult tüzek korai eloltását, a késedelem nélküli riasztást és ezáltal az emberi élet védelmét szolgálja.

A tűzoltás során igénybe vett oltóanyagok közül legjelentősebb a víz. A rendelkezésre álló oltóvíz felhasználhatóságának feltétele az ezt biztosító vízforrások hozzáférhetősége. A vízforrásokhoz való gyors és hatékony hozzáférhetőség a késedelem nélküli tűzoltást, ezáltal a kárérték növekedésének elkerülését és az emberi élet védelmét teszi lehetővé.

A tűzoltói beavatkozás során fontos a közművek elzárása is. Az elzárást indokolja a beavatkozó állomány védelme és a másodlagos károk mérséklése is. Szinte minden épülettűznél érdemes figyelmet fordítani a villamosenergia, a földgáz, a távhő és egyéb közművek elzárására. A villamosenergia jelenléte a vízalapú oltóanyagokkal való oltásnál az áramütés kockázatát jelenti. A földgáz robbanásveszélyt idézhet elő. A távhő vízalapú hordozóközege forrázásos sérülést okozhat és a vezetékrendszer sérülése esetén a vízkárt növelheti. A vízkárt növelheti továbbá a fűtésrendszer melegvízhálózata, az ivóvízhálózat és a szennyvízhálózat is, amennyiben vezetékeik a tűz vagy a beavatkozás során károsodnak.

Az optimális hozzáférhetőséghez az eszköz, kezelőszerv, elzáró elhelyezését célszerű az azt felhasználók antropometriai adataihoz igazítani. Bemutatom és elemzem a tűzvédelmi eszközök, tűzoltó vízforrások és közműelzárók elhelyezésekor releváns antropometriai adatokat, valamint ezek felhasználásával meghatározom azok optimális elhelyezési paramétereit.

Ebben a fejezetben bemutatom továbbá, hogy a közművek elzárásának feltételeit milyen módon célszerű megteremteni, valamint a beavatkozó állomány hogyan tudja a helyszínen minimalizálni a közművek okozta veszélyeket.

1.1. Szakirodalmi áttekintés

1.1.1. Tűzvédelmi eszközök

A hazai és nemzetközi szakirodalom nem bővelkedik a tűzvédelmi eszközök hozzáférhetőségére és azok antropometriai illesztésére vonatkozó közleményekben. Antropometriai és ergonómiai témában több mű is született mind hazai, mind nemzetközi viszonylatban, azonban azok vagy csupán szűk szakterületükkel foglalkoznak, vagy vizsgálják a tágabban értelmezett szakterületet is, azonban nem terjednek ki kifejezetten tűzvédelmi eszközök és az ember közötti kapcsolatra, a tűzvédelmi eszközök könnyű hozzáférhetőségére és gyors használata feltételeinek megteremtésére. Szabványok és szabványszerű dokumentumok foglalkoznak e témával [16] [19].

Az általam fellelt vonatkozó hazai és nemzetközi szakirodalom egyrészt általánosságban tartalmazza az emberi test méreteivel kapcsolatos adatokat [20], másrészt olyan konkrét javaslatokat tartalmaznak, melyek a műszaki élet más területein hasznosíthatóak [21].

Eddigi kutatások az antropometriai adatokat felhasználták, és azokból kiindulva ergonómiai eredmények születtek, de azok elsősorban az ember, a gép és környezete közötti kölcsönhatásokat vizsgálták, azokat igyekeztek optimalizálni. Ezen kutatások nem térnek ki olyan ritkán előforduló, esetleges, alkalmoszerű tevékenységekre, mint például a tűzoltó készülékek használata, tűzjelző kézi jelzésadók működtetése, egyéb tűzvédelmi eszközök vagy tűzoltó-vízforrások használata.

Az ergonómia egyik főbb területe a fizikai ergonómia, mely a fizikai tevékenység és az emberi test felépítésével, annak méreteivel, biomechanikai és fizikai jellemzőivel foglalkozik [14]. Az antropometria az emberi test méreteivel foglalkozó tudomány, mely a test méreteit, formáját, az általa kifejthető erőt és a munkavégző képességet vizsgálja. Az antropometria az ergonómia egy ága [49].

Az ember különböző testhelyzetekben különböző erő kifejtésére lehet képes [14], így a megfelelő elhelyezéshez az emberi erő kifejtést is figyelembe kell venni. Rendkívüli esemény, tüzeset során az emberi viselkedésformák eltérnek a szokványostól [22], így ilyen helyzetben különösen fontos, hogy a tűzvédelmi eszközök a lehető legjobban észrevehető, legkönnyebben hozzáférhető módon kerüljenek elhelyezésre. Kutatásommal céloml az ilyen helyzetben nehezzé váló döntéshozatalt és ezáltal a hatékony korai tűzoltást elősegíteni.

A VdS 2001 szerint a hordozható tűzoltó készülékeket olyan magasságban kell a falra rögzíteni, hogy fogantyúja 80–120 cm közé essen és az egyes tűzoltó készülékek ne legyen egymástól 30 m-nél nagyobb távolságra [16]. Ugyanezen előbbi érték alkalmazását javasolja a BGI 560 is [17] és a DGUV 205-001 is [18:45], azonban az egyes tűzoltó készülékek elérési távolságát 20 m-ben javasolja maximalizálni.

Sportcsarnokokban gyakran nem csak sportesemények, hanem egyéb rendezvények is megtartásra kerülnek. Minden esetben külön figyelmet kell fordítani a különféle tűzvédelmi berendezések, vészkijáratok, tűzoltó készülékek szabad hozzáférhetőségének biztosítására [23]. Kórházakban, felújítások során, de egyébként is, a szabadon tartandó területeket gyakran eltorlaszolják (például tűzcsap, tűzoltási felvonulási terület) [24]. Célszerű munkahelyen kijelölni olyan személyeket, akiknek tűz esetén a menekülés előtt a beavatkozás, a tűz oltása is feladata és erre fel vannak készítve [25].

Az NFPA 10 6.1.3.8.1. és 6.1.3.8.2. pontjai szerint a 18,14 kg-nál nem nehezebb tűzoltó készülékeket úgy kell elhelyezni, hogy legmagasabb pontjuk ne haladja meg az 1,53 m magasságot. A 18,14 kg-nál nehezebb tűzoltó készülékek esetén az utóbbi magasság maximum 1,07 m. A tűzoltó készülék legalacsonyabb pontja és a padló között legalább 102 mm szabad távolságot kell tartani. A tűzoltó készüléket erre a célra jóváhagyott fali függesztőn, polcon vagy szekrényben kell elhelyezni [19].

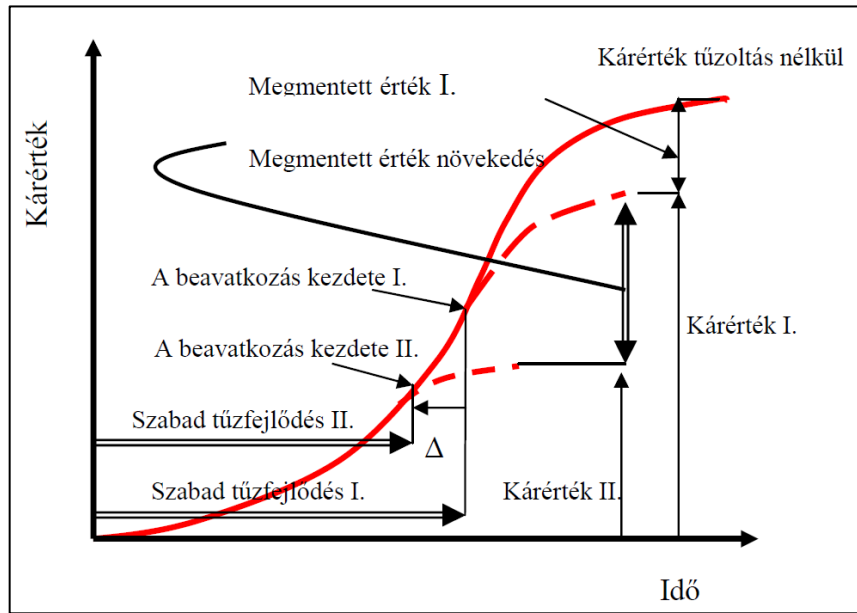
A tűzoltó készülékek könnyű és gyors hozzáférhetősége azért is fontos, mert így a kezdődő tüzek gyors eloltása a tűzoltóság beavatkozása nélkül megvalósulhat. Jelenleg Magyarország területének 97,9 %-ában biztosított, hogy 25 percen belül kiér az első beavatkozó tűzoltó egység [50]. A tűz kialakulása és a beavatkozás megkezdése között eltelt idő alatt a tűz fejlődhet és nagyobb károkat okozhat. Célszerű tehát, ha az állampolgárok meg tudják kezdeni a még kialakulóban lévő tüzek oltását a rendelkezésükre álló tűzvédelmi eszközökkel, tűzoltó készülékekkel. Amennyiben a kiérkezés késedelmet szenved, célszerű, ha a tűzoltó-vízforrások hozzáférhetőségének megteremtése már nem a beavatkozó tűzoltó állomány feladata, hanem azt a létesítmény üzemeltetői korábban megtették.

A hatályos magyar jogi szabályozás csupán a tűzvédelmi eszközök, tűzoltó-vízforrások és közműelzárók hozzáférhetőségének követelményét fogalmazza meg, de nem rendelkezik a megvalósítás konkrét módjáról [3]. A német ASR⁷ A2.2 irányelv sem

⁷ Arbeitsstättenregel; Technische Regeln für Arbeitsstätten (Német munkavédelmi irányelv.)

ad iránymutatást a tűzoltó készülékek hozzáférhetőségének konkrét adataira, csupán általánosságban írja elő a hozzáférhetőség biztosítását [51].

Előfordul, hogy a tűzoltó készüléket nem csak a tűz oltásában kevésbé jártas állampolgárok, hanem a tűzoltóság is használja, amennyiben azok könnyen hozzáférhetőek [11]. A mielőbbi, hatékony beavatkozás a tűzkárt és ezáltal a kárértéket csökkenti, a megmentett értéket növeli (1. ábra) [52] [53].



1. ábra

Kárérték–idő függvény különböző beavatkozási időpontokra vonatkoztatva [13]

A klímaváltozás hatásai gyakoribbá tehetik a szabadtéri tüzeket [54], így a létesítményen belüli szabadterek tűzveszélyessége is növekedhet. A kialakuló tüzek gyors és hatékony eloltását lehetővé tevő, hozzáférhető tűzoltó készülékekre fokozott igény jelentkezhet. A szabadtéri tüzek oltásához elsősorban alkalmas oltóanyag a víz, így a tűzoltó-vízforrások hozzáférhetőségének biztosítása különösen fontos lehet. A szabadtéri tüzek oltásakor a legnagyobb problémát az oltóanyag biztosítása jelenti [55].

1.1.2. Tűzoltó-vízforrások

A tűzoltás során igénybe vett oltóanyagok közül legjelentősebb a víz. Az oltóvíz rendelkezésre állása mellett fontos az is, hogy az ezt biztosító vízforrásokhoz hozzá lehessen férni tűzoltás, illetve ellenőrzés, felülvizsgálat és karbantartás során. A hozzáférhetőséget egyrészt az emberi test adottságai határozzák meg, másrészt az oltóvíz felhasználásához szükséges eszközök fizikai tulajdonságai determinálják.

Jelenleg nem ismert, hogy milyen feltételek mellett tekinthetők a tűzvédelmi eszközök, tűzoltó-vízforrások hozzáférhetőnek, például antropometriai adottságok figyelembevételével. A jelenlegi előírások több esetben csak általánosságban fogalmazzák meg a megközelíthetőség követelményét, de a megvalósítás konkrét mikéntjére nem minden esetben adnak iránymutatást.

Tűzoltó-vízforrásnak tekintem a tűzoltás céljára tervezetten igénybe vehető vízforrásokat, mint amilyenek például a föld alatti és föld feletti tűzcsapok, az oltóvíztárolók, fali tűzcsapok. Az oltóvíz felhasználásához vagy tűzoltó-vízforrásból való kinyeréséhez használt technikai eszközökről szóló közleményekből nem lehet elsődlegesen a tűzoltó-vízforrások hozzáférhetőségének biztosítása szempontjából releváns adatokat nyerni. Ezen fejezet tartalma az előbbieket miatt hiánypótló lehet, mivel igyekszik bemutatni azokat az adatokat, melyek a tűzoltó-vízforrások hatékony hozzáférhetőségének jelentőségét mutatják be.

T. M. Ferreira és munkatársai javasolták, hogy épületek főbejáratától számított 100 m-es távolságon belül legyen elérhető tűzcsap, ezáltal növelve a Portugáliában meglévő, 30 m-re vonatkozó előírást [26]. Myburgh és Jacobs foglalkozik a tűzcsapok használatával, de azok hozzáférhetőségének feltételeivel nem. Megállapítja, hogy célszerű, ha a tüzesethez minél közelebb helyezkedik el [56]. Zhou és Reniers vizsgálta a tűzcsapok számának és a tűzoltás sikerességének összefüggését. Megállapították, hogy a tűzcsapok számának növelése javítja a tűzoltás sikerességét [57]. A Tajvanban végzett kérdőíves kutatás alapján Wang és Shih megállapította, hogy a leggyakrabban használt tűzoltó-vízforrások a föld feletti és föld alatti tűzcsapok [58]. A tűzcsapok kialakításának áramlástan optimalizálásával foglalkoztak Hyun és munkatársai, azonban kutatásuk nem terjedt ki a tűzcsapok hozzáférhetőségére [59]. Hassanain, Hafeez és Sanni-Anibire kutatásuk során azt a tűzcsapot értékelték megfelelőnek, mely körül 914 mm sugarú körben biztosított szabad terület és a védett épülettől 122 m-en belül helyezkedik el [27].

Sierra, Rubio-Romero és Gámez leírják, hogy a fali tűzcsapoknak és kezelőszerveinek könnyen hozzáférhetőnek kell lennie, de ennek kritériumait nem határozzák meg [60]. Smith szerint a tűzcsapok környékét elsőként kell megtisztítani a hótól, a könnyebb hozzáférhetőség érdekében, azonban nem ír konkrét méreteket a hozzáférés biztosításához [61]. Az Országos Tűzvédelmi Szabályzat a tűzoltó-vízforrásokra is előírja a hozzáférhetőség és akadálytalan megközelíthetőség követelményét, valamint tiltja azok eltorlaszolását, de ezen fogalmakat nem definiálja [3:179.§]. A *Tűzoltó egységek beavatkozási feltételeinek biztosítása* témakörben kiadott tűzvédelmi műszaki irányelv ugyan megjegyzésben feltünteti az oltóvíztárolók szívócsonkjának magassági méreteit, de nem definiálja teljeskörűen a tűzoltó-vízforrásokra vonatkozó hozzáférhetőséget és annak kritériumait [62].

A tűzoltó-vízforrások hozzáférhetőségének biztosítása lehetővé teszi a gyors használhatóságot. A hozzáférhetőséget minden olyan személy részére biztosítani kell, akik képesek lehetnek a tűzoltó-vízforrásokat használni vagy azok ellenőrzését, felülvizsgálatát, illetve karbantartását végzik. Ha a tűzoltó-vízforrások hozzáférhetőek, akkor a tűz eloltása gyorsan és hatékonyan megvalósítható.

A hatályos magyar szabályozást áttekintve nem egyértelmű, hogy a jogalkotó a tűzoltó-vízforrásokat csak a tűzoltóság beavatkozása vagy a helyszínen tartózkodó állampolgárok általi tűzoltás megkönnyítése érdekében írja elő. Feszültség alatt nem álló égő anyagok oltására, elsősorban az alaktartó tömlős fali tűzcsapok jól felhasználhatók különleges szakképzettség nélkül is. Ilyen lehet például létesítményen belül – de szabadtéren – az épületben lévő fali tűzcsaphoz közel (alaktartó tömlős fali tűzcsap esetén jellemzően 30 m-en belül) lévő égő farakás, bozóttűz, kommunális hulladék-gyűjtő tartály tüze.

Amennyiben feltételezzük, hogy a jogalkotó a tűzoltó-vízforrásokat a nem tűzoltói tűzoltás megkönnyítése érdekében is előírja, úgy azok hozzáférhetőségének biztosításáról a tűzvédelmi használati szabályok körében célszerű gondoskodni. A tűzoltó-vízforrások esetében az egészséges felnőtt emberek részéről történő hozzáférhetőséget vizsgáltam.

Az emberi tényező miatt instabil lehet a tűzvédelmi helyzet egyensúlya, ha például a szabadon tartott területen autók parkolnak [63]. A tudományos kutatás elsődleges a tűz megelőzés területén a hatékonyság növelésében, a minél kevesebb személyi sérülés és

minél nagyobb megmentett érték vonatkozásában [64]. Egyre inkább előtérbe kerül a tűzvédelem területén a mérnöki módszerek alkalmazása [65].

Az NFPA 1142 8.4.1. pontja szerint a tűzivíz-tárolók szívócsonk-csatlakozói körül legalább 0,9144 m tér szabadon tartása szükséges [66]. Az NFPA 14 7.3.1. pontja szerint a falı tűzcsapok elzáró szerelvényeinek középpontja (például szelep, csap) a padlótól legalább 0,9 m, legfeljebb 1,5 m távolságra legyen. A száraz felszálló vezetékek betápláló csonkjainak javasolt magassága 457–1219 mm közötti a környező járószint felett a 6.4.6. pont szerint [67]. Az NFPA 1 18.5.7.2. pontja szerint a 64 mm-nél nagyobb átmérőjű kifolyónyílással rendelkező tűzcsapok körül legalább 1524 mm távolságban szabad teret kell biztosítani a hozzáférhetőséghez [68]. A DIN⁸ 14461-1 szabvány szerint a falı tűzcsap elzárószerelvényének magassága a padlótól 1200–1600 mm közötti magasságban kell legyen [69].

1.1.3. Közműelzárók

A tűzvédelmi eszközök hozzáférhetőségéhez hasonló jelentőséggel bír a közművek elzárószerelvényeinek hozzáférhetősége is. A közművek meghatározása a tűzoltás-taktikai szabályzat szerint: *„közműveknek nevezzük azokat a központi berendezésekkel rendelkező elosztó, illetve gyűjtő vezetékrendszereket és az ezzel kapcsolatos létesítményeket, amelyek a fogyasztók vízellátásával, szennyvízelvezetésével, villamos energia ellátásával, hő- és gázenergia ellátásával és a távközléssel járó időszakos vagy folyamatos igényeit elégíti ki”* [70:3].

Más meghatározás szerint a közmű: *„termelő, elosztó, gyűjtő, továbbító, szabályozó, mérő rendeltetésű építmények, vezetékek, berendezések összessége, amely az egyes területfelhasználási egységek és az építmények rendeltetésszerű használatának biztosítása érdekében a fogyasztók vízellátási, szennyvízelvezetési és belterületi csapadékvíz elvezetési, gáz-, hő- és villamosenergia-ellátási, valamint hírközlési időszakos vagy folyamatos igényeit a település saját termelő, illetve előkészítő berendezései révén, vagy távvezeteki rendszerekhez kapcsolódva központosan, folyamatosan, kellő biztonsággal, közösségi úton, üzemszerűen működve elégíti ki.”* [71].

A közművek elzárhatóságának feltételeit jelenleg az Országos Tűzvédelmi Szabályzat (OTSZ) [3] írja elő. Az OTSZ az építmények tűzvédelmi létesítési

⁸ Deutsches Institut für Normung (magyarul Német Szabványügyi Intézet), a német szabványok jelzete

előírásaként határozza meg, hogy az építmény főbejáratánál jelezni kell a közművek főelzáró szerelvényeinek helyét [3:148.§]. Amennyiben nem az eredeti rendeltetésnek megfelelő rendezvényekre kerül sor művelődési, sport- és oktatási létesítményekben, helyiségekben vagy 500 főnél nagyobb befogadóképességű nem művelődési és sportlétesítményekben, helyiségben alkalmasszerűen tartanak kulturális és sportrendezvényeket, úgy a rendezvény felelős szervezője helyszínrajzon kell ábrázolja a közművek nyitó és záró szerkezetének helyét [3:206.§]. Ipari, kereskedelmi vagy mezőgazdasági vásár esetén a közművek nyitó és záró szerkezetét feltüntető helyszínrajzot a tűzvédelmi hatóságnak meg kell küldeni tájékoztatás céljából a rendezvény előtt 15 nappal [3:206.§]. Jól látható megjelölést ír elő az OTSZ a közművek nyitó- és zárószerkezetére, valamint ezek nyitott és zárt állapotára [3:180.§]. A közművek nyitó- és zárószerkezetét mindig szabadon hozzáférhetően szükséges tartani [3:179.§].

A közművek elzárhatóságának feltételeihez járul hozzá, hogy hozzáférhető helyen kell tartani a tűz- és hibaátjelzést fogadó központ helyiségében a közműelzárók helyét [3:203.§]. A beavatkozás helyszínén történő elektromos leválasztás, gáz kiszakaszolás, technológiai vezeték lezárás végrehajtásáról a biztonsági tisztnek meg kell győződnie [9].

A tűzoltás-taktikai szabályzat alapján csarnok jellegű épületek tüzeinél a beavatkozás előkészítése során fokozott figyelmet kell fordítani a közművek kiszakaszolására, valamint annak következményeire [70:19]. A felderítésnek ki kell terjednie a közművek helyére és a kiszakaszolási lehetőségekre [70:12]. A közművek kiszakaszolása során figyelembe kell venni a kapcsolódó technológiát [70:13] [70:15] [70:37].

Meghatározott épületrészre, épületre és szabadterre tűzriadó tervet kell készíteni, melyben helyszínrajzon kell megjelölni – többek között – központi kapcsolók és elzárók helyeit [7:4.§]. Azon elzárókat érdemes feltüntetni, melyek a vezeték épülethez való csatlakozásához legközelebb esnek [72].

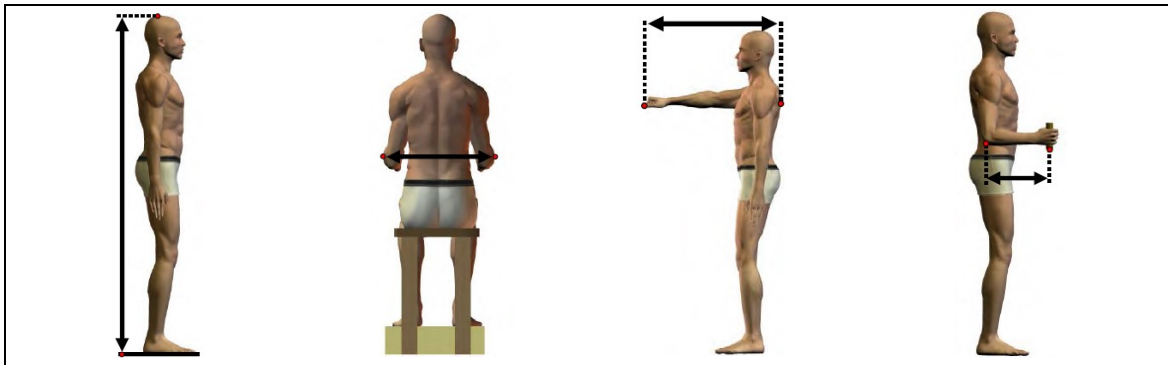
1.2. Antropometriai adatok

A tűzvédelmi eszközök, tűzoltó vízforrások és közműelzárók optimális elhelyezésének meghatározásához ismerni kell a lehetséges felhasználók antropometriai adatait. Az európai populáció reprezentatív antropometriai adatait szabvány [73] tartalmazza. Ez a szabvány az antropometriai adatokat gépeken alkalmazott hozzáférési nyílások tervezéséhez szükséges mértékben tartalmazza, azonban adatai felhasználhatók a tűzvédelmi eszközök hozzáférhetőségének meghatározásához is. Az adatok statikus mérésből származnak és figyelmen kívül hagyják a ruházatot, felszerelést és a környezeti körülményeket [73]. A szabványban megadott adatok percentiliseket határoznak meg. „Egy eloszlás $x\%$ -os percentilisének nevezzük azt a számot, amelynél kisebb vagy egyenlő az elemek $x\%$ -a.” [74]. Az átlagos európai populáció azon antropometriai adatait, melyeket a tűzvédelmi eszközök elhelyezése során figyelembe célszerű venni, az 1. táblázat tartalmazza. A zárójelben szereplő indexelt betűk az értékek szabványos jelölését tartalmazzák.

1. táblázat
Figyelembe veendő antropometriai adatok [73]

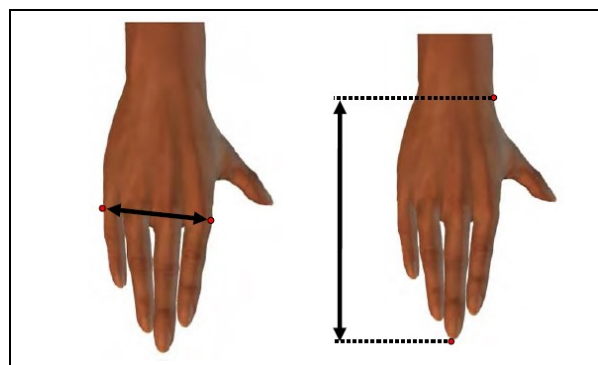
	5 %-os	95 %-os	99 %-os
	percentilis		
testmagasság (h_1)		1881 mm	1944 mm
könyök-könyök szélesség (a_1)		545 mm	576 mm
fogástávolság (előre) (b_2)	615 mm	820 mm	845 mm
működési karhosszúság (t_1)	340 mm		
alkar elérési távolsága (t_2)	170 mm		
kézfejvastagság a hüvelykujjnál (b_4)		35 mm	
kézfejszélesség hüvelykujjal (a_3)		120 mm	
kézfejhosszúság (t_4)	152 mm		

A testmagasság (h_1) meghatározását az álló személy talpának síkja és a fej legmagasabb pontját tartalmazó vízszintes sík közötti távolság adja [20]. A könyök-könyök távolság (a_1) mérését ülő személyen végzik, ahol a karok a törzs mellett helyezkednek el. A könyök-könyök távolság a két könyök legkülsőbb pontjai közt mért vízszintes távolság. A fogástávolság (b_2) azt a távolságot jelöli, mely az álló ember hátához támaszkodó függőleges sík és az ember kinyújtott kezének fogástengelye között mérhető. A könyök-elérési távolság a személy függőleges karja és 90° -ban behajlított alkarja esetén mérendő. Ebben az esetben a könyök leghátsó pontja és a kéz fogástengelye közötti vízszintes távolság adja a könyök-elérési távolságot [75]. A kézfejszélesség a kézközépnél elnevezésű érték a kéz ujjtőizületeinél mért szélessége a hüvelykujj nélkül [76]. A kézfejhosszúság (t_4) az alkar csontjainak távolabbi végétől a III. ujj hegyéig mért hosszúság [77]. Az előbbi értékeket a következő ábrák mutatják be.



2. ábra

A testmagasság, a könyök-könyök távolság, a fogástávolság és a könyök-elérési távolság szemléltetése [75]



3. ábra

A kézfejszélesség a kézközépnél és a kézfejhosszúság szemléltetése [75]

A működési karhosszúság értékét (t_1) a 275 mm-rel csökkentett fogástávolság értéke jelenti. Az alkar elérési távolsága (t_2) a könyök-elérési távolság 121 mm-rel csökkentett értéke. A kézfejvastagság a hüvelykujjnál (b_4) rögzített érték: 35 mm. A

kézfejszélesség hüvelykujjal (a_3) érték a kézfejszélesség a kézközépnél érték 1,25-szorosa [73].

A testméreteken felül célszerű figyelembe venni a ruházat és egyéb hatások miatt szükséges tényezőket. Ezeket pótlékok formájában lehet megállapítani. A testmagassághoz figyelembe veendő pótlékok: 50 mm testmozgási alappótlék, 40 mm lábbeli miatti pótlék, 60 mm fejfedő (például sisak, sapka vagy kalap) miatti pótlék. Ezekkel a pótlékokkal megnövelt testmagasság 99 %-os percentilise 2094 mm. A könyök-könyök szélességen felül figyelembe veendő pótlékok: 50 mm testmozgási alappótlék, 100 mm nehéz téli ruházati pótlék. Ezen pótlékokkal a könyök-könyök szélesség 99 %-os percentilise 726 mm [78].

A kéz beféréséhez figyelembe veendő pótlékok: 10 mm mozgási alappótlék és 20 mm kézvédelem (például kesztyű) miatti pótlék, azaz összesen 30 mm pótlék szükséges [21]. A pótlékokkal növelt kézfejszélesség 150 mm, a kézfejvastagság 65 mm.

A méreteken felül az optimális illesztéshez ismerni kell a felhasználók által kifejtendő erő mértékét is. Az egy kézzel végzett erőzáró fogás határa 250 N üzemi előfordulás esetén. Az egy karral végzett munka (például tűzoltó készülék fali tartóról történő lekasztásakor) üzemi előfordulás esetén is legfeljebb 50 N. Az üzemi körülmények között kifejtendő erő az értékek 15 %-os percentiliséjét jelentik. Háztartási előfordulás esetén az 1 %-os percentilist vették figyelembe. Az értékeket a 2. táblázat mutatja be [79].

2. táblázat
A figyelembe vett ajánlott erőhatárok [79]

	5 %-os	1 %-os
	percentilis	
kézzel végzett erőzáró fogás	250 N	184 N
egy karral végzett munka felfelé	50 N	31 N
egész testtel végzett nyomás	200 N	119 N

A kutatásom során nemzetközi szinten egyetlen forrást találtam a fejtető és a szemtengely közötti távolságra, mely indiai hallgatók adatain alapul [80]. Ez jó közelítést ad más adatok hiányában az európai populáció antropometriai adataira, jelen kutatáshoz elegendően pontos. Indiai hallgatóknál a fejtető és a szem tengelye közötti távolságot a 3. táblázat mutatja be.

3. táblázat
A fejtető és a szemtengely közötti távolság [80]

	indiai nők		indiai férfiak	
	5 %-os	95 %-os	5 %-os	95 %-os
	percentilis			
testmagasság ülve	730 mm	820 mm	730 mm	880 mm
szemmagasság ülve	630 mm	720 mm	630 mm	780 mm
fejtető és szemtengely közötti távolság	100 mm	100 mm	100 mm	100 mm

A fali tartóról leemelendő tűzvédelmi eszközök (például tűzoltó készülék) környékén a hozzáféréshez elegendő méretű terek szabadon tartása szükséges. A tűzvédelmi eszköz leemeléséhez erőkifejtésre van szükség. A kifejthető erő nagyobb, ha a személy a tűzoltó készülékhez olyan közel áll, hogy karja függőleges, alkarja vízszintes helyzetű lehet. Ehhez a tűzvédelmi eszközt kellően meg kell közelíteni. A tűzoltó készüléket így legalább az alkar elérési távolságának megfelelő mértékben meg kell tudja közelíteni a személy. A megközelítési úrszelvénynek tehát legalább a tűzvédelmi eszköz függőleges tengelyétől visszamért 170 mm-ig biztosítottnak kell lennie. Ekkor az alkar elérési távolságával számolhatunk.

A megközelítés során olyan úrszelvény szükséges, melyben a személy elfér. Az oda vezető úrszelvény magassága legalább a testmozgási alappótlék, lábbeli miatti pótlék és fejfedő (például sisak, sapka vagy kalap) miatti pótlék értékével növelt testmagasság legyen: 2094 mm. Az úrszelvény szélessége a pótlékokkal növelt könyök-könyök szélesség, mely 726 mm.

A tűzvédelmi eszköz leemeléséhez azt meg kell fogni. Ehhez a tűzvédelmi eszköz körül célszerű a kéz beférésének biztosítása. A tűzvédelmi eszköz mellett akkor fér be a kéz, ha ott legalább a pótlékokkal növelt kézfejvastagság biztosított, ez 65 mm. A tűzvédelmi eszközök magassági elhelyezésekor figyelembe vehető a gépek kiszolgálása során nehéz tárgyak emelésekor megengedett megfogási magasság. Ez az érték 867 mm és 1105 mm közé kell esni [81]. Amennyiben a tűzvédelmi eszköz fogantyúval rendelkezik, melynél fogva mozgatható, vagy tartójáról leemelhető, akkor célszerű a fogantyút 867–1105 mm közé helyezni.

Más források szerint a könyökmagasságban történő (és így a legnagyobb erő kifejtését lehetővé tevő) hozzáférés 920–1230 mm között biztosított. A biztonságos leemeléshez szükséges lehet a tűzvédelmi eszköz alsó felszínét is megfogni, esetleg megemelni. Ez a legalsó megfogási pont 600 mm-nél ne legyen alacsonyabb. Amennyiben a tűzvédelmi eszköz használatához annak legfelső pontját is meg kell fogni (ha itt jelentősebb erőt nem kell kifejteni), akkor ez a magasság legfeljebb 1520 mm legyen [21].

A tűzvédelmi eszköz legfelső megfogási pontja és az álló személy szeme között nem lehet takaró tárgy, hiszen az akadályozná a megfogás vizuális kontrollját. Ezt a tűzvédelmi eszköz felett szabadon hagyott megfelelő térrel lehet biztosítani. Szemmagasságként a testmagasság 100 mm-rel csökkentett értékét célszerű figyelembe venni. Ennek 99 %-os percentilise 1844 mm. A tűzvédelmi eszköz előtt 170 mm-re 1844 mm magasságtól a szabad látótér biztosított kell legyen a tűzvédelmi eszközig.

1.3. Tűzvédelmi eszközök

A tűzvédelmi eszközök nagyban hozzájárulnak a tüzek korai eloltásához, a késedelem nélküli riasztáshoz, ezáltal a tűz által veszélyeztetettek életének védelmét szolgálják. Hozzáférhetőségük több módon is biztosítható. Az optimális elhelyezés lehetővé teszi, hogy azok gyorsan elérhetőek legyenek és a felhasználók könnyen tudják azokat alkalmazni. A tűzvédelmi eszközök magassági elhelyezése lehetővé kell tegye alacsonyabb és magasabb személyek részére is a hozzáférhetőséget éppen úgy, mint erősebb vagy gyengébb személyek részére is. Minden olyan személy részére biztosítani kell a tűzvédelmi eszközök hozzáférhetőségét, akik képesek lehetnek azokat használni és ezáltal a tűz korai jelzése, a riasztás és a tűz eloltása gyorsan és hatékonyan megvalósítható.

A tűzvédelmi eszközök optimális hozzáférhetőségének meghatározásakor figyelembe kell venni az azokat használó személyek adottságait. Nem ad a felhasználók széles körének lehetőséget az olyan tűzvédelmi eszköz, mely olyan magasra van elhelyezve, hogy annak fali tartóról való levétele nem minden személy által végrehajtható (1. kép; 2. kép).



1. kép

Magasan elhelyezett tűzoltó készülék [Készítette: a szerző]

Az előbbi 1. kép egy köznevelési intézményben készült. Helyszíni vizsgálatom alkalmával kiderült, hogy tűzoltó készülék azért került az ajtónyílás felső élének magasságába, hogy elkerülhető legyen a tanulók esetleges érdeklődési körébe kerülő tűzvédelmi eszköz indokolatlan használata vagy megrongálása. A magas elhelyezés melletti érvként említették az intézmény dolgozói, hogy az alacsonyabban elhelyezett tűzoltó készülék a tanulók sérülését okozhatja, ha azok a folyosón futva közlekednek. Véleményem szerint adekvát pedagógiai módszerekkel megelőzhető a tűzvédelmi eszközök indokolatlan használata vagy megrongálása. A tanulókra nézve a futva közeledés során beleütközésből származó baleset bekövetkezésének valószínűsége azért csekély, így az erre a veszélyre való hivatkozás azért nem releváns, mivel a tanulók egyrészt nem a fal síkjához lapulva – ahonnan a készülék csupán 20 cm-t nyúlik be a közlekedési útba – futnak, mely futás pedagógiai módszerekkel szintén megelőzhető. Másrészt olyan intézményekben, ahol a tűzoltó készülékek a folyosón alacsonyabb magasságban vannak elhelyezve, empirikus úton megállapítható, hogy ez reális baleseti kockázattal nem jár.



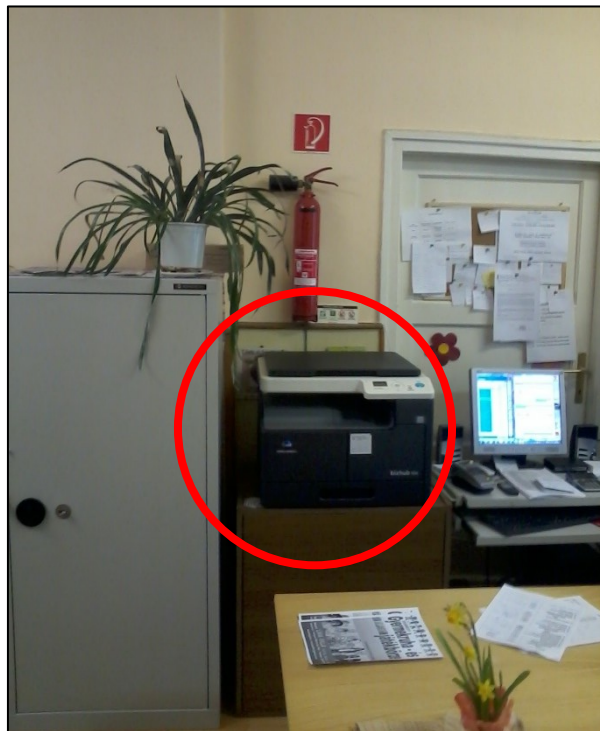
2. kép

Falnyílás mellett 2 m magasságban elhelyezett tűzoltó készülék, alatta megközelítést korlátozó tárolás [Készítette: a szerző]

A 2. kép egy iskola melegítőkonyháján készült, ahol szintén igen magasan helyezték el a tűzoltó készüléket. Az elhelyezési magasságot a helyszíni szemle alkalmával azzal indokolták, hogy így tudnak csak a készülék alá pakolni (ahogy ez a

képen is látszik). A szemléltetett elhelyezési mód tehát nem csupán a magassága miatt nem férhető hozzá a személyek szélesebb köre számára, hanem a környezetében történő tervszerű tárolás is akadályozza (de legalábbis nehezíti) a gyors hozzáférést.

A tűzvédelmi eszközök könnyű hozzáférését korlátozza, illetve akadályozhatja az olyan elhelyezés, mely nem teszi lehetővé, hogy a tűzvédelmi eszközhöz közel tudjon állni az ember, ezáltal csökken a kifejthető erő nagysága, így meghiúsulhat a tűzvédelmi eszköz használata. Előfordulhat, hogy nem a tűzvédelmi eszköz került nehezen hozzáférhető helyre, hanem azt torlaszolják el különféle tárgyakkal (3. kép, 4. kép).



3. kép

*Tárgyak akadályozzák a tűzoltó készülék kellő megközelíthetőségét
[Készítette: a szerző]*

Azt is tapasztaltam helyszíni vizsgálataim során, hogy a tűzvédelmi eszköz elhelyezési magassága nem extrém ugyan, de a környezetében történő anyagtárolás megnehezíti a hozzáférhetőséget. Egy irodában szemléltet ilyen állapotot a 3. kép. De gyakran nem is egyértelmű, hogy a tűzoltó készülék környékén történő anyagtárolás valójában egyes személyek vonatkozásában akadályozza azok hozzáférhetőségét. Így alacsonyabb vagy nyújtott karokkal kisebb erő kifejtésére képes személy számára a 4. képen bemutatott tűzoltó készülék az akadályt jelentő tárgyak elmozdítása nélkül nem hozzáférhető.



4. kép

Csak nyújtott karokkal elérhető tűzoltó készülék [Készítette: a szerző]

Fentiekből látszik, hogy nem minden esetben biztosítható a tűzvédelmi eszközök (például tűzoltó készülékek) szabad hozzáférhetősége. Felmerül a kérdés, hogy milyen feltételek esetén nevezhető biztosítottnak a hozzáférhetőség. A használathoz a tűzvédelmi eszközhöz hozzá kell férni, azt meg kell közelíteni, majd üzembe kell tudni helyezni. A hozzáférés a szabad terek biztosításával megoldható, de az üzembe helyezéshez a tűzvédelmi eszközt el kell távolítani rögzítőjéről. Ehhez testi erőfeszítésre van szükség.

A hozzáférhetőség értékelésénél az emberi testméretekből indultam ki, melyek univerzális jellegűek, így nem különböztetik meg a tűzoltók és nem tűzoltók antropometriai adatait. A biztonság javára térek el azáltal, hogy a lehető legtöbb személy részére alkalmas megoldást keresem a szakirodalmi antropometriai értékek közül, ennek megfelelően, a legalacsonyabb percentilisnek megfelelő értékeket vettem figyelembe. Ilyen módon az átlagoshoz képest gyengébb vagy kisebb testmérettel rendelkező személyek számára is biztosítható a tűzvédelmi eszközök hozzáférhetősége, nem csak a tűzoltók részére.

Vizsgáltam és bemutattam a tűzvédelmi eszközök antropometriai illesztésének gyakorlati jelentőségét az épületek megelőző tűzvédelmében, melyek nem csupán

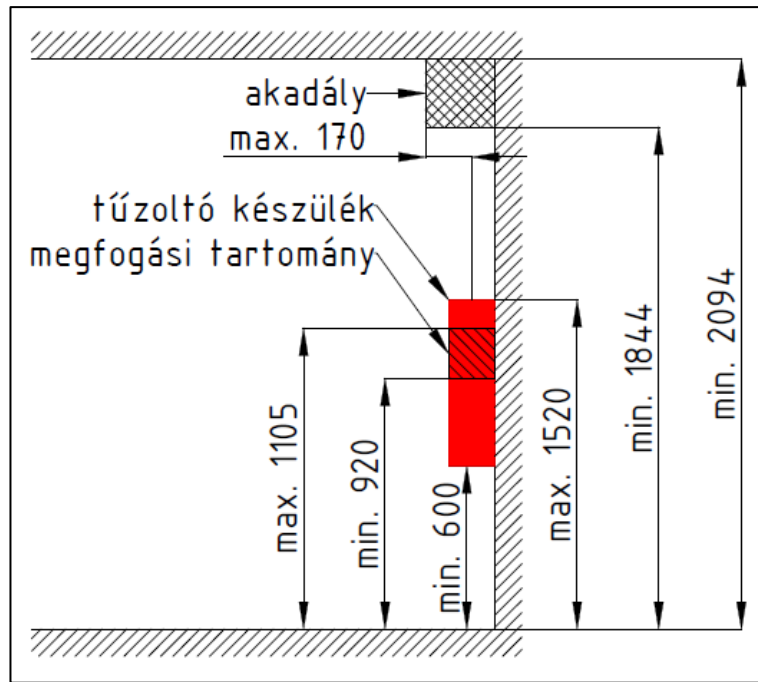
épületek esetében alkalmazhatók, de alkalmasak lehetnek járművek (szárazföldi, vízi és légi járművek) és szabadterek tűzvédelmének tervezése, illetve szervezése során is.

Feltártam a tűzvédelmi eszközök hozzáféréseinek biztosítása során figyelembe veendő antropometriai értékeket, melyeket táblázatba foglaltam. Bemutattam ezen értékek meghatározásának módját.

A feltárt antropometriai adatok alapján meghatároztam a tűzvédelmi eszközök hozzáférhetőségének optimális paramétereit, elsősorban a tűzvédelmi eszközök vertikális elhelyezését illetően. Ezen értékek alapján meghatároztam a szabad űrszelvényt, melyet a tűzvédelmi eszköz megközelítésére szolgáló útvonalon biztosítani kell. Meghatároztam továbbá a tűzvédelmi eszköz legalacsonyabb pontjának minimális és legmagasabb pontjának maximális magasságát, mely az optimális hozzáférhetőséget biztosítja. Megállapítottam a tűzvédelmi eszközök megfogásra szolgáló részeinek (például fogantyúinak) a könnyű, gyors, hatékony és biztonságos alkalmazáshoz szükséges optimális elhelyezési magasságát. Definiáltam a tűzvédelmi eszköz közvetlen közléről (170 mm-ről) történő láthatóságához szükséges szabadon tartandó teret, mely nem a tűzvédelmi eszköz felfedezhetőségét (megtalálhatóságát) hivatott biztosítani, hanem annak rögzítési helyéről a használatba vételhez szükséges elmozdításához elengedhetetlen látóteret biztosítja a tűzvédelmi eszközt használni kívánó személy részére. Iránymutatást kívántam adni az általánosan megfogalmazott előírások konkrét megvalósítási formáira, azok számszerűsítésével.

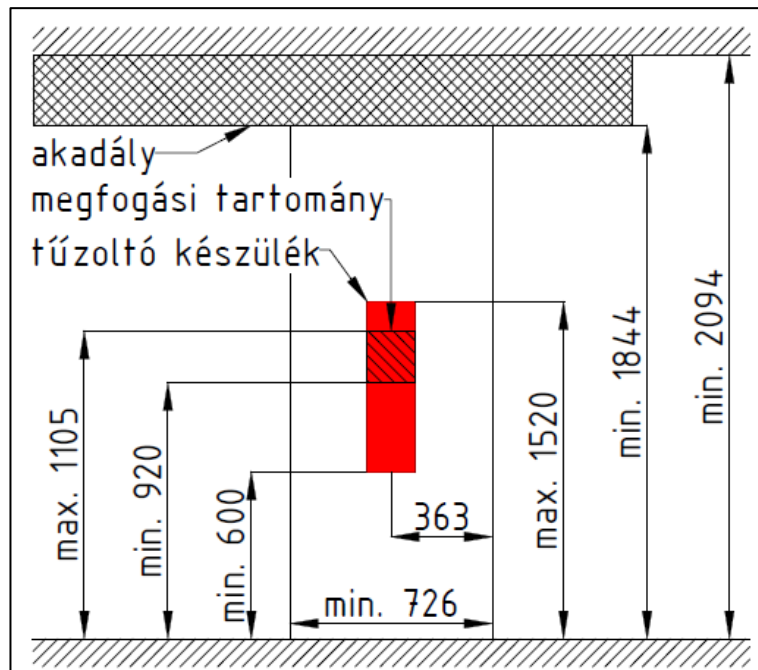
A tűzvédelmi eszközök optimális hozzáférhetőségének biztosításához általam meghatározott adatok a következők:

- a) a tűzvédelmi eszköz 726×2094 mm űrszelvény biztosítása szükséges, egészen a tűzvédelmi eszköz megfogási pontjától visszafelé mért 170 mm távolságig;
- b) a tűzvédelmi eszköz legalacsonyabb pontja el kell érje a padlótól számított 600 mm-t, de legmagasabb pontja nem lehet 1520 mm-nél magasabban;
- c) a tűzvédelmi eszköz megfogásra vagy kezelésre szolgáló pontja célszerűen 920 mm és 1105 mm közé essen;
- d) a tűzvédelmi eszközre való rálátást a tűzvédelmi eszköz előtt 170 mm-rel legalább 1844 mm magasságból biztosítani szükséges.



4. ábra

A tűzoltó készülék optimális elhelyezése oldalnézetből [Készítette: a szerző]

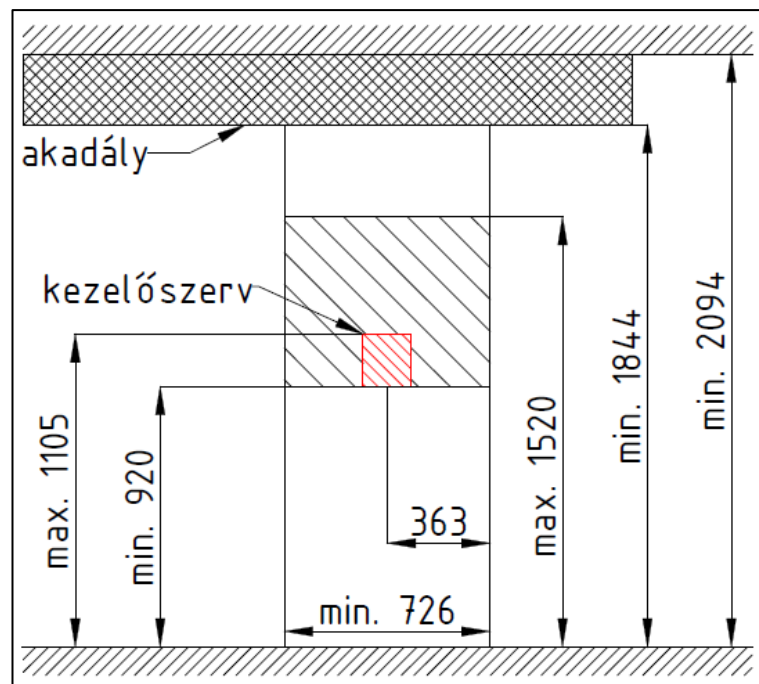


5. ábra

A tűzoltó készülék optimális elhelyezése előlnézetből [Készítette: a szerző]

A fent ábrázolt (4. ábra és 5. ábra) értékek biztosításával a tűzvédelmi eszközöket használni kényszerülő populáció széles körének biztosítható a megfelelő hozzáférés ritkán előforduló használathoz.

A beépített automatikus tűzjelző berendezés központjának, kezelőszerveinek, kézi jelzésadóinak; a hő- és füstelvezetés indító (nyitó) kezelőszervének; a vészkijáratok nyitógombjának és a kulcsszéfnek az optimális hozzáférhetősége szintén az általam feltárt és az előzőekben bemutatott értékeknek megfelelő elhelyezéssel biztosítható, melyet az alábbi ábra mutat be (6. ábra). A kezelőszerv lehetőleg a nagyobb erő kifejtést igénylő kezeléshez megfelelő 920–1105 mm közötti magasságba essen, de nagyobb eszközök (például tűzjelző központ kezelőszerve) esetében csak a főbb nyomógombok elhelyezési magasságát lehet ilyen módon megválasztani. Mindazonáltal nem biztosítja azt optimális hozzáférhetőséget a kezelőszerv 1520 mm-nél nagyobb magassága.



6. ábra

Tűzvédelmi eszköz kezelőszervének optimális elhelyezése [Készítette: a szerző]

A fentebb szereplő értékek csupán irodalmi adatokon alapulnak, melyek az emberi test méreteit, az ember által kifejtendő erőt veszik figyelembe. Az alapul vett források elsősorban gépek, termelőeszközök rendszeres és ismétlődő emberi kiszolgálásának ergonomikus kialakításához szolgáltatnak adatokat. A tűzvédelmi eszközök használata a gyakorlatban, egy adott személy élete során csupán alkalmasszerűen, ritkán történik meg, így a kiindulási adatok fenntartással kezelendők. Ezek a forrásadatok mégis kiindulási alapot jelenthetnek a tűzvédelmi eszközök optimális hozzáférhetőségének megállapításához is.

Ahhoz, hogy a tűzvédelmi eszközöket használni akaró és azokat használni képes személyek a tűzvédelmi eszközöket többlet időráfordítás nélkül és hatékonyan tudják használni, további vizsgálatok lehetnek szükségesek.

A tűzvédelmi eszközök hozzáférhetőségének definiálásához javaslom új, tűzvédelmi használati szabályokról szóló tűzvédelmi műszaki irányelv megalkotását (ld. 7. oldal), az ehhez szükséges munkacsoport létrehozását a Tűzvédelmi Műszaki Bizottságon belül. A használati szabályokról szóló tűzvédelmi műszaki irányelvbe illeszthető:

- a) a 4. ábra, mely a tűzoltó készülék hozzáférhetőségéhez szükséges méretadatokat mutatja be oldalnézetből;
- b) az 5. ábra, mely előlnézetből mutatja be az előbbi adatokat és
- c) a 6. ábra, mely olyan tűzvédelmi eszközöknek, mint a beépített automatikus tűzjelző berendezés központjának, kezelőszerveinek, kézi jelzésadóinak; a hő- és füstelvezetés indító (nyitó) kezelőszervének; a vészkijáratok nyitógombjának; illetve a kulcsszéfnek az optimális elhelyezését ábrázolja, valamint
- d) a 37. oldalon szereplő felsorolás, melyben az optimális hozzáférhetőséget biztosító főbb adatok találhatóak meg.

1.4. Tűzoltó-vízforrások

A tűzoltó-vízforrások hozzáférhetőségének meghatározásakor figyelembe kell venni az azokat használó, ellenőrző, felülvizsgáló és karbantartó személyek adottságait is, de figyelembe kell venni a használathoz, ellenőrzéshez, felülvizsgálathoz és karbantartáshoz szükséges eszközök tulajdonságait is. A szabad hozzáférhetőséget meghatározza a tűzoltó-vízforráshoz vezető út szélessége, szabad belmagassága, lejtési viszonyai, teherbírása, csúszóssága; a tűzoltó vízforrás környezetében lévő növényzet, építmények, tárgyak stb.

Nem biztosítja a szükséges hozzáférhetőséget az, ha a tűzcsapot növényzet nagy mértékben körülötte (5. kép). A növényzet – különösen akkor, ha az kézi erővel nehezen eltávolítható akár kifejtettsége, akár tüskéi, tövisei miatt – valós akadályt tud képezni a tűzcsap körül. A beavatkozás során jelentős idővesztéssel járna, ha a táplálás megszerelése előtt a tűzcsap mellől a növényzetet kéziszerszámokkal vagy láncfűrészsel kellene eltávolítani. Ráadásul – ahogy azt a későbbiekben részletesen bemutatom – nem elegendő csupán a tűzcsap megnyithatóságát lehetővé tenni, hanem a tömlők számára is helyet kell biztosítani, figyelembe véve azok megengedett legkisebb hajlítási sugarát.



5. kép

Tűzcsaphoz közel lévő növényzet [Készítette: a szerző]

Ha a tűzcsap megközelítési útvonala növényzettel sűrűn borított (6. kép), úgy szintén nem lehet azt könnyen megközelíthetőnek tekinteni. Ebben az esetben a tűzcsap működtetése nem a megnyitás vagy a tömlők működtetésének akadályá miatt nem lehetséges, hanem már az odajutás akadályozott.



6. kép

Tűzcsaphoz vezető út növényzettel sűrűn borított [Készítette: a szerző]

Ha a tűzcsap megközelíthetőségét kerítés és anyagtárolás korlátozza, mellyel szintén talákoztam helyszíni vizsgálataim során, már a tűzcsap megközelítése is nehezített lehet, melyre a 7. kép mutat példát.



7. kép

Tűzcsap kerítés és tárolt anyagok között [Készítette: a szerző]

Biztosítja-e a tűzcsap kellő hozzáférhetőségét a virágágyásba helyezés (8. kép)? Nem tekinthetjük lehetetlennek a bemutatott esetben a tűzcsap megközelítését és működtetését, de vizsgálat tárgyává érdemes tenni, hogy valóban alkalmas-e ezen megoldás a könnyű hozzáférhetőség biztosítására. Amennyiben a hozzáférhetőség biztosításához felfestéssel vagy műszaki akadállyal kívánnak segítséget nyújtani, úgy azok méreteit úgy célszerű megválasztani, hogy az általuk határolt tér szabadon hagyása elegendő legyen a tűzoltó-vízforrás hozzáférhetőségének, valamint működtethetőségének biztosításához.



8. kép

Támfal mögötti tűzcsap, kavicszal feltöltött betonkeretben [Készítette: a szerző]

Ha csak a felfestés vagy keret által határolt területet tekintjük szabadon tartandónak, akkor az alábbi képeken (9. kép és 10. kép) látható elrendezés nem elegendő a tömlők megengedett legkisebb hajlítási sugárral való üzemeléséhez.



9. kép

Felfestés tűzcsap körül parkolóban [Készítette: a szerző]

A felfestés és a keret is azért került a tűzcsap mellé, hogy előbbi esetben jelezze a szabadon tartandó teret, utóbbi esetben megakadályozza a gépjárművek

hozzáférhetőséget akadályozó elhelyezését. Mivel ezekből a példákból is látszik az igény a tűzcsapok körül biztosítandó szabad terek megjelölésére, célszerű meghatározni, hogy az pontosan milyen geometriájú legyen.



10. kép

Védőkeret tűzcsap körül, parkoló mellett [Készítette: a szerző]

Az előbbi példákból is látható, hogy nem minden esetben biztosítható a tűzoltó-vízforrások szabad hozzáférhetősége. Jelenleg nem ismert, hogy milyen feltételek esetén kell a tűzvédelmi eszközt eltorlaszoltnak tekinteni. Ebből következik, hogy a fényképeken bemutatott példákról sem jelenthető ki kutatási eredményeim hiányában, hogy azok hozzá nem férhető eszközöket ábrázolnak. Kutatásom arra irányult, hogy meghatározzam a hozzáférhetőség szükséges és elégséges feltételeit. A bemutatott példákról csak a kutatásomban meghatározott hozzáférhetőségi kritériumok szerint vizsgálva jelenthető ki, hogy nem megfelelőek, melyek így kutatásom aktualitását és hiánypótló jellegét támasztják alá. Felmerül a kérdés: milyen feltételek esetén tekinthető hozzáférhetőnek egy tűzoltó-vízforrás? A használhatósághoz a tűzoltó-vízforrást meg kell tudni közelíteni mind az azt működtetni kívánó személynek, mind a tűzoltáshoz szükséges eszközöknek (például gépjárműfecskendő), valamint üzembe kell tudni helyezni (például rácsatlakozni, megnyitni stb.). A használhatóság biztosítása érdekében

rendszeres ellenőrzés, felülvizsgálat és karbantartás szükséges, így az ezek érdekében szükséges hozzáférhetőséget is biztosítani kell.

Az előzőekben vizsgáltam és bemutattam a tűzoltó-vízforrások (mint amilyenek például a föld alatti és föld feletti tűzcsapok, az oltóvíztárolók és a fali tűzcsapok) hozzáférhetőségének gyakorlati jelentőségét az épületek és szabadterek megelőző tűzvédelmében. Bemutattam több olyan megoldást, melyek ugyan feltehetőleg arra a célra jöttek létre, hogy biztosítsák a tűzoltó-vízforrások hatékony hozzáférhetőségét, mégsem alkalmasak erre minden esetben. Napjainkban is a víz a legjelentősebb oltóanyag, mely tűzoltó-vízforrásokból nyerhető ki. Az, hogy a tűzoltó-vízforrások milyen – pontosan meghatározott – feltételek mellett tekinthetők hozzáférhetőnek, jelenleg nem ismert, a szabályzóknak csak általános követelményként jelenik meg a hozzáférhetőség biztosításának kötelezettsége, illetve az eltorlaszolás tilalma [82].

A tűzoltó-vízforrások hozzáférhetően tartása a tűzoltóság beavatkozását is elősegítheti, valamint alkalmas lehet az épületek és szabadterek tűzvédelmén túl a szárazföldi, vízi és légi járművek tüzeinek oltásához is. A tűzoltó-vízforrások hatékony hozzáférhetőségének jelentőségét bemutató tudományos közleményekben nem bővelkedik a nemzetközi szakirodalom, így e téren hiánypótló lehet e kutatás.

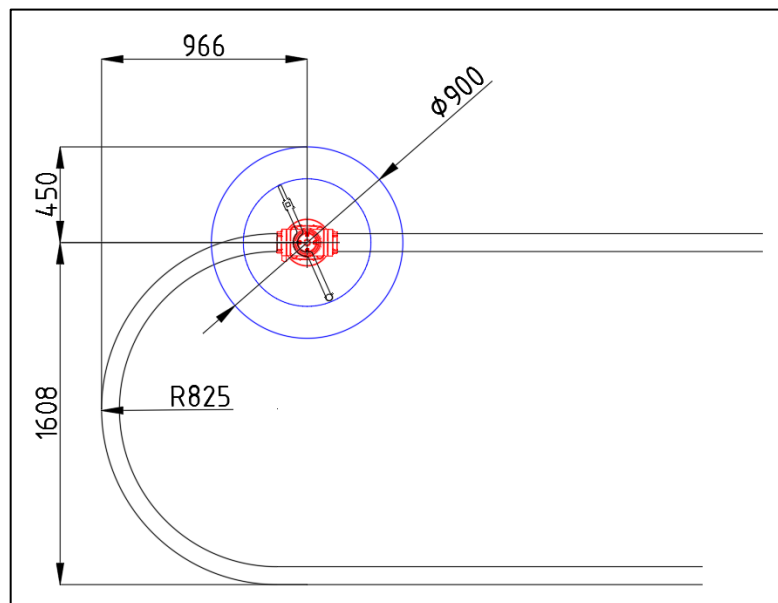
A tűzoltó-vízforrások hatékony hozzáférhetőségének jelentősége megnövekedett a globális klímaváltozás hatására, továbbá jelentőségét növeli a korai tűzoltással megmenthető érték, a csökkenő kárérték, különösen, ha összevetjük a tűzoltóság vonulási idejével. A tűzoltó-vízforrások kezelése a tűzoltók részére mindennapos, de a védendő létesítmények munkavállalói számára ritkán előforduló feladat. Célszerű megvizsgálni a tűzoltó-vízforrások hozzáférhetőségének kritériumait, hogy az mindig biztosított lehessen. Konkrétan meghatározott pontos értékekkel egységes szabályozás alakítható ki a tűzvédelmi megelőzés e területén is.

A tűzcsap használatához szükséges, hogy az oltóvíz a tömlő minimális hajlítási sugarának figyelembevételével biztonságosan kivehető legyen. A tömlő névleges nyomáson megengedhető minimális hajlítási sugarát a gyártók nem minden esetben adják meg [83]. Az erre vonatkozó honosított harmonizált szabvány Q.1. ábrája szerint a tömlőket úgy kell vizsgálni, hogy hajlításkor belső átmérőjük 22-szeres távolságában lévő vezetősínek között törésmentesen kifeküdjenek [84]. Ugyanezt írja elő a vonatkozó magyar szabvány 7.8.3. pontja [85].

A gépjárműfecskendők megtáplálására B jelű, 75 mm belső átmérőjű tömlőt használnak [86]. A B jelű, 75 mm belső átmérőjű tömlő külső ívére vonatkoztatott megengedett legkisebb hajlítási sugár:

$$r = \frac{75 \cdot 22}{2} = 825 \text{ mm}$$

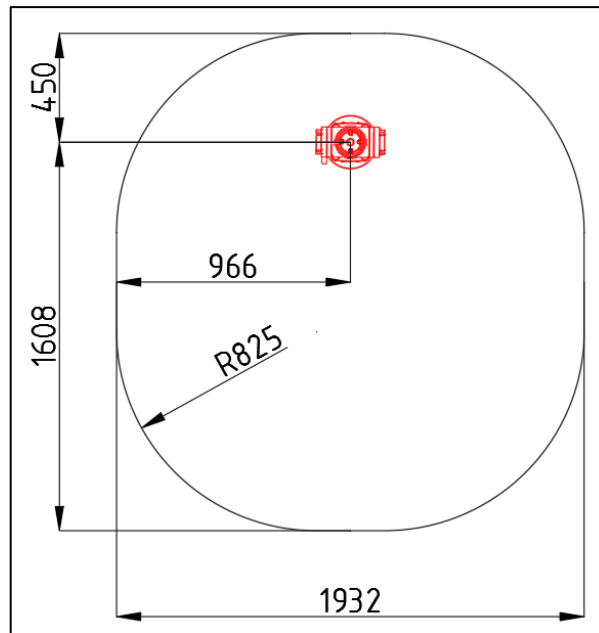
A tűzcsapok működtethetőségéhez a tűzcsapkulccsal történő nyithatóság biztosítása is szükséges. A föld feletti tűzcsapkulcs hossza mintegy 600 mm, mely a tűzcsapra felhelyezve annak hossz tengelyétől 300 mm sugarú ívet ír le nyitás során [87]. A tűzcsapkulcs megfogásához szükséges távolság ezen felül a pótlékokkal növelt kézfejszélesség, ami 150 mm [88]. Így a tűzcsap megnyitásához szükséges szabadon tartandó tér a tűzcsap hossz tengelye körül 450 mm-re adódik.



7. ábra

*Föld feletti tűzcsap két B jelű tömlővel szerelve, tűzcsapkulccsal, méretezve
[Készítette: a szerző]*

A 7. ábra bemutatja a föld feletti tűzcsap működtetéséhez szükséges eszközök működés közbeni helyzetét, méreteit. Ezen méretek alapján meghatároztam a tűzcsap körül szabadon tartandó tér egyszerűsített sémáját (8. ábra).



8. ábra

Tűzcsap hozzáférhetőségének biztosításához szabadon tartandó terület méretei [Készítette: a szerző]

A tűzcsap körül szabadon tartandó terület lehetőleg szilárd burkolatú legyen. Ez biztosítani tudja, hogy minden időjárási körülmények között a tűzcsap körüli közlekedés és a tűzcsap működtetése akadálymentes legyen. A szilárd burkolat lejtési viszonyainak lehetővé kell tennie, hogy azon személyek tartózkodjanak, közlekedjenek. Ilyen módon a gyalogos közlekedésre számításba vett lejtőkre figyelembe vehető maximális lejtés itt is alkalmazható határ lehet, amely 1:8 [89]. A túl nagy lejtésű burkolat nem teszi lehetővé a tűzcsap biztonságos megközelítését minden időjárási körülmény között. Nagy lejtésű rézsűn elhelyezett tűzcsapra mutat példát a 11. kép, melynek mind a megközelítése, mind az üzemeltetése nehézkes, különösen akkor, ha a burkolat csúszós akár az időjárás (például ónos eső), akár a növényzet (például nagyra nőtt nedves fű), akár szennyeződés (például sár) miatt.



11. kép

45°-os rézsűn elhelyezett tűzcsap [Készítette: a szerző]

Célszerű, ha a tűzcsapot szintén szilárd burkolatú úton lehet megközelíteni, melynek szélessége a vállszélességgel legalább egyenlő (726 mm) [88], itt szintén alkalmazható határ a lejtésre az 1:8 arány.

A szilárd burkolat azért is indokolt lehet, mivel föld alatti tűzcsapok esetén, amennyiben a tűzcsap környezete nem szilárd burkolatú, csapadékos időjárás alkalmával kialakuló vízfolyások által lerakott hordalék a tűzcsapot eltakarhatja. A tűzcsapot kellő mértékben körülölelő szilárd burkolat biztosíthatja egyrészt a tűzcsap hordalék alatti könnyebb megtalálását, másrészt, amennyiben a talaj lejtésével ellentétes irányú szakaszon a szilárd burkolat elegendő hosszú, a hordalék mennyiségének csökkenését.

A kültéri tűzcsapok megközelíthetőségének feltétele télies időjárás alkalmával a síkosságmentesítés és a hóeltakarítás is. Amennyiben a létesítményben fűtött útburkolat kerül kialakításra, azt a tűzoltóvízforrások környezetére és az azokhoz vezető utakra kiterjeszteni javaslom. Amennyiben nincs kiépített fűtött útburkolat, úgy a tűzoltóvízforrásokhoz vezető utat folyamatosan síkosságmentesíteni kell [83].

A 7. ábra és a 8. ábra ugyan föld feletti tűzcsapokat mutat be, de a föld alatti tűzcsapok hozzáférhetőségéhez is azonos paraméterekkel biztosítható a hozzáférés. A

föld feletti tűzcsap helyét az állványcső veszi át, valamint az, a föld feletti tűzcsapkulcs helyett, a föld alatti tűzcsapkulccsal nyitható.

Egyes tűzoltó-vízforrásokból (például tűzoltóvíztároló-medence) csak szivattyúval nyerhető ki az oltóvíz. Ilyen esetben a vízmennyiség kinyeréséhez szívótömlők alkalmazása szükséges, melyek elviselik a légkörinél kisebb belső nyomást. A víztároló szívócsonk-csatlakozó helye az emberi erő kifejtése és az ergonómikus kialakítás szempontjából akkor optimális, ha 920–1105 mm közötti magasságban van elhelyezve (10. ábra). A magassági kialakítás során a tűzoltógépjármű szívócsonkjának magassága is figyelembe veendő. A tűzoltó-vízforrás szívócsonk-csatlakozója előtt akkora helyet célszerű megtartani, ami alkalmas az oltóvizet felhasználó eszköz (tűzoltógépjármű) működtetésére. A hozzáférhetőség biztosításához minden olyan tűzoltógépjármű méretdatáit figyelembe kell venni, amelynek alkalmazása az oltóvíz tűzoltó-vízforrásból való kinyerése szempontjából előfordulhat.

A Magyarországon az egyik leghosszabb vízszállító-gépjármű a Heros Aquarex S10 típusú, hossza 8300 mm, szélessége 2550 mm, magassága 3520 mm, megengedett legnagyobb össztömege 25 000 kg [90]. A figyelembe veendő járműszélesség a közúti közlekedésben megengedett maximum, azaz 2550 mm; a megengedett legnagyobb magasság 4000 mm, a megengedett legnagyobb hosszúság 11 000 mm [91]. A szabadon tartandó terek kialakításakor a jövőben rendszerbe állításra kerülő járművekre is gondolva, célszerű a járművek maximális megengedett méreteit figyelembe venni a hozzáférhetőség biztosításakor, mivel ezek későbbi átalakítása vagy növelése nagyobb terhet jelenthet.

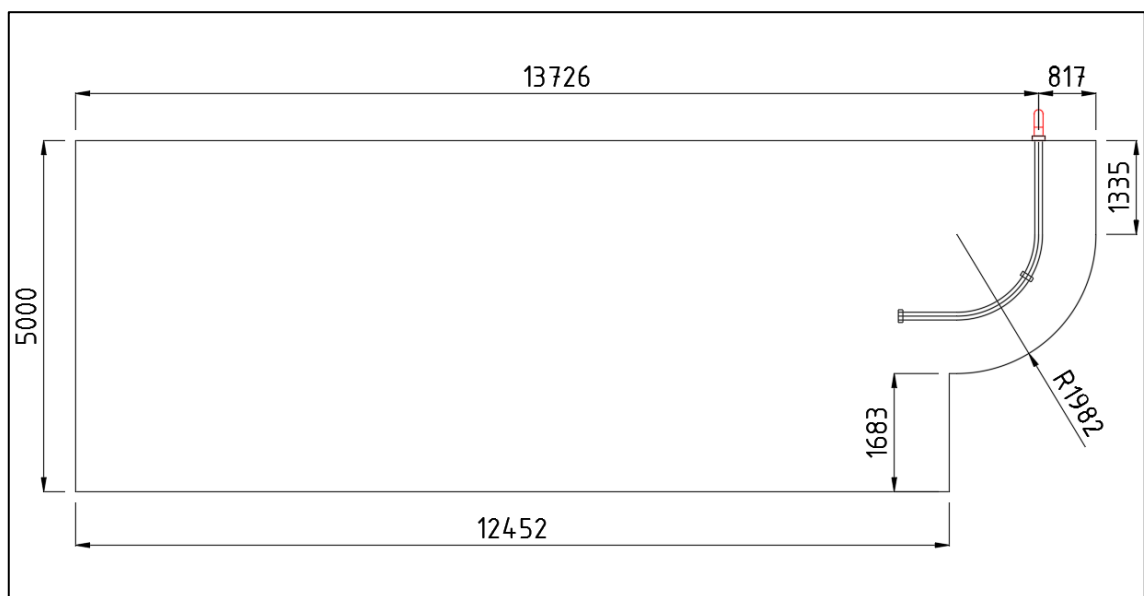
A szívócsonk-csatlakozó és a jármű hátfalánál lévő szívócsonk csatlakoztathatósága érdekében célszerű a tűzoltó-vízforrás szívócsonk-csatlakozója és a jármű hátfala között legalább egy szívótömlő hosszúságának megfelelő helyet biztosítani. A Magyarországon használt 110 mm névleges belső átmérőjű szívótömlő hossza általában 2000 mm [92]. Emiatt a szükséges távolság mintegy 2000 mm.

A tűzoltó-vízforrás szívócsonk-csatlakozója előtt, annak hozzáférhetőségéhez biztosítandó szabad terület hosszúsága az engedélyezett járműhosszúság, a szívótömlő hossza és a jármű körüli közlekedéshez szükséges tér (vállszélesség) együttes hossza. Ez az érték az előbbieken alapján 13 726 mm. A biztosítandó szabad terület szélessége a megengedett járműszélesség, a jármű málfatereinek kinyúló részei, a szabad

közlekedéshez szükséges tér által meghatározott méret. Ezt az értéket legalább 5000 mm-rel javaslom figyelembe venni. A tűzoltó-vízforrás szívócsonk-csatlakozója előtti terület szabad belmagassága legalább akkora legyen, mint a lehetséges legnagyobb járműmagasság és a pótlékokkal kiegészített testmagasság [88] összege. Ez az érték 6094 mm (10. ábra).

Ha a tűzoltógépjármű felállítási helyét a tűzoltó-vízforrás szívócsonk-csatlakozója tengelyére merőlegesen kívánják biztosítani, úgy a szívótömlő megengedett legkisebb hajlítási sugarának ismeretében határozható meg a hozzáférhetőséghez szükséges hely.

A Magyarországon használt 110 mm névleges belső átmérőjű szívótömlő elvart legkisebb hajlítási sugara 1100 mm [93]. Ilyen állapotban a legkisebb elvart hajlítási sugárral meghajlított tömlő külső alkotója legalább 1230 mm sugáron ívelt, a tömlő falvastagságát figyelmen kívül hagyva. A tűzoltó-vízforrás szívócsonk-csatlakozója tengelyére merőleges felállítási hely horizontális méreteit az alábbi ábra szemlélteti (9. ábra).



9. ábra

A tűzoltó-vízforrás szívócsonk-csatlakozója tengelyére merőleges felállítási hely horizontális méretei [Készítette: a szerző]

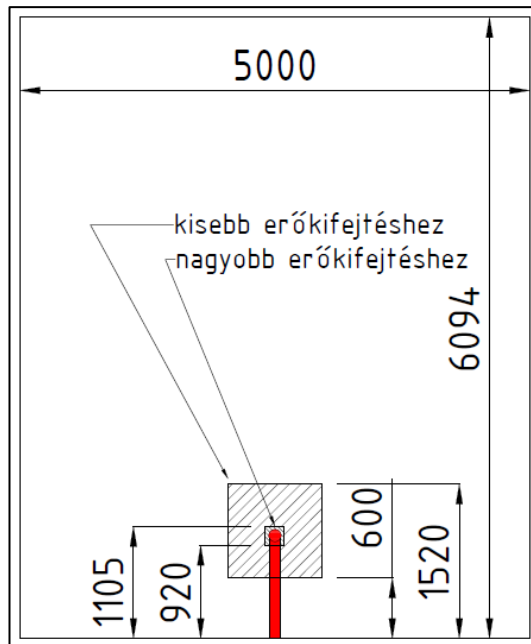
Bemutattam a tűzoltó-vízforrások használatához szükséges eszközök releváns adatait. Ezen adatok felhasználásával meghatároztam a tűzoltó-vízforrások hozzáférhetőségét biztosító feltételeket, elsősorban a tűzoltó-vízforrások körül horizontálisan biztosítandó szabad terekre vonatkozóan. Meghatároztam továbbá a tűzoltó-vízforrás nagyobb erő kifejtését igénylő részeinek optimális magassági helyzetét,

valamint a kisebb erő kifejtését igénylő részek legalacsonyabb és legmagasabb pontjának optimális hozzáférhetőséget biztosító magasságát.

Az általam bemutatott megoldások a tűzoltóság beavatkozását is elősegíthetik, valamint alkalmasak lehetnek az épületek és szabadterek tűzvédelmén túl a szárazföldi, vízi és légi járművek tüzeinek oltásához is. Az általános szövegezésű előírások lehetséges megvalósításához kívántam iránymutatást adni számszerűsített megoldásaimmal.

A tűzoltó-vízforrások hozzáférhetőségéhez a következő adatokat határoztam meg, melyek a ritkán előforduló használathoz is a felhasználók széles körének biztosítanak hozzáférést:

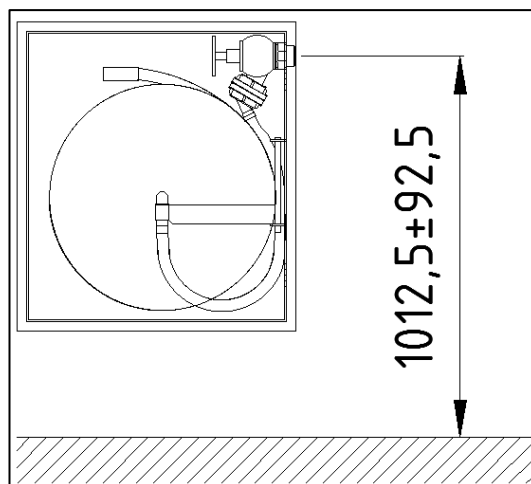
- a) a tűzoltó-vízforráshoz vezető úton 2094 mm magas és 726 mm széles út biztosítása szükséges;
- b) a tűzoltó-vízforrás kezelőszerve legalacsonyabb pontja a talajtól (padlótól) legalább 600 mm legyen;
- c) a tűzoltó-vízforrás kezelőszerve legmagasabb pontja a talajtól (padlótól) legalább 1520 mm legyen;
- d) a tűzoltó-vízforrás nagyobb erő kifejtést igénylő kezelőszerve magassága a talajtól (padlótól) 920–1105 mm közötti magasságban optimális;
- e) a tűzcsap körül szabadon tartandó tér geometriai adatait a 8. ábra mutatja be
- f) a tűzoltó-vízforrás szívócsonk-csatlakozója tengelyére merőleges felállítási hely horizontális méreteit a 9. ábra mutatja be [94].



10. ábra

Szívócsonk tengelyével párhuzamos felállási hely előlnézete a szívócsonk helye és a szabadon tartandó ürszelvény méreteinek feltüntetésével [Készítette: a szerző]

Kutatásom alapján a fali tűzcsapok kezelőszervének elhelyezését a 26. oldalon ismertetett irányelvi és szabványi forrásoktól eltérően szűkebb magassági intervallumon határoztam meg, melyet a 11. ábra szemléltet [95].



11. ábra

Fali tűzcsap kezelőszervének optimális magassága [Készítette: a szerző [95] felhasználásával]

A fenti értékek elsősorban irodalmi forrásokon alapulnak. Ezek az emberi test méreteit és az emberi erőkifejtést veszik figyelembe. A tűzoltó-vízforrások kezelése a tűzoltók részére mindennapos, de a védendő létesítmények munkavállalói számára ritkán

előforduló feladat. Emiatt az adatok gyakorlatba ültetése előtt célszerű lehet kísérletekkel megvizsgálni az általam kidolgozott megoldások gyakorlati működőképességét, az esetleges finomítások elvégzése érdekében.

A tűzoltó egységek beavatkozási feltételeinek biztosításáról szóló tűzvédelmi műszaki irányelv kiegészítését javaslom a tűzoltó-vízforrások hozzáférhetőségének definiálásához. Az irányelvbe illeszthető:

- a) az 5. képtől a 11. képig terjedő, nem megfelelő hozzáférhetőséget biztosító megoldások, mint elkerülendő példák;
- b) a 7. ábra és a 8. ábra, mely a tűzcsap hozzáférhetőségének biztosításához szabadon tartandó terület méreteit ábrázolja;
- c) a 9. ábra, mely a tűzoltó-vízforrás szívócsonk-csatlakozója tengelyére merőleges felállítási hely horizontális méreteit mutatja be;
- d) a 10. ábra, mely a tűzoltóvíz-tároló szívócsonkja tengelyével párhuzamos felállítási hely előlnézetét ábrázolja a szívócsonk helye és a szabadon tartandó úrszelvény méreteinek feltüntetésével;
- e) a 11. ábra, mely a fali tűzcsap kezelőszervének optimális magasságát mutatja be, valamint
- f) az 52. oldalon szereplő felsorolás, melyben az optimális hozzáférhetőséget biztosító főbb adatok találhatóak meg.

1.5. Közműelzárók

A közművek tűzeseti elzárása a beavatkozó tűzoltók életének védelme, valamint a károk mérséklése szempontjából is fontos. Előfordulhat, hogy nem oltóanyag alkalmazása során szenved áramütést a beavatkozó állomány egy tagja. A szabálytalan áramvételezés (például áramlopás) vagy az épület más épület elektromos hálózatáról való ellátása (hosszabbítókkal) is előfordulhat. Ilyen esetekben az épület elektromos fogyasztásmérőjénél történő leválasztás (például kismegszakítók lekapcsolása stb.) nem elegendő az épület teljes feszültségmentesítéséhez. Veszélyt jelenthet az elektromos fogyasztásmérőig futó méretlen vezeték (12. kép), amely feszültség alatt marad a fogyasztásmérőnél lévő kismegszakítók lekapcsolását követően is. Veszélyt jelenthet egy esetlegesen leszakadó erősáramú távvezeték, vagy a külső hálózattól független rendszerek, mint a napelemek, mobil generátor stb. [12:112].



12. kép

*A méretlen elektromos vezeték helye jól látszik az épületen
[Készítette: a szerző]*

Magyarországon a vezetékes gáz felhasználása gyakorlatilag uralkodó a háztartásokban [96], így a gázvezeték kiszakadásának igénye a tűzesetknél gyakorta jelentkezik. Amennyiben a robbanásveszélyes gáz a csővezetékéből a légtérbe kijut (például a vezeték sérülése vagy a tömítés kiégése miatt), úgy a légtérben robbanóképes gázelegy jöhet létre, mely a beavatkozó tűzoltókat veszélyezteti. A robbanás az azt megelőzően fennálló tűz területét és a károkat növelheti.

A gázvezetékek kiszakaszolására leginkább a mérőnél van lehetőség, ahol elzárószerelvény kerül beépítésre (13. kép és 14. kép). Ha a mérő az épületen belül helyezkedik el, a méretlen vezeték kiszakaszolása több esetben csak közterületről megoldható (például zárt sorú beépítés esetén) talajszint alatti fogyasztói főelzáróval, aminek működtetéséhez általában különleges szerszám szükséges. Veszélyt jelent, hogy a gázutánpótlás megszüntetése, tehát a kiszakaszolás után a vezetékben megmarad a túlnyomásos robbanásveszélyes gáz. A fogyasztóberendezésnél a túlnyomást meg lehet szüntetni, de a vezetékben ekkor is marad légköri nyomású robbanásveszélyes gáz. Ennek eltávolítása a beavatkozás során csak jelentős időráfordítással lenne lehetséges [97].



13. kép
*Az elzárás fogantyú hiányában nehézkes lehet
[Készítette: a szerző]*



14. kép

*A fogantyú magassági helyzete (2,9 m) nehezíti az elzárást
[Készítette: a szerző]*

A távfűtési rendszerekben a hőszállító közeg általában víz, melynek hőmérséklete 70 °C-tól 220 °C-ig terjedhet [98]. Az ilyen hőmérsékletű víz forrázásos sérüléseket okozhat. A hőszállító közeg rendszerből való kikerülése akkor lehetséges, ha a vezetékrendszer folytonossága megszakad. Ilyen előfordulhat a tömítések lágyulása, kiégése során, valamint a csővezeték égésekor is (polimer csöveknél).

A vezetékes vízellátás egyrészt lehetővé teszi az oltóvíz utánpótlását és ezáltal a tűz hatékony eloltását. Másrészt a víz az épületben a tűzkár mellett további károkat okoz. A további károk az oltóvíz okozta károk és a vízvezetékrendszer sérüléséből adódó vízkárok lehetnek. Az oltóvíz okozta károk a tűz adta lehetőségekhez képest mérsékelhetők, amennyiben alkalmazásuk csak a legszükségesebb mértékben történik meg. A tűz által megrongált vízvezetékrendszerből távozó víz további károkat okozhat. A vezetékek manapság egyre gyakrabban készülnek hőre lágyuló műanyagból, melyek tűz hatására megolvadhatnak. A régebben alkalmazott fém vezetékek tömítései károsodhatnak a tűz hatására, valamint a különböző hőtágulási együtthatójú fémek eltérő expanziója is okozhat tömítetlenséget és ezáltal további vízkárt.

Az épületekben lévő szennyvíz és csapadékvíz elvezető rendszerek (továbbiakban szennyvízhálózat) is sérülhet tűz során. E rendszerek kiszakaszolására általában nincs lehetőség, azonban sérülésük rejt magában veszélyeket. Ilyen lehet az a biológiai veszély, melyet a szennyvízvezetékben szállított közeg jelent.

Az épületek melegvízes fűtési hálózata vagy használati melegvíz rendszere nem tekinthető közműnek, sérülésük mégis fokozza a vízkárt és forrázásos sérülést okozhat. E rendszerek tüzeset során a vízvezetékrendszerekhez hasonló módon válhatnak tömítetlenné [99].

A villamosenergia-hálózat veszélyeinek csökkentésére alkalmas lehet az elektromostérierősség-érzékelő használata. A műszer nagy érzékenységgel jelzi a 400 V-os hálózati feszültség jelenlétét biztonságos távolságból. Kifejlesztése során figyelmet fordítottak a beavatkozás során fennálló extrém körülményekre, így IP65⁹ védettségű a tokozása, valamint jelzései jól érzékelhetőek az átlagostól eltérő körülmények, így alacsony látótávolság és környezeti zajok esetén is. A műszer por és víz hatása ellen védett, tűzoltó védőkesztyűben is kezelhető, valamint képes mintegy 1 méter távolságból érzékelni a feszültség alatt lévő részeket [12:114].



15. kép
Térierődetektor [100]

Az E.ON Hungária Zrt. 330 db térierődetektorral (15. kép) segítette a tűzoltók munkáját 2013-ban [100] [101]. A beavatkozó állomány védelmét szolgálja az az 1000 pár elektromos áramütés ellen védelmet nyújtó kesztyű, melyet szintén az E.ON Hungária Zrt. adományozott a tűzoltóknak [102].

⁹ villamos gyártmányok burkolatai által nyújtott védettségi fokozat

A napelemes rendszerek esetén a napelemmodulok és a szakaszolókapcsoló közötti szakasz feszültség alatt marad a szakaszolókapcsoló kikapcsolását követően is. A teljes kiszakaszolást meg lehet valósítani a napelemek fényt át nem eresztő befedésével, mely történhet vízbázisú festékekkel is [103].

Az elektromos kiszakaszolás megoldása több okból is nehéz és sokrétű feladat. Míg új létesítményeknél a tűzeseti lekapcsolás lehetősége általában biztosított, addig nehezebb megoldást találni a méretlen fővezeték feszültségmentesítésére vagy a régebbi magántulajdonú családi házaknál jelentkező légvezetékes betáplálás kiszakaszolására. Az elektromos áramütés ellen védelmet nyújtó kesztyű és a térerődetektor mind hozzájárul a hatékony beavatkozáshoz és a tűzoltók védelméhez. Újabb létesítmények esetén a tűzeseti főkapcsoló (annak megfelelő kialakítása esetén) megoldást jelent a kiszakaszolás lehetőségére.

A napelemes rendszerek kiszakaszolására a leválasztó kapcsoló hozzáférhetőségét kell biztosítani, lehetőleg távkapcsolással. A távkapcsoló működtető szerve a tűzeseti főkapcsoló közelében, míg a kapcsolás a napelemes rendszerhez a lehető legközelebb történjen meg. A napelemes rendszerek egyenáramú részeinek feszültségmentesítése okozza a nagyobb nehézséget. Ezen maradék veszélyt is kiküszöbölheti a napelemek vízbázisú, magas pigmenttartalmú, nem éghető festékekkel történő befedése. Növeli a beavatkozó állomány biztonságát, amennyiben ilyen anyag kifejlesztésre, tesztelésre, rendszeresítésre majd málházásra kerül.

A vezetékes gáz kiszakaszolása általában a mérőnél lehetséges. Elzárható továbbá a fogyasztói főelzárónál is, mely gyakran közterületen található. Az elzárást követően a vezetékben maradó gáz robbanásveszélyes ugyan, de már kisebb veszélyt jelent, mint a vezeték sérülésekor a légtérbe kerülő kvázi korlátlan mennyiségű gáz. Amennyiben a beavatkozó állománynak nem sikerül a gázbetáplálást megszüntetni, akkor a közműszolgáltató helyszíni segítségét kell kérni, mely időkétsédelemmel jár.

A gázellátás kiszakaszolásához célszerű a beavatkozó állományt ellátni olyan speciális eszközzel, mely a fogyasztói főelzáró közterületi aknában lévő csapját működtetni képes. A működtetéshez megfelelő ismeretek átadása és a gyakoroltatás is célszerű. A gázvezeték közterületen lévő fogyasztói főelzáróját a közterületen tábla jelöli, mely annak megtalálását könnyíti meg a beavatkozó állomány részére is. Ezen

lehetőségek hiányában alkalmas lehet a gázellátás megszüntetésére, ha a KPE¹⁰ anyagú gázvezeték a hidraulikus feszítő-vágó berendezés kombiszerszámával elszorításra kerül.

A távfűtés kiszakaszolása az épületek hőközpontjában általában a beavatkozó állomány által is lehetséges. A távhő elzárásához az épületek hőközpontjaiban egyértelműen célszerű jelezni az egyes elzárók rendeltetését. Amennyiben az elzárás nem lehetséges, úgy a kiszakaszolást a közszolgáltató szakemberei tudják végrehajtani saját műtárgyukban vagy a közterületen. A közszolgáltató általi kiszakaszolás időkéssedelemmel jár.

A vízvezetékek kiszakaszolásakor célszerű figyelmet fordítani arra, hogy azzal ne legyen lehetetlen az oltóvízellátás. Egyes épületeknél előfordul, hogy nem lehet külön szakaszolni az oltóvízrendszert a vízhálózat többi részétől, így a fali tűzcsapok vízellátása megszűnhet. Újabb épületekben általában lehetőség van a vízvezeték-hálózat fali tűzcsaphálózattól és a sprinkler vízbetáplálásától független kiszakaszolásra. Ahol erre nincs lehetőség vagy az bizonytalan, és az oltáshoz az épület vízvezeték-hálózatát is igénybe veszik, ott az oltóvizet is érintő esetleges kiszakaszolás a tűz oltását e módon lehetetlenné tenné, ami további veszélyeket rejthet magában.

A vízellátás kiszakaszolásához az épületen belül általában kézzel működtethető kezelőszervvel lehetőség nyílik. Amennyiben ez nem lehetséges, a közterületi főelzáró négyszögletes kulccsal elzárható. A vízelzáróknál célszerű feltűnően jelezni, hogy melyik elzárószerelvény zárja el a tűzvíz-hálózatot és melyik nem. A közterületi leválasztás elősegítése érdekében együttműködés szükséges a beavatkozó állomány és a közműszolgáltatók szakemberei között.

A szennyvízhálózat kiszakaszolására általában nincs lehetőség. Amennyiben a beavatkozás során a benne szállított anyag a szabadba jut, úgy a kontaminálódott tárgyakat és személyeket célszerű fertőtleníteni. A szennyvízvezetékben szállított közeg mennyiségének csökkenését eredményezheti az épület vízhálózatának kiszakaszolása, mivel az épületekben keletkező szennyvíz nagy része gyakran a vízhálózatból nyert vízből keletkezik. A csapadékvíz kiszakaszolására a beömlő eldugaszolásának lehetősége kínálkozhat egyes esetekben. Ez további károkat nem okoz, amennyiben a beömlő eldugaszolásával más beömlőbe vezethető a csapadék.

¹⁰ kemény polietilén

A melegvízes fűtési hálózat vagy használati melegvíz rendszer kiszakaszolására nem minden esetben nyílik egyszerű lehetőség. A használati melegvízhálózat kiszakaszolására lehetőség van a hőközpontban, amennyiben központi melegvíz-előállítás történik. Az egyes önálló rendeltetési egységek külön mért használati melegvízhálózatát az egyedi mérőnél szintén ki lehet szakaszolni. Mivel a használati melegvízhálózat általában a vízhálózatról kap megtáplálást, a vízhálózat kiszakaszolásával a használati melegvízhálózat is elzárható. Előfordulhat, hogy melegvíztárolókból akkor is kap a használati melegvízhálózat utánpótlást, ha az azt tápláló vízhálózatot már elzárták.

A fűtési hálózatok általában zárt rendszerek. Kiszakaszolásuk önálló rendeltetési egységenként egyedi mérés esetén a mérőnél lehetséges. Amennyiben ilyen lehetőség nincs, akkor megoldást jelenthet, ha a rendszer legalacsonyabb pontján a rendszerből a vizet leürítik, melyet a rendszer legmagasabb pontján kinyitott szelepen beáramló levegő gyorsabbá és hatékonyabbá tesz.

A közműhálózatok elzárószervevényeinek optimális elhelyezésére alapul vehető a tűzoltó készülékekre, illetve más tűzvédelmi eszközökre vonatkozó optimális elhelyezést biztosító adatok, melyeket az 5. ábra és a 6. ábra mutat be a 38., illetve a 39. oldalon.

1.6. Részkövetkeztetések

Az értekezés első fejezetében bemutattam és elemeztem a tűzvédelmi eszközök, tűzoltó-vízforrások és közműelzárók hozzáférhetőségével kapcsolatos vonatkozó szakirodalmat, bemutattam a jogalkalmazás során felmerülő gyakorlati problémákat. Ez utóbbiakat fényképekkel illusztráltam. Indukcióval meghatároztam a tűzvédelmi eszközök, tűzoltó-vízforrások és közműelzárók hozzáférhetőségének gyakorlati jelentőségét az épületek megelőző tűzvédelmében. A megállapításaim nem csak épületekre, hanem szabadterekre és járművekre is vonatkoztathatók. Feltártam a tűzvédelmi eszközök, tűzoltó-vízforrások és közműelzárók hozzáférhetősége biztosításának meghatározásához szükséges antropometriai adatokat. A releváns antropometriai adatokat táblázatba foglaltam és rendszereztem. Ezen antropometriai és egyéb adatok felhasználásával deduktív módon meghatároztam a tűzvédelmi eszközök, tűzoltó-vízforrások és közműelzárók hozzáférhetőségéhez szükséges feltételeket, az optimális elhelyezés kritériumait.

Műszaki rajzokat készítettem, melyeken a tűzoltó-vízforrások környékén szabadon tartandó terek méreteit ábrázoltam. A tűzvédelmi eszközök vertikális elhelyezésére meghatároztam az optimális méretadatokat, melyek alapján meghatároztam a tűzvédelmi eszköz megközelítési útvonalának szabadon tartandó úrszelvénye. Az optimális hozzáférhetőség biztosítása érdekében meghatároztam a tűzvédelmi eszköz legmagasabb pontjának maximális és legalacsonyabb pontjának minimális magasságát, valamint a tűzvédelmi eszköz fogantyúinak vagy egyéb, megfogásra szolgáló részeinek optimális elhelyezési magasságát. Meghatároztam a tűzvédelmi eszköz használatba vételéhez szükséges látótér biztosításának térbeli paramétereit.

A fentiek alapján az alábbi részkövetkeztetésre jutottam:

az antropometriai tulajdonságok figyelembevételével kalkulált geometriai adatokra optimalizált paraméterek alkalmazása nyújtja a legszélesebb használati körben az elvárt biztonsági szintnek megfelelő műszaki megoldásokat.

2. SZŰKÍTÉSEK ÁTBOCSÁTÓKÉPESSÉGE TŰZESETI KIÜRÍTÉS SORÁN

Az épületekben tartózkodó személyek biztonságát szolgálja a tüzmelőzés körében elvégzett kiürítési számítás, mellyel megállapítható, hogy az épület tüzeseti kiürítése az elvárt biztonsági szint mellett megvalósítható-e. A tűzvédelemben alkalmazott kiürítési számításhoz a személyek (gyalogosok) által igénybe vett szűkítések (például ajtók) átbocsátóképességének ismerete is szükséges. Magyarországon az elvárt biztonsági szintet jogszabály, a kiürítési számítás során alkalmazandó átbocsátóképességet tűzvédelmi műszaki irányelv tartalmazza. Ebben a fejezetben bemutatom és elemzem a témakörrel kapcsolatos hazai és nemzetközi szakirodalmat. Méréseket végeztem a kutatás során, melyek eredményét e fejezetben ismertetem. A kutatásom célja az volt, hogy megállapítsam a gyalogosok szűkítésen keresztüli áramlásának átlagos mértékét, ezáltal az átbocsátást és a kiürítési számítás során alkalmazható átbocsátóképességre javaslatot tegyek. Ezen kutatás lehetőséget ad a kiürítési számítás során alkalmazott átbocsátóképesség értékének módosítására vonatkozó javaslattételre, ezáltal az elvárt biztonsági szint teljesülése mellett a tűzvédelmi műszaki irányelv napjainkban jelenlévő viszonyokhoz való közelítésére.

A gyermekek menekülőképessége különbözhet a felnőttek menekülőképességétől. A menekülőképesség vizsgálatára a leggyakrabban felnőtt résztvevőkkel kerül sor, azonban fontos lenne tudni, hogy mennyiben tér el a gyermekek menekülőképessége a felnőtt populáció adatai alapján meghatározottnál. Kiürítési számítás során az átbocsátóképességet egyetlen fix értékkel veszi figyelembe a hatályos tűzvédelmi műszaki irányelv, nincs külön érték megállapítva gyermekek és felnőttek vonatkozásában. Az épületben tartózkodó személyek biztonsága függ attól, hogy az épület kiürítése meg tud-e történni addig, amíg a menekülő személyek életfeltételei adottak. Külön vizsgáltam a gyermekek menekülőképességét, melyet ebben a fejezetben foglalom össze. A menekülőképesség egy paraméterét vizsgáltam, mely a szűkítések átbocsátóképessége, jóllehet a menekülőképesség nem csupán ettől függ. A menekülőképesség egyéb tényezőinek vizsgálata további kutatás tárgya lehet. E fejezetben számolok be a kutatás során végzett megfigyeléseimről, méréseimről. Bemutatom továbbá a szűkítéseken keresztüli menekülőképességre vonatkozó hazai és nemzetközi szakirodalmat. Ez a kutatás megteremti annak lehetőségét, hogy kiderüljön, érdemes-e külön értéket megállapítani a kiürítési számítások során alkalmazandó

átbocsátóképessegre külön gyermekekre és felnőttekre vonatkozóan; továbbá lehetőséget ad további vizsgálatok megalapozására.

2.1. Szakirodalmi áttekintés

2.1.1. Kiürítési gyakorlatok

Az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról szóló 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet szerinti életvédelmi célokhoz tartozik a veszélyeztetett személyek menekülésének és mentésének biztosítása [3:5.§]. Ezen cél megvalósításához járulhat hozzá az épületben tartózkodók menekülésének rendszeres gyakorloltatása.

Tűzvédelmi szabályzat készítése a gazdálkodó tevékenységet folytató magánszemélyeknek és jogi személyeknek kötelező a tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról szóló 1996. évi XXXI. törvény 19. §-a szerint [2]. Az erre kötelezettek a tűzvédelmi szabályzat készítéséről szóló 30/1996. (XII. 6.) BM rendelet 4. §-a szerint az általuk üzemeltetett épületre, épületrészre és szabadtérre a tűzvédelmi szabályzat mellékleteként tűzriadó tervet kell készítsenek.

A 30/1996. (XII. 6.) BM rendelet 4. § (2) szerint: *„A Tűzriadó Tervnek tartalmaznia kell [...] az épület, szabadtér elhagyásának módját; [...] a tűz esetén a munkavállalók szükségessé tennivalóit”* ezt példalózó felsorolás követi. A 4. § (4) bekezdése szerint *„A Tűzriadó Tervben foglaltak végrehajtását szükség szerint, de legalább évente az érintettekkel gyakoroltatni [...] kell.”* [7:4.§].

A tűzriadó tervben foglaltak végrehajtását kell gyakoroltatni, és a tűzriadó tervnek része az épület, szabadtér elhagyásának módja és a munkavállalók tennivalói. A munkavállalók egyik tennivalója a menekülés. Ezek alapján értelmezhető úgy, hogy gyakoroltatni kell az épület elhagyásának módját és a menekülést (mint tennivalót). Célravezető a tűzriadó tervek gyakoroltatásakor a kiürítési gyakorlatot (tehát az épület tűzesetszerű kiürítését) is végrehajtani.

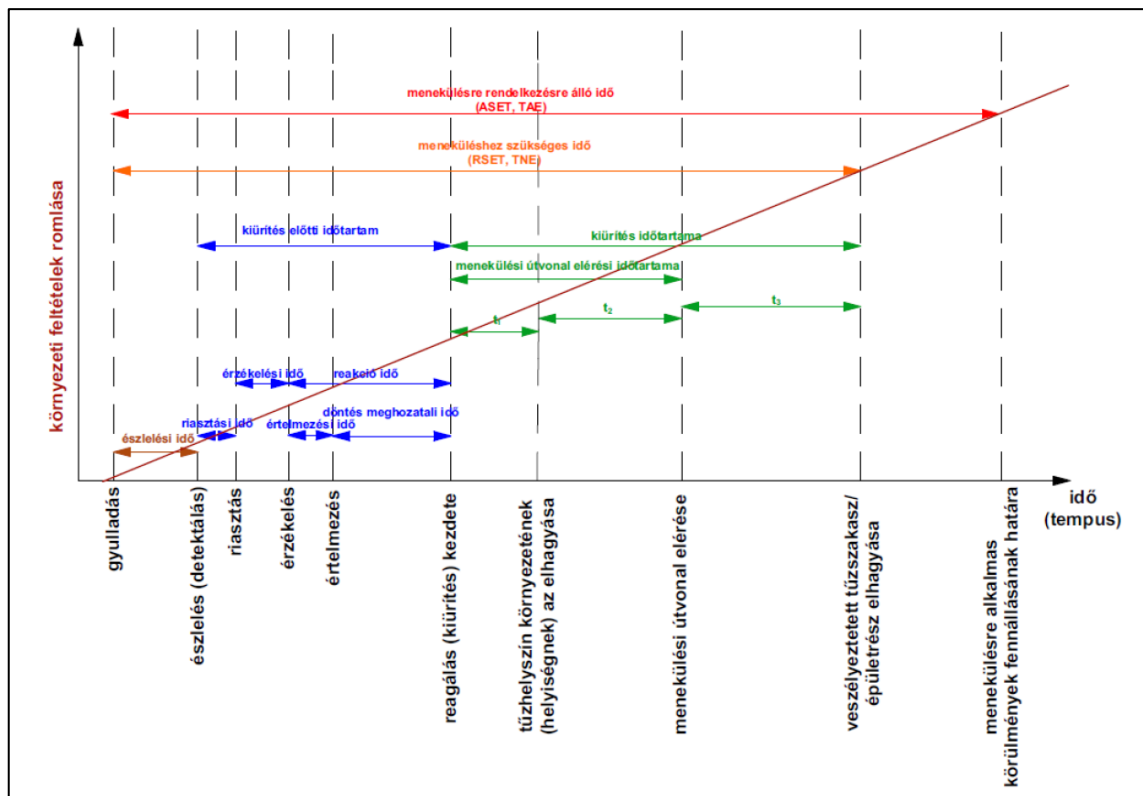
Kiemelt jelentőségű műtárgyaknál a tűzoltás mellett a tárgymentés is része lehet a kárelhárításnak [104]. Közlekedési létesítményeknél (például pályaudvarok, metróállomások stb.) a tömeges utasforgalom a munkavállalóktól fokozott felkészültséget kíván. A füst és a tűz során keletkező mérgező gázok lehetlenné teszik a menekülést és késleltetik a tűzoltói beavatkozást [105]. A föld alatti vasútvonalakban történt tüzeseteknél a füst hatékony irányítása a hő- és füstelvezetéssel, vagy a

rendelkezésre álló szellőztető berendezéssel a füsttárat eltolhatja, ezáltal a menekülőkhöz biztosíthatja az életfeltételeket [106]. Emiatt a megfelelő irányítású hő- és füstelvezetés kapcsolása a munkatársak részéről gyakorlást igényel, melyre egy kiürítési gyakorlat során is alkalmat lehet találni. Tűzriadó tervet, mint a tűzvédelmi szabályzat mellékletét csak jogszabályban feljogosított, megfelelő szakképzettséggel rendelkező személy készítheti el [8].

A segítséggel menekülő, illetve mentendő személyek segítésére vagy mentésére a megfelelő létszámnak kell rendelkezésre állnia. A normál üzemállapothoz közelítő, de semmiképpen sem a legkedvezőbb üzemállapotban célszerű a kiürítési gyakorlatot megtartani. Kórházban a kiürítési gyakorlatra alkalmas lehet az alacsonyabb létszámú hétvégi, délutáni vagy éjszakai időszak. Ekkor a mentésre rendelkezésre álló munkavállalók létszáma az optimálistól általában eltér, így nagyobb felkészülést igényel és hatékonyabb gyakorlást tesz lehetővé. Egy fő személyzetre az éjszakai műszakban jut a legtöbb beteg a tapasztalatok alapján [107].

Rendkívüli esemény, tüzeset során az emberi viselkedésformák eltérnek a szokványostól [22], ez jellemző a kiürítési gyakorlatokra is. Előfordul, hogy az épületben tartózkodók nem kezdik meg a tűzjelző megszólalásakor a menekülést, mivel nem tudják azt megfelelően értelmezni, vagy nem reagálnak rá megfelelően [108]. Az is lehetséges, hogy a csak veszélyhelyzet esetén használható vészkijáratokat kevesebben veszik igénybe, mint a vészkijáratként funkcionáló főbejáratot, főleg, ha az előbbieken nyitott állapotban [109].

A felismerés alapú döntéseknek jellemzője, hogy rövid időn belül kell meghozni viszonylag komoly következményekkel járó döntéseket [110]. A valós menekülési kényszert szimuláló kiürítési gyakorlat során a résztvevőknek jellemzően szintén ilyen felismerés alapú döntést kell hozniuk. Ha a kiürítési gyakorlat résztvevői előre tudják, hogy gyakorlaton vesznek részt, úgy a kiürítés nagyon gyorsan megtörténik és a gyakorlat ekkor nem lesz alkalmas arra, hogy valós tüzeseti kiürítés lefolyására nyerjünk információt [15].



12. ábra

A menekülés folyamata [6:4]

A kiürítési gyakorlat időtartama a kiürítés előtti időtartam és a kiürítés időtartamának összegét grafikon szemlélteti (12. ábra).

Kuala Lumpur (Malajzia) több épületében vizsgált kiürítési gyakorlatok során azt tapasztalták, hogy a következő problémák merülhetnek fel: a résztvevők elkötelezettségének hiánya, a kiürítési gyakorlattal kapcsolatos információk hiánya és a kiürítési gyakorlat végrehajtása során tapasztalt hiányosságok ismeretének hiánya [111].

Szomatoszenzoros kamera, Kinect és virtuális valóság (VR) segítségével a kiürítési és tűzriadó gyakorlatok szimulálhatók és gyakoroltathatók. 20 fős elvégzett kísérletek alapján azt tapasztalták, hogy a résztvevők többsége elégedett a virtuális kiürítési gyakorlatokkal a következő szempontokban: hatékony gazdálkodás az erőforrásokkal (85%), a cél elérése és az érdeklődés felkeltése (95%), növeli a kezdeményezőkézséget és a lelkesedést (90%) [112]. Japán egyetemi épületek kiürítési gyakorlatai után, a résztvevők közül 130 fős mintán végzett kérdőíves vizsgálatok elemzésekor megállapításra került, hogy a kiürítési gyakorlatok szerepe elsődleges a tűzvédelmi felvilágosításban [113].

Castel és munkatársai kutatást végeztek 54 fős mintán egy héttel a kiürítési gyakorlat után. A kiürítési gyakorlat alkalmával a résztvevőknek nem kellett a tűzoltó készülékeket megkeresniük vagy használniuk. A kutatás eredménye szerint a résztvevők 61%-a nem tudta felidézni a munkahelyéhez legközelebbi tűzoltó készülék helyét, 15% nem a legközelebbi tűzoltó készüléket nevezte meg, és csak 24% ismerte pontosan a hozzá legközelebbi tűzoltó készülék helyét. Miután a résztvevők megtalálták a tűzoltó készülékeket, két hónappal később is emlékeztek azok helyére (100%). [114] A londoni Greenfell Tower tüzesetét követően Taylor és Edwards lakóépületekben is javasolja a kiürítési gyakorlatok rendszeres megtartását [115].

Kórházak műtőiben tartandó tűzriadó gyakorlatok szervezését már két hónappal a gyakorlat előtt célszerű elkezdeni [116]. Mivel a kórházak tüzeseti kiürítése komplex feladat, tekintettel a kritikus állapotú betegek mentésére, az ilyen gyakorlatok a kórházi dolgozóktól alapos felkészülést kívánnak meg [117]. Groah és Butler a műtős teamek minden tagjának negyedévente javasolja a tűzriadó gyakorlaton való részvételt [118].

A kiürítési gyakorlatok alkalmasak lehetnek a résztvevők mozgásának megfigyelésére és mérésére (például haladási sebesség lépcsőn) [119]. A kiürítési gyakorlatok rendszeres megtartását bangladesi kutatók rendkívül fontosnak tartják, súlyszáma 4,75 az 1-től 5-ig terjedő súlyozási skálán, ahol 5,0 a legfontosabb [120]. Az NFPA 101 15.7.2.3. pontja szerint oktatási létesítményekben havonta; 19.7.1.6. pontja szerint egészségügyi intézményekben negyedévente kell kiürítési gyakorlatot tartani [121].

Castle 2134 idősek otthonát vizsgált meg 1997–2005 között. A vizsgált idősek otthonai 7,9%-ában nem tartották meg az előírt negyedéves gyakorisággal a kiürítési gyakorlatokat [122]. Lee és munkatársai 128 résztvevővel vizsgálták meg a kiürítéssel és tűzvédelemmel kapcsolatos online oktatás hatékonyságát. A vizsgálat során úgy találták, hogy az online oktatás hatékony a tűzvédelmi felkészítésben [123]. Hong Kong-i iskolákban félévente kell kiürítési gyakorlatot tartani az előírások szerint. Karaoke létesítményekben a vendégek részére rövid tűzvédelmi oktatófilmet kell levetíteni a rendezvény előtt [124]. Egy Kuala Lumpur-i 88 emeletes épület kiürítési gyakorlatán 8000 fő vett részt, akik közül 11 fő orvosi ellátást, 26 fő csak megfigyelést igényelt [125]. Ezt elemezve azt az eredményt kapjuk, hogy a résztvevők kevesebb, mint 5 ezreléke szorult orvosi ellátásra vagy megfigyelésre, azaz igen csekély azok száma, akik kiürítési gyakorlat alkalmával megsérülnek vagy egyéb ok miatt orvosi ellátásra szorulnak.

Ugyanakkor nem egyértelmű, hogy ok-okozati összefüggésbe hozhatóak-e az említett egészségkárosodások a kiürítési gyakorlattal, vagy csupán véletlenszerű, a gyakorlattól független tényezők okozták azokat.

Közforgalmú létesítményekben gyakori, hogy nem minden személy reagál megfelelően a tűzjelző hangjelzésére, nem kezdik meg idejében a kiürítést. Ezen esetekben elősegítheti a kiürítés mielőbbi megkezdését, ha az előadást beszüntetik (például mérközés, vetítés, zene stb.); ha élőszavas (rövid, könnyen érthető) tájékoztatást is adnak; vagy ha a megfelelően képzett személyzet helyszíni közreműködése megtörténik. [126]

IKEA áruházak kiürítésekor a vásárlók csupán 19%-a ismerte fel a tűzjelző hangjelzését [109]. A kiürítési útvonalon elhelyezett tükrök a tüzeset során csökkent látási körülmények miatt megtéveszthetik a menekülőket, ronthatják a tájékozódást és így nehezíthetik a menekülést [127]. Javasolt, hogy épületek kiürítési útvonalán ne legyen 30×30 cm-nél nagyobb tükör elhelyezve [128]. Célszerű, hogy a kiürítés lebonyolításáért felelős személyek katasztrófapszichológiai képzésben részesüljenek, valamint, hogy a megtartott kiürítési gyakorlatokat kiértékeljék [129]. Fogyatékos személyek kiürítési gyakorlaton való részvételekor számítani kell arra, hogy nagyobb lesz a kiürítés időtartama [130].

2.1.2. Átbocsátóképesség

Az szolgálja az épületekben tartózkodók életének védelmét és biztonságát, ha veszély (például tűz) esetén az épületből biztonságosan ki tudnak menekülni. Az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról szóló 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet állapítja meg a tüzeseti menekülés feltételeinek elvárt biztonsági szintjét, valamint a tűzvédelmi követelmények megvalósításának célját [3]. A tűzvédelmi követelmények egyik célja az életvédelem, mely célhoz tartozik, hogy biztosítva legyen az épületben tartózkodók menekülése, valamint a menekülés során az életfeltételek [3:5.§]. Biztosítani kell az épületben tartózkodók részére, hogy menekülés esetén meghatározott időn vagy – geometriai módszer alkalmazása esetén – távolságon belül biztonságba (például szabadba) jussanak [3:6.§]. Az épület kialakítása lehetővé kell tegye, hogy elégséges átbocsátóképességű kijáraton elhagyhassák tartózkodási helyüket a bent tartózkodó személyek a kiürítés első szakaszában [3:51.§]. A kiürítési számítás a kiürítés tervezésének egyik megengedett módja [3:52.§]. Kiürítési számítással igazolható a

kiürítésre előírt normaidők teljesülése [3:63.§]. Tűzvédelmi műszaki irányelv tartalmazza a kiürítési számítás leírását és szabályait [6]. Ennek a számításnak része annak meghatározása, hogy a kiürítés során bejárt útvonalon lévő szűkítéseken (például ajtók) hány személy tud a megengedett idő alatt áthaladni. Az irányelvben meghatározott átbocsátóképességet lehet figyelembe venni a számítás során, melynek értéke 2021. 07. 14-ig 41,7 fő/(m·min) volt [6:21]. Ez az érték az össznépeség átlagos menekülőképességén alapul, figyelembe véve a csökkent mozgásképességű, de önállóan menekülni képes személyek lassító hatását is [6:17]. Figyelembe kell venni, hogy az előbbi érték csak önállóan menekülni képes személyek vonatkozásában használható [6:17].

Önállóan menekülésre képes személynek tekinti a jogszabály azt, aki önállóan vagy esetleg kiegészítő irányítás mellett képes a menekülésre. Jogszabály szerint menekülésben korlátozott az a személy, aki életkora – 0–10 éves vagy 65 év feletti –, értelmi, vagy fizikai-egészségi állapota alapján nem képes az önálló menekülésre. Az olyan menekülésben korlátozott személy, aki fizikai segítség vagy irányítás mellett képes a menekülésre, segítséggel menekülő személynek tekintendő [3:4.§]. A kényszertartózkodás menekülésre gyakorolt hatását jelen kutatás nem vizsgálja.

Tehát a 10 év alatti gyermekek olyan menekülésben korlátozott személyek, akik segítséggel menekülő személynek tekinthetők, ha annak feltételei adottak. A 6–10 év közötti gyermekek segítséggel menekülőnek tekinthetők [131].

A gyalogosáramlást az alábbi alapegyenlettel jellemezhetjük:

$$q = v \cdot d$$

1. képlet

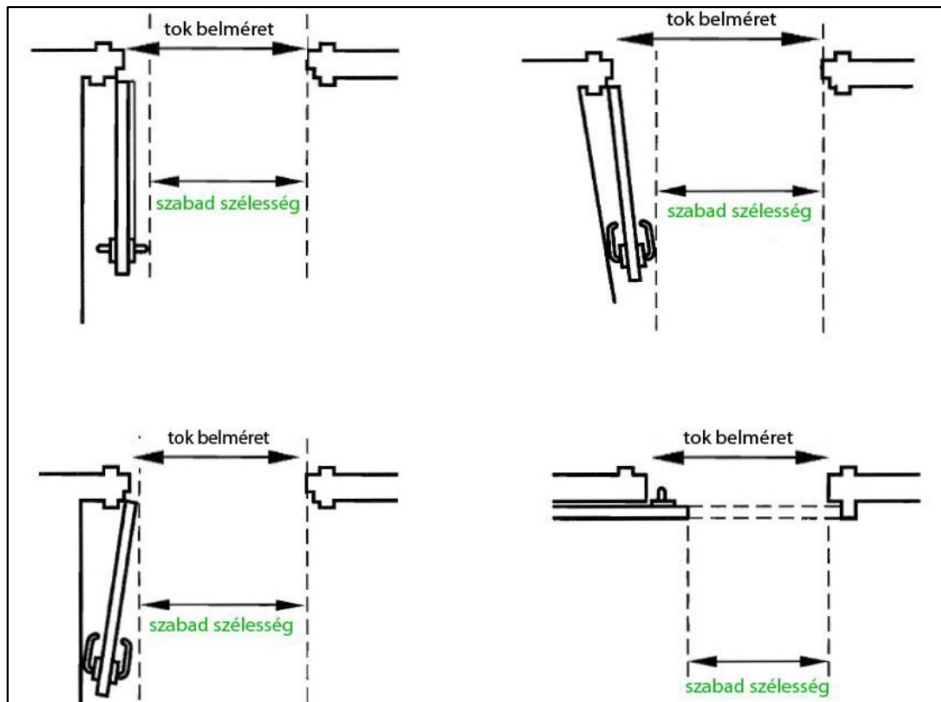
A gyalogosáramlás alapegyenlete [37:252]

q az átbocsátóképesség [fő/(m·s)];

v az áramlás sebessége [m/s];

d a létszámsűrűség [fő/m²].

Átbocsátóképesség definíciója: az egységnyi szabad szélességű szűkítésen egységnyi idő alatt áthaladni képes személyek maximális száma [6:5]. Az ajtó szabad szélessége a mozgási akadálytól mentes szélessége (13. ábra) [6].



13. ábra

Ajtók szabad szélességének értelmezése [6:61]

Értekezésemben alapvetően a hazai tűzvédelmi szakmai életben alkalmazott $\text{f}\ddot{\text{o}}/(\text{m}\cdot\text{min})$ mértékegységet alkalmazom. Ott, ahol az érték más forrásból származik és SI-mértékegységrendszer szerinti $\text{f}\ddot{\text{o}}/(\text{m}\cdot\text{s})$ mértékegységben van, ott én is így szerepeltetem, de mindig átváltom $\text{f}\ddot{\text{o}}/(\text{m}\cdot\text{min})$ -re. A képleteknél és számításoknál az SI-mértékegységrendszer szerinti mértékegységet használom, de a végeredményt szintén szerepeltetem $\text{f}\ddot{\text{o}}/(\text{m}\cdot\text{min})$ mértékegységben is. Az összehasonlító táblázatokban szintén a hazai gyakorlatnak megfelelő $\text{f}\ddot{\text{o}}/(\text{min}\cdot\text{m})$ mértékegységet használom.

A kiürítési útvonalon elhelyezett szűkítések egyik oldalán nagyobb létszámsűrűség adódik, míg a másik oldalán kisebb a létszámsűrűség, mivel a továbbhaladás nagyobb keresztmetszeten lehetséges; ez a szűkítések torlasztó hatása.

A szűkítések átbocsátóképességével, gyalogosáramlást befolyásoló hatásával több kutatás is foglalkozott. Beljajev vezette az Orosz Művészeti Akadémia Építészeti Kutatóintézete kutatását, amelyben több, mint 200 mérés alapján határozták meg a kiürítési számításhoz használt szabványosított adatokat és a számítás rendszerét [28:3]. Az adatokat 1938-ban publikálták, ezáltal ez az egyik legrégebbi forrás, ami a szűkítések átbocsátóképességével foglalkozik. Előbbi kutatás eredményei elavultak lehetnek, azonban ezt tartalmazta a kiürítésről szóló tűzvédelmi műszaki irányelv kutatásom lezárását megelőzően (és utána is alkalmazandó, a 2021.07.14-ig építési engedélyt

kapott épületek esetében). Emiatt ismertetem Beljajev kutatásának eredményeit, hogy indokoljam az abban szereplő értékek meghaladottságát és saját kutatásom aktualitását. Az előbbi kutatásban 25–50 fő haladt át egy 0,6 m szélességű kijáraton percenként. A legkedvezőtlenebb 25 fő/min érték alkalmazását javasolták, mivel az értékek jelentős szórást mutattak. [28:38] Ezen érték alkalmazása Magyarországon 30 évvel az adat publikálását követően, 1968-ban került bevezetésre, mely kerekítve 41,7 fő/(m·min), és 2021. 07. 14-ig ez volt az irányelvben rögzített érték a kiürítési számításhoz [6:21]. Kutatásom lezárását követően, annak hatására, az előbbi érték módosításra került 65 fő/(m·min)-re [132:21].

Elég sok kutatásban foglalkoztak már az átbocsátóképesség meghatározásával, de ezek közül kevés az, amely gyermekek bevonásával vagy kizárólag gyermekekkel történt vizsgálatokra alapul. A jellemzően kisebb testméretekkel rendelkező 3–5 éves gyermekekkel végzett kísérletek során lineáris összefüggést találtak az áramlás erőssége és a szűkítés szélessége között:

$$J = 5,11x - 0,95, \text{ ahol}$$

J az áramlás erőssége [fő/s];

x az ajtó szabad szélessége [m] [29].

Chilében chilei populáción (óvodás korosztálytól 12. osztályos korosztályú tanulók vegyes csoportján) végzett kísérletek alapján 1,45–3,24 fő/(m·s) (87–194,4 fő/[m·min]) átbocsátást mértek kijáraton [133]. Óvodás korú gyermekeken megfigyelték, hogy akár 4,615 fő/(m·s) (átszámítva 276,9 fő/[m·min]) átbocsátást is el tudnak érni szűkítéseken való áthaladáskor. Ezt azzal magyarázták, hogy a gyermekek – kisebb testméreteikből adódóan – kisebb helyet foglalnak el. [134] A szűkítések átbocsátóképessége, 4–12 éves gyermekekkel végzett kísérletek alapján, egy kutatás szerint átlagosan 1,6 fő/(m·s) (átszámítva 96 fő/[m·min]) [135]. Holland kutatók által végzett kísérletek alapján az átbocsátóképességet 3,31 fő/(m·s) (átszámítva 198,6 fő/[m·min]) értékben állapították meg. A vizsgálatban részt vevő személyek életkori megoszlása: 90%-uk 11 éves, míg 10%-uk 18–65 év közötti volt. Ez a minta volt hivatott az általános iskolában tartózkodó személyeket reprezentálni. [136]

A kifejezetten gyermekekkel végzett kutatások kis száma mellett igen sok forrás tartalmaz felnőttekkel végzett kísérletekre és megfigyelésekre alapozott adatokat a szűkítések átbocsátóképességére vonatkozóan.

Predtyecsenszkij és Milinszkij 1969-ben publikált könyvében a szűkítések átbocsátóképességére a $1,6 \text{ fő}/(\text{m}\cdot\text{s})$ (azaz $96 \text{ fő}/[\text{m}\cdot\text{min}]$) értéket adta meg [137]. Kretz és munkatársai szerint az ajtók átbocsátóképessége $1,74 \text{ fő}/(\text{m}\cdot\text{s})$ (azaz $104,4 \text{ fő}/[\text{m}\cdot\text{min}]$). Ezt egy 70 cm szűk, 40 cm hosszú szűkítésen áthaladó személyekkel végzett kísérlet alapján állapították meg. [33] Egy kutatás szerint az ajtók átbocsátóképessége sportcsarnok kiürítésénél végzett megfigyelések alapján $0,92 \text{ fő}/(\text{m}\cdot\text{s})$ (átszámítva $55,2 \text{ fő}/[\text{m}\cdot\text{min}]$) [34]. Seyfried és munkatársai 80 cm széles, $2,8 \text{ m}$ hosszú szűkítésen áthaladó személyekkel végzett kísérlet alapján a szűkítések átbocsátóképességét $1,61 \text{ fő}/(\text{m}\cdot\text{s})$ (azaz $96,6 \text{ fő}/[\text{m}\cdot\text{min}]$) értékben állapította meg [35]. Egy argentin középiskolában 80 fő 20 – 55 év közötti személy részvételével végeztek kísérletet ajtók átbocsátóképességének vizsgálatára. Az eredmények szerint egy 72 cm -es ajtó átbocsátóképessége $1,01$ – $2,41 \text{ fő}/\text{s}$ értéket ért el. Ez egységnyi szélességre átszámítva $84,17$ – $200,83 \text{ fő}/(\text{m}\cdot\text{min})$ értéket jelent. Az értékek szórása azért is lehet nagyobb, mert a kísérleteket nyugodt és előzékeny viselkedésű személyekkel, valamint sietős és az előzékenységre figyelmet nem fordító személyekkel is elvégezték. [41] DiNenno 2012-ben publikált adatai szerint a szűkítések átbocsátóképessége $1,3 \text{ fő}/(\text{m}\cdot\text{s})$ (azaz $78 \text{ fő}/[\text{m}\cdot\text{min}]$) [39].

Egy 2014-ben publikált kutatásban megállapították: ha a kijáratok összesített szélessége állandó, akkor a kijáratok számának növelésével a kijáratok átbocsátóképessége csökken. Az áramlás erőssége és a kijárat szélessége között nemlineáris összefüggést találtak:

$$J = 1,287x^2 + 0,267x + 0,5538, \text{ ahol}$$

J az áramlás erőssége [$\text{fő}/\text{s}$];

x az ajtó szabad szélessége [m] [30].

A fenti egyenlet négyzetes összefüggést mutat, aminek alapján az egy méter széles ajtó átbocsátóképessége:

$$J = 1,287 \cdot 1^2 + 0,267 \cdot 1 + 0,5538 = 2,1078 \frac{\text{fő}}{\text{m}\cdot\text{s}}$$

Érdemes figyelembe venni, hogy a fenti értékeket feltételezhetően felnőtt kínai populáción történt mérések alapján határozták meg, így az európai populációra vonatkoztatásuk fenntartással kezelendő.

Lineáris kapcsolatot állapított azonban meg egy másik kutatás 1100–2200 mm szélességű gyalogosáramlásoknál az áramlás szabad szélessége és az áramlás erőssége között:

$$J = 1,55x + 0,257, \text{ ahol}$$

J az áramlás erőssége [fő/s];

x az áramlási keresztmetszet szabad szélessége [m] [31].

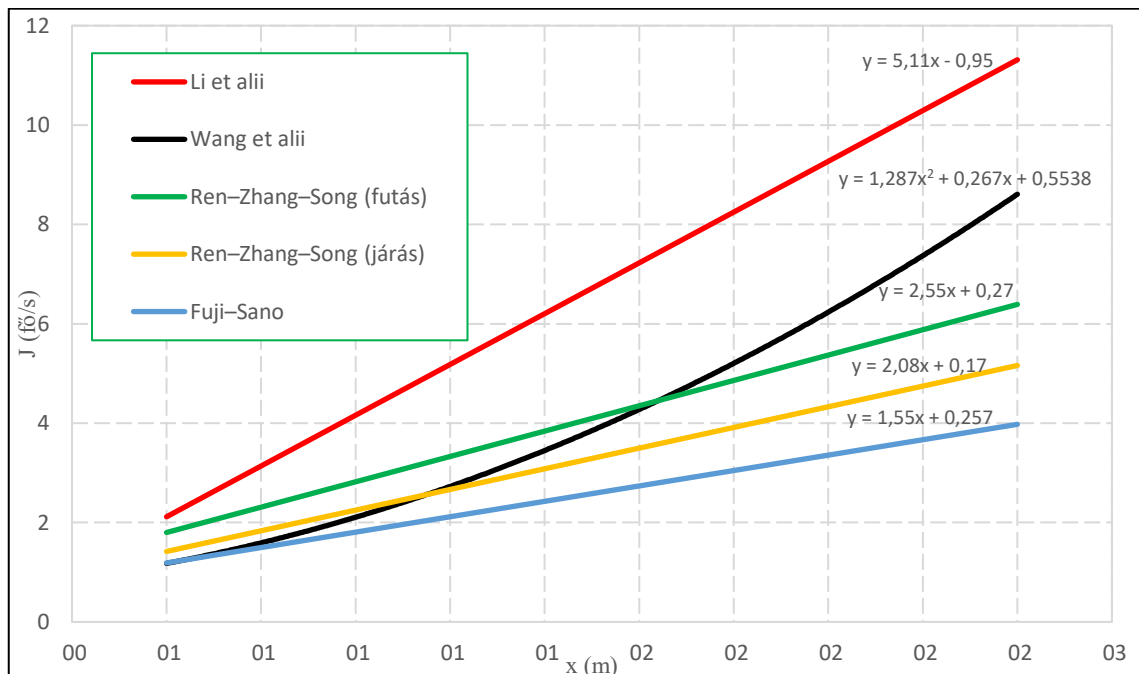
86 fiatal hallgatóval végeztek kísérletet, ahol a résztvevők átlagéletkora 21,7 év, átlagos testmagasságuk 1,69 m volt. A kísérleteket elvégezték úgy, hogy a résztvevők futva haladtak át a szűkítésen és úgy is, hogy csak sétáltak. Futva, illetve sétálva haladó résztvevőkkel az alábbi lineáris összefüggést állapították meg a szűkítés szélessége és az áramlás erőssége között:

$$J_r = 2,55x + 0,27, \text{ míg sétáló résztvevőkkel}$$

$$J_w = 2,08x + 0,17 \text{ összefüggés adódott, ahol}$$

J az áramlás erőssége [fő/s];

x az ajtó szabad szélessége [m] [32].



14. ábra

Az áramlás erőssége a szűkítés szélességének függvényében különböző források szerint [Készítette: a szerző]

A 14. ábra mutatja be az öt előbbi – áramlási erősségekre vonatkozó – egyenletet. Mindegyik egyenlet egy-egy kijárat vizsgálata alapján került megállapításra.

Egy 2018-as kísérlet szerint, a kijárat szélessége és átbocsátóképessége nem egyenesen arányos. Ezt pánikhelyzetben lévő egereken figyelték meg. Mivel az egerek stresszre adott válaszreakciói hasonlítanak az emberi viselkedésre, így az egerek alkalmas helyettesítói az embereknek a pánikhelyzeti menekülés vizsgálatánál. [138]

Az átbocsátóképességet mérték kísérletek során tömegközlekedési járművek ajtóin és megállapították, hogy 600–2000 mm közötti szélességű ajtókon az átbocsátóképesség 1,822–2,061 fő/(m·s) (átszámítva 109,32–123,66 fő/[m·min]) [36]. Az NFPA 130 5.3.7.1. pontja szerint 81,9 fő/(m·min) átbocsátóképesség vehető figyelembe kétszárnyú kijárat ajtóknál vasútállomásokon [139]. Pastor és munkatársai vizsgálatai szerint, 69 cm-es szűkítésen mérve, a szűkítések átbocsátóképességére 2,43–2,63 fő/(m·s) (azaz 145,8–157,8 fő/[m·min]) érték adódott [38]. Huang és munkatársai széksorok közötti 0,4–0,6 m közlekedőn történő haladást vizsgálták és megállapították, hogy a szűk közlekedő átbocsátóképessége 2,5–4,29 fő/(m·s) (azaz 150–257,4 fő/[m·min]) [140].

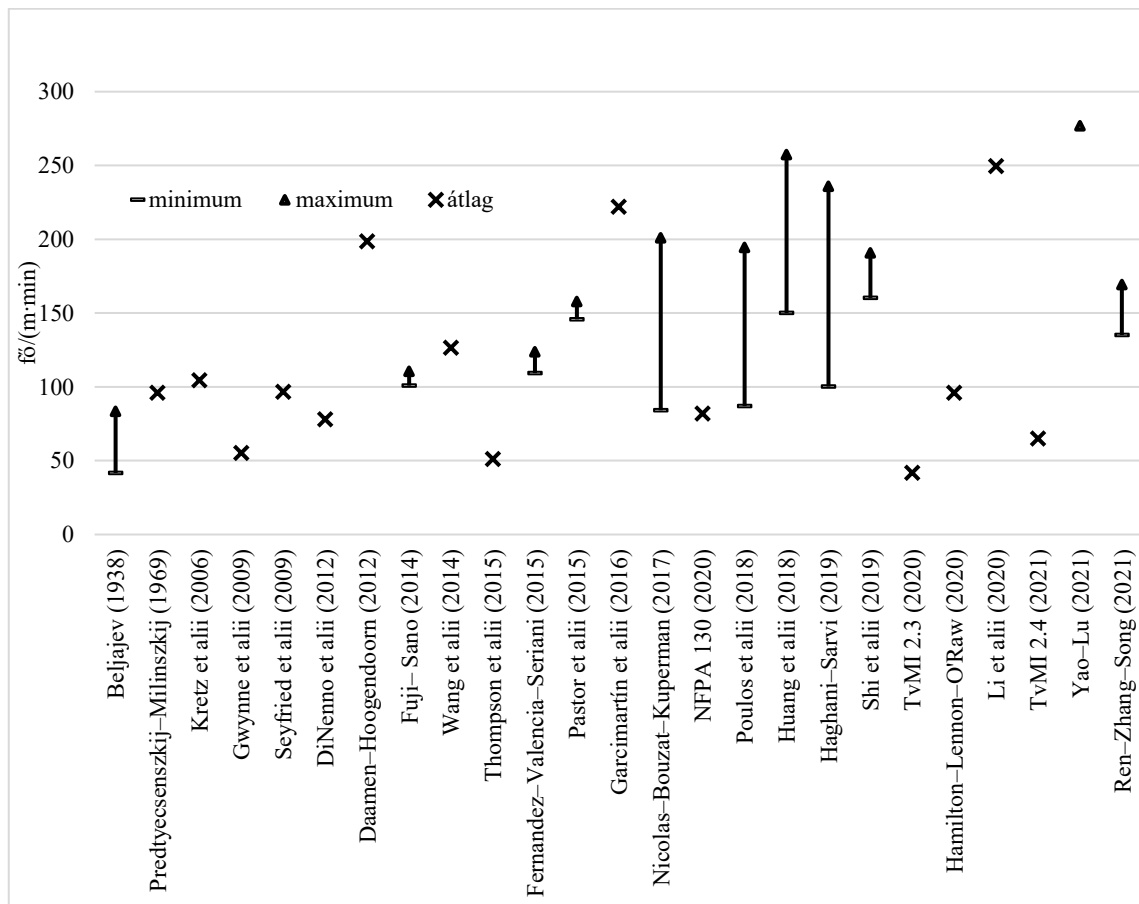
A kiürítés számítógépes modellezése során – külföldi adatok alapján – egységes értéket alkalmaznak a szűkítések átbocsátóképességére, mely érték jellemzően 80 fő/(m·min) [37:252]. A szűkítések átbocsátóképességére Magyarországon is egyetlen, egységes érték van használatban.

Egy 2015-ben publikált kutatás szerint a nemzetközileg általános 1,33 fő/(m·s) (átszámítva 79,8 fő/[m·min]) átbocsátóképesség-érték csökkentése javasolt 36%-kal 0,85 fő/(m·s) (azaz 51 fő/[m·min]) értékre. Ennek okaként a kutatásban a túlsúlyos személyek és a mozgássérültek arányának növekedését jelölték meg az eredetileg alkalmazott értéket megalapozó kutatások óta eltelt időre vonatkoztatva. [37]

A szűkítések előtt elhelyezett akadály – bizonyos esetekben – növelheti is az átbocsátóképességet. Egy kutatásban vizsgálták, hogy a helyiségen belül, a kijárat ajtó előtt elhelyezett megfelelő méretű és helyzetű oszloppal a kijárat átbocsátóképessége növelhető, különösen akkor, ha a helyiség egyik sarkában került elhelyezésre a kijárat. Ha az ajtó nem a helyiség sarkán volt elhelyezve – oszlop nélkül – az ajtó átbocsátóképessége 2,67 fő/(m·s) (átszámítva 160,2 fő/[m·min]) értékre adódott átlagosan 1,31 m/s sebességgel haladó személyekkel, 1,2 m széles ajtón mérve. Az átbocsátóképesség 3,18 fő/(m·s) (azaz 190,8 fő/[m·min]) értékre növekedett a helyiség

sarkában elhelyezett kijáráttal és megfelelő méretű és helyzetű oszlop alkalmazásával. [141]

114 fő részvételével végeztek kísérletet egy melbourne-i egyetemen (University of Melbourne) 60–120 cm-es szűkítéseken Haghani és Sarvi. Az általuk mért értékek a szűkítések átbocsátóképességére: 1,67–3,93 fő/(m·s) (azaz 100,2–235,8 fő/[m·min]). [42] A szakirodalomban fellelhető egyik legnagyobb – kísérletekkel alátámasztott – átbocsátóképesség 3,7 fő/(m·s) (azaz 222 fő/[m·min]) [40]. Az előbbi adatokat figyelembe véve azt mondhatjuk, hogy a kiürítési számítás során alkalmazott érték a valóságtól a biztonság javára tér el. Az alábbi 4. táblázat és 15. ábra mutatja be a különböző források szerinti fajlagos átbocsátóképesség-értékeit. Ahol rendelkezésre álltak a kísérletek körülményeinek részletei, ott azok az előbbieken ismertetésre kerültek.



15. ábra

Az átbocsátóképesség fajlagos értékei különböző források szerint [Készítette: a szerző]

4. táblázat

Az átbocsátóképesség értékei különböző források szerint [Szerkesztette: a szerző]

Adat forrása (GY: gyermekek részvételével végzett vizsgálat)	Fajlagos átbocsátóképesség (fő/[m·min])		
	minimuma	átlaga	maximuma
Beljajev (1938) [28]	41,7		83,3
Predtyeconszki–Milinszki (1969) [137]		96,0	
Kretz et alii (2006) [33]		104,4	
Gwynne et alii (2009) [34]		55,2	
Seyfried et alii (2009) [35]		96,6	
DiNenno et alii (2012) [39]		78,0	
Daamen–Hoogendoorn (2012) GY [136]		198,6	
Fuji– Sano (2014) [31]	100,8		110,4
Wang et alii (2014) [30]		126,5	
Thompson et alii (2015) [37]		51,0	
Fernandez–Valencia–Seriani (2015) [36]	109,3		123,7
Pastor et alii (2015) [38]	145,8		157,8
Garcimartín et alii (2016) [40]		222,0	
Nicolas–Bouzat–Kuperman (2017) [41]	84,2		200,8
NFPA 130 (2020) [139]		81,9	
Poulos et alii (2018) GY [133]	87,0		194,4
Huang et alii (2018) [140]	150,0		257,4
Haghani–Sarvi (2019) [42]	100,2		235,8
Shi et alii (2019) [141]	160,2		190,8
TvMI 2.3 (2020) [6]		41,7	
Hamilton–Lennon–O’Raw (2020) GY [135]		96,0	
Li et alii (2020) GY [29]		249,6	
TvMI 2.4 (2021) [132]		65,0	
Yao–Lu (2021) GY [134]			276,9
Ren–Zhang–Song (2021) [32]	135,0		169,2

A hazai és nemzetközi szakirodalomban fellelt vonatkozó adatok eltérő körülmények és kísérleti feltételek alapján kerültek meghatározásra, ezt az

összehasonlításukkor figyelembe kell venni. Mivel nincs egységesített mérési módszer, így kényszerűségből a következtetéseket a rendelkezésre álló adatokból lehet és kell levonni. Több esetben nem tartalmazta a forrás a kísérlet egyes körülményeit, ahol igen, azok alapján megállapíthatjuk, hogy eltérő volt a személyek életkora, ruházata, viselkedése. Figyelemmel kell lenni az emberi viselkedésformákra, mikor személyek vészeseti menekülésére kívánunk kísérletekből következtetéseket levonni. Rendkívüli esemény során az emberi viselkedésformák eltérnek a szokványostól [22]. Megjelenhet gyermeteg viselkedés, kezdeti ijedségi reakció és testi-szellemi benuultság [142].

Ritkán adódik lehetőség tervszerű megfigyeléseket és kísérleteket végezni, úgy, hogy a személyek viselkedésmintázata a valós veszélyben tapasztalhatóval azonos vagy ahhoz igen közeli legyen. Így az átbocsátóképesség vizsgálatára olyan helyszínt és módszert kell választani, amiben a személyek viselkedése a leginkább hasonlít a veszélyhelyzeti menekülésre, azonban várhatóan így is el fog térni attól kisebb vagy nagyobb mértékben. A szűkítések átbocsátóképességét kiürítési gyakorlatok alkalmával is lehet vizsgálni.

A Központi Statisztikai Hivatal 2011. évi népszámlálási adatai szerint a mozgássérültek aránya 2,34% az össznépeség körében. [143] Az átbocsátóképességre hatással vannak a mozgásukban korlátozottak, illetve az ő arányuk az összes személyhez viszonyítva. Ha a mozgásukban nem korlátozott személyekkel végzett mérések eredményeit szeretnénk alkalmazni olyan populációra, ahol mozgásukban korlátozott személyek is vannak, akkor figyelembe kell venni a haladási sebességre, illetve az átbocsátóképességre gyakorolt hatásukat is.

A hazai és nemzetközi szakirodalomban a mozgásukban korlátozottak vonatkozásában nem találtam a szűkítések átbocsátóképességére vonatkozó adatot, ezért csak a haladási sebességre vonatkozó kutatási eredményeket tudtam alapul venni ezen személyekkel kapcsolatban. Veres György kutatása alapján az ép személyek haladási sebessége 0,82 m/s, míg a segédeszközt használók közül a legalacsonyabb sebességet, 0,34 m/s-ot, járókeretet vagy rollátort használó személyekkel mérte [144]. Ez jelentős, 59,5%-os csökkenés, de figyelembe kell venni, hogy az értéket a mozgásukban korlátozottak homogén csoportján mérték, így csak olyan esetekre vonatkoztatható, ha minden személy közülük kerül ki. Mivel ilyen a valóságban igen ritkán fordul elő, így olyan adatokat lehet inkább figyelembe venni, ahol az ép személyek közé az össznépeséghez viszonyított arányuknak megfelelően keverünk mozgássérülteket.

Kerekesszékekkel, illetve anélkül közlekedők vegyes csoportján végzett kísérleteket egy kutatócsoport, mely kísérletek során megállapították, hogy a nem mozgássérült gyalogosokkal mért haladási sebesség 0,38 m/s körüli értéke akkor, ha a gyalogosok közé 2,35%-nyi kerekesszékekkel közlekedőt is kevernek, 0,35 m/s körüli értékre csökken [145]. Ez a csökkenés mintegy 7,9%-os. Geoerg és munkatársai megfigyelései szerint, ha a tömegben 10%-nyian kerekesszékesek is vannak, úgy a haladási sebesség átlaga 0,37 m/s-ról 0,35 m/s-ra csökken. [146] Ez a csökkenés mintegy 5,4%-os. Ezen fellelhető kutatások eredményei alkalmasak lehetnek az egészséges személyekkel mért átbocsátóképesség értékének figyelembevételével a mozgásukban korlátozottakra vonatkozó átbocsátóképesség-érték meghatározására. Amennyiben forrásokban fellelt legnagyobb mértékű, inhomogén csoporton mért sebességcsökkenést vesszük figyelembe, úgy, kerekítés után, 8%-ban határozhatjuk meg az átbocsátóképességre vonatkozó csökkentést. Ha a legalacsonyabb haladási sebességet, tehát a járókeretet, illetve rollátort használók homogén csoportjára kívánjuk megállapítani a kerekített sebességcsökkentést, úgy ez 60%. Ezeket biztonsági faktor, rontó tényező alkalmazásával építhetjük be az átbocsátóképesség mozgáskorlátozottak csoportjára vonatkoztatott értékébe. Előbbi esetben a biztonsági faktor 0,92; míg utóbbi esetben 0,4 lesz.

2.1.3. Vészkijáratok nyithatósága

Az épületek esetében és bármely más olyan helyen, ahonnan a menekülés nyílászárókon keresztül lehetséges (például egyes sátrak, kerítéssel körülzárt szabadterek stb.) a bent tartózkodók biztonságát meghatározza a veszélyhelyzeti menekülés lehetősége vagy annak korlátozottsága. Az épületek és a szabadtéri rendezvények tervezése során a menekülés lehetőségét vizsgálni kell és kiürítési számítással meg kell állapítani a tervezett megoldás megfelelőségét [3].

A nemzetközi és a hazai szakirodalomban sincsenek nagy számban olyan közlemények, melyek a menekülésre számításba vett nyílászárók veszélyhelyzeti nyithatósága biztosításának feltételeivel foglalkoznak. Készült tudományos közlemény nem használható vészkijáratok megjelölésének hatékonyságáról [43], menekülési tervek menekülők által történő értelmezhetőségéről [44], hangyák és emberek több kijáratral rendelkező helyiségből történő menekülésének hasonlóságairól [45], egerek tömeges pánikhelyzeti viselkedéséről kijáratokon történő áthaladás során [138], a tömegben kialakuló menekülési kényszer és az együttműködés összefüggéseiről [147], nemenként

kijelölt kijáratok hatásáról heterogén tömeg menekülése esetén [148], illetve vészkijáratok átbocsátóképességéről [30]. Az előbbi cikkek azonban nem foglalkoznak a vészkijáratok nyithatóságának és az azokon történő normálhelyzeti áthaladás ellenőrizhetőségének problémájával.

A létesítményüzemeltetés során felmerül az igény arra, hogy a kijáratokon és vészkijáratokon keresztül történő ki- és belépés ellenőrizhető legyen [149]. Erre elsősorban nem a veszélyhelyzeti menekülés, hanem a normál mindennapi működés során van igény. Iskolákban, óvodákban, bölcsődékben, kórházak gyermekosztályain a létesítményüzemeltetés egyik célja a gyermekek engedély nélküli és ellenőrizetlen eltávozásának megelőzése, illetve a jogosulatlan belépés megakadályozása [150]. Hasonló igény merül fel idősek otthona, demens személyeket ellátó intézmények és kórházak, valamint pszichiátriai osztályok esetén is. Az előzőekben cselekvőképtelen és korlátozottan cselekvőképes kiskorú, illetve a cselekvőképességében részlegesen korlátozott, valamint a cselekvőképtelen nagykorú személyek bent tartózkodása alapozza meg a létesítményüzemeltetés ki- és belépés ellenőrzésére vonatkozó igényét [151].

Szórakozóhelyen előfordult, hogy az üzemeltető lakattal és láncsal zárta le az összes vészkijáratot, amihez a kulcsokat egy messzebb lévő bárpultban tárolták [46]. Veszélyhelyzetben a vészkijáratok zárainak nyitása (szórakozóhelyre jellemző létszámsűrűség esetén) valószínűleg nem lesz lehetséges. A tűzoltói beavatkozás szempontjából célszerű, ha a vészkijáratokon keresztül be lehet jutni az épületbe veszélyhelyzet esetén [48]. Azok a vészkijáratok, melyek csak a menekülés irányából (belülről) nyithatóak, ezt nem teszik lehetővé.

Tűz vagy más rendkívüli esemény során az emberi viselkedésformák eltérnek a normál helyzetben tapasztalttól [22], így a vészkijáratok helyének, megközelítésének és használhatóságának tervezésekor ezt célszerű figyelembe venni. A működtetés lehető legegyszerűbb formája biztosítja a leghatékonyabb használhatóságot. Nők és férfiak menekülését vizsgálva megállapították, hogy a nőknek külön kijáratot kijelölve csökkenteni tudják a nők meneküléséhez szükséges átlagidőt, de összességében növeli a kiürítés időtartamát [148].

A kijáratok átbocsátóképessége csökken a kijáratok számának növelésével, ha a kijáratok szélessége állandó [30]. Így gyorsabb menekülést és ezáltal jobb megoldást jelent

a kevesebb, de nagyobb szélességű kijárat (például kétszárnyú ajtók) alkalmazása, mint a több, de kisebb szélességű kijáraté (például egyszárnyú ajtók).

Előfordul, hogy az épületben tartózkodók nem kezdik meg a tűzjelző megszólalásakor a menekülést, mivel nem tudják azt megfelelően értelmezni, vagy nem reagálnak rá megfelelően [108]. Az is lehetséges, hogy a csak veszélyhelyzet esetén használható vészkijáratokat kevesebben veszik igénybe, mint a vészkijáratként funkcionáló főbejáratot, főleg, ha az előbbiek nincsenek nyitott állapotban [109], így a vészkijáratok nyithatósága felértékelődhet és felmerül annak célszerűsége, hogy a vészkijáratok tűzjelzés esetén automatikusan kinyíljanak teljes szélességükben.

A tűzoltóság kiérkezésekor a még menekülők és az épületben tartózkodók a felderítést és a beavatkozást jelentősen nehezíthetik [152], ezért is célszerű, hogy a vészkijáratok még a tűzoltók kiérkezése előtt olyan gyorsan lehetővé tegyék a menekülést, hogy az épület kiürítése a tűzoltói felderítés megkezdéséig lehetőleg megtörténhessen vagy legalább az épületben tartózkodók zöme az épületet el tudja hagyni. Nagyobb létszámú, illetve alapterületű épületben is, amennyiben a menekülést a riasztáskor megkezdik, várhatóan legfeljebb 8 perc alatt megtörténik az épület kiürítése, figyelemmel a kiürítési normaidőkre [3:63.§]. Egy kutatás alátámasztja, hogy a tömegben lévő emberek közötti kooperativitás veszélyhelyzetben megnövekszik (ha nem alakul ki pánik) a nem veszélyhelyzeti szituációkhoz képest, mikor inkább gátolt az együttműködés [147]. Bizonyos különleges rendeltetések esetén vizsgálat tárgyává kell tenni azt, hogy veszélyhelyzetben a tűzjelző jelére ne minden vészkijárat nyíljon ki, például CBRN laborok esetén [47]. Vészkijáratok nyithatóságának biztosításától el lehet tekinteni abban az esetben is, ha az adott épületrészben személyek nem tartózkodnak és oda személyek bejutását megakadályozták [153].

Kulcsdoboz alkalmazásával az üzemszerűen kulcsra zárt vészkijáratok nyithatósága akkor biztosítható az kiürítésről szóló tűzvédelmi műszaki irányelv szerint, ha a következő négy feltétel egyszerre biztosított:

- a) *„az adott menekülési irányba egy ajtó van üzemszerűen kulcsra zárva;*
- b) *az ajtón egyetlen zárat helyeznek el, amelynek kulcsát a kulcsdoboz tartalmazza;*
- c) *a kulcsdobozt a menekülő személy számára elérhető helyen, az ajtótól legfeljebb 0,5 méter távolságra és biztonsági jellel megjelölve helyezik el;*

d) *az ajtón keresztül menekülő személyek száma legfeljebb 50 fő.*” [132:44].

A vészkijáratok nyithatóságával kapcsolatban egy munkavédelemre vonatkozó jogszabály is tartalmaz előírásokat. Tiltja a tolóajtó vészkijáratként történő alkalmazását a 3/2002. (II. 8.) SZCSM–EüM együttes rendelet [154:3.§] és a munkavédelmi törvény is [155:37.§]. Az Országos Tűzvédelmi Szabályzat ipari, mezőgazdasági és tárolási célú építményeknél ugyanakkor megengedi a tolóajtó alkalmazását bizonyos feltételek megléte esetén [3:59.§]. A nem a menekülés irányába nyíló vészkijáratokra is eltérő követelményeket állapít meg a két előbbi rendelet. Az egyik szerint a vészkijáratnak minden esetben a menekülés irányába kell nyílnia [154:3.§], míg a másik rendelet feltételekkel, de engedélyezi a nem a menekülés irányába nyíló vészkijáratokat is [3:59.§]. A vészkijáratok kulcsra zárhatóságát is eltérően szabályozza az előbbi két rendelet: vagy feltételekhez köti [3:59.§], mely feltételeket tűzvédelmi műszaki irányelv tartalmazza [132:44]; vagy kategorikusan tiltja [154:3.§]. A vészkijáratokra vonatkozó eltérő munkavédelmi és tűzvédelmi jogi szabályozást több ízben is részletesen elemeztem, ezek egymáshoz igazítását már 2015-ben szorgalmaztam [156] [157].

Az épületek beépített automatikus tűzjelző berendezései részét képezhetik okos rendszereknek, melyek okos épületekben üzemelnek és melyek kiterjeszthetők okos városokra is [158]. Ez lehetőséget adhat arra, hogy tűz esetén a vészkijáratok nyitásakor egy másik közeli épület vészkijáratai is nyitásra kerüljenek, ezáltal a tűzzel érintett épületből menekülő személyek másik épületben találhatnak menedéket. Ez különösen akkor lehet jelentős, ha az időjárási körülmények nem teszik biztonságossá a szabadban történő várakozást (például felhőszakadás, vihar, jégeső stb.).

2.2. Kiürítési gyakorlatok szervezése, lebonyolítása és értékelése

A kiürítési gyakorlatok szervezése során a tűzriadó tervben foglaltak szerint javasolt felkészülni azokra. Ha tűzriadó terv készítése egy adott épületrészre, épületre vagy szabadtérre nem kötelező és így az nem áll rendelkezésre, de a tűzeseti teendőket mégis gyakoroltatni kívánják, akkor célszerű a gyakorlatot megelőzően, a szervezés során a tűzriadó tervhez hasonlóan elkészíteni a gyakorlat tervezetét. A résztvevőket segítheti a kiürítés terv szerinti végrehajtásában a kifüggesztett menekülési terv (16. ábra). Ez a menekülési terv okos épületek esetén kiegészülhet a bent tartózkodók okoseszközeire küldött valós idejű információkkal is [159].



16. ábra
Egy menekülési terv részlete [6:60]

A gyakorlat megtartható ideális meteorológiai (például csapadékmentes időjárás, meleg, szélcsend stb.), technológiai (például normál üzemállapot, nincs rendezvény, szokásos körülmények stb.) feltételek mellett is, de törekedni lehet arra, hogy a résztvevők ezen körülményektől függetlenül képesek legyenek végrehajtani a kiürítést. Emiatt javaslom megfontolni a kiürítési gyakorlat lebonyolítását kedvezőtlen meteorológiai (például eső, hideg, erős szél stb.) vagy technológiai (például rendkívüli üzemállapot, rendezvény, rendkívüli körülmények stb.) feltételek esetén is.

Amennyiben gyakorlatlan személyeket kívánnak felkészíteni a valós veszélyhelyzeti reagálásra, úgy az első gyakorlatot akár meg lehet tartani a résztvevők előzetes értesítésével, optimális környezeti feltételek mellett is, majd a következők során az értesítés elhagyásával, a környezeti feltételek optimálistól eltérő állapotával

közelíthetik a váratlan veszélyhelyzet körülményeit. A szervezés során célszerű meggyőződni arról, hogy a kulcspozícióban lévő résztvevők (például biztonsági szolgálat) ismerik a gyakorlat során végrehajtandó teendőiket; a kiürítés során használatra tervezett összes kijárat szabadon használható; az üzemeltetni tervezett tűzeseti fogyasztók működőképeseek; a beépített tűzjelző berendezés tűzjelzése lemondásának feltételei adottak (például telefonszám). A kiürítési gyakorlatot a biztonság szempontjából legkedvezőtlenebb üzemállapotban célszerű végrehajtani. Ez jelentheti a legtöbb benttartózkodót (például bevásárlóközpontban, színházban, gyárban műszakváltáskor), a biztonsági szolgálat legkisebb megengedhető létszámmal történő jelenlétét stb.

Nem szolgálja kellőképpen a résztvevők felkészítését az, ha például óvodában a gyermekek már felöltöztetve, felsorakozva várják a riasztást a kijáratnál vagy iskolában a tanulókkal is előre közölve lett, hogy melyik tanóra vége előtt 5 perccel kell kivonulni az udvarra. Szintén célszerűtlen, ha bevásárlóközpontban vagy szállás rendeltetés esetén csak a munkavállalók vesznek részt a kiürítési gyakorlaton és a vásárlók, látogatók, vendégek nem. Ekkor ugyanis a munkavállalók nem tudják begyakorolni (pedig célszerű lenne) a sokszor tájékozatlan és tanácstalan személyek vagy a tömeg kezelését. Ha a kiürítési gyakorlatot olyan időpontra szervezik, mikor jellemzően kevés a látogató (például bevásárlóközpontban a reggeli nyitáskor), akkor szintén nem tudja elérni a kellő felkészítést a kiürítési gyakorlat.

Előnyös, ha például óvodában a gyermekek az épületen belül szokásos tevékenységüket végzik és ilyen állapotban kerül sor a riasztásra. A résztvevők felkészítését szolgálhatja az is, ha óvodában vagy bölcsődében altatási idő alatt hajtják végre a kiürítési gyakorlatot. Ez a bent tartózkodó és mentendő személyek mentés szempontjából egyik legkedvezőtlenebb állapotának megfelelő kezelésére készíti fel a résztvevőket. Iskolában a szünetek vagy ebédeltetés alatt végrehajtott kiürítési gyakorlat is más reagálást kíván a résztvevőktől (tanulóktól és pedagógusoktól egyaránt), mint a tanóra végére vagy első tanítási napra időzített kiürítési gyakorlatok.

Olyan épületekben, ahol a kiürítési gyakorlat normál üzemállapotban történő lebonyolítása közvetve vagy közvetlenül jelentős gazdasági károkat okozhat és a résztvevők nagy része az épületben helyismerettel kevésbé rendelkező látogató, ott érdemes lehet megfontolni a statisztákkal végrehajtott kiürítési gyakorlatokat. Ilyen épületekben a résztvevők közül a legnagyobb részt a látogatók teszik ki (például színház, bevásárlóközpont, múzeum stb.) és a munkavállalók, tehát akiknek a feladata a

menekülésen kívül más is lehet (például rendfenntartás, mentés stb.), ehhez képest jóval kevesebben vannak. Ekkor a munkavállalók felkészítése az elsődleges cél, mely a látogatók statisztákkal való helyettesítésével is megoldható. Figyelmet érdemes fordítani arra, hogy a statiszták az előforduló látogatókkal lehetőleg azonos mértékben ismerjék az épületet, azaz a vészkijáratok és azok legrövidebb megközelítési útvonala ne kerüljön külön ismertetésre. Ebben az esetben a munkavállalók a statisztákat hasonlóképpen kell majd útbaigazítsák, segítsék, mint valós esemény során a látogatókat. Színházakban alkalmasak lehetnek a kiürítési gyakorlatok megtartására az előadást megszakító szünetek. Ekkor a szünetet célszerű valamivel hosszabbra tervezni, hogy a kiürítést és visszavonulást követően a közönség a hagyományos szüneti teendőit elvégezhesse. A statisztákkal lebonyolított kiürítési gyakorlatok másik lehetséges helyszíne a közlekedési létesítmények lehetnek (például metróállomás). Metróállomáson a kiürítés szempontjából legkedvezőtlenebb helyzetet az jelentheti, ha a mélyállomáson két vonat egyszerre érkezik meg, a legnagyobb befogadóképességet jelentő utasszámmal, valamint az állomás peronján már jelentősebb tömeg gyűlt össze felszállási szándékkal, illetve a völgyemenetben közlekedő mozgólépcsőkön is tartózkodnak személyek.

Előfordulhat, hogy valós esetben a kiürítés során megérkeznek a beavatkozó tűzoltók. Ebben az esetben a menekülők és a bent tartózkodók a felderítést és a beavatkozást nehezíthetik [9]. Az ilyen esetekre fel lehet készülni közös gyakorlatokkal, mikor az épületben tartózkodók a tűzoltói állománnyal közösen hajtják végre a gyakorlatot. A bent tartózkodók az épület elhagyását gyakorolhatják, míg a tűzoltók a mentést és a kiürítés közbeni felderítést és beavatkozást.

A résztvevőket érdemes elméleti oktatáson is felkészíteni a valós tüzeseti reakálásra és a gyakorlat körülményeire. Ez a felkészítés praktikusán tűzvédelmi oktatás keretében is megtörténhet. Ilyen elméleti felkészítésen hasznos, ha a résztvevők megismerik az épület vagy szabadtér elhelyezkedését, menekülésre használható útvonalait, a vészkijáratokat, az épületben vagy szabadtéren tartózkodók riasztásának lehetőségeit, módszereit. Az elméleti felkészítés támaszkodhat elsősorban a tűzriadó tervre, amennyiben készült ilyen, ha nem készült, érdemes lehet elkészíteni.

A kiürítési gyakorlatot az alábbiak szerint érdemes végrehajtani. A szervező – a vezetőkkel egyeztetett időpontban – az épületben élőszóval közli egy munkavállalóval, hogy kiürítési gyakorlatot tartanak és azt, hogy riassza az épületben tartózkodókat, majd kezdjék meg a kiürítést. Ahhoz, hogy a gyakorlat időbeli lefolyása kontrollálható, a többi

gyakorlattal összevethető és értékelhető legyen, célszerű a végrehajtás idejét mérni, azaz meghatározni a kiürítés időtartamát [160].

A gyakorlat időtartama abban az időpontban indul, amikor a bent tartózkodó első személlyel közlésre kerül a kiürítési gyakorlat ténye és a riasztás megkezdésére utasítást kapott. Az épület kiürítése az utolsó bent tartózkodó személy távozásával ér véget, ekkor kerül rögzítésre a kiürítés időtartama. A végrehajtás során az első személy, akivel a gyakorlat ténye közlésre kerül, az épületben tartózkodókat a helyben szokásos (tűzriadó terv szerinti) módon riassza. Ez a riasztás történhet élőszóval, jelzőcsengővel, kolomppal, telefonon, beépített tűzjelző berendezéssel stb.

A gyakorlat időtartama a kiürítés előtti időtartam és a kiürítés időtartamának összege (12. ábra). Ilyen módon a gyakorlatot lebonyolító személy gyakorlat megkezdésére felszólító közlését az észlelés időpillanatához hasonlíthatjuk.

A kiürítési gyakorlat lebonyolítása során célszerű a valós tüzesethez minél inkább közelítő körülményeket teremteni, hogy a résztvevők a valósághoz közel álló körülmények során gyakorolhassák be teendőiket. Emiatt célszerű a beépített tűzjelző berendezéssel rendelkező épületben a tűzjelző berendezés segítségével végrehajtani a riasztást, így a résztvevők megismerhetik a tűzjelző hangjelzőinek hangját, azt, hogy mi az a hangjelzés, ami az épület azonnali elhagyására szólít fel. Azon épületekben, ahol nincs beépített tűzjelző berendezés, ott kiépített jelzőcsengő-hálózattal (például iskolák esetén), kolomppal vagy hangosítás útján lehet az épületben tartózkodók riasztását végrehajtani. Szabadtereken a hangosítás (akár kiépített, akár mobil vagy kézi eszközökkel) lehet az egyik megoldás a riasztásra, vagy élőszóval vagy előre rögzített hangüzenettel lehet a veszélyeztetett területen tartózkodókat riasztani. Olyan épületekben, ahol nincs semmilyen más eszköz arra, hogy a résztvevőket riasszák, ott az épület bejárása és élőszóval történő felszólítás lehet a megoldás a riasztásra (például régebben létesült óvodák, bölcsődék stb.).

Az egyes vezérlések (tüzeseti fogyasztók) működtetése is célszerű lehet, mivel ezek működése a normál üzemállapottól eltér és kellő gyakorlottság hiányában zavaró tényező lehet. A hő- és füstelvezetés beindításával a szokásostól eltérő nyomásviszonyok, zaj, légáramlás jelentkezik. A beépített tűzjelző berendezés által vezérelt nem biztonsági felvonók a kijárat szintre mennek és ott megállnak. A vezérelt tűzgátló, füstgátló nyílászárók becsukódnak. Ezek mindegyike olyan hatás, mely a szokásos üzemállapottól

eltérő, ezáltal célszerű gyakorlással felkészülni ezekre a hatásokra is. Célszerű tehát a hő- és füstelvezetést beindítani, a résztvevők ezáltal a szokásostól eltérő légáramlással és nyomásviszonyokkal, valamint (gépi hő- és füstelvezetés esetén) zajjal találkozhatnak a gyakorlat során a valós tüzesethez hasonlóan. A szokásosan nyitva álló tűzgátló és füstgátló ajtók becsukódnak, ezek meneküléshez szükséges nyitása is hozzá tartozik a gyakorlathoz. A felvonók használatának tilalma akképpen is tudatosítható a résztvevőkkel, hogy a vezérelt felvonók nem lesznek használhatók.



16. kép Gyermekek gyakorolják a füstben való menekülést [161]

Valós veszélyhelyzetben célszerű, ha az üzemi világítás a lehetőségeknek megfelelő leghosszabb ideig biztosítja a kiürítés során a szükséges megvilágítást a menekülők részére. Kiürítési gyakorlatok alkalmával megfontolandó, hogy a gyakorlatot azáltal is közelítsék a nagyobb összpontosítást igénylő és nagyobb stresszhatást jelentő eseményhez, hogy az üzemi világítás helyett csak biztonsági világítás üzemel. Ez azokban az épületekben vehető figyelembe, ahol kiépült ilyen rendszer. A gyakorlatok közelítése a valós tüzesetekhez azáltal is biztosítható, hogy megfelelő teljesítményű, veszélytelen füstöt (ködöt) előállító berendezéssel előállított füstben (ködben) hajtják végre a gyakorlatot a résztvevők (16. kép) [161]. A kiürítési gyakorlat nem kell minden

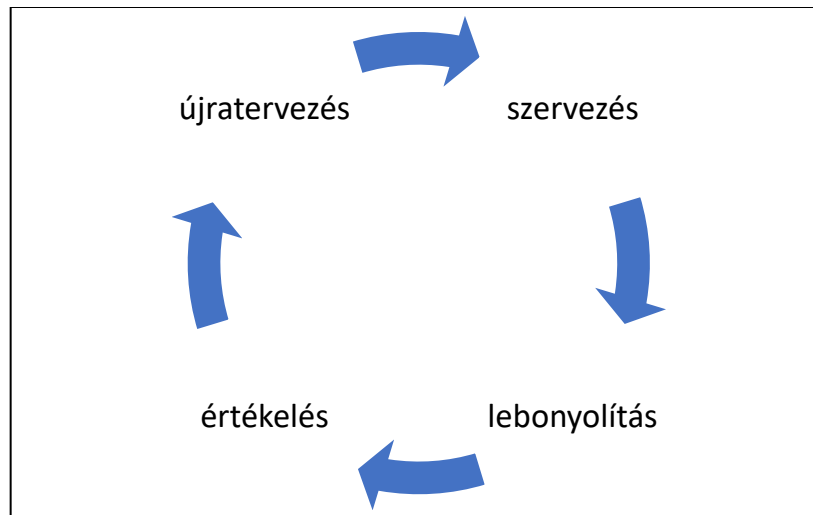
esetben az összes épületben tartózkodó személy épületből való kimenekülését jelentse. Az átmeneti védett terekbe való menekülés vagy ottmaradás is lehet menekülési stratégia például kórházak esetében.

A segítséggel menekülők segítésére, vagy mentésére a megfelelő létszámnak kell rendelkezésre állnia. A normál üzemállapothoz közelítő, de semmiképpen sem a legkedvezőbb üzemállapotban célszerű a kiürítési gyakorlatot megtartani. Kórházban a kiürítési gyakorlatra alkalmas lehet az alacsonyabb létszámú hétvégi, délutáni vagy éjszakai időszak. Ekkor a mentésre rendelkezésre álló munkavállalók létszáma az optimálistól általában eltér, így nagyobb felkészülést igényel és hatékonyabb gyakorlatot tesz lehetővé.

Az épületből kikerkező személyek irányítása is feladat lehet. Ez az irányítás, tájékoztatás elősegítheti, hogy az épületből éppen kikerkező személyek igyekezzenek eltávolodni az épülettől, ezáltal is lehetőséget adva a még bent tartózkodóknak a menekülésre. A kijáratok előtt lelassuló vagy megálló tömeg a további menekülést akadályozhatja vagy lelassíthatja. Az irányítás történhet kézi hangosító eszközökkel, amiket a kijelölt és az épület kijáratok előtt tartózkodó személyek kezelnek. Ezeket előre megtervezett, hatékony tömegkezelést lehetővé tevő, rövid utasításokat célszerű adni. Ahhoz, hogy meg lehessen győződni az épület teljes kiürítéséről, célszerű létszámellenőrzést tartani, vagy az épületet átvizsgálni. E két módszer együttes alkalmazása növeli a hatékonyságot. A létszámellenőrzés célja, hogy meg lehessen állapítani azt, hogy minden olyan személy, aki a kiürítési gyakorlat megkezdésekor az épületben tartózkodott, elhagyta az épületet. Létszámellenőrzés során azon személyeket lehet számításba venni, akik elhagyták az épületet. Emellett szükség van a kiürítési gyakorlat megkezdésekor épületben tartózkodók létszámának ismeretére is. Az előzőekből következik, hogy csak olyan épületeknél hajtható végre sikeresen a létszámellenőrzés, ahol a benntartózkodók létszámáról hiteles adatok állnak rendelkezésre (például bölcsőde, óvoda, iskola, irodaház stb.). Az adatok pontatlansága esetén kiegészítőleg érdemes az épületet átvizsgálni.

Olyan épületben, ahol a benntartózkodók létszámáról hiteles adatok nem állnak rendelkezésre (például bevásárlóközpont, színház stb.) a létszámellenőrzés nem lehet hatékony eszköze a kiürítési gyakorlat eredményessége ellenőrzésének. Ilyen esetben az épület átvizsgálása lehet a megoldás a kiürítési gyakorlat sikerességének ellenőrzésére. Az épület átvizsgálását célszerűen több személy hajtsa végre, meghatározott módszer

szerint, amely a vizsgált terület teljes ellenőrzésére alkalmas és nem ad lehetőséget egyes helyiségek kimaradására. A kiürítési gyakorlatok lebonyolítását követően célszerű értékelni a tapasztaltakat és szükséges esetben újratervezni a gyakorlatot vagy a tűzriadó és menekülési tervet (17. ábra).



17. ábra A kiürítési gyakorlatok szervezésének, lebonyolításának, értékelésének és újratervezésének folyamata [Készítette: a szerző]

A kiürítési gyakorlat értékeléséhez szükségesek a lebonyolítás során rögzített adatok, melyek lehetnek videofelvételek, jegyzőkönyvek, a résztvevők beszámolóí stb. Az értékelés során meg kell vizsgálni, hogy a gyakorlat a tervek szerint történt-e és a terv kellően biztosítja-e az épületben tartózkodók biztonságát. Amennyiben nem a tervek szerint történt a kiürítési gyakorlat, úgy annak okát fel kell tární. Lehetséges, hogy a résztvevők nem reagáltak megfelelően; lehet, hogy a vészkijáratok nem mindegyike volt nyitható; lehet, hogy egyes helyeken nem értesültek a gyakorlat megkezdéséről; lehet, hogy a résztvevők felkészítése nem volt megfelelő; stb. A kiürítési gyakorlatok során értékelhető a felvonók vezérléseinek megfelelősége, a hő- és füstelvezetés működőképessége, a vészkijáratok nyithatósága, a menekülési útirányjelzések alkalmassága, a hangjelzők hallhatósága és több más körülmény is.

Az értékelést célszerű írásban elkészíteni és a résztvevőkkel közölni, hogy visszajelzést kapjanak a biztonságukat érintő megállapításokról és az esetleges hiányosságokról. Az értékelés alapján keresni kell a lehetőséget a jövőbeli kiürítési gyakorlatok hatékonyságának további fejlesztésére, valamint amennyiben szükséges, úgy módosítani kell a tűzriadó tervet. A kifüggesztett menekülési tervek módosítása is

szükségessé válhat, akár a méretének növelése vagy a kifüggesztési helyek számának növelése is hatékony intézkedés lehet [162].

A 2.1.1. részben írtak alapján javaslom a tűzvédelmi szabályzat készítéséről szóló rendelet [7] kiegészítését a következőkkel. A 4. § új (4a) bekezdéssel való kiegészítése indokolt egyrészt az egyértelműség követelményének való megfelelés, másrészt a helyes üzemeltetési gyakorlat kialakítása érdekében. Az új (4a) bekezdés javasolt szövege: *A tűzriadó tervben foglaltak gyakoroltatása során minden épületrész kiürítését, a kiürítési koncepcióval összhangban, végre kell hajtani olyan időpontban, mely a kiürítés szempontjából az átlagos üzemállapotot jellemzi a lehető legtöbb benntartózkodóval.*

2.3. Közösségi rendeltetésű épületek kiürítési gyakorlatainak tapasztalatai

Megvizsgáltam 17 bölcsőde, óvoda, általános iskola, gimnázium és iroda rendeltetésű épület esetén a tűzriadó gyakorlatok tapasztalatait: az épületben tartózkodók létszámát és a kiürítés időigényét a 2013–2018 közötti időszakban. 95 kiürítési gyakorlat tapasztalatait elemeztem. Ezzel a kutatással célom volt annak megállapítása, hogy a kiürítési számítás során alkalmazott átbecsátóképesség-értékhez képest lehetségesek-e a valóságban nagyobb értékek. A kiürítési gyakorlatok elemzése egyszerű és alkalmas módszer erre. Amennyiben lehetséges nagyobb átbecsátóképesség-érték, úgy további kutatásokat lehet végezni ennek feltárására, pontos megállapítására.

A kiürítési gyakorlatok ugyan megzavarták a létesítmény napirendjét, de a rendszeres gyakorlásnak is köszönhetően nem jelentek meg a rendkívüli események során megfigyelhető olyan magatartásbeli változások, mint a kezdeti ijedtség reakció, a gyermek viselkedés, a testi és szellemi bénultság stb. [142]. Kiürítési gyakorlatok alkalmával mérhető az azon részt vevő személyek száma és az épület kiürítésének időigénye is. Különböző közösségi rendeltetésű épületekben vizsgáltam a kiürítési gyakorlatok során a létszám és a kiürítéshez szükséges idő összefüggését. Számítással állapítottam meg a kijáratok összesített nyílásszélességén az 1 m-re eső átlagos áthaladó létszámot. Emellett mértem a kiürítéshez szükséges időt is.

Ebben a fejezetben nem foglalkozom a kiürítés megkezdése előtti időtartam és az útvonalhosszak kiürítést befolyásoló hatásával, mivel csak a kijáratok átbecsátóképességének vizsgálatát tartottam szem előtt. A vizsgált létesítmények kiválasztásakor igyekeztem több rendeltetést is vizsgálni. Eredményeik az azonos rendeltetésekkel összevethetők. A kiürítési gyakorlatok során az épületek üzemeltetőivel

egyeztetésre került a kiürítési gyakorlat időpontja, arról a résztvevők közül csak a vezető beosztású személyek értesültek. Minden kiürítési gyakorlat során cél volt, hogy a gyakorlat résztvevőit a gyakorlat váratlanul érje, ezáltal is szimulálva egy esetleges kiürítést indokoló valós esemény (például tüzeset) váratlanságát. Ilyen módon előnyösebben szimulálható a valós tüzeseti reagálása az épületben tartózkodóknak.

2.3.1. Módszer

A kiürítési gyakorlat végrehajtása az alábbiak szerint történt. A vezetővel egyeztetett időpontban az épületben a gyakorlatot szervező személy egy munkavállalóval előszóval közölte, hogy kiürítési gyakorlatot tartanak és azt, hogy riassza az épületben tartózkodókat, majd kezdjék meg a kiürítést. A kiürítési gyakorlat időtartama abban az időpontban indult amikor a bent tartózkodó első személlyel közlésre került a kiürítési gyakorlat ténye és a riasztás megkezdésére utasítást kapott. Az épület kiürítése az utolsó bent tartózkodó személy távozásával ért véget, ekkor került rögzítésre a kiürítés időtartama. A gyakorlatot lebonyolító személy közlését az észlelés időpillanatához hasonlíthatjuk.



17. kép

Általános iskola főbejárata kiürítési gyakorlat során (balra a menekülés folyamata, jobbra az utolsónak távozó személyek láthatók) [Készítette: a szerző]

A gyakorlat során az első személy, akinek a gyakorlat ténye felfedésre került, az épületben tartózkodókat a helyben szokásos (tűzriadó terv szerinti) módon riasztotta. Ez a riasztás történhetett élőszóban, jelzőcsengővel, kolomppal, telefonon vagy tűzjelző berendezéssel. A kiürítési gyakorlat időtartama a kiürítés előtti időtartam és a kiürítés időtartamának összege (12. ábra). A gyakorlatot lebonyolító személy közlését az észlelés időpillanatához hasonlíthatjuk. Az eltelt idő másodperc pontossággal került mérésre. Az időt a gyakorlatot szervező személy mérte, az épületen belül közölte a gyakorlat megkezdését, ekkor indította az időmérést, majd távozott az épületből és a szabadban figyelte meg a gyakorlat lebonyolítását. Az utolsónak távozó személy távozásának időpontja adta a kiürítési gyakorlat időtartamát (12. ábra).

Átbocsátóképesség alatt értjük az egységnyi szabad szélességű nyílászárón egységnyi idő alatt áthaladni képes személyek maximális számát [6:5]. Új fogalomként definiáltam az átbocsátást. Átbocsátás alatt értem egységnyi idő alatt a vizsgált kijáratok összesített nyílásszélességének 1 m-re eső átlagos áthaladó létszámot. Ezt az értéket számítással határoztam meg, figyelembe véve az épületben tartózkodó személyek számát, a gyakorlat időtartamát és a kijáratok összesített szélességét [163].

Az átlagos átbocsátást az alábbi összefüggéssel határoztam meg:

$$k = \frac{N}{t \cdot \sum_{i=1}^n l_i}$$

2. képlet

Az átlagos átbocsátás [Készítette: a szerző]

k a vizsgált kijáratok összesített nyílásszélességén 1 m-re eső átlagos áthaladó létszám [fő/(m·min)];

N a vizsgált kijáratokon áthaladó személyek száma [fő];

t a kiürítési gyakorlat időtartama [min];

l_i a vizsgált kijáratok szélessége [m].

A szabadba vezető, kiürítési gyakorlat során igénybe vett nyílászárók szabad szélességét fém mérőszalaggal mértem, centiméter pontossággal. Az ajtó szabad szélessége a mozgási akadálytól mentes szélessége (13. ábra) [6:6]. A táblázatokban az összes szabadba vezető kijárat összesített szélességét tüntettem fel.

2.3.2. Eredmények

A következő táblázatokban foglaltam össze a 2013–2018. évek során tartott kiürítési gyakorlatok eredményeit. A sorszám minden évben azonos létesítményt jelöl, így megadja a lehetőséget az összehasonlításra az egyes évek között. Az idő rovatban a kiürítési gyakorlat időtartama szerepel. Résztvevőként minden olyan személy figyelembe lett véve, aki a kiürítési gyakorlat megkezdésekor az épületben tartózkodott.

Az adatok között több olyan átbocsátásérték szerepel, mely nagyobb, mint a kiürítési számítás során figyelembe veendő érték. A táblázatokban (5. számú melléklet) dőlt szedéssel, aláhúzással és sötét háttérrel emeltem ki azon átbocsátásértékeket, melyek a 41,7 fő/(m·min) értéknél nagyobbak. A 95 átbocsátásérték közül 25 esetben (26,32%) adódott a kiürítési számítás során figyelembe veendőnél nagyobb érték.

A kiürítési számítás során figyelembe veendő átbocsátóképesség értéke és a jelen mérés során adódott átbocsátás adatok között jelentős a különbség. A kiürítési számítás során alkalmazott átbocsátóképesség maximális elméleti értékek átlaga, míg a jelen mérésnél mért átbocsátást nem az áthaladás kezdete és vége közötti időtartamra, hanem a kiürítési gyakorlat teljes időtartamára vetítettem. Azok az átbocsátásértékek, melyek kisebbek, mint a 41,7 fő/(m·min), csak annyit jeleznek, hogy az ajtóknál (átlagolva az értékeket) nem alakult ki tömeg, így az ajtók elméleti átbocsátóképességéhez képest kisebb mértékben lettek igénybe véve a kijáratok.

Az értékeknél figyelembe kell venni azt a körülményt, hogy a résztvevők legalább 75%-a nem először vett részt kiürítési gyakorlaton az adott épületben. Olyan esetekben, amikor a bent tartózkodók nagyobb hányada először hagyja el az adott épületet veszélyhelyzeti reagálásként az értékek eltérőek lehetnek. A kiürítési számítás során figyelembe veendőnél nagyobb értékek azonban azt mutatják, hogy a valóságban előfordulhatnak nagyobb átbocsátóképességek is. Az értékek annyiban is figyelemre méltóak, hogy a kijáratok összesített szélességét vettem figyelembe, azonban a kiürítési gyakorlatok során több esetben előfordult az, hogy nem mindegyik kijárat lett egyformán igénybe véve, így a valóságban egy ajtót tekintve nagyobb értékek is valószínűsíthetők.

Az 5. számú mellékletben szereplő táblázatokban feltüntetett átbocsátásértékek között szerepel a 41,7 fő/(m·min) értéknél jóval kisebb is. Ezek úgy adódtak, hogy a bent tartózkodók zömének távozása után több perccel ért ki az utolsó személy, ekkor lett a mérés leállítva, így jóval nagyobb időre vetítettem az áthaladó személyek számát. Ez nem

jelenti azt, hogy abban az adott esetben az átbocsátóképesség ne lehetett volna elméletben nagyobb, de az átbocsátás a gyakorlatban a nagyobb idő miatt kisebbre adódott.

Ugyan egyszerű és könnyen kivitelezhető módszerről van szó, mely legfeljebb szemikvantitatív eredményt produkál, de mégis alkalmas arra, hogy igazolja a nagyobb átbocsátóképességek létrejöttét. Ez a kutatás alátámasztotta, hogy lehetséges nagyobb átbocsátóképesség, mint a kiürítési számítás során jelenleg alkalmazott érték. Ez a megállapítás megalapozta további kutatásaimat, melyeket a következő alfejezetekben mutatok be.

2.4. Az átbocsátóképesség vizsgálata vegyes életkorú (felnőtt és gyermek) populációval

Az előző alfejezetben bemutatott kutatásom eredménye megalapozta a szűkítések átbocsátóképességének vizsgálatát, mind az indokoltsága, mind a módszertana szempontjából. Emiatt kezdtem el szűkítések átbocsátóképességének kifinomultabb vizsgálatát. Mindennek bemutatását a kutatás módszerének leírásával kezdem.

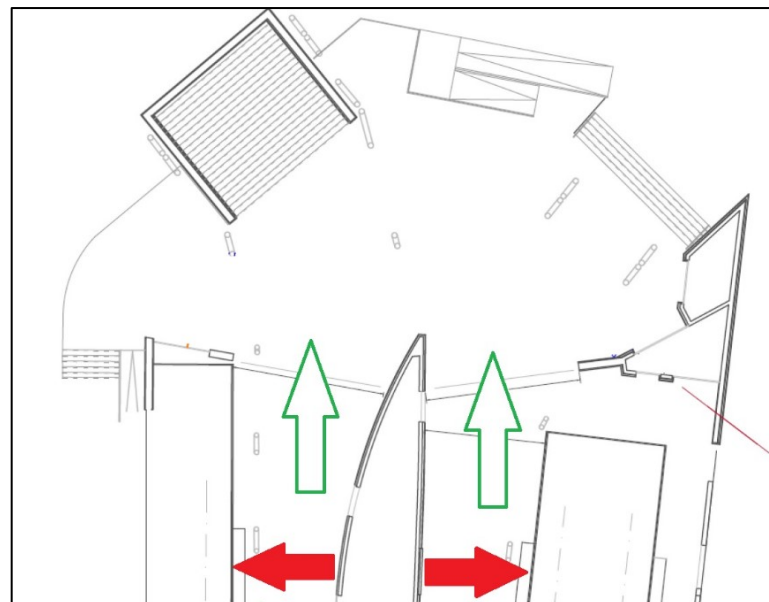
2.4.1. Módszer

A szűkítések átbocsátóképességét metróállomásra érkező metrószerelvényből kiszálló utasok megfigyelésével állapítottam meg. A megfigyeléshez olyan helyszínt volt célszerű választani, ahol a gyalogosok viszonylag nagy számban haladnak át a szűkítésen, azaz a szűkítés gyalogosáramlást korlátozó hatása érvényesül: a szűkítés előtt feltorlódnak a gyalogosok, a szűkítés után szabad terület van, ahol akadály nélkül továbbhaladhatnak. Ahhoz, hogy a megfigyelést és a mérést többször egymás után is el lehessen végezni, és az adatokat így elemezni, olyan helyszín volt szükséges, ahol a gyalogosok szűkítésen keresztüli egyirányú áramlása rendszeresen ismétlődik. A gyalogosáramlás egyirányúsága azért jelentős, mert egyrészt a menekülés során is az egyirányú áramlás jellemző a szűkítéseken, másrészt a kétirányú áramlás során a főárammal szemben haladók szükségszerűen csökkentik a főáramlás keresztmetszetét. Az épületekből és járművekből történő meneküléshez hasonló feltételek így leginkább tömegközlekedési járművek végállomásain adóttak. Itt a jármű megérkezése után az ajtók nyitáskor az utasok kifelé áramlása a fő motívum, de célszerű olyan helyszínt választani, ahol sok a leszálló utas és alacsony az érkezési terület létszámsűrűsége az ajtónyitás előtti pillanatban, tehát kevés a felszállásra várakozó utas. Metróállomásokon a peronszint és a jármű padlósíntje között minimális a magasságkülönbség, nincs lépcső, így került

kiválasztásra a vizsgálathoz a metró, mint tömegközlekedési eszköz. A többi tömegközlekedési eszközön, mint autóbusz, trolibusz, HÉV, vasút, a jármű peronszintje és az állomási peronszint között jelentős lehet a magasságkülönbség, kivéve az alacsonypadlós járműveket, így nem hasonlítható össze az épületekből való meneküléssel az azokról leszálló utasok áramlása.

A helyszín kiválasztása során megvizsgáltam a budapesti metróhálózat két legjelentősebb vonalának, a kelet-nyugati M2-es és az észak-déli M3-as metróvonalnak az utasforgalmi adatait. A kelet-nyugati metróvonal vonatkozásában rendelkezésre állt a legutóbbi (2016. október 26-i) teljes utasszámlálás [164]. Az észak-déli metróvonal vonatkozásában két utasszámlálás adatai is rendelkezésre álltak, az egyik a teljes vonalra vonatkozó 2014. évi [165], a másik egy a felújítás alatt lévő vonalszakasz kihagyásával készített 2017. október 3-i részleges utasszámlálás [166]. A táblázatok tartalmazták a negyedórás állomásforgalmi adatokat és a keresztmetszeti utasszámokat is.

Ki kellett választani a méréshez leginkább megfelelő végállomást, ahol sok a leszálló utas. Az utasszámlálási adatokból megállapítottam, hogy 2020 szeptemberében a legnagyobb csúcsnegyedórás leszálló utasszám a kelet-nyugati M2-es metróvonal Örs vezér tere végállomásán várható, kb. 2200 fő/negyedóra a délutáni csúcsforgalomban, 16 és 17 óra között.

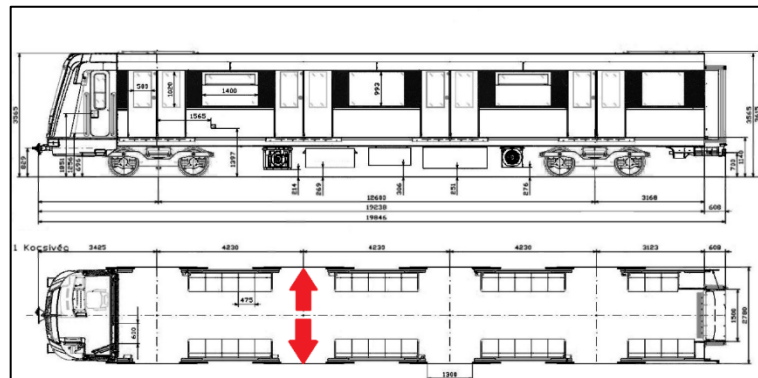


18. ábra

Örs vezér tere metróállomás alaprajzának részlete a mérés helyének és a haladás irányának jelölésével [Készítette: a szerző [167] alapján]

A 18. ábra bemutatja az Örs vezér tere metróállomás alaprajzát: a piros nyíl a mérés helyét, a zöld keretes fehér nyilak a leszálló utasok mozgási irányát jelzik a leszállást követően [167].

A méréshez ki kellett jelölni egy ajtót, ahol a megfigyelés és mérés megtörténhet. Az első ajtó nem reprezentálja megfelelően az átlagos kijáratokat, mivel a metrókocsik kialakítása miatt a járművön belüli peron mellettük aszimmetrikus. A méréshez ezért az állomási kijáratához legközelebbi, de a járművön belül szimmetrikus utasáramlást lehetővé tevő második ajtót választottam ki. A méréshez használt Alstom Metropolis AM5-M2 típusú jármű első kocsijának alaprajzát a 19. ábra szemlélteti [168]. Az Örs vezér tere metróállomáson korábbi megfigyeléseim szerint jellemző, hogy az utasok nem egyenletesen oszlanak el a járműben, hanem a járműnek azon része felé nő az utasok létszámsűrűsége, amely rész az állomási kijáratához legközelebb esik.



19. ábra

Alstom Metropolis AM5-M2 típusú metrókocsi, a méréshez figyelembe vett ajtók jelölésével [Készítette: a szerző [168] alapján]

A jármű ajtójának szabad szélességét lemértem, a méréshez fém mérőszalagot használt. A mérések alapján a kiválasztott jármű figyelembe vett ajtójának szabad szélessége 1300 mm.

Az első (meleg évszaki) mérés 2020. szeptember 8-án 16 óra 10 perctől 17 óra 00 percig tartott. Ez idő alatt véletlenszerűen kiválasztott 11 érkező szerelvény kiszálló utasainak áramlását mértem. A mérés időpontjában a léghőmérséklet 24 °C, az égbolt gyengén felhős, a szél gyenge volt¹¹. Mivel az Örs vezér tere metróállomás nyitott, így a peronon is ilyen klimatikus viszonyok voltak. Az utasok zöme könnyű nyári ruházatot viselt, életkoruk kb. 5–80 év között volt.

¹¹ Időkép alkalmazás adatai szerint

A második (hideg évszaki) mérés 2020. november 25-én 15 óra 45 perctől 17 óra 15 percig tartott. Ez idő alatt véletlenszerűen kiválasztott 30 érkező szerelvény kiszálló utasainak áramlását mértem. A mérés időpontjában a léghőmérséklet 3 °C, az égbolt borult, a szél gyenge volt¹¹. Mivel az Örs vezér tere metróállomás nyitott, így a peronon is ilyen klimatikus viszonyok voltak. Az utasok zöme téli ruházatot viselt, életkoruk kb. 5–80 év között volt. Az 5–80 éves korosztály az össznépeség 91,3%-át teszi ki [169]. A választott minta össznépeség átlagos menekülőképességét jól reprezentálja.

A szerelvények felváltva érkeztek a jobb és a bal peronra. A mérés úgy történt, hogy az érkezést követő ajtónyitás után a jármű külső síkját először érintő személy áthaladásakor indítottam az időmérést. A mérés indításának pillanata a személy által a jármű külső síkjának érintése volt (18. kép). Az időmérés addig tartott, amíg a járművön belül az ajtó előtt a torlódás megszűnt. Ezen időpontot követően csak egy-két utas szállt ki a járműből, mivel ekkor már nem volt folyamatos az áramlás, így ennek figyelembevétele nem lett volna mérvadó a szűkítés átbocsátóképességének meghatározásához. Az időmérés közben a kiszálló utasok száma rögzítésre került. [170]



18. kép

Végállomásra érkező metróból kiszálló utasok áramlásának mérési helyszíne az időmérés kezdetének időpontjában [Készítette: a szerző]

Mindkét mérés során az volt megfigyelhető, hogy a gyalogosok nem használtak segédeszközt (például mankó, kerekesszék, járókeret stb.) a közlekedéshez. A segédeszközzel közlekedők esetében csökkenhet az átbocsátóképesség, melyet a 78. oldalon írt biztonsági faktor segítségével lehet figyelembe venni.

A mérés során gyűjtött adatok statisztikai feldolgozása magában foglalta az átlag, a medián, a korrigált empirikus szórás, a középérték közepes hibája, valamint Student-féle t-eloszlással a hibahatár és a konfidenciaintervallum meghatározását is. A Student-

féle t-eloszlás azért került alkalmazásra, mert ezen statisztikai módszerrel megállapítható, hogy a minta elemszáma figyelembevételével a teljes – önállóan, segédeszköz nélkül menekülni képes – populációra vonatkozó értékek egy meghatározott valószínűséggel (95% vagy 99%) milyen intervallumon belül lesznek. Ilyen módon a minta elemszáma nem torzítja az eredményt, az a figyelembe vett valószínűséggel a meghatározott intervallumon belül marad. A konfidenciaintervallum alsó határértékét javasoltam a kiürítési számítás során figyelembe venni, mivel így a biztonság javára tér el, azaz kijelenthető, hogy az önállóan, segédeszköz nélkül menekülni képes populáció átlagos menekülőképessége által meghatározott átbocsátóképesség 95%, illetve 99% valószínűséggel a meghatározottnál nem kisebb.

2.4.2. Eredmények

Az első (meleg évszaki) mérés adatait az alábbi 5. táblázat tartalmazza. Feltételezem, hogy az átbocsátóképesség normális eloszlást követ.

5. táblázat

Az első (meleg évszaki) mérés adatai [Készítette: a szerző]

Mérés sorszáma	Személyek száma	Ajtó szélessége	Idő	Átbocsátóképesség	Átlag	Medián
		(m)	(s)	[fő/(m·s)]		
1	15	1,3	11,00	1,049	1,337	1,348
2	15	1,3	9,03	1,278		
3	21	1,3	10,72	1,507		
4	21	1,3	11,50	1,405		
5	15	1,3	7,96	1,450		
6	23	1,3	12,68	1,395		
7	20	1,3	11,47	1,341		
8	24	1,3	16,48	1,120		
9	17	1,3	8,44	1,549		
10	20	1,3	11,41	1,348		
11	23	1,3	13,94	1,269		

A korrigált empirikus szórás az alábbi összefüggés alapján számítható:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

3. képlet

A korrigált empirikus szórás [74:22]

$$SD = 0,1526 \frac{\text{fő}}{\text{m}\cdot\text{s}}$$

A középérték közepes hibáját az alábbi képlet eredménye adja:

$$SEM = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n - 1)}} = \frac{SD}{\sqrt{n}}$$

4. képlet

A középérték közepes hibája [74:23]

$$SEM = \frac{0,1526 \frac{\text{fő}}{\text{m}\cdot\text{s}}}{\sqrt{11}} = 0,04601 \frac{\text{fő}}{\text{m}\cdot\text{s}}$$

Student-féle t-eloszlással vizsgálva a hibahatár 95%-os valószínűséggel [171]:

$$\Delta_{95} = t_{1-\frac{\alpha}{2}}^{(n-1)} \cdot SEM$$

5. képlet

A hibahatár 95%-os valószínűséggel [171]

$$\Delta_{95} = t_{0,975}^{(10)} \cdot 0,04601 = 2,23 \cdot 0,04601 = 0,1026 \frac{\text{fő}}{\text{m}\cdot\text{s}}$$

Az átbocsátóképesség várható értékének $p = 95\%$ -os megbízhatóságú konfidenciaintervalluma:

$$\mu(95) \in [\bar{x} - \Delta_{95}; \bar{x} + \Delta_{95}]$$

6. képlet

A $p = 95\%$ -os megbízhatóságú konfidenciaintervallum értelmezése

$$\mu(95) \in [1,337 - 0,1026; 1,337 + 0,1026] = [1,2344; 1,4396]$$

A hibahatár, valamint a várható érték konfidenciaintervallumának meghatározása $p = 99\%$ -os megbízhatósággal:

$$\Delta_{99} = t_{1-\frac{\alpha}{2}}^{(n-1)} \cdot SEM$$

7. képlet

A hibahatár 99%-os valószínűséggel [171]

$$\Delta_{99} = t_{0,995}^{(10)} \cdot 0,04601 = 3,17 \cdot 0,04601 = 0,1459 \frac{\text{fő}}{\text{m}\cdot\text{s}}$$

$$\mu(99) \in [\bar{x} - \Delta_{99}; \bar{x} + \Delta_{99}]$$

8. képlet

A $p = 99\%$ -os megbízhatóságú konfidenciaintervallum értelmezése

$$\mu(99) \in [1,337 - 0,1459; 1,337 + 0,1459] = [1,1911; 1,4829]$$

A fentiekből látszik, hogy a mérés szerint a populáció átlagos menekülőképessége alapján az ajtók átbocsátóképessége 95%-os, illetve 99%-os megbízhatósággal az alábbi konfidenciaintervallum szerint alakul:

$$\mu(95) = \bar{x} \pm \Delta_{95} = 1,337 \pm 0,1026 \frac{\text{fő}}{\text{m}\cdot\text{s}} = 80,22 \pm 6,156 \frac{\text{fő}}{\text{m}\cdot\text{min}}$$

$$\mu(99) = \bar{x} \pm \Delta_{99} = 1,337 \pm 0,1459 \frac{\text{fő}}{\text{m}\cdot\text{s}} = 80,22 \pm 8,754 \frac{\text{fő}}{\text{m}\cdot\text{min}}$$

A téli ruházat átbocsátóképességet befolyásoló hatását vizsgáltam a második (hideg évszaki) mérés alkalmával, melynek adatait a 6. táblázat tartalmazza.

6. táblázat

A második (hideg évszaki) mérés adatai [Készítette: a szerző]

Mérés sorszáma	Személyek száma	Ajtó szélessége	Idő	Átbocsátás	Átlag	Medián
		(m)				
1	13	1,3	8,49	1,178	1,232	1,255
2	12	1,3	8,57	1,077		
3	13	1,3	8,44	1,185		
4	10	1,3	7,23	1,064		
5	10	1,3	5,73	1,342		
6	14	1,3	8,63	1,248		
7	12	1,3	7,38	1,251		
8	15	1,3	10,34	1,116		
9	11	1,3	7,27	1,164		
10	12	1,3	7,25	1,273		
11	13	1,3	7,12	1,404		
12	17	1,3	10,38	1,260		

Mérés sorszáma	Személyek száma	Ajtó szélessége	Idő	Átbocsátás	Átlag	Medián
		(m)	(s)	[fő/(m·s)]		
13	12	1,3	7,9	1,168		
14	18	1,3	10,51	1,317		
15	17	1,3	9,84	1,329		
16	21	1,3	15,64	1,033		
17	19	1,3	11,81	1,238		
18	12	1,3	6,98	1,322		
19	20	1,3	11,45	1,344		
20	18	1,3	11,36	1,219		
21	21	1,3	12,53	1,289		
22	13	1,3	7,49	1,335		
23	18	1,3	10,13	1,367		
24	15	1,3	10,96	1,053		
25	22	1,3	13,2	1,282		
26	9	1,3	5,33	1,299		
27	17	1,3	11,47	1,140		
28	12	1,3	9,32	0,990		
29	21	1,3	12,07	1,338		
30	11	1,3	6,29	1,345		

A korrigált empirikus szórás a 3. képlet alapján számítható:

$$SD = 0,1120 \frac{\text{fő}}{\text{m}\cdot\text{s}}$$

A középérték közepes hibája (SEM) a 4. képlet alapján számítható:

$$SEM = \frac{0,1120 \frac{\text{fő}}{\text{m}\cdot\text{s}}}{\sqrt{30}} = 0,02045 \frac{\text{fő}}{\text{m}\cdot\text{s}}$$

Student-féle t-eloszlással vizsgálva a hibahatár 95%-os valószínűséggel az 5. képlet alapján:

$$\Delta_{95} = t_{1-\frac{\alpha}{2}}^{(n-1)} \cdot SEM = t_{0,975}^{(29)} \cdot 0,02045 = 2,045 \cdot 0,02045 = 0,04182 \frac{\text{fő}}{\text{m}\cdot\text{s}}$$

Az átbocsátóképesség várható értékének $p = 95\%$ -os megbízhatóságú konfidenciaintervalluma a 6. képlet alapján:

$$\begin{aligned} \mu(95) \in [\bar{x} - \Delta_{95}; \bar{x} + \Delta_{95}] &= [1,232 - 0,04182; 1,232 + 0,04182] = \\ &= [1,1902; 1,2738] \end{aligned}$$

A hibahatár, valamint a várható érték konfidenciaintervallumának meghatározása $p = 99\%$ -os megbízhatósággal a 7. képlet és a 8. képlet alapján:

$$\Delta_{99} = t_{1-\frac{\alpha}{2}}^{(n-1)} \cdot SEM = t_{0,995}^{(29)} \cdot 0,04601 = 2,756 \cdot 0,02045 = 0,05636 \frac{\text{fő}}{\text{m}\cdot\text{s}}$$

$$\begin{aligned} \mu(99) \in [\bar{x} - \Delta_{99}; \bar{x} + \Delta_{99}] &= [1,232 - 0,05636; 1,232 + 0,05636] \\ &= [1,1756; 1,2884] \end{aligned}$$

A fentiekből látszik, hogy a mérés szerint a populáció átlagos menekülőképessége alapján az ajtók átbozsátóképessége 95%-os, illetve 99%-os megbízhatósággal az alábbi konfidenciaintervallum szerint alakul a hideg évszaki ruházatot figyelembe véve:

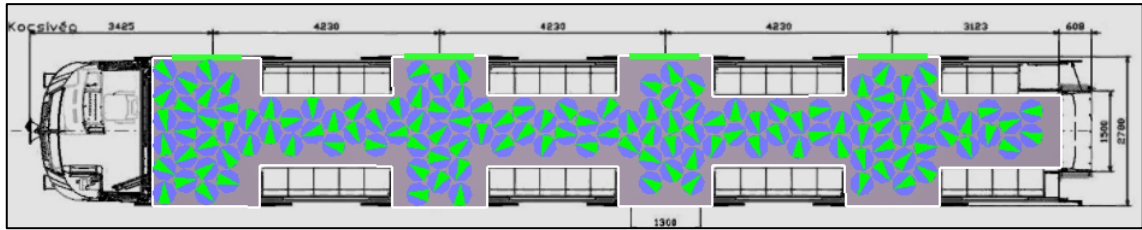
$$\mu(95) = \bar{x} \pm \Delta_{95} = 1,232 \pm 0,04182 \frac{\text{fő}}{\text{m}\cdot\text{s}} = 73,92 \pm 2,509 \frac{\text{fő}}{\text{m}\cdot\text{min}}$$

$$\mu(99) = \bar{x} \pm \Delta_{99} = 1,232 \pm 0,05636 \frac{\text{fő}}{\text{m}\cdot\text{s}} = 73,92 \pm 3,382 \frac{\text{fő}}{\text{m}\cdot\text{min}}$$

A mérések alapján igazolható, hogy téli ruházatban csökken a szűkítések átlagos átbozsátóképessége.

A hideg évszaki klimatikus viszonyok közötti mérési értékekből azt a következtetést vonhatjuk le, hogy az $n = 30$ elemszám mellett kellően pontos adatokat kaphatunk a populáció átlagos menekülőképességére vonatkozóan. Az értéket a gyakorlatban elegendő az optimálisan 95%-os megbízhatósággal megállapítani Student-féle t-eloszlással, így $73,92 \pm 3,4\%$ fő/(m·min) érték adódik a szűkítések átbozsátóképességére, mely több, mint másfélszerese a 2021. 07. 14-ig alkalmazott 41,7 fő/(m·min) értéknek.

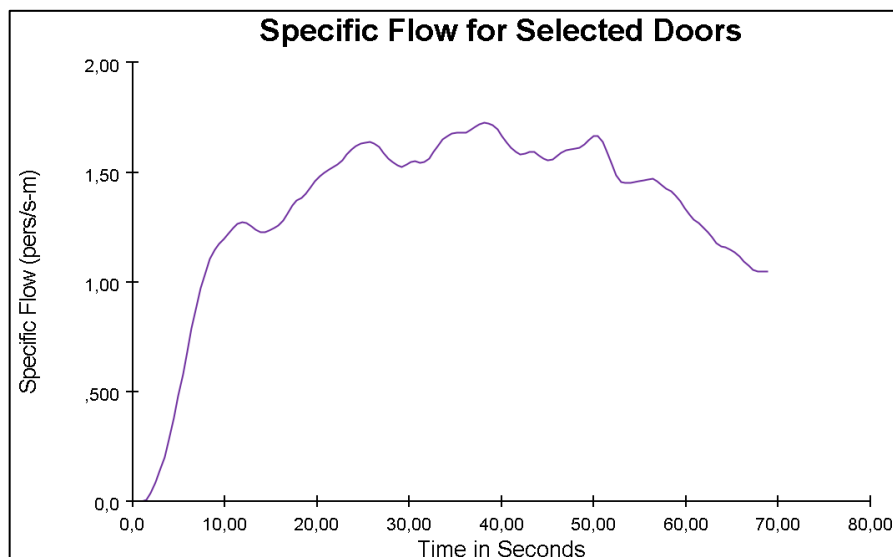
Mért eredményeimet összehasonlítottam a mérési elrendezés számítógépes modelljével, melyet a Thunderhead Engineering Consultants, Inc. által fejlesztett Pathfinder szoftver legfrissebb 2021.3.0901 x64 verziójával végeztem. Ahhoz, hogy a szimulációban meghatározható legyen a kialakuló legnagyobb korlátozástól mentes átbozsátóképesség, a szimulációt *steering* módban futtattam. Az ajtók átbozsátóképességét nem korlátoztam a modellben, habár a program lehetőséget ad erre az opcióra is. Éppen azért nem, mert célom nem a kiüríthetőség vizsgálata, hanem az ajtók átbozsátóképességének számítógépes szimulációval való meghatározása volt. A szoftverben beállítható többi paramétert (például határréteg vastagsága, személyek mérete stb.) alapértéken hagytam. A számítógépes modellt a következő 20. ábra mutatja be.



20. ábra

Metrókocsi kiürítésének számítógépes modellje [Készítette: a szerző]

A metrószerelvény első kocijának második ajtóját elemeztem a modellben is, ahogy a kísérleteim során is tettem. A metrókocsiban a létszámsűrűség (az ülőhelyeket figyelmen kívül hagyva) $3,92 \text{ fő}/\text{m}^2$ volt, ez összesen 130 főt jelent. A szimulációban a második ajtón át 33 fő hagyta el a kocsit mind a 9 futtatás során. Ez több volt, mint amit a helyszíni méréseimen megfigyeltem. Az utasáramlás 16,5 másodpercig tartott az ajtón, így az ajtó átbecsátóképessége $1,538 \text{ fő}/(\text{m}\cdot\text{s})$, azaz $92,3 \text{ fő}/(\text{m}\cdot\text{min})$ volt. Ha a pontosabb szimulációs eredmény érdekében csak a második ajtó volt nyitva és mind a 130 utas azon keresztül hagyta el a metrókocsit, akkor $1,443 \text{ fő}/(\text{m}\cdot\text{s})$, azaz $86,6 \text{ fő}/(\text{m}\cdot\text{min})$ volt az ajtó átbecsátóképessége. Az ajtó pillanatnyi átbecsátóképességét ezen utóbbi esetben a 21. ábra mutatja be, melyen a függőleges tengelyen az ajtó átbecsátása van ábrázolva $\text{fő}/(\text{m}\cdot\text{s})$ mértékegységben, a vízszintes tengelyen az eltelt idő másodpercben. Az ábrán látszik, hogy akár $1,72 \text{ fő}/(\text{m}\cdot\text{s})$, azaz $103,2 \text{ fő}/(\text{m}\cdot\text{min})$ pillanatnyi átbecsátásérték is lehetséges a szimuláció alapján.



21. ábra

A 2. ajtó átbecsátása a szimulációs modellben az idő függvényében [Készítette: a szerző]

Az átlagos átbocsátási adatokat a saját (meleg évszakban végzett) méréseim átlagával összehasonlítva megállapítható, hogy a 99%-os megbízhatóságú konfidenciaintervallumon kívül esik a szimulációval megállapítható érték, annál ugyanis nagyobb. Ez az eltérés adódhat abból, hogy az általam végzett mérés résztvevőinek antropometriai adottságai eltérhettek a szimulációs program alapbeállításaitól. A szimuláció annyiban azonban megerősítette eredményeimet, hogy abban is a 41,7 fő/(m·min) értéknél jóval magasabb eredmény adódott.

Mivel a méréseket nem mozgáskorlátozott személyekkel mértem, így az ezen csoportba tartozó személyek átbocsátóképességet csökkentő hatását a 78. oldalon írt biztonsági faktorial lehet meghatározni.

$$q_m = \gamma \cdot q$$

9. képlet

*Az átbocsátóképesség mozgáskorlátozottakra vonatkozó értékének számítása
[Készítette: a szerző]*

q_m az átbocsátóképesség mozgáskorlátozottakkal [fő/(m·s)];

γ a biztonsági faktor, amely járókeretet, illetve rollátort használók homogén csoportjára 0,4; a teljes (inhomogén) népességre vonatkoztatott érték 0,92;

q az átbocsátóképesség mozgáskorlátozottak nélkül [fő/(m·s)].

Az általam meghatározott átbocsátóképesség-érték beleillik a szakirodalomban fellelhető értékek sorába, melyet a 7. táblázat mutat be. Az általam meghatározott értéket az elmúlt 15 évből származó mérések publikált adataival összevetve megállapítható, hogy az általam meghatározott érték az értékek növekvő sorában az alsó harmad határán helyezkedik el. A különböző forrásokban fellelhető értékek legtöbbször kísérleten alapul. A kísérletek összehasonlítása csak azonos körülmények esetén lehetséges, és a fellelt források ugyan több esetben tartalmazzák a kísérlet körülményeinek részletes leírását (például személyek életkori megoszlása, ruházat, minta nagysága stb.), azonban vannak olyan kísérletek, ahol a publikációk szerzői nem tesznek említést az előbb felsorolt tényezőkről annak ellenére, hogy azok befolyásolhatták a kísérletek eredményeit.

Az átbocsátóképesség szakirodalomban fellelt értékeit ennek ellenére azért szerepeltetem, mivel az előzőekben felsorolt fenntartásokkal ugyan, de alkalmasak az összevetésre az általam végrehajtott mérés eredményével és az átbocsátóképesség Magyarországon alkalmazott értékével. Az összevetés során, a kísérletek körülményeire

vonatkozó adatok ismeretének hiányában is megállapítható, hogy az átbocsátóképesség kiürítési számítás során Magyarországon alkalmazott értéke minden más szerző értékénél alacsonyabb, akár gyermekekkel, akár felnőttekkel végezték a méréseket.

7. táblázat

Különböző források átbocsátóképesség átlagainak összehasonlítása a vegyes életkorú populációval végzett mérés eredményével [Szerkesztette: a szerző]

Adat forrása	Átbocsátóképesség átlaga (fő/[m·s])
TvMI 2.3 (2020) [6]	41,7
Thompson et alii (2015) [37]	51,0
Gwynne et alii (2009) [34]	55,2
Beljajev (1938) [28]	62,5
TvMI 2.4 (2021) [132]	65,0
<i>Herczeg (2021) hideg évszak [170]</i>	73,9
DiNenno et alii (2012) [39]	78,0
<i>Herczeg (2021) meleg évszak [170]</i>	80,2
NFPA 130 (2020) [139]	81,9
Predtyecsenszkij–Milinszkij (1969) [137]	96,0
Seyfried et alii (2009) [35]	96,6
Kretz et alii (2006) [33]	104,4
Fuji–Sano (2014) [31]	105,6
Fernandez–Valencia–Seriani (2015) [36]	116,5
Wang et alii (2014) [30]	126,5
Nicolas–Bouzat–Kuperman (2017) [41]	142,5
Pastor et alii (2015) [38]	151,8
Ren–Zhang–Song (2021) [32]	152,1
Haghani–Sarvi (2019) [42]	168,0
Shi et alii (2019) [141]	175,5
Daamen–Hoogendoorn (2012) [136]	198,6
Huang et alii (2018) [140]	203,7
Garcimartín et alii (2016) [40]	222,0

2.5. Az átbocsátóképesség vizsgálata gyermekekkel és fiatalokkal

A gyermekek és fiatalok menekülőképességének meghatározása lehetőséget ad a felnőttekkel mért adatokkal való összehasonlításra. Ezáltal lehetőség nyílik arra, hogy jobban megismerjük a populáció egyes csoportjainak menekülőképességét és pontosabb adatok álljanak rendelkezésre a kiürítési számításhoz. Ebben a fejezetben a menekülőképesség több mérhető tényezője közül csak a szűkítések átbocsátóképességét vizsgáltam. A menekülőképesség további tényezőinek és a kiürítés komplex rendszere egészének vizsgálata nem volt tárgya e kutatásnak. Lehetséges, hogy a gyermekekkel és fiatalokkal vizsgálva a szűkítések átbocsátóképessége eltér a felnőttekkel mért értéktől. Cél, hogy meghatározzam az épületek kiürítési útvonalán lévő szűkítések (mint például ajtók) átbocsátóképességét önállóan menekülő gyermekek és fiatalok vonatkozásában. A gyermekekkel és fiatalokkal meghatározott átbocsátóképesség alkalmazása kiterjeszhető más olyan gyalogosáramlási helyzetekre, amelyek során nem épületekből menekülnek személyek, hanem például járművekből vagy szabadból, akkor, ha az ottani viszonyok nem különböznek lényegesen az épületekben tapasztalható jellegzetességektől.

2.5.1. Módszer

Mivel ezen kutatás célja a szűkítések átbocsátóképességének kifejezetten gyermekek részvételével történő vizsgálata, így a megfigyelés helyszínéként gyermekintézményeket választottam. A megfigyeléseket a kiürítési gyakorlatok alkalmával végeztem, mikor az épületben tartózkodók egyszerre elhagyták az épületet. Ez a megfigyelési módszer alkalmas arra, hogy közelítse a személyek viselkedésmintázatát a valós veszélyben történő épületkiürítésnél tapasztalhatóhoz. Gyermekintézményekben relatív nagy számú gyermek relatív kis számú felnőttel tartózkodik, így a kijáratokon áthaladó személyek döntő része gyermekek közül kerül ki.

A megfigyeléshez a kiürítési gyakorlatok azért megfelelőek, mert a gyermekek viszonylag nagy számban haladnak át a kijáraton, mint szűkítésen, azaz a szűkítés gyalogosáramlást korlátozó hatása érvényesül: a szűkítés előtt feltorlódnak a gyermekek, a szűkítés után szabad terület van, ahol akadály nélkül tovább haladhatnak. A szűkítésen keresztüli egyirányú áramlás a kiürítési gyakorlatok alkalmával jól érvényesül. A kísérlet során a gyalogosáramlás egyirányúsága jelentős, egyrészt azért, mert a menekülés során is az egyirányú áramlás jellemző a szűkítéseken, másrészt azért, mert a kétirányú áramlás

során a főárammal szemben haladók szükségszerűen csökkentik a főáramlás keresztmetszetét.

A megfigyeléshez egy nyolc évfolyamos középiskolára és két általános iskolára esett a választás. A kutatásba bevont középiskola tanulói jellemzően 10–18 évesek, míg az általános iskolákban a 6–14 éves korosztályú tanulók a jellemzők. A kiürítési gyakorlatok minden esetben egy tanóra vége előtt 5 perccel kezdődtek, így minden tanuló a tantermekben tartózkodott pedagógusi felügyelettel. A kiürítési gyakorlat a tűzjelzés helyben szokásos módon történő megszólaltatásával kezdődött. Az épületben tartózkodók a tűzjelzésre elindultak tartózkodási helyükről és az épületet a legközelebbi szabad kijáraton át elhagyták. A kijáratok a mérés során kinyitott és teljesen kitárt állapotban rögzítve voltak. Mivel a kutatás célja a szűkítések átbecsátóképességének gyermekekkel történő vizsgálata volt, és nem volt tárgya a kutatásnak egyéb tényezők – kijáratot követő további szűkítés visszatorlasztó hatása, időjárás körülményekre adott személyes reakciók hatása stb. – közrehatásának vizsgálata, így a résztvevők figyelme fel lett hívva arra, hogy az épületből való kilépést követően távolodjanak el az épülettől, ezáltal ne akadályozzák az épületből még ki nem jutott személyek haladását. Ezen kívül figyelmet fordítottam a kiürítési gyakorlatok szervezése során arra, hogy azokra kedvező időjárás körülmények között kerüljön sor. Így elkerülhető az eső, a hideg és egyéb időjárás körülmények a személyek magatartására gyakorolt kedvezőtlen hatása.

A méréshez épületenként ki kellett jelölni egy kijáratot, ahol a megfigyelés és mérés megtörténhet. A vizsgálat időpontjáig 16 gyermekintézményben több, mint 100 kiürítési gyakorlatot bonyolítottam le és elemeztem az elmúlt nyolc évben, így tapasztalataim alapján azt a kijáratot választottam ki amelyiken várhatóan a legtöbb személy fog áthaladni. Az épületek kiválasztott kijáratának szabad szélességét lemértem, a méréshez fém mérőszalagot használtam. Az épületek kiválasztott kijáratainak szabad szélességi értékeit a 8. táblázat tartalmazza.

8. táblázat

Az épületek kiválasztott kijáratainak szabad szélességi értékei [Készítette: a szerző]

Épület jele	Kiürítési gyakorlat száma	Az épületben tartózkodó gyermekek életkora	A kijárat szabad szélessége	A vizsgált kijáraton áthaladó résztvevők létszáma
A	1	6–14 év	1,92 m	197 fő
A	2	6–14 év	1,92 m	238 fő
B	3	6–14 év	0,86 m	115 fő
B	4	6–14 év	0,86 m	108 fő
C	5	10–18 év	1,47 m	400 fő
C	6	10–18 év	1,47 m	235 fő

A kijáratok mellé kamera került felszerelésre, mely a kijáraton áthaladó személyeket felülnézetből rögzítette. A felvételeket később értékeltem ki (19. kép). Ez a módszer lehetővé tette, hogy meghatározásra kerüljenek minden kiürítési gyakorlatnál azon időintervallumok, melyeken kialakul a szűkítés előtti torlódás. Ezen időintervallumokon került meghatározásra az kijárat átbocsátása. Ez ahhoz szükséges, hogy a szűkítésen valóban a lehetséges legnagyobb átbocsátóképességet lehessen meghatározni.

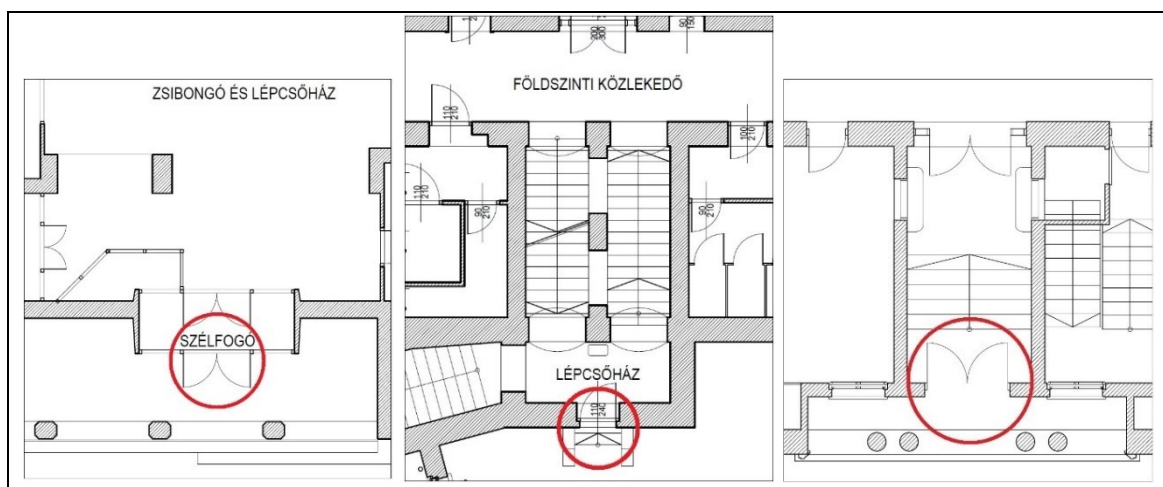
A felvételek elemzésekor csak az előzőekben leírt feltételek teljesülésekor lett mérve az áthaladó személyek száma és az eltelt idő. Amennyiben a szűkítés előtt a torlódás kialakult és 50 áthaladó személy után sem szűnt meg, akkor 50 főnként rögzítettem az eltelt időt és számítottam az átbocsátást. Az időmérés az ajtónyílás síkját először érintő személy áthaladásakor indult. Az időmérés addig tartott, amíg az épületen belül az ajtó előtt a torlódás megszűnt. Ezen időpontot követően csak egy-két személy haladt át a kijáraton. Mivel ekkor az áramlás már nem volt folyamatos, így nem lett volna mérvadó ennek figyelembevétele a szűkítés átbocsátóképességének meghatározásához. Az időmérés közben az áthaladó személyek száma rögzítésre került.



19. kép

A vészkijáratról kamerával rögzített felvétel pillanatképe [Készítette: a szerző]

Mindegyik megfigyelés során az volt tapasztalható, hogy a résztvevők nem használtak segédeszközt (például mankót, kerekesszéket, járókeretet stb.) a közlekedéshez. Ez azért jelentős, mert a segédeszközzel közlekedők esetében csökkenhet az átbocsátóképesség. A 22. ábra mutatja be a kutatásban érintett épületek alaprajzainak részletein a vizsgált kijáratokat, melyeket piros kör jelez. [172] A kijáratok szélességét a 9. táblázat és a 10. táblázat tartalmazza.



22. ábra

A kutatásban érintett épületek alaprajzainak részlete, a vizsgált kijáratokat piros kör jelzi (jobbról balra az A, B és C jelű épület) [Készítette: a szerző]

A mérés során gyűjtött adatok statisztikai feldolgozása is megtörtént. Ez magában foglalta az átlag, a medián, a korrigált empirikus szórás, a középérték közepes hibája, valamint Student-féle t-eloszlással a hibahatár és a konfidenciaintervallum meghatározását is.

2.5.2. Általános iskolákban végzett megfigyelés és mérés

Az általános iskolák (A és B jelű épület) kiürítési gyakorlatainál végzett mérés adatait a 9. táblázat tartalmazza. Az átbocsátóképesség normális eloszlását feltételeztem.

9. táblázat

Az általános iskolák kiürítési gyakorlatainál végzett mérés adatai [Készítette: a szerző]

Épület jele	Kiürítési gyakorlat száma	Idő	Áthaladt személyek száma	Kijárat szélessége	Átbocsátás	
			(fő)		(m)	(fő/[m·s])
A	1	10	50	1,92	2,604	156,25
A	1	17	50	1,92	1,532	91,91
A	1	20	50	1,92	1,302	78,13
A	1	12	24	1,92	1,042	62,50
A	1	8	23	1,92	1,497	89,84
A	2	14	38	1,92	1,414	84,82
A	2	18	50	1,92	1,447	86,81
A	2	20	50	1,92	1,302	78,13
A	2	18	50	1,92	1,447	86,81
A	2	20	50	1,92	1,302	78,13
B	3	13	24	0,86	2,147	128,80
B	3	29	51	0,86	2,045	122,69
B	3	32	40	0,86	1,453	87,21
B	4	30	49	0,86	1,899	113,95
B	4	21	35	0,86	1,938	116,28

A részt vevő gyermekek életkora az általános iskolák esetében 6–14 év között volt. A mérés során megfigyeltem, hogy az átbocsátás legnagyobb értéke 6–10 év közötti gyermekek áthaladása során volt kimutatható. Ennek magyarázata lehet, hogy a fiatalabb

gyermekek jellemzően kisebb testméretekkel rendelkeznek, mint idősebb társaik. Az A és B épületeknél mért átbocsátás mediánja 1,453 fő/(m·s), a további számított értékek az alábbiakban kerülnek részletezésre.

Az átlag számítása:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

10. képlet

Az átlag értelmezése [74:20]

$$\bar{x} = 1,625 \frac{\text{fő}}{\text{m}\cdot\text{s}}$$

A korrigált empirikus szórás a 3. képlet alapján számítható:

$$SD = 0,4137 \frac{\text{fő}}{\text{m}\cdot\text{s}}$$

A középérték közepes hibája a 4. képlet alapján számítható:

$$SEM = \frac{0,4137 \frac{\text{fő}}{\text{m}\cdot\text{s}}}{\sqrt{15}} = 0,1068 \frac{\text{fő}}{\text{m}\cdot\text{s}}$$

Student-féle t-eloszlással vizsgálva a hibahatár 95%-os valószínűséggel az 5. képlet alapján:

$$\Delta_{95} = t_{1-\frac{\alpha}{2}}^{(n-1)} \cdot SEM = t_{0,975}^{(14)} \cdot 0,1068 = 2,14 \cdot 0,1068 = 0,2286 \frac{\text{fő}}{\text{m}\cdot\text{s}}$$

Az átbocsátóképesség várható értékének $p = 95\%$ -os megbízhatóságú konfidenciaintervalluma a 6. képlet alapján:

$$\mu(95) \in [\bar{x} - \Delta_{95}; \bar{x} + \Delta_{95}] = [1,625 - 0,2286; 1,625 + 0,2286] = [1,3964; 1,8536]$$

A hibahatár, valamint a várható érték konfidenciaintervallumának meghatározása $p = 99\%$ -os megbízhatósággal a 7. képlet és a 8. képlet alapján:

$$\Delta_{99} = t_{1-\frac{\alpha}{2}}^{(n-1)} \cdot SEM = t_{0,995}^{(14)} \cdot 0,1068 = 2,98 \cdot 0,1068 = 0,3183 \frac{\text{fő}}{\text{m}\cdot\text{s}}$$

$$\mu(99) \in [\bar{x} - \Delta_{99}; \bar{x} + \Delta_{99}] = [1,625 - 0,3183; 1,625 + 0,3183] = [1,3067; 1,9433]$$

A fentiekből látszik, hogy a mérés szerint a jelen kutatásban vizsgált általános iskolai populáció átlagos menekülőképessége alapján az ajtók átbecsátóképessége 95%-os, illetve 99%-os megbízhatósággal az alábbi konfidenciaintervallum szerint alakul:

$$\mu(95) = \bar{x} \pm \Delta_{95} = 1,625 \pm 0,2286 \frac{\text{fő}}{\text{m}\cdot\text{s}} = 97,5 \pm 13,72 \frac{\text{fő}}{\text{m}\cdot\text{min}}$$

$$\mu(99) = \bar{x} \pm \Delta_{99} = 1,625 \pm 0,3183 \frac{\text{fő}}{\text{m}\cdot\text{s}} = 97,5 \pm 19,1 \frac{\text{fő}}{\text{m}\cdot\text{min}}$$

2.5.3. Nyolc évfolyamos gimnáziumban végzett megfigyelés és mérés

A kutatás során vizsgált nyolc évfolyamos gimnázium (C jelű épület) kiürítési gyakorlatánál végzett mérés adatait a tartalmazza. Az átbecsátóképesség normális eloszlását itt is feltételezzük.

10. táblázat

*A nyolc évfolyamos gimnázium kiürítési gyakorlatainál végzett mérés adatai
[Készítette: a szerző]*

Épület jele	Kiürítési gyakorlat száma	Idő (s)	Áthaladt személyek száma	Kijárat szélessége (m)	Átbocsátás	
			(fő)		(fő/[m·s])	(fő/[m·min])
C	5	25	50	1,47	1,361	81,63
C	5	28	50	1,47	1,215	72,89
C	5	23	50	1,47	1,479	88,73
C	5	24	50	1,47	1,417	85,03
C	5	22	50	1,47	1,546	92,76
C	5	24	50	1,47	1,417	85,03
C	5	26	50	1,47	1,308	78,49
C	5	26	50	1,47	1,308	78,49
C	6	20	50	1,47	1,701	102,04
C	6	23	50	1,47	1,479	88,73
C	6	24	50	1,47	1,417	85,03
C	6	22	50	1,47	1,546	92,76
C	6	15	35	1,47	1,587	95,24

A részt vevő gyermekek és fiatalok életkora a nyolc évfolyamos gimnázium esetében 10–18 év között volt. A C épületnél mért átbocsátás mediánja 1,417 fő/(m·s), a további számított értékek az alábbiakban kerülnek részletezésre.

Az átlag számítása a 10. képlet alapján:

$$\bar{x} = 1,445 \frac{\text{fő}}{\text{m}\cdot\text{s}}$$

A korrigált empirikus szórás a 3. képlet alapján számítható:

$$SD = 0,1317 \frac{\text{fő}}{\text{m}\cdot\text{s}}$$

A középérték közepes hibája a 4. képlet alapján számítható:

$$SEM = \frac{0,1317 \frac{\text{fő}}{\text{m}\cdot\text{s}}}{\sqrt{13}} = 0,03653 \frac{\text{fő}}{\text{m}\cdot\text{s}}$$

Student-féle t-eloszlással vizsgálva a hibahatár 95%-os valószínűséggel az 5. képlet alapján:

$$\Delta_{95} = t_{1-\frac{\alpha}{2}}^{(n-1)} \cdot SEM = t_{0,975}^{(12)} \cdot 0,03653 = 2,18 \cdot 0,03653 = 0,07964 \frac{\text{fő}}{\text{m}\cdot\text{s}}$$

Az átbocsátóképesség várható értékének $p = 95\%$ -os megbízhatóságú konfidenciaintervalluma a 6. képlet alapján:

$$\begin{aligned} \mu(95) \in [\bar{x} - \Delta_{95}; \bar{x} + \Delta_{95}] &= [1,445 - 0,07964; 1,445 + 0,07964] \\ &= [1,3654; 1,5246] \end{aligned}$$

A hibahatár, valamint a várható érték konfidenciaintervallumának meghatározása $p = 99\%$ -os megbízhatósággal a 7. képlet és a 8. képlet alapján:

$$\Delta_{99} = t_{1-\frac{\alpha}{2}}^{(n-1)} \cdot SEM = t_{0,995}^{(12)} \cdot 0,03653 = 3,05 \cdot 0,03653 = 0,1114 \frac{\text{fő}}{\text{m}\cdot\text{s}}$$

$$\mu(99) \in [\bar{x} - \Delta_{99}; \bar{x} + \Delta_{99}] = [1,445 - 0,1114; 1,445 + 0,1114] = [1,3336; 1,5564]$$

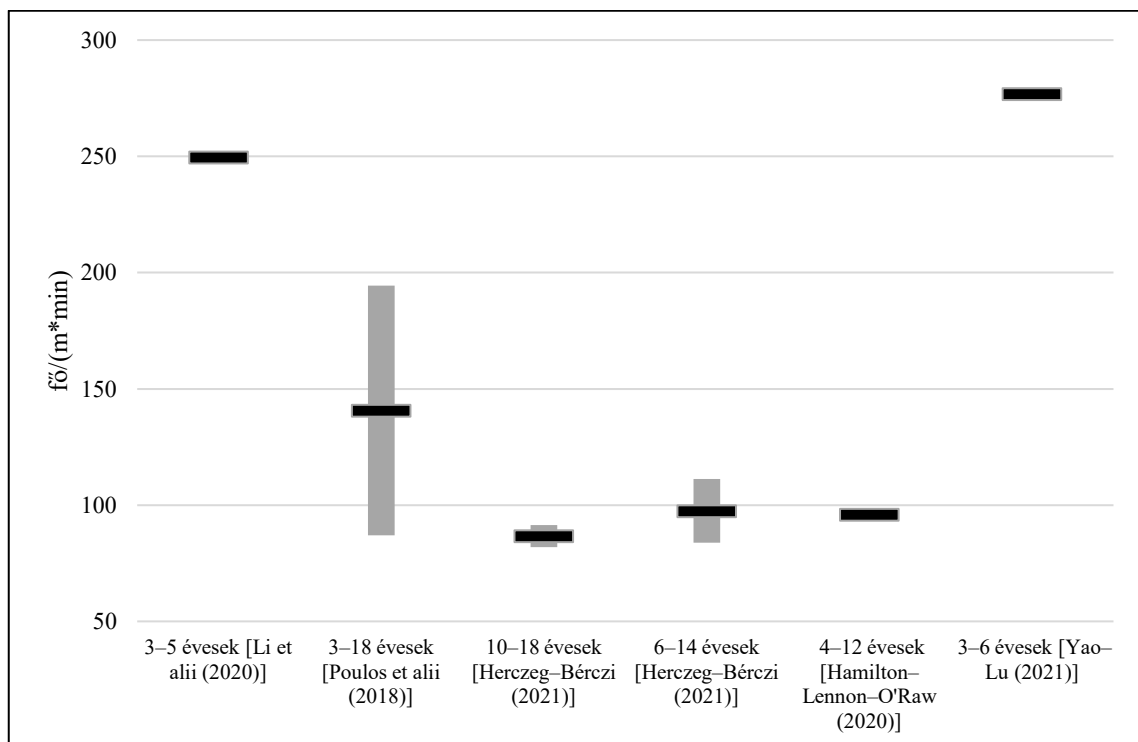
A fentiekből látszik, hogy a mérés szerint a jelen kutatásban vizsgált 10–18 éves populáció átlagos menekülőképessége alapján az ajtók átbocsátóképessége 95%-os, illetve 99%-os megbízhatósággal az alábbi konfidenciaintervallum szerint alakul:

$$\begin{aligned} \mu(95) = \bar{x} \pm \Delta_{95} &= 1,445 \pm 0,07964 \frac{\text{fő}}{\text{m}\cdot\text{s}} = 86,7 \pm 4,778 \frac{\text{fő}}{\text{m}\cdot\text{min}} \\ \mu(99) = \bar{x} \pm \Delta_{99} &= 1,445 \pm 0,1114 \frac{\text{fő}}{\text{m}\cdot\text{s}} = 86,7 \pm 6,684 \frac{\text{fő}}{\text{m}\cdot\text{min}} \end{aligned}$$

2.5.4. Értékek összevetése

A mérések alapján 95%-os valószínűséggel megállapítható, hogy kisebb testméretekkel rendelkező fiatalabb gyermekek esetében nagyobb a szűkítések átlagos átbecsátóképessége, mint a nagyobb testméretekkel rendelkező idősebb gyermekek, illetve fiatalok esetén. A nyolc évfolyamos gimnáziumban végzett mérés értékeiből azt a következtetést vonhatjuk le, hogy az $n = 13$ elemszám mellett kellően pontos adatokat kaphatunk a jelen kutatásban vizsgált 10–18 éves populáció átlagos menekülőképességére vonatkozóan. Jelen kutatás a gyermekekre és fiatalokra fókuszál, így a felnőttek aránya a megfigyelés során alacsony volt, jellemzően 5–10% közötti maradt.

Az $n = 15$ elemszámmal vizsgált általános iskolai populáció mérési adataiból számított szórás csökkenthető további kutatások során, amennyiben nagyobb elemszám vizsgálatára nyílik lehetőség. Ez igaz a nyolc évfolyamos gimnáziumi populáción mért adatokra is. Jelen kutatásban meghatározott értékekből mégis arra lehet következtetni, hogy a fiatalabb gyermekek nagyobb átbecsátást tudnak elérni szűkítésen való áthaladáskor, idősebb társaikhoz képest.



23. ábra

A kifejezetten gyermekekkel, illetve fiatalokkal mért átbecsátóképesség különböző források szerinti értékeinek összehasonlítása a jelen kutatásban meghatározott intervallumokkal [Készítette: a szerző]

Az értékeket a gyakorlatban elegendő optimálisan 95%-os megbízhatósággal megállapítani Student-féle t-eloszlással, így $86,7 \pm 5,5\%$ fő/(m·min) érték adódik a szűkítések átbocsátóképességére a 10–18 éves korosztályra és $97,5 \pm 14\%$ fő/(m·min) érték a 6–14 éves korosztályra, melyek közül az alacsonyabb érték is több mint kétszerese a 2021. 07. 14-ig alkalmazott 41,7 fő/(m·min) értéknek. A megállapított átbocsátóképesség-értékek akként lettek differenciálva életkor szerint, hogy külön érték került meghatározásra a 10–18 éves korosztályra és szintén külön érték a 6–14 éves korosztályra. Ezen értékek kifejezetten gyermekekkel, illetve fiatalokkal mért átbocsátóképesség – különböző források szerinti – értékeivel történő összehasonlításra alkalmas a 23. ábra.

Az átlagos értékeken felül az is látszik a mérési eredményekből, hogy a gyakorlati átbocsátóképesség maximuma a 6–14 éves korosztály esetében legalább 156,25 fő/(m·min), illetve a 10–18 éves korosztály esetében legalább 102,04 fő/(m·min). Az általam meghatározott érték beleillik a szakirodalomban fellelhető értékek sorába, melyet a 11. táblázat mutat be.

Az általam meghatározott átbocsátóképességek az értékek növekvő sorában az alsó és középső harmad határán helyezkednek el, mely az általam meghatározott értékeknek az elmúlt 15 évben publikált mérési adatokkal történő összevetésével megállapítható. A legtöbb fellelhető átbocsátóképességi érték kísérletek során került megállapításra. A kísérletek összehasonlíthatóságának feltétele az azonos kísérleti körülmények megléte. A fellelt források között vannak olyan publikációk, ahol a szerzők nem tesznek említést a kísérletek eredményeit befolyásolni képes körülményekről. A szakirodalomban fellelt átbocsátóképességi értékeket ennek ellenére azért szerepeltetem, mivel az előzőekben felsorolt fenntartásokkal ugyan, de alkalmasak az összevetésre az általam végrehajtott mérések eredményével és az átbocsátóképesség Magyarországon alkalmazott értékével. Az összevetés során, a korábbi kísérletek körülményeire vonatkozó adatok ismeretének hiányában is megállapítható, hogy az átbocsátóképesség kiürítési számítás során Magyarországon alkalmazott értéke minden más szerző értékénél alacsonyabb, akár gyermekekkel, akár felnőttekkel végezték a méréseket.

11. táblázat

Különböző források átbocsátóképesség átlagainak összehasonlítása a gyermekekkel és fiatalokkal végzett mérés eredményével [Szerkesztette: a szerző]

Adat forrása	Átbocsátóképesség átlaga (fő/[m·s])
TvMI 2.3 (2020) [6]	41,7
Thompson et alii (2015) [37]	51,0
Gwynne et alii (2009) [34]	55,2
Beljajev (1938) [28]	62,5
TvMI 2.4 (2021) [132]	65,0
DiNenno et alii (2012) [39]	78,0
NFPA 130 (2020) [139]	81,9
<i>Herczeg–Bérczi (2021) 6–14 éves gyermekek [172]</i>	86,7
Predtyecsenszkij–Milinszkij (1969) [137]	96,0
Hamilton–Lennon–O'Raw (2020) 4–12 éves gyermekek [135]	96,0
Seyfried et alii (2009) [35]	96,6
<i>Herczeg–Bérczi (2021) 10–18 éves gyermekek [172]</i>	97,5
Kretz et alii (2006) [33]	104,4
Fuji–Sano (2014) [31]	105,6
Fernandez–Valencia–Seriani (2015) [36]	116,5
Wang et alii (2014) [30]	126,5
Poulos et alii (2018) 3–18 éves gyermekek [133]	140,7
Nicolas–Bouzat–Kuperman (2017) [41]	142,5
Pastor et alii (2015) [38]	151,8
Ren–Zhang–Song (2021) [32]	152,1
Haghani–Sarvi (2019) [42]	168,0
Shi et alii (2019) [141]	175,5
Daamen–Hoogendoorn (2012) [136]	198,6
Huang et alii (2018) [140]	203,7
Garcimartín et alii (2016) [40]	222,0
Li et alii (2020) 3–5 éves gyermekek [29]	249,6
Yao–Lu (2021) 3–6 éves gyermekek [134]	276,9

Az általános iskolákban, illetve nyolc évfolyamos gimnáziumban végzett méréseim ellenőrzésére számítógépes kiürítési szimulációkat futtattam, melyhez elkészítettem a szükséges modelleket. A szimulációhoz a Thunderhead Engineering Consultants, Inc. által fejlesztett Pathfinder szoftver legfrissebb 2021.3.0901 x64 verzióját használtam. Ahogy a vegyes életkorú populáció esetében, úgy ebben az esetben is *steering* módban futtattam a szimulációt, hogy a kialakuló legnagyobb korlátozástól mentes átbocsátóképesség meghatározható legyen. A modelleket úgy építettem fel, hogy az ajtót a valóságban lévő fallal azonos alaprajzi méretű falba helyeztem. A téglalap alakú modellhelyiség másik alaprajzi mérete ahhoz igazodott, hogy abban elhelyezhető legyen saját kísérleteimben részt vevő személyek számával megegyező létszám. A gyermekek és fiatalok felnőttekhez viszonyítva kisebb testméretét úgy vettem figyelembe, hogy testmagasságuk felnőttekhez viszonyított arányának megfelelően csökkentettem a modellben vállszélességüket.

A felnőtt férfiak átlagos testmagassága 176,92 cm, a nőké 167,2 cm, együttesen 172,06 cm. A 6–14 éves gyermekek között a fiúk testmagasságának átlaga 140,23 cm, a lányoké 138,31 cm, együttesen 139,27 cm. Ugyanezen két érték a 10–18 éves korosztályban 157,96 cm, illetve 153,02 cm; együttesen 155,49 cm. [173] Ezen előbbi forrás nem adott meg adatokat a gyermekek vállszélességére vonatkozóan, így más forrásból nyertem ki adatokat ennek meghatározására. A 6–14 éves fiúk vállszélességének átlaga 30,79 cm, a lányoké 29,83 cm, együttesen 30,31 cm. Ezen értékek a 10–18 éves korosztályban 34,985 cm, illetve 32,595 cm; együttesen 33,79 cm. [174]

A kiürítési szimulációs modell szükségszerűen egyszerűsítéseket alkalmaz, így ennek megfelelően a szimulációban részt vevő személyek testméreteit az előbbi értékek átlagával számoltam úgy, hogy a nemek aránya 1:1. Minden személy azonos testméretekkel rendelkezik a modellben. A szoftver alapbeállítása szerint a vállszélesség 45,58 cm, míg a testmagasság 1,8288 m. Ezen értékeket a modellben a gyermekekhez igazítottam. A 6–14 éves gyermekek testméreteit 30,31 cm vállszélességgel és 1,3927 m testmagassággal; míg a 10–18 éves fiatalok testméreteit 33,79 cm vállszélességgel és 1,5549 m testmagassággal vettem figyelembe.

Az A jelű épületre vonatkozóan a szimuláció – kilenc futtatás szerinti – átlageredménye alapján az ajtó átbocsátóképessége 1,331 fő/(m·s), azaz 79,87 fő/(m·min) volt 435 fő résztvevővel. A modell kiindulási állapotát a következő 20. kép mutatja be.

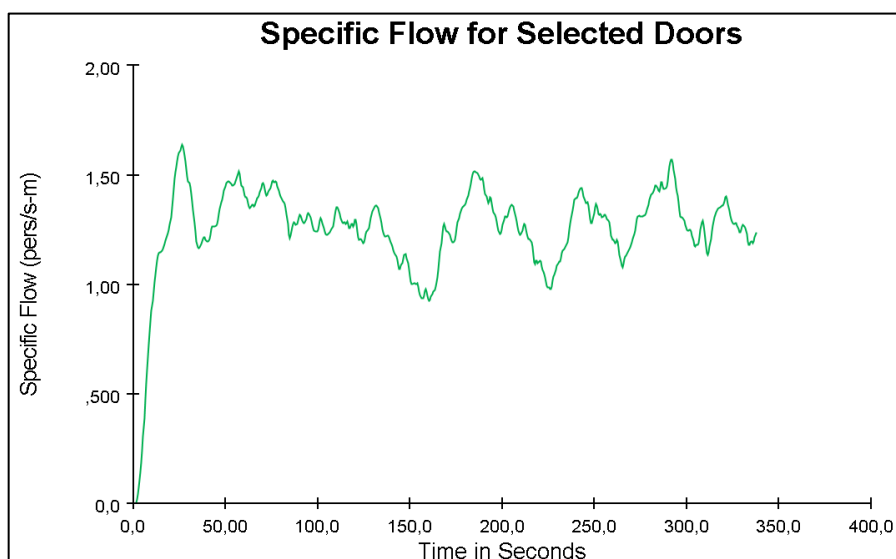


20. kép

Az A jelű épületen végzett mérés kiürítési modellje [Készítette: a szerző]

A B jelű épületre vonatkozóan 199 fő résztvevővel az ajtó átbecsátóképessége 1,313 fő/(m·s), azaz 78,76 fő/(m·min) volt a szimuláció átlageredménye alapján, melyet szintén kilenc alkalommal futtattam le.

Az előbbi két (A és B) modellel végzett szimulációkat a 6–14 éves gyermekekkel meghatározott értékeim 99%-os konfidenciaintervallumához hasonlítottam és megállapítottam, hogy mindkét épület modelljével meghatározott érték ezen előbbi konfidenciaintervallumon belül van.



24. ábra

A C jelű épület kijáratának átbecsátása a szimulációs modellben az idő függvényében [Készítette: a szerző]

A C jelű épület kiürítési modelljének eredményei szerint 1,279 fő/(m·s), azaz 76,73 fő/(m·min) lett az átbecsátóképesség 635 fő résztvevővel. Ez az érték a kutatásom során meghatározott 99%-os konfidenciaintervallumon kívül esik, annak alsó határánál

4,1%-kal kisebb. Ugyanakkor ezen szimuláció szerint akár $1,64 \text{ f}\ddot{o}/(\text{m}\cdot\text{s})$, azaz $100,2 \text{ f}\ddot{o}/(\text{m}\cdot\text{min})$ pillanatnyi átboacsátásérték is lehetséges, hogy azt az előbbi 24. ábra bemutatja.

A kiürítési szimulációs modellek átboacsátóképességre vonatkozó eredményei nem minden esetben esnek bele a méréseimmel igazolt intervallumokba. Az eltérés több okból adódhat. Egyrészt abból, hogy az általam végzett mérés résztvevőinek antropometriai adottságai eltérhettek gyermekekre és fiatalokra vonatkozó antropometriai forrásadatoktól, illetve a nem módosított adatok szintén eltérhettek a szimulációs program alapértelmezett értékeitől. Másrészt nem tekinthetjük etalonnak a szimulációs program eredményeit, így az azzal történő összehasonlítás alapján nem lehet arra a következtetésre jutni, hogy saját mérési eredményeim ne lennének valóságok. Azt azonban megállapíthatjuk az összehasonlítás alapján, ahogy azt a 2.4. alfejezetben is említettem, hogy ez esetben is a $41,7 \text{ f}\ddot{o}/(\text{m}\cdot\text{min})$ értéknél jóval magasabb átboacsátóképesség-értékek keletkeztek saját méréseim és a szimulációk alapján is.

2.6. Lehetőségek vészkijáratok nyithatóságának biztosítására

Munkámban vészkijáratnak tekintem az összes olyan nyílászárót, melyen keresztülhaladhatnak menekülő személyek az épület kiürítése során. Veszélyhelyzetként hivatkozom minden olyan eseményre, mely az épületből való menekülést indokolja vagy azt kiváltja.

Jelen alfejezet tartalma hiánypótló lehet abban a vonatkozásban, hogy igyekszik feltárni azokat a lehetőségeket, melyek a létesítményüzemeltetők részéről jelentkező igényeket (mint a be- és kilépők ellenőrzése, figyelemmel kísérése, nem kívánt belépés megakadályozása stb.) is figyelembe véve biztosíthatják az épületben tartózkodók biztonságos menekülését.

Amennyiben az épületben, épületrészben vagy helyiségben való tartózkodási jogosultság feltételhez kötött (például belépőjegy múzeumban, menetjegy közlekedési létesítményekben, adott szervezethez tartozás irodaház esetén), úgy szintén felmerül a létesítményüzemeltetés során az igény arra, hogy a jogszerűen bent tartózkodók a vészkijáratokon át arra nem jogosult személyt ne tudjanak beengedni a vészkijárat kinyitásával úgy, hogy az a létesítményüzemeltetés részére nehezen ellenőrizhető legyen. A következőkben nyílászárnyaknak tekintem a kétszárnyú ajtók elsőnek nyitható szárnyát, míg állószárnyaknak azt a szárnyat nevezem, melynek nyitáshoz a nyílászárny nyitása előfeltétel [175].

2.6.1. Vészkijáratok használhatósága a gyakorlatban

Negyvenegy létesítményben vizsgáltam meg a közvetlenül a szabadba nyíló vészkijáratok nyithatósága biztosításának módját. A létesítmények között volt bölcsőde, óvoda, általános iskola, gimnázium, iroda, tárolási és ipari rendeltetés is.

Az egyszárnyú ajtók esetén előfordult a nyithatóság biztosítása kilincessel, fali nyomógommbal (21. kép és 22. kép), érintőkártyával (23. kép), pánikrúddal, valamint kulccsal. Kétszárnyú ajtók esetén a nyílászárny nyithatósága az egyszárnyú ajtóknál leírtakkal azonos módokon került biztosításra, az állószárny tolózárral volt nyitható a legtöbb esetben, de találok pánikrudas megoldással is.



21. kép

Nyomógommbal nyitható vészkijárat [Készítette: a szerző]

A nyomógommbal nyitható vészkijáratra több esetben óvodákban és bölcsődékben láttam példát, ahol a gyermekek ellenőrizetlen kijutását kívánták ezzel megakadályozni. A nyitóombokok ezért olyan magasságba kerültek az általam vizsgált épületekben, hogy azokat 7 év alatti gyermek a padlószintről lehetőleg ne tudja elérni. A 21. kép olyan vészkijáratot mutat be, ahol a nyitóomb az ajtó kilincs felőli oldalán került elhelyezésre. Ha a 22. képen látható módon az ajtó zsanér felőli oldalára szerelik fel a nyitóombot, az azt működtető személy – különösen tömegben – nem tud az ajtónyitáshoz teret engedni, főleg, ha az építményszerkezetek is korlátozzák a teret, így előfordulhat, hogy a fal és az ajtó között reked, mivel az ajtó az azon keresztül menekülők miatt nem lesz becsukható.



22. kép

A nyitógombra rányílik az ajtó [Készítette: a szerző]

Ahol a nyílászárny nyitásához fali nyomógomb volt szükséges, ott változó volt annak kialakítása. Az elektromos zár szünetmentes tápellátása sehol sem volt biztosítva a vizsgált létesítményekben. Egyes esetekben az elektromos zár a tápellátás megszűnte után az ajtó szabad nyithatóságát biztosította, más esetekben ekkor csak a hengerzár kulccsal való nyitásával adott lehetőséget a menekülésre. Az ilyen elektromos zárat vezérelheti akár fali nyomógomb, akár érintőkártyás érzékelő (23. kép).



23. kép

Érintőkártyával nyitható mágnessel rögzített ajtó vésznyitó nyomógombbal

[Készítette: a szerző]

Találkoztam olyan elektromos zárral ellátott ajtóval is, melynek egyik oldalán sem volt kilincs vagy pánikrúd, ezért a tápellátás megszűnésével az ajtó csak kulccsal volt nyitható. A nyomógombbal nyitható ajtók többségénél az ajtó csak a nyomógomb nyomva tartása mellett volt nyitható. Az egyik vizsgált vészkijáratnál az ajtón belülről csak fogantyú volt elhelyezve kilincs helyett, az ajtót elektromágnes rögzítette, a nyitást csak a tűzjelzőberendezés vezérlőjele váltja ki, nyitó gomb nem volt az ajtó mellett (24. kép). Ilyen esetben az ajtó nyithatósága attól függ, hogy az épületben megszólal-e a tűzjelző vagy nem. A kézi jelzésadó távol is eshet az ajtótól (a bemutatott esetben is így volt), ekkor annak nyitása csak messzebből lehetséges. Mivel az épületből történő menekülés nem csak tűzjelzés esetén lehet szükséges, így az ilyen megoldás nem biztosítja a vészkijárat veszélyeseti nyithatóságát minden esetben.



24. kép

*Mágnessel rögzített vészkijárat fogantyúval, nyitógomb nélkül, tűzjelzésre nyílik
[Készítette: a szerző]*

Tolóajtók esetén a nyitást több esetben mozgásérzékelő vezérelte. Volt olyan létesítmény, ahol tápellátás hiányában a tolóajtó szárnyai csak kulccsal történő beavatkozással voltak nyithatók. Ilyen tolóajtóra mutat példát a 25. kép, mely vésznyitóval sem volt ellátva. Célszerű, ha az ilyen ajtót az automatikus tűzjelző berendezés vezérli és tűzjelzés hatására azonnal kinyílik és nyitva is marad. Az előzőekben már említett okok miatt (menekülés tűz hiányában) azonban vésznyitó felszerelése a bemutatott esetben is szükséges volna a nyithatóság biztosításához.



25. kép

Vésznyitóval el nem látott tolóajtó vészkijáratként [Készítette: a szerző]

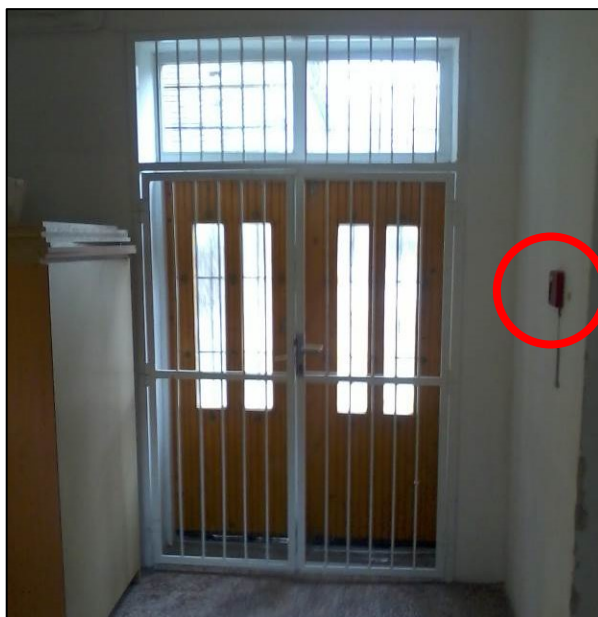
A felszerelt pánikrúd nem minden esetben biztosítja az azonnali nyithatóságot. Az egyik vizsgált vészkijáratnál a kétszárnyú ajtó pánikrúddal volt felszerelve, de a nyílászárnyat elektromos motor mozgatta. A pánikrúd működtetésével az ajtó nem nyílt ki, mivel azt a motor zárt állapotban rögzítette. A nyitás csak a vésznyitó nyomógomb működtetésével lehetséges, valamint tűzjelzésre automatikusan nyílik az ajtó (26. kép). Ilyen esetben a pánikrúd elveszti funkcióját és az annak működtetésével menekülni próbáló személy pánikba eshet, mivel nem tudja kinyitni az ajtót. A vésznyitó nyomógomb megfelelő megjelölésének hiánya tovább ronthatja a helyzetet.



26. kép

*Elektromos motorral rögzített vészkiárat pánikrúddal és vésznyitó nyomógommbal
[Készítette: a szerző]*

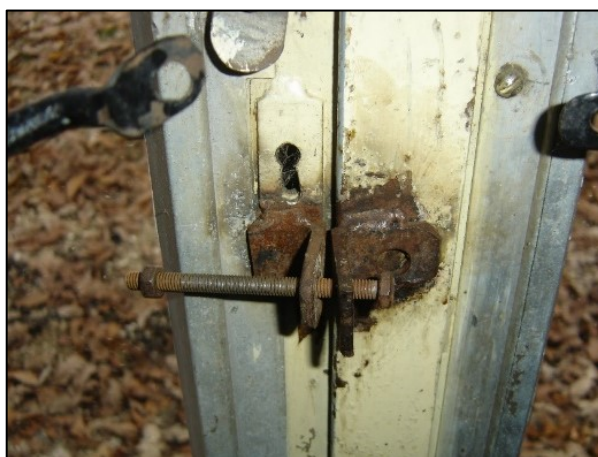
A kulccsal történő nyithatóság biztosítására az egyik vizsgált létesítményben kulcsdobozt helyeztek el a vészkiáratától 2 méter távolságban (27. kép). A vészkiáraton egy hengerzár volt, az állószárnyat tolózár rögzítette. Az ajtó előtt, a belső oldalon, befelé nyíló kétszárnyú rács volt elhelyezve, melyhez kulcs nem volt a kulcsdobozban, de az a vizsgálat időpontjában nem volt kulcsra zárt állapotban. A vizsgált ajtó 300 fő menekülésére lett figyelembe véve.



27. kép

Kulcsdoboz a vészkijárat mellett [Készítette: a szerző]

A vészkijárat könnyű, gyors és akadálytalan nyithatóságát nem tudja biztosítani a csavarral lezárt kétszárnyú ajtó, mely az egyik vizsgált létesítmény sporttermében volt fellelhető (28. kép) [176]. Az, hogy ebben az esetben az ajtóra utólag felhegesztett, lakattal történő zárhatóságot biztosító szerkezet csavarral és nem lakattal van egymáshoz rögzítve, nem jelen nagy különbséget, hiszen menekülési szituációban a lakat sem távolítható el könnyen és gyorsan még a kulcsok megléte esetén sem. [46]



28. kép

*Csavarral lezárt kétszárnyú vészkijárat ajtó
[Készítette: a szerző]*

Azért helyeztem el a tapasztalt állapotokat bemutató képeket értekezésem törzsrészában és nem mellékletében, mivel ezzel támasztom alá kutatásom aktualitását és a létesítményüzemeltetés során megjelenő üzemeltetési igényeket. Ezzel az elhelyezéssel

a képek az azt magyarázó szöveg mellé kerültek, mely a könnyebb érthetőséget is szolgálja.

A fentiekből látható, hogy a vizsgálat alá vont létesítmények esetén a létesítményüzemeltetés során igényként jelentkezik a vészkijáratok szabad nyithatóságának korlátozása. A megvalósulás során több esetben ez jelentősen csökkentette a bent tartózkodók biztonságát azáltal, hogy a menekülés csak kulccsal, vagy a tűzjelző berendezés vezérlőjelére volt lehetséges [177].

2.6.2. Vészkijáratok zárai

A vészkijáratok záraival több szabvány foglalkozik. A szabványos vészkijáratok zárai a menekülést bármikor lehetővé kell tegyék, így ezek zárva tartására a szabvány keretein belül nincs mód. Az ajtó nyitására a szabvány szerint egyetlen mozdulattal lehetőséget kell biztosítani, azonban az ilyen zárok nem alkalmasak olyan helyzetekben, mikor pánik kialakulására kell számítani, vagy a bent tartózkodók nem ismerik a vészkijáratok nyitásának módját vagy a nyitásirányt. Ez a zárfajta a menekülés irányával ellentétes irányba nyíló ajtóra szerelve is megfelel a szabvány előírásainak. Az ilyen szabványos vészkijáratok zárai esetén nem követelmény, hogy az ajtólapra kifejtett nyomóerő mellett (mint ami a tömeg nyomása hatására előfordulhat) is nyitható legyen. Az ajtó működtetőszervezete kilincs vagy nyomólap lehet. Kilinccsel működtethető vészkijáratok zárait mutatja be a 29. kép [178]. A vészkijáratok zárai esetén követelmény, hogy a működtetőszervezet működtetésével az ajtónak minden esetben nyílnia kell, függetlenül az esetleges kiegészítő eszközöktől, mint retesz, elektromos zár, beléptetőrendszer stb. [179].



29. kép

MSZ EN 179 szerinti vészkijárat [178]

A szabványos pánikajtózárak lehetővé teszik, hogy az ajtólapra kifejtett nyomóerő mellett is nyitható marad az ajtó a működtetőszerkezettel. Ez a tulajdonsága alkalmassá teszi a pánikajtózárak olyan helyeken való alkalmazásra is, ahol a vészkijáratok nyitásmódját jellemzően nem ismerő személyek használhatják vagy a menekülés során pánik nagyobb valószínűséggel előfordulhat. A működtetőszerkezet ezen zár esetében lehet lenyomós vagy benyomós pánikrúd. A pánikajtózárak esetén követelmény, hogy a pánikrúd nyomására az ajtónak nyílnia kell, azt nem akadályozhatja más eszköz (például retesz, elektromos zár, beléptetőrendszer stb.) [180].

Villamos szabályozású kijáratok menekülési útvonalon való használatára szabványosított követelmények vonatkoznak, melyeket az MSZ EN 13637 tartalmaz. Ezek a rendszerek az ajtókat normálállapotban zárva tartják és csak valamilyen beavatkozás hatására nyílnak, mint kilincs vagy pánikrúd lenyomása, gomb megnyomása. Ilyen rendszerek esetén követelmény, hogy a vészkijárat megfeleljen vagy az MSZ EN 179, vagy az MSZ EN 1125 szabványnak, de lehetővé teszi a vészkijárat zárva tartását a nyitási igény (például gomb megnyomása) után 15 másodperc ideig, illetve felügyeleti központ alkalmazása esetén (ahol ember dönt a nyitás szükségességéről) a vészkijárat nyitása legfeljebb 180 másodpercig késleltethető. Az ilyen vészkijáratnak fogadnia kell a tűzjelző berendezés jelét, melyre 1 másodpercen belül nyitnia kell. Az ajtó és a nyomógomb távolsága legfeljebb 600 mm lehet, a nyomógomb a padlótól 800 mm és 1200 mm közötti magasságban kell legyen [181]. Ez az érték eltér az általánosan a 39. oldalon

meghatározott és a 6. ábra segítségével bemutatott elhelyezési magasságtól, így ezen szabványban foglalt érték felülvizsgálata is indokolt lehet. A tűzvédelmi eszközök hozzáférhetőségére vonatkozó, antropometriai adatokon alapuló kutatási eredményeim (ld. 39. oldal) felhasználhatóak a vészkijáratok kezelőszerveinek, például az ajtónyitó nyomógombok elhelyezési magasságának meghatározásához is.

Villamos szabályozású vészkijárat rendszer gyakorlati alkalmazására mutat példát a 30. kép egy magyarországi bevásárlóközpont cipőboltjában.



30. kép
*Villamos szabályozású vészkijárat rendszer
egy magyarországi bevásárlóközpont cipőboltjában
[Készítette: a szerző]*

Amennyiben a vészkijárat esetében nem biztosítható, hogy az szabadon nyitható legyen, úgy a menekülési útirányjelző rendszer elemeinek letakarásáról vagy más módon való megjelöléséről gondoskodni szükséges. A biztonsági jelek letakarása (láthatatlanná tétele) mellett alkalmas megoldás lehet a nem használható vészkijárat megjelölésére a biztonsági jel mellett alkalmazott villogó vörös fény is, melyek jobban közvetítik a kijárat használhatatlanságának üzenetét, mint az áthúzott biztonsági jelek [43]. Célszerűnek látom a menekülési terveken feltüntetni, hogy melyik vészkijáratok nyithatóak késsedelem nélkül és melyek nyitásához szükséges várakozás. Az egyszerű és közérthető jelzések

megkönnyítik a menekülési tervek értelmezését, és segítik a nem építész végzettségű menekülők tájékozódását is [44].

Amennyiben a vészkijáraton állatok menekülését vagy menekítését kívánják biztosítani (például szarvasmarha-tenyésztés létesítményei esetén), úgy a vészkijáratok állatok általi vagy automatikus nyithatóságáról célszerű lehet gondoskodni. Ekkor figyelembe célszerű venni, hogy pániksituációkban feltételezhetően azonos viselkedésmintázat figyelhető meg embereken és állatokon is [45]. Egereken végzett kísérlet alapján úgy tűnik, hogy a kijárat szélessége és átbocsátóképessége nem egyenesen arányos [138].

Mivel a tömegben lévő emberek közötti kooperativitás veszélyhelyzetben megnövekszik a nem veszélyhelyzeti szituációkhoz képest [147], ez abba az irányba mutat, hogy egy vészkijárat nyitásához bizonyos esetekben lehetséges lehet több ember közreműködése is, mikor például a zártól egy ember által el nem érhető helyen van a kulcs és azt egy másik személy közreműködésével lehet a zár mellett álló személynek átadni. A kulcsdoboz előírászerű alkalmazásával, melyre példát a 31. kép mutat be, elkerülhetőek az ilyen helyzetek.



31. kép

*Kulcsdoboz egy vészkijárat mellett egy raktárnak használt régi malomépületben
[Készítette: a szerző]*

A jogszabályban előírt követelmény a vészkijáratok viszonylag szűk köre esetén teszi lehetővé a kulcsra zárást és éppen ott, a meglévő nagyobb létesítmények esetén nem alkalmazható, ahol a vészkijáratok ellenőrzésére a legnagyobb igény mutatkozik (például bevásárlóközpontok). Olyan létesítményekben, ahol tömegek tartózkodnak és a vészkijáratok kontrollálatlan használatát mégis el szeretnék kerülni az alábbiak alkalmazása jelenthet megoldást.

A vészkijáratot érzékelővel lehet ellátni, amely jelet továbbít a vagyonvédelmi vagy a tűzjelző rendszerbe. A vészkijárat nyitására az épület biztonsági szolgálata részére jelzés kerül továbbításra, így a szükséges beavatkozások megtehetőek.

A vészkijárat megfigyelhető zárláncú kamerarendszerrel, amelyen keresztül a rendeltetésellenes használat megfigyelhető és a szükséges operatív intézkedések megvalósíthatóak. Ilyen megfigyelésre tesz javaslatot múzeumok és kiállítóterek esetén a német VdS 3511 [182].

Alkalmas megoldás lehet a vészkijáratok rendeltetésétől eltérő használatának elkerülésére a vészkijárat működtetőszerkezetének (legtöbb esetben kilincsnek) az átlátszó műanyag búrával történő lefedése. Ilyen kialakításra mutat példát a 32. kép [183].



32. kép
Kilincsbúra, egy mozdulattal eltávolítható [183]

A kilincsbúra gyakorlati alkalmazására a 33. kép mutat példát, egy magyarországi nagykereskedelmi áruházban.



33. kép

*Kilincsbúra a gyakorlatban egy magyarországi nagykereskedelmi áruházban
[Készítette: a szerző]*

A kilincsbúra kedvét szegheti annak, aki visszaélés-szerűen használná a vészkijáratot, de nem akadályozza meg azt. Azonban alkalmas lehet arra, hogy a biztonsági szolgálat észlelhesse, ha a vészkijáratot kinyitották, mivel ekkor a búra nincs a helyén. A kilincsbúrához hasonlóan alkalmas az utólagos ellenőrzésre az, ha a vészkijárat plombával van ellátva, mint ahogy azt a 34. kép bemutatja.



34. kép

Plombával biztosított vészkiárat [Készítette: a szerző]

A vészkiáratokhoz utólagosan felszerelhető olyan berendezés, mely a kilincs vagy pánikrúd működtetése esetén helyi akusztikus jelzést ad, ugyanakkor a vészkiárat azonnali használhatóságát nem korlátozza [184] [185]. Megfelelő vizuális jelzések, feliratok és előriasztási funkció alkalmazásával a rendeltetéstől eltérő használat megelőzhető. Ilyen kialakításra mutat példát a 35. kép és a 36. kép [186] [187].



35. kép

Riasztóval felszerelt MSZ EN 179 szerinti vészkijárat [186]



36. kép

Riasztóval felszerelt MSZ EN 1125 szerinti pánikrudas vészkijárat [187]

Óvodákban és bölcsődékben az üzemeltetők azt kívánják elkerülni, hogy a gyermekek felügyelet nélkül elhagyják az épületet, ugyanakkor biztosítani kívánják a vészkijáratok felnőttek általi nyithatóságát. Erre az igényre megfelelő megoldást jelenthet az olyan kialakítású vészkijárat, mely rendelkezik egy normál magasságban felszerelt kilinccsel, mely jelzőberendezéshez kötött és ezen kívül egy olyan magasabbra szerelt kilinccsel is, melyet a gyermekek nem érnek el, de a felnőttek számára ezáltal az ajtó könnyen nyitható (37. kép) [188].



37. kép
Dupla kilincs egy óvoda vészkijáratán [188]

Ha a létesítményüzemeltetési igényeknek a csupán jelzést adó berendezésekkel felügyelt vészkijáratok nem nyújtanak kielégítő védelmet, úgy alkalmazásra kerülhetnek az MSZ EN 13637 szabványnak megfelelő vészkijáratok. Ilyen üzemelő rendszerrel ellátott ajtót mutat be a 38. kép [189].



38. kép
*Nyomógombbal nyitható vészkijárat
MSZ EN 13637 szerinti kialakítással [189]*

Hasonló, de nem szabványos megoldás az, ha az üzemszerűen zárt ajtó kilinccsel nem, de a tűzjelzésre nyílik. Ehhez az épületben tűzjelző berendezés üzemeltetése szükséges. Ilyen esetben vagy a tűzjelző kézi jelzésadókat célszerű közel helyezni a zárt vészkijáratokhoz (ha annak működtetésével a vészkijárat kinyílik), vagy külön vésznyitó nyomógombot lehet felszerelni. A vésznyitó (a kézi jelzésadóhoz hasonlóan) egyszerű működtetést követően folyamatosan biztosítsa az ajtó nyithatóságát (ne kelljen nyomva tartani). Azon kapcsolókat, melyek a vészkijáratokat nyitják olyan közel célszerű felszerelni az üzemszerűen zárt vészkijárat mellett, hogy az ajtónál álló személy azt elérje. Szélesebb (kétszárnyú) vészkijáratok nyithatóságának ilyen módon történő biztosítása esetén indokolt lehet az ajtó mindkét szélén elhelyezni egy-egy kapcsolót. Ha ilyen célra alkalmazzák a kézi jelzésadókat (azok jelére nyílik a vészkijárat) erre utaló jelzést (feliratot vagy piktogramot) célszerű elhelyezni a kézi jelzésadó közelében.

A vészkijáratok különféle nyitási módjai eltérő időt igényelnek a nyitáshoz:

- a) pánikzár esetén átlagosan kb. 4 másodperc;
- b) elektromos zár esetén átlagosan kb. 8 másodperc;
- c) kilinccsel összeköttetésben lévő riasztó (35. kép) esetén átlagosan kb. 16 másodperc [190].

A fenti időkhöz képest több időre lehet szükségük gyermekeknek és időseknek az ajtók nyitásához. Így a kilinccsel összeköttetésben lévő riasztók használata olyan vészkijáratok esetében, ahol gyermekek és idősek menekülésére is számítani lehet, nem javasolt [190].

2.7. Részkövetkeztetések

Az értekezés második fejezetében bemutattam és elemeztem egyrészt kiürítési gyakorlatok szervezésével és lebonyolításával kapcsolatos vonatkozó szakirodalmat, másrészt az épületek tűzeseti kiürítése során bejárt útvonalon elhelyezkedő szűkítések átbocsátóképességére vonatkozó szakirodalmat, harmadrészt a vészkijáratok nyithatóságának biztosítására vonatkozó szakirodalmat is. Kutatásaimat és azok eredményét részletesen bemutattam, melyek részkövetkeztetéseit a következőkben ismertetem, alfejezetek szerinti bontásban.

2.7.1. Kiürítési gyakorlatok elméleti vizsgálata

Áttekintettem a kiürítési gyakorlatok szervezésének és lebonyolításának jelenlegi helyzetét, a vonatkozó jogszabályi előírásokat; valamint javaslatokat fogalmaztam meg ezzel kapcsolatban a hatékonyság növelése érdekében. Bemutattam a kiürítési gyakorlatokkal kapcsolatos releváns nemzetközi és hazai szakirodalmat. Ismertettem a kiürítési gyakorlatok során szerzett saját tapasztalataimat. Bemutattam a kiürítési gyakorlatok szervezése és lebonyolítása során figyelembe veendő lehetséges megoldásokat.

Épületek kiürítési gyakorlatai alkalmasak lehetnek az épületben tartózkodók adekvát tűzeseti reagálásra való felkészítésére. Ahhoz, hogy a kiürítési gyakorlatok elérjék céljukat, azaz hatékonyan készítsék fel a résztvevőket a tűzeseti reagálásra, azokat kellő mértékben elő kell készíteni, meg kell szervezni és le kell bonyolítani. A kiürítési gyakorlatok tervezéséhez hozzátartozik a tűzriadó terv elkészítése vagy amennyiben ennek készítése nem kötelező, úgy ahhoz hasonló tervet célszerű készíteni. A meglévő tűzriadó terv hatékonyan felhasználható a kiürítési gyakorlat tervezésekor. A kiürítési gyakorlatok gondos szervezést igényelnek ahhoz, hogy céljukat elérjék. A szervezés során figyelembe kell venni előre látható és előre ki nem számítható körülményeket is. Előre látható lehet a résztvevők létszáma, az üzemállapot stb. Előre nehezen vagy nem kiszámítható az időjárás, a rendkívüli események stb.

A lebonyolítás, végrehajtás során a tervnek megfelelően tanácsos eljárni. A végrehajtás dokumentálása lehetőséget ad a kiürítési gyakorlat utólagos elemzésére, mely a résztvevők jövőbeli felkészítésekor nyújthat segítséget vagy a tűzriadó terv módosításához adhat alapot. A kiürítési gyakorlatok gondosan megszervezett és

lebonyolított végrehajtásával a résztvevők felkészítése és ezáltal megfelelő tűzeseti reagálása megvalósulhat.

2.7.2. Kiürítési gyakorlatok tapasztalatai

A 2013–2018 közötti időszakban 17 közösségi rendeltetésű épületben vizsgáltam meg a tűzriadó tervben foglaltak gyakoroltatása során a kiürítési gyakorlatok végrehajtását. A kiürítési gyakorlatok során mértem a kijáratok szélességét, a kiürítési gyakorlat idejét; megszámláltam a kiürítési gyakorlaton részt vevő személyek számát és kiszámítottam a kiürítésre használt vészkijáratok átbecsátását. A kiürítési gyakorlatok igyekeztek szimulálni egy valós menekülési helyzetet azáltal, hogy a kiürítési gyakorlat időpontjáról a résztvevők (az épületben tartózkodók) előzetesen nem értesültek, kivéve a vezetőket. A 6 év kiürítési gyakorlatainak adatait összesítve következtetéseket vonhattam le a menekülő tömeggel kapcsolatban.

Elemeztem a kiürítési gyakorlat során használt vészkijáratok összesített szélességének, az azokon áthaladt összes személy számának, valamint a kiürítési gyakorlat időtartamának figyelembevételével a kijáratok átbecsátását.

Az átbecsátás adatainak számításakor az esetek 26,32%-ában a kiürítési számításakor 2021. 07. 15. előtt figyelembe vehető 41,7 fő/(m·min) értéknél nagyobb értékek adódtak. A legmagasabb érték 87,5 fő/(m·min) feletti. Ez az érték még mindig elmarad több más kutató által végzett kísérlet eredményétől, mint Kretz és munkatársai [33], Seyfried és munkatársai [35], Pastor és munkatársai [38], Predtyeconszkij–Milinszkij [137], Haghani–Sarvi [42], valamint Huang és munkatársai [140].

Az én mérésém és számításom során nem a kiürítési számítás alkalmával figyelembe veendő számítási módszert alkalmaztam, így eredményeim közvetlenül nem hasonlíthatók össze a kiürítési számítás során használt adatokkal. Az átbecsátás meghatározásakor a mérést nem az első ember áthaladásakor kezdtem, a mért idő így nagyobb lett. Az átbecsátás számításakor így az áthaladt személyek számát nagyobb időre vetítettem, így kisebb értéket kaptam, mint akkor, ha a mérést az első áthaladásakor kezdtem. Ennek ellenére a kiürítési számítás során alkalmazandó átbecsátóképességi adatoknál nagyobb értékek arra engednek következtetni, hogy a valóságban előfordulhat a 41,7 fő/(m·min) értéknél nagyobb átbecsátóképesség is. A kijáratok átbecsátóképességének további vizsgálatai megalapozhatják a kiürítési számítás módszerének fejlesztését is.

2.7.3. Átbocsátóképesség vegyes életkorú populáción vizsgálva

Az épületekből való menekülés feltételeinek biztosítása az életvédelmi célok teljesítésének egyik eszköze. A jogszabályi követelmények teljesítése ellenőrzésének egyik elfogadott módszere a kiürítési számítás. E számítás része a szűkítések átbocsátóképességének figyelembevételével annak megállapítása, hogy a szűkítések lehetővé teszik-e a biztonságos menekülést. A kiürítési számítás során a szűkítések átbocsátóképességére Magyarországon alkalmazott érték 2021. 07. 14-ig 41,7 fő/(m·min) volt.

Elemeztem ebben a fejezetben a nemzetközi szakirodalmi adatokat, melyek a szűkítésen keresztüli gyalogosáramlásra, azon belül a szűkítések átbocsátóképességére vonatkoztak. A fellelt értékeket táblázatban foglaltam össze a kiürítésre vonatkozó egyik első publikációtól (1938) egészen a legfrissebb kutatási eredményeket tartalmazó 2021. évi cikkekig. A fellelt adatok között volt forrás, mely konstansnak írta le az átbocsátóképességet, míg más források lineáris vagy négyzetes összefüggést találtak a gyalogosáramlás erőssége és a szűkítés szélessége között. Ezen egyenleteket grafikusán ábrázoltam. Nem volt célom a gyalogosáramlás erőssége és a szűkítés szélessége közötti összefüggés konstans, lineáris vagy négyzetes voltának feltárása vagy cáfolása. A cél az volt, hogy egy átlagos átbocsátóképesség-érték kerüljön meghatározásra, mely könnyen beilleszthető a jelenlegi kiürítési számítási módszerbe és az össznépszerűség átlagos menekülőképességét jól reprezentálja.

A jelenleg alkalmazott átbocsátóképesség-érték publikációjában 1938-ban nem ismertették, hogy az értéket milyen életkori eloszlású utasokon mérték, ezen utasok közül használtak-e a gyalogos közlekedéshez segédeszközöket és azt sem, hogy milyen ruházatot viseltek.

Az általam megállapított átbocsátóképesség értéke a metróval utazó magyar populáció átlagos tulajdonságain alapul. Az életkor, és még inkább a mozgásukban korlátozottak, akik nagyobb számban használnak a gyalogos közlekedéshez segédeszközt, befolyásolhatja a menekülőképességet, és ezáltal a szűkítések átbocsátóképességét. Az általam megállapított érték a jelenleg alkalmazotthoz hasonlóan egységesítésre alkalmas átlagérték, mely az össznépszerűség átlagos menekülőképességén alapul. Az épületben tartózkodók biztonságát az átbocsátóképességen kívül a bejárat

útvonal hossza, a haladási sebesség, az épület tűzvédelmi jellemzői (például tűzszakasz mérete, tűzjelző berendezés stb.) szintén befolyásolják.

Ebben a fejezetben megállapítottam az épületekből való menekülés során bejárt útvonalon elhelyezkedő szűkítések átbocsátóképességét. Ezen értéket a populáció átlagos menekülőképességének figyelembevételével, járművekből kiszálló utasok megfigyelésével és áramlásukra jellemző mennyiségek mérésével állapítottam meg egy $n = 11$ és egy $n = 30$ elemszámú mintán. A mintavételt a budapesti metróhálózat egyik végállomásán végeztem, mivel megállapítottam, hogy végállomáson lehet az egyirányú gyalogosáramlást megnyugtató pontossággal vizsgálni. Az állomás kiválasztásához elemeztem a budapesti metróhálózatok legfrissebb utasszámlálási adatait. Kidolgoztam a mérés módszertanát, valamint meghatároztam a mérés gyakorlati végrehajtásához szükséges feltételeket. A mérést egyedül végeztem, a mérési helyszínről rajzot mutattam be, valamint ábrán jelöltem a metrókocsi méréshez figyelembe vett ajtajait. A méréskor megfigyeltem és rögzítettem a klimatikus viszonyokat, valamint a gyalogosok ruházatát.

A mérés eredményét statisztikai módszerekkel elemeztem, megállapítottam 95%-os és 99%-os megbízhatósággal a szűkítések átbocsátóképességének mértékét, valamint az átlagértéket összehasonlítottam más szerzők által meghatározottakkal. Az ebben a fejezetben közölt érték konfidenciaintervalluma tovább pontosítható a minta elemszámának növelésével. Javasoltam a szűkítések átbocsátóképességének kiürítési számítás során figyelembe vehető értékét a 95%-os megbízhatóságú konfidenciaintervallum alsó határa szerint (kerekítve) $71,4 \text{ fő}/(\text{m}\cdot\text{min})$ értékben megállapítani. Ehhez a kiürítésről szóló tűzvédelmi műszaki irányelv módosítása szükséges.

Amennyiben a mozgáskorlátozottak átbocsátóképességet befolyásoló hatását is figyelembe kívánjuk venni, úgy az össznépeséghez viszonyított arányuknak megfelelő mértékben jelen lévő mozgáskorlátozottak esetében a 9. képlet alapján az előbb említett érték $65,7 \text{ fő}/(\text{m}\cdot\text{min})$ lesz. Ha csak járókeretet, illetve rollátort használók homogén csoportjára kívánjuk az átbocsátóképességet meghatározni, úgy annak értéke $28,6 \text{ fő}/(\text{m}\cdot\text{min})$ lesz. Az előzőekben foglaltak alapján a kiürítésről szóló tűzvédelmi műszaki irányelv módosításra került, így 2021. 07. 15-től $65 \text{ fő}/(\text{m}\cdot\text{min})$ átbocsátóképesség alkalmazható a kiürítési számítások során [132].

A mérési elrendezés egyszerűsített kiürítési szimulációs modelljét megalkottam, majd szimulációkat futtattam le az erre szolgáló Pathfinder programmal. A szimuláció eredményét összehasonlítottam saját mérésem eredményeivel. A szimuláció is igazolta a $41,7 \text{ fő}/(\text{m}\cdot\text{min})$ értéknél jóval magasabb eredményt.

A mérés eredményének más szerzők eredményeivel történő összehasonlítása után megállapítható, hogy jelentős a szórás az egyes szerzők értékei között. Az általánosan alkalmazott átbocsátóképesség értéke lehet, hogy csak a kezdet és további elemzéssel, vizsgálattal és kutatással jobban megismerhető lesz a szűkítéseken keresztüli gyalogosáramlás.

2.7.4. Átbocsátóképesség gyermekekkel és fiatalokkal vizsgálva

Jelenleg nincs a Magyarországon olyan előírás vagy iránymutatás, amely a felnőttektől eltérően a gyermekek és fiatalok vonatkozásában külön átbocsátóképesség-értéket adna meg. Ilyen érték csak önállóan menekülni képes 10 évesnél idősebb személyekre létezik. Az épületek kiürítése során a szűkítések átbocsátóképességének gyermekekre és fiatalokra vonatkozó adatainak meghatározása lehetőséget ad arra, hogy a kiürítési számítás során külön érték legyen alkalmazható akkor, ha ez indokolt. Lehetőséget ad továbbá arra is, hogy a populáció egyes csoportjai menekülőképességének ezen jellemzőjét jobban megismerjük. E fejezetben a menekülőképesség több tényezője közül csak az átbocsátóképességet vizsgáltam.

Az épületek kiürítésének ellenőrzésére szolgál a kiürítési számítás, melynek része a szűkítések átbocsátóképességének figyelembevételével annak megállapítása, hogy a szűkítések lehetővé teszik-e a biztonságos menekülést. A kiürítési számítás során a szűkítések átbocsátóképességére Magyarországon 2021.07.14-ig alkalmazott érték $41,7 \text{ fő}/(\text{m}\cdot\text{min})$ volt, mely önállóan menekülni képes 10 évesnél idősebb személyekre alkalmazható.

Elemeztem e fejezetben a nemzetközi szakirodalomban található – szűkítésen keresztüli gyalogosáramlásra vonatkozó – adatokat, melyek a szűkítések átbocsátóképességére vonatkoztak. A fellelt értékeket grafikonon ábrázoltam. Az egyes források eltérően határozták meg az összefüggést a gyalogosáramlás erőssége és a szűkítés szélessége között: konstans, lineáris és négyzetes összefüggés is előfordult. Nem volt célom az gyalogosáramlás erőssége és a szűkítés szélessége közötti összefüggés megállapítása. A cél az volt, hogy gyermekekre és fiatalokra vonatkozó átlagos

átbocsátóképesség-érték kerüljön meghatározásra, mely könnyen beilleszthető a jelenlegi kiürítési számítási módszerbe és az önállóan menekülni képes gyermekek és fiatalok átlagos menekülőképességét jól reprezentálja.

Az általam megállapított át-bocsátóképesség értéke a 6–18 éves magyar populáció átlagos tulajdonságain alapul. Számos tényező, mint a ruházat, az életkor, a segédeszközzel közlekedők aránya befolyásolhatja a menekülőképességet, és ezáltal a szűkítések át-bocsátóképességét. Az általam megállapított érték ebben az esetben is, a jelenleg alkalmazotthoz hasonlóan, egységesítésre alkalmas átlagérték, mely a vizsgált korcsoport átlagos menekülőképességén alapul.

Ebben a fejezetben megállapítottam az épületekből való menekülés során bejárt útvonalon elhelyezkedő szűkítések át-bocsátóképességét 6–18 éves gyermekek, valamint 10–18 éves gyermekek és fiatalok vonatkozásában. Ezen értéket általános iskolák és egy nyolc évfolyamos gimnázium kiürítési gyakorlatainak megfigyelésével és áramlásra jellemző mennyiségek mérésével állapítottam meg egy $n = 15$ és egy $n = 13$ elemszámú mintán. A vizsgálatban részt vevő személyek összlétszáma 1269 fő volt.

A megfigyelést azért kiürítési gyakorlatok alkalmával végeztem, mivel az egyirányú gyalogosáramlást megnyugtató pontossággal csak ilyenkor lehet könnyen vizsgálni. A megfigyelt kijárat meghatározásához figyelembe vettem az elmúlt nyolc évben általam lebonyolított több, mint 100 kiürítési gyakorlat tapasztalatait. Kidolgoztam a mérés módszertanát, valamint meghatároztam a mérés gyakorlati végrehajtásához szükséges feltételeket. A mérést elvégeztem, a mérés helyszíneiről rajzot mutattam be, melyen jelöltem a méréshez figyelembe vett kijáratokat.

Statisztikai módszerekkel elemeztem a mérés eredményét, ezáltal 95%-os és 99%-os megbízhatósággal megállapítottam a szűkítések gyermekekre vonatkozó át-bocsátóképességének mértékét, valamint az átlagértéket összehasonlítottam más szerzők által meghatározottakkal. A szűkítések gyermekekre és fiatalokra jellemző át-bocsátóképessége nagyobb, mint a felnőttek vegyes csoportján mért érték. Ez elsősorban a gyermekek kisebb testméreteivel magyarázható. Javasoltam a szűkítések 6–18 éves korosztályra vonatkozó át-bocsátóképességének kiürítési számítás során figyelembe vehető értékét a 10–18 éves populáció alacsonyabb mért értéke 95%-os megbízhatóságú konfidenciaintervallum alsó határa szerinti (kerekítve) 80 fő/(m·min) értékben megállapítani. Ehhez a kiürítésről szóló tűzvédelmi műszaki irányelv

módosítása szükséges. A kiürítés meglévő komplex rendszerébe az új érték akként is adaptálható, ha eltérő értékben kerül meghatározásra a 10–18 éves és a felnőtt populáció vonatkozásában a szűkítések átbocsátóképessége. Az ebben a fejezetben közölt érték konfidenciaintervalluma tovább pontosítható a minta elemszámának növelésével.

A 6–18 éves intervallum nehezen hasonlítható össze az életkori sajátosságok eltérése miatt, ezért az egységes érték megállapításakor – a biztonság javára – az átbocsátóképesség értéke a 10–18 éves populáció alacsonyabb mért értéke alapján került meghatározásra.

Mindhárom épület vonatkozásában megalkottam a mérési elrendezések egyszerűsített kiürítési szimulációs modelljét, majd kiürítési szimulációkat futtattam le. A szimulációk eredményeit összehasonlítottam saját méréseim eredményeivel. A szimuláció eredményei is visszaigazolták a 6–14 éves gyermekekkel meghatározott értékeimet, ugyanis azok 99%-os konfidenciaintervallumába estek. A 10–18 éves fiatalokkal végzett mérési eredményeim 99%-os konfidenciaintervallumán kívül estek az erre vonatkozóan végzett szimulációk, ugyanakkor ez a szimuláció is igazolta, hogy a 41,7 fő/(m·min) átbocsátóképességnél nagyobb értékek jellemzőek ezen korosztályra, így a TvMI-ben szereplő érték módosítása indokolt.

Jelentős szórás figyelhető meg a különböző források szerinti átbocsátóképességi értékekben. Ennek különféle okai lehetnek és egyben rávilágít arra, hogy nincs jelenleg egységes elfogadott módszer az átbocsátóképesség meghatározására. További kutatások során lehetőség nyílik a szűkítésen keresztüli gyalogosáramlás jobb megismerésére és a kiürítési számítás további fejlesztésére.

2.7.5. Vészkijáratok nyithatósága

Vizgáltam és bemutattam a vészkijáratok nyithatóságának gyakorlati jelentőségét, a létesítményüzemeltetés során jelentkező igényeket, a vészkijáratok nyithatóságának jelenleg kialakult helyzetét 41 különböző rendeltetésű létesítményben. Ezek között voltak bölcsődék, óvodák, általános iskolák, gimnáziumok, irodák, valamint tárolási és ipari rendeltetésű létesítmények.

A vizsgált létesítményekben tapasztalt állapotok nem minden esetben járultak hozzá a vészkijáratok akadálytalan nyithatóságához: például a csak kulccsal nyitható ajtó, az áramszünet esetén csak kulccsal nyitható ajtó és a csavarral rögzített ajtó esetében.

Áttekintettem és bemutattam a vészkijáratok zárakra, pánikzárakra és a villamos szabályozású kijáratok menekülési útvonalon való használatára vonatkozó előírásokat, szabványokat. Külföldi példákat elemeztem a vészkijáratok nyithatóságának biztosítására.

A vészkijáratok nyithatóságának biztosítására az alábbi lehetőségek kínálkoznak:

- a) működtetőszervezet nélkül nyitható vészkijárat;
- b) kilinccsel nyitható vészkijárat;
- c) búrával fedett kilinccsel nyitható vészkijárat;
- d) pánikrúddal nyitható vészkijárat;
- e) nyomógommbal nyitható vészkijárat;
- f) kulccsal nyitható vészkijárat;
- g) kilinccsel nyitható, riasztóval ellátott vészkijárat;
- h) pánikrúddal nyitható, riasztóval ellátott vészkijárat;
- i) nyomógommbal nyitható, riasztóval ellátott vészkijárat;
- j) búrával fedett kilinccsel nyitható, riasztóval ellátott vészkijárat;
- k) nyomógommbal késleltetéssel nyitható, riasztóval ellátott vészkijárat.

A fenti lehetőségek mindegyike más és más helyzetben jelent optimális lehetőséget a vészkijáratok nyithatóságának biztosítására. A kialakításnál figyelembe kell venni a vagyonvédelemre vonatkozó igényeket; a cselekvőképtelen és korlátozottan cselekvőképes kiskorú, illetve a cselekvőképességében részlegesen korlátozott és a cselekvőképtelen nagykorú személyek ellenőrizetlen távozásának lehetőségét; a vészkijáratok számát, elhelyezkedését; az épület jellegét, kialakítását; a menekülési tervet, tűzriadó tervet, az épület aktív és passzív tűzvédelmi rendszereit is.

A tűzvédelmi, vagyonvédelmi és létesítményüzemeltetési szempontoknak megfelelő optimum elérhető a fenti kialakításokkal. Ezzel a fejezettel össze kívántam foglalni a vészkijáratok nyithatóságát biztosító lehetőségeket a gyakorlati igényekkel összefüggésben. Ahhoz, hogy az egyes rendeltetések és a vészkijáratok nyithatóságának megfelelő módja egy-egy létesítmény esetében egyértelműen megállapítható legyen, további vizsgálatok szükségesek.

Bemutattam és elemeztem a vészkijáratok nyithatóságával kapcsolatos vonatkozó szakirodalmat, bemutattam a jogalkalmazás során felmerülő gyakorlati problémákat. Ez utóbbiakat fényképekkel illusztráltam. Külföldi példákat elemeztem és bemutattam a vészkijáratok zárára, pánikzarára és a villamos szabályozású kijáratok rendszerek menekülési útvonalon való használatára vonatkozó előírásokat, szabványokat.

Meghatároztam a vészkijáratok nyithatóságát biztosító lehetőségeket, melyek mindegyike optimális lehetőséget ad a vészkijáratok nyithatóságára. A lehetséges megoldások közül az adott létesítményre és vészkijáratra az összes körülmény figyelembevételével lehet meghatározni, hogy melyik kerüljön alkalmazásra.

ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK

1. fejezet

Az 1. fejezetben abból a tudományos problémából indultam ki, hogy a tűzvédelmi eszközök és tűzoltó-vízforrások hozzáférhetősége nem definiált. Jelenleg nem ismert, hogy milyen feltételek mellett tekinthetők a tűzvédelmi eszközök, tűzoltó-vízforrások és közműelzárók hozzáférhetőnek. A jelenlegi előírások több esetben csak általánosságban fogalmazzák meg a megközelíthetőség és hozzáférhetőség követelményét, de a megvalósítás konkrét műszaki megoldásokra nem adnak iránymutatást.

Felállítottam 1. hipotézisemet: feltételezem, hogy az antropometriai tulajdonságok figyelembevételével kalkulált geometriai adatokra optimalizált paraméterek alkalmazása nyújtja a legszélesebb használati körben az elvárt biztonsági szintnek megfelelő műszaki megoldásokat.

Kutatási célom volt, hogy antropometriai adatok vizsgálatával egzakt módon meghatározzam a tűzvédelmi eszközök, tűzoltó-vízforrások és közműelzárók elhelyezésének használati, valamint tűzoltó beavatkozási szempontból optimális geometriai paramétereit.

A kutatási cél eléréséhez a következő kutatási módszereket alkalmaztam. Tanulmányoztam és összehasonlító elemzéssel értékeltem a hazai és nemzetközi szakirodalmat, valamint különböző szabványokat és irányelveket. Helyszíni felmérés során létesítmények tűzvédelmi helyzetét felmértem, majd elemeztem a meglévő állapotok; az üzemeltetői, használói igények és a tűzvédelmi használati szabályok összevetésével.

A kutatási célnak megfelelően az alábbi főbb megállapításokra és következtetésekre jutottam:

- a) Meghatároztam a tűzvédelmi eszközök, tűzoltó-vízforrások és közműelzárók hozzáférhetőségének gyakorlati jelentőségét az épületek megelőző tűzvédelmében.
- b) Feltártam a tűzvédelmi eszközök, tűzoltó-vízforrások és közműelzárók hozzáférhetősége biztosításának meghatározásához szükséges antropometriai adatokat.

- c) A releváns antropometriai adatokat táblázatba foglaltam és rendszereztem. Meghatároztam a tűzvédelmi eszközök, tűzoltó-vízforrások és közműelzárók hozzáférhetőségéhez szükséges feltételeket.
- d) Műszaki rajzokat készítettem, melyeken a tűzvédelmi eszközök, tűzoltó-vízforrások és közműelzárók környékén szabadon tartandó terek méreteit ábrázoltam.
- e) Meghatároztam az optimális méretadatokat a tűzvédelmi eszközök vertikális elhelyezésére, melyek alapján meghatároztam a tűzvédelmi eszköz megközelítési útvonalának szabadon tartandó úrszelvényét.
- f) Meghatároztam a tűzvédelmi eszköz legmagasabb pontjának maximális és legalacsonyabb pontjának minimális magasságát, valamint a tűzvédelmi eszköz fogantyúinak vagy egyéb, megfogásra szolgáló részeinek optimális elhelyezési magasságát az optimális (a populáció minél szélesebb körének lehetőségét adó) hozzáférhetőség biztosítása érdekében.
- g) Meghatároztam a tűzvédelmi eszköz használatba vételéhez szükséges látótér biztosításának térbeli paramétereit.

A fentiekben foglaltak alapján igazoltnak látom az 1. hipotézisemet, miszerint feltételezem, hogy az antropometriai tulajdonságok figyelembevételével kalkulált geometriai adatokra optimalizált paraméterek alkalmazása nyújtja a legszélesebb használati körben az elvárt biztonsági szintnek megfelelő műszaki megoldásokat.

2. fejezet

A 2. fejezetben abból a tudományos problémából indultam ki, hogy nem ismert a kiürítési számítás során alkalmazott átbocsátóképesség-érték tudományos alapja és kapcsolata a populáció átlagos menekülőképességével. Az előírt átbocsátóképesség-értéket, mely nem tesz lehetővé differenciálást, több, mint 50 éve alkalmazzák, így annak felülvizsgálata indokolt.

Felállítottam 2. hipotézisemet: feltételezem, hogy a felnőttek, fiatalok és gyermekek szűkítésen keresztüli áramlásának vizsgálatával meghatározható átbocsátóképesség-érték nagyobb, mint a jelenleg elfogadott és a vonatkozó TvMI-ben rögzített érték.

Kutatási célom volt, hogy a jelenleg elfogadott és a vonatkozó TvMI-ben rögzített átbozsátóképesség értékének differenciált módon történő meghatározását lehetővé tevő átbozsátóképesség-értéket határozzak meg felnőttek, fiatalok és gyermekek vonatkozásában.

A kutatási cél eléréséhez a következő kutatási módszereket alkalmaztam. Tanulmányoztam és összehasonlító elemzéssel értékeltem a hazai és nemzetközi szakirodalmat, valamint különböző szabványokat és irányelveket. Helyszíni kísérleteket végeztem a populáció átlagos menekülőképességének figyelembevételével a szűkítések átbozsátóképességének vizsgálatára, így meghatároztam a szűkítések átbozsátóképességét felnőttek, fiatalok és gyermekek vonatkozásában.

A kutatási célnak megfelelően az alábbi főbb megállapításokra és következtetésekre jutottam:

- a) Kidolgoztam az épületek kiürítési gyakorlatainak szervezésére, lebonyolítására és értékelésére vonatkozó javaslatokat.
- b) Bebizonyítottam, hogy a kiürítési számítás során alkalmazott átbozsátóképességnél nagyobb értékek is lehetségesek a valóságban.
- c) Mérésekkel meghatároztam a gyalogosok szűkítésen keresztüli áramlására jellemző átbozsátóképességet felnőtt, fiatal és gyermekek vonatkozásában.
- d) Továbbfejlesztettem a kiürítési számítást az átbozsátóképesség értékének módosítására tett javaslatommal.
- e) Meghatároztam a vészkijáratok nyithatóságának biztosításával kapcsolatos üzemeltetői elvárásokat.
- f) Meghatároztam a vészkijáratok nyithatóságát biztosító lehetőségeket, melyek mindegyike optimális lehetőséget ad a vészkijáratok nyithatóságára.

A fentiekben foglaltak alapján igazoltnak látom a 2. hipotézisemet, miszerint feltételezem, hogy a felnőttek, fiatalok és gyermekek szűkítésen keresztüli áramlásának vizsgálatával meghatározható átbozsátóképesség-érték nagyobb, mint a jelenleg elfogadott és a vonatkozó TvMI-ben rögzített érték.

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Antropometriai adatok vizsgálatával egzakt módon meghatároztam a tűzvédelmi eszközök, tűzoltó-vízforrások és közműelzárók elhelyezésének használati, valamint tűzoltó beavatkozási szempontból optimális geometriai paramétereit, melynek alapján bebizonyítottam, hogy a meghatározott, antropometriai tulajdonságok figyelembevételével kalkulált geometriai adatokra optimalizált paraméterek alkalmazása nyújtja a legszélesebb használati körben az elvárt biztonsági szintnek megfelelő műszaki megoldásokat.
2. Személyek szűkítésen keresztüli áramlásának vizsgálatával meghatároztam a jellemző átbocsátóképességet felnőttek, fiatalok és gyermekek esetében és igazoltam, hogy a kutatásaim alapján meghatározott érték nagyobb, mint a napjainkban hazánkban a kiürítési számítás során alkalmazott átbocsátóképesség-érték, amely lehetővé teszi a jelenleg elfogadott és a vonatkozó TvMI-ben rögzített átbocsátóképesség értékének differenciált módon történő meghatározását.

AJÁNLÁSOK

Kutatómunkám során részletesen vizsgáltam a tűzvédelmi eszközök, tűzoltó-vízforrások és közműelzárók hozzáférhetőségének jelentőségét és kritériumait; az épületek kiürítésekor a szűkítéseken áthaladó személyek áramlását, melyből meghatároztam a szűkítések átbecsátóképességét; valamint a vészkijáratok nyithatóságának biztosítására szolgáló feltételeket és konkrét műszaki megoldásokat. Kutatási eredményeim érintik a tűzvédelmi igazgatásban dolgozók, a gazdálkodó szervezeteknél a tűzmegeelőzéssel foglalkozók és a tűzvédelmi tervezők szakterületét is.

Ajánlom az értekezést:

- a) tűzmegeelőzéssel foglalkozó szakembereknek;
- b) tűzvédelmi tervezőknek és szakértőknek;
- c) a megeelőző tűzvédelem területén kutatást végző kutatóknak, doktoranduszoknak;
- d) egyetemi hallgatóknak, akik a megeelőző tűzvédelemmel foglalkoznak;
- e) azon személyeknek, akiknek megeelőzésem és javaslataim segíthetnek a tűzvédelmi használati szabályok betartásában;
- f) a tűz elleni védekezésért felelős jogalkotónak a tűzvédelemre vonatkozó jogszabályok módosításokhoz;
- g) a Tűzvédelmi Műszaki Bizottságnak a meglévő tűzvédelmi műszaki irányelvek felülvizsgálatához és új tűzvédelmi műszaki irányelvek kidolgozásához segítségül;
- h) tűzvédelmi hatósági ellenőrzésben közreműködő szakembereknek.

KUTATÁSI EREDMÉNYEK GYAKORLATI FELHASZNÁLHATÓSÁGA

Kutatási eredményeim az alábbiak szerint hasznosíthatók a gyakorlatban:

1. A tűzvédelmi eszközök, tűzoltó-vízforrások és közműelzárók hozzáférhetőségéhez szükséges feltételek, melyeket meghatároztam, alapjait képezhetik egy jövőbeli jogszabályváltoztatásnak. A meghatározott konkrét műszaki megoldások alkalmasak lehetnek akár egy új, a tűzvédelmi használati szabályokról szóló tűzvédelmi műszaki irányelvbe való beépítésre. A rendszerezett antropometriai adatok lehetőséget adnak további kutatásokra a hozzáférhetőség témájában.
2. Az általam meghatározott, külön felnőttekre, fiatalokra és gyermekekre vonatkoztatott átbecsátóképesség értéke lehetőséget ad a jelenleg elfogadott és a kiürítésről szóló tűzvédelmi műszaki irányelvben rögzített átbecsátóképesség értékének differenciált módon történő meghatározására, módosítására, valamint megalapozhat további kutatásokat e tárgyban.

HIVATKOZOTT IRODALOM JEGYZÉKE

- [1] Magyarország Alaptörvénye. Online: <https://www.njt.hu/jogszabaly/2011-4301-02-00> (Letöltés dátuma: 2021. 08. 09.)
- [2] 1996. évi XXXI. törvény a tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról. Online: <https://www.njt.hu/jogszabaly/1996-31-00-00> (Letöltés dátuma: 2021. 08. 09.)
- [3] 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról. Online: <https://www.njt.hu/jogszabaly/2014-54-20-0A> (Letöltés dátuma: 2021. 08. 09.)
- [4] 53/2014. (XII. 5.) BM rendelet a Tűzvédelmi Műszaki Bizottság létrehozásának, összetételének, feladatkörének és működésének részletes szabályairól. Online: <https://www.njt.hu/jogszabaly/2014-53-20-0A> (Letöltés dátuma: 2021. 08. 09.)
- [5] 489/2017. (XII. 29.) Korm. rendelet a tűzvédelmi hatósági eljárások általános és különös szabályairól. Online: <https://www.njt.hu/jogszabaly/2017-489-20-22> (Letöltés dátuma: 2021. 08. 09.)
- [6] TvMI 2.3:2020.01.22. Tűzvédelmi Műszaki Irányelv – Kiürítés. Online: <https://katasztrofavedelem.hu/application/uploads/documents/2019-12/67049.pdf>
- [7] 30/1996. (XII. 6.) BM rendelet a tűzvédelmi szabályzat készítéséről. Online: <https://www.njt.hu/jogszabaly/1996-30-20-0A> (Letöltés dátuma: 2021. 08. 09.)
- [8] 9/2015. (III. 25.) BM rendelet a hivatásos katasztrófavédelmi szerveknél, az önkormányzati és létesítményi tűzoltóságoknál, az önkéntes tűzoltó egyesületeknél, valamint az ez irányú szakágazatokban foglalkoztatottak szakmai képzési követelményeiről és szakmai képzéseiről. Online: <https://www.njt.hu/jogszabaly/2015-9-20-0A> (Letöltés dátuma: 2021. 08. 09.)
- [9] 39/2011. (XI. 15.) BM rendelet a tűzoltóság tűzoltási és műszaki mentési tevékenységének általános szabályairól. Online: <https://www.njt.hu/jogszabaly/2011-39-20-0A> (Letöltés dátuma: 2021. 08. 09.)
- [10] 1163/2020. (IV. 21.) Korm. határozat Magyarország Nemzeti Biztonsági Stratégiájáról. Online: <https://www.njt.hu/jogszabaly/2020-1163-30-22> (Letöltés dátuma: 2021. 08. 09.)

- [11] Beda László: *Épületek tűzbiztonságának műszaki értékelése*. Doktori (PhD) értekezés, Budapest, ZMNE KMDI, 2004. Online: https://www.uni-nke.hu/document/uni-nke-hu/beda_laszlo.pdf
- [12] Bérczi László: Az extrém körülmények közötti tűzoltói beavatkozások biztonságát növelő eszközrendszer fejlesztések az integrált katasztrófavédelem rendszerében. Doktori (PhD) értekezés, Budapest, NKE KMDI, 2014. Online: <https://nkerepo.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/123456789/12326/1/ertekezes.pdf>
- [13] Restás Ágoston: *Az erdőtüzek légi felderítésének és oltásának kutatás-fejlesztése*. Doktori (PhD) értekezés, Budapest, ZMNE KMDI, 2008. Online: <https://nkerepo.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/123456789/12101/1/ertekezes.pdf>
- [14] Szabó Gyula: *A katonai szolgálatból származó fizikai terhelés értékelésének módszerei*. Doktori (PhD) értekezés, Budapest, NKE KMDI, 2013. Online: <https://nkerepo.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/123456789/12284/1/ertekezes.pdf>
- [15] Érces Gergő: Az építmények tűzvédelemi fejlesztésének lehetőségei a komplex tűzvédelem elemei valós egymásra hatásának mérnöki módszerekkel történő elemzésével. Doktori (PhD) értekezés, Budapest, NKE KMDI, 2019. Online: https://nkerepo.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/12506/erces_gergo_doktori_ertekez_es_2019.pdf;jsessionid=07337AF32B3F70C8D3F8F2C3CD57E41E?sequence=1
- [16] VdS 2001 Regeln für die Ausrüstung von Arbeitsstätten mit Feuerlöschern. Köln, VdS Schadenverhütung GmbH, 1998. Online: https://www.medienversicherung.de/fileadmin/_migrated/content_uploads/20100512174315-2.pdf (Letöltés dátuma: 2021. 08. 09.)
- [17] BGI 560 Arbeitssicherheit durch vorbeugenden Brandschutz. Mainz, Berufsgenossenschaft Holz und Metall, 2013. Online: https://www.umwelt-online.de/recht/arbeitss/uvv/bgi/560_ges.htm (Letöltés dátuma: 2017. 11. 28.)
- [18] DGUV 205-001 Betrieblicher Brandschutz in der Praxis. Berlin, DGUV, 2020. Online: <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/324> (Letöltés dátuma: 2021. 08. 09.)

- [19] NFPA 10 Standard for portable fire extinguishers. Quincy, National Fire Protection Association, 2018. Online: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=10> (Letöltés dátuma: 2021. 08. 01.)
- [20] MSZ EN ISO 7250-1:2018 Az emberi test alapvető méretei műszaki tervezéshez. 1. rész: Testméret-meghatározások és mérési pontok (ISO 7250-1:2017)
- [21] MSZ EN 547-2:1996+A1:2009 Gépek biztonsága. Az emberi test méretei. 2. rész: A hozzáférési nyílások méretezésének alapelvei
- [22] Restás Ágoston: Tűzoltók szemtől szemben az érintettekkel. Viselkedésformák tűz- és káreseteknél. *Bolyai Szemle*, 13. (2014), 3. 25–35. Online: http://archiv.uni-nke.hu/downloads/kutatas/folyoiratok/bolyai_szemle/Bolyai_Szemle_2014_03_online.pdf
- [23] Herperger Sándor: A használat tűzvédelmi tapasztalatai a Debreceni Főnix Csarnokban. *Védelem Katasztrófa- és Tűzvédelmi Szemle*, 13. (2006), 4. 15. Online: <http://vedelem.hu/letoltes/ujsgag/v200604.pdf?10>
- [24] Tiszolczi Balázs Gergely: Tűzvédelmi követelmények érvényesítése kórházak rekonstrukciójánál I. *Védelem Katasztrófa- és Tűzvédelmi Szemle*, 18. (2011), 3. 17–19. Online: <http://vedelem.hu/letoltes/ujsgag/v201103.pdf?8>
- [25] Hagebölling, Dirk (szerk.): *Taschenbuch betrieblicher Brandschutz*. Essen, Vulkan Verlag, 1999.
- [26] Ferreira, Tiago Miguel et alii: Urban fire risk: Evaluation and emergency planning. *Journal of Cultural Heritage*, 20. (2016), 739–745. Online: <https://doi.org/10.1016/j.culher.2016.01.011>
- [27] Hassanain, Mohammad A. – Hafeez, Mohammed Abdul – Sanni-Anibire, Muizz O.: A ranking system for fire safety performance of student housing facilities. *Safety Science*, 92. (2017), 116–127. Online: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.10.002>
- [28] Beljajev, Sz. V.: *Evakuacija zdanyij masszovovo naznacsenyija*. Moszkva, Izdatyelsztvo Vszeszozuznoj Akagyemii Arhityekturi, 1938.

- [29] Li, Hongliu et alii: A comparative study on the bottleneck flow between preschool children and adults under different movement motivations. *Safety Science*, 121. (2020), 30–41. Online: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.09.002>
- [30] Wang, Shuai et alii: Setting the Width of Emergency Exit in Pedestrian Walking Facilities. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 138. (2014), 233–240. Online: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.07.200>
- [31] Fujii, Kosuke – Sano, Tomonori: Experimental study on crowd flow passing through ticket gates in railway stations. *Transportation Research*, 2. (2014), 630–635. Online: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2014.09.105>
- [32] Ren, Xiangxia – Zhang, Jun – Song, Weiguo: Flows of walking and running pedestrians in a corridor through exits of different widths. *Safety Science*, 133. (2021), 105040. Online: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.105040>
- [33] Kretz, Tobias – Grünebohm, Anna – Schreckenberg, Michael: Experimental study of pedestrian flow through a bottleneck. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, 10. (2006), P10014. Online: <https://doi.org/10.1088/1742-5468/2006/10/P10014>
- [34] Gwynne, S. M. V. et alii: Questioning the linear relationship between doorway width and achievable flow rate. *Fire Safety Journal*, 44. (2009), 80–87. Online: <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2008.03.010>
- [35] Seyfried, Armin et alii: Empirical data for pedestrian flow through bottlenecks. In Appert-Rolland C. et alii (szerk.): *Traffic and Granular Flow '07*. Berlin, Springer. 2009. 189–199. Online: https://doi.org/10.1007/978-3-540-77074-9_17
- [36] Fernández, Rodrigo – Valencia, Alejandra – Seriani, Sebastian: On passenger saturation flow in public transport doors. *Transportation Research Part A*, 78. (2015), 102–112. Online: <http://doi.org/10.1016/j.tra.2015.05.001>
- [37] Thompson, Peter et alii: Evacuation models are running out of time. *Fire Safety Journal*, 78. (2015), 251–261. Online: <http://doi.org/10.1016/j.firesaf.2015.09.004>

- [38] Pastor, José M. et alii: Experimental proof of faster-is-slower in systems of frictional particles flowing through constrictions. *Physics Rev. E*, 92. (2015), 062817. Online: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.92.062817>
- [39] DiNenno, Philip J. et alii: *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*. Quincy, National Fire Protection Association, 2002. 3-371 (905).
- [40] Garcimartín, Angel et alii: Flow of pedestrians through narrow doors with different competitiveness. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, 4. (2016), P043402. Online: <https://doi.org/10.1088/1742-5468/2016/04/043402>
- [41] Nicolas, Alexandre – Bouzat, Sebastián – Kuperman, Marcelo N.: Pedestrian flows through a narrow doorway: Effect of individual behaviours on the global flow and microscopic dynamics. *Transportation Research Part B: Methodological*, 99. (2017), 30–43. Online: <https://doi.org/10.1016/j.trb.2017.01.008>
- [42] Haghani, Milad – Sarvi, Majid: Simulating pedestrian flow through narrow exits. *Physics Letters A*, 383. (2019), 2–3. 110–120. Online: <https://doi.org/10.1016/j.physleta.2018.10.029>
- [43] Olander, Joakhim et alii: Dissuasive exit signage for building fire evacuation. *Applied Ergonomics*, 59. (2017), A. 84–93. Online: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2016.08.029>
- [44] Tang, Chieh-Hsin – Lin, Ching-Yuan – Hsu, Yu-Min: Exploratory research on reading cognition and escape-route planning using building evacuation plan diagrams. *Applied Ergonomics*, 39. (2008), 2. 209–217. Online: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2007.05.001>
- [45] Ji, Q. et alii: Symmetry associated with symmetry break: Revisiting ants and humans escaping from multiple-exit rooms. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 492. (2018), 941–947. Online: <https://doi.org/10.1016/j.physa.2017.11.024>
- [46] Horváth Lajos: Diszkrét ellenőrzések tapasztalatai – 849 ellenőrzés. *Védelem Katasztrófa- és Tűzvédelmi Szemle*, 18. (2011), 2. 8. Online: <http://vedelem.hu/letoltes/ujsg/v201102.pdf?5>

- [47] Berek Tamás: ABV (CBRN) analitikai laboratórium beléptetőrendszere a biztonságos üzemeltetés szolgálatában. *Hadmérnök*, 6. (2011), 2. 21–36. Online: http://www.hadmernok.hu/2011_2_berek.pdf
- [48] Evenson, Jon: Integrating Life Safety and Security Systems. *Security Technology & Design*, 15. (2005), 3. 38–43.
- [49] Pheasant, Stephen: *Bodyspace Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work*. London, Taylor & Francis, 2003. 6.
- [50] Bérczi László – Papp Csaba Lajos: A mentő tűzvédelem diszlokációja a valóságos fehér foltok függvényében. *Védelem Katasztrófavédelmi Szemle*, 20. (2013), 2. 9–11. Online: <http://vedelem.hu/letoltes/ujsgag/v201302.pdf?9>
- [51] ASR A2.2 Technische Regeln für Arbeitsstätten, Maßnahmen gegen Brände. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2018. Online: https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/ASR/pdf/ASR-A2-2.pdf?__blob=publicationFile&v=6 (Letöltés dátuma: 2021. 08. 09.)
- [52] Restás Ágoston: Az erdőtűzoltás hatékonyságának közgazdasági megközelítése. *Védelem Katasztrófa- és Tűzvédelmi Szemle*, 18. (2011), 5. 50. Online: <http://vedelem.hu/letoltes/ujsgag/v201105.pdf?15>
- [53] Bleszity János – Zelenák Mihály: *A tűzoltás taktikája*. Budapest, BM Könyvkiadó, 1989.
- [54] Solymosi József: A klímaváltozás várható nemkívánatos hatásai, kritikusszektorok és a katasztrófavédelmet érintő indikátorok vizsgálata kidolgozása. *Védelem Online Tűz- és Katasztrófavédelmi Szakkönyvtár*, (2008). Online: <http://www.vedelem.hu/letoltes/anyagok/166-a-klimavaltozas-varhato-nemkivanatos-hatasai-kritikus-szektorok-es-a-katasztrofavedelmet-erinto-indikatorok-vizsgalata-kidolgozasa.pdf> (Letöltés dátuma 2018. 05. 10.)
- [55] Rácz Sándor: Firefighting problems in case of large outdoor fires. *Műszaki Katonai Közlöny*, 28. (2018), 4. 25. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/1491/811>

- [56] Myburgh, Hester Magdalena – Jacobs, Heinz E.: Water for firefighting in five South African towns. *Water SA*, 40. (2014), 1. 11–18. Online: <https://doi.org/10.4314/wsa.v40i1.2>
- [57] Zhoua, Jianfeng – Reniers, Genserik: Simulation analysis of the use of emergency resources during the emergency response to a major fire. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 44. (2016), 1–11. Online: <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2016.08.007>
- [58] Wang, Chih-peng – Shih, Ban-jwu: Research on the Integration of Fire Water Supply. *Procedia Engineering*, 211. (2018), 778–787. Online: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.12.075>
- [59] Hyun, I.-h. et alii: Improvement of Fire Hydrant Design to Enhance Water Main Flushing. *Procedia Engineering*, 70. (2014), 857–863. Online: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.02.094>
- [60] Sierra, Francisco José Márquez – Rubio-Romero, Juan Carlos – Gámez, Ma Carmen Rubio: Status of facilities for fire safety in hotels. *Safety Science*, 50. (2012), 7. 1490–1494. Online: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2012.01.006>
- [61] Smith, Joseph A.: Preparing for winter: Proactive measures to prevent injury and property damage. *Professional Safety*, 42. (1997), 8. 28–32. Online: <https://www.proquest.com/scholarly-journals/preparing-winter-proactive-measures-prevent/docview/200427369/se-2?accountid=201395>
- [62] TvMI 4.2:2020.01.22. Tűzvédelmi Műszaki Irányelv – Tűzoltó egységek beavatkozási feltételeinek biztosítása. Online: <https://www.katasztrofavedelem.hu/application/uploads/documents/2019-12/67051.pdf>
- [63] Érces Gergő – Komjáthy László: Mérnöki módszerek szerepe a felszíni alatti vasútvonalak tűzvédelmi helyzetének alakulásában. *Hadmérnök*, 13. (2018), 4. 195. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/hadmernok/article/view/3622>
- [64] Pántya Péter: Kutatási alapok a katasztrófák elleni védekezés technikai fejlesztéséhez. *Hadmérnök*, 12. (2017), 1. 159. Online: http://www.hadmernok.hu/171_13_pantya.pdf

- [65] Restás Ágoston et alii: A tűzvédelem komplexitása a korszerű megelőzéstől a hatékony beavatkozásig. In Restás Ágoston – Urbán Anett (szerk.): *Katasztrófavédelem 2015 Tudományos Konferencia*. Budapest, BM OKF, 2015. 161. Online: https://kvi.uni-nke.hu/document/kvi-uni-nke-hu/katasztrofavedelem-2015-ii_resz.original.pdf
- [66] NFPA 1142 Water supplies for suburban and rural fire fighting. Quincy, National Fire Protection Association, 2017. Online: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=1142> (Letöltés dátuma: 2019. 04. 30.)
- [67] NFPA 14 Installation of standpipe and hose systems. Quincy, National Fire Protection Association, 2019. Online: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=14> (Letöltés dátuma: 2019. 05. 02.)
- [68] NFPA 1 Fire code. Quincy, National Fire Protection Association, 2021. Online: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=1> (Letöltés dátuma: 2021. 08. 16.)
- [69] DIN 14461-1:2016-10 Feuerlösch-Schlauchanschlüsseinrichtungen - Teil 1: Wandhydrant mit formstabilem Schlauch. Online: <https://www.beuth.de/de/norm/din-14461-1/258819312> (Letöltés dátuma: 2019. 04. 30.)
- [70] 6/2016. (VI. 24.) BM OKF utasítás a Tűzoltás-taktikai Szabályzat és a Műszaki Mentési Szabályzat kiadásáról 1. melléklete. Online: https://regi.katasztrofavedelem.hu/letoltes/jogszabalyok/6_2016_VI_24_BM_OKF_utasitasa.zip (Letöltés dátuma: 2019. 04. 30.)
- [71] 253/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet az országos településrendezési és építési követelményekről 1. számú melléklete 68. pont. Online: <https://www.njt.hu/jogszabaly/1997-253-20-22> (Letöltés dátuma: 2021. 08. 09.)
- [72] Herczeg Gergely: TvMI használati szabályokról IV. – További használati szabályok. *Védelem Katasztrófavédelmi Szemle*, 24. (2017), 2. 34–38. Online: <http://vedelem.hu/letoltes/ujsag/v201702.pdf?14>

- [73] MSZ EN 547-3:1996+A1:2009 Gépek biztonsága. Az emberi test méretei. 3. rész: Testméretek
- [74] Nagy Péter: Leíró statisztika: a populáció és a minta jellemzése. In Fidy Judit – Makara Gábor (szerk.): *Biostatisztika*. Budapest, InforMed 2002 Kft., 2005. Online: <https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tkt/biostatisztika-1/biostatisztika-1.pdf>
- [75] Hotzman, Jennifer et alii: *Measurer's Handbook US Army and Marine Corps Anthropometric Surveys 2010–2011*. Natick, U.S. Army Natick Soldier Research, Development and Engineering Center, 2011. Online: <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA548497.pdf>
- [76] Knussmann, Rainer: *Anthropologie, Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen*. Stuttgart, Fischer, 1988. 1/1.
- [77] Weiner, Joseph Sidney – Lourie, John Adam: *Human biology A guide to field methods*. Oxford, Blackwell Scientific, 1969.
- [78] MSZ EN 547-1:1996+A1:2009 Gépek biztonsága. Az emberi test méretei. 1. rész: Alapelvek a nyílások szükséges méreteinek meghatározásához gépeken az egész testtel való bejutás céljából
- [79] MSZ EN 1005-3:2002+A1:2009 Gépek biztonsága. Az ember fizikai teljesítménye. 3. rész: A gépkezeléshez ajánlott erőhatárok
- [80] Taifa, Ismail Wilson – Desai, Darshak A.: Anthropometric measurements for ergonomic design of students' furniture in India. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 20. (2017), 1. 232–239. Online: <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2016.08.004>
- [81] MSZ EN ISO 14738:2009 Gépek biztonsága. A gépkezelési munkahelyek tervezésének antropometriai követelményei
- [82] Herczeg Gergely – Restás Ágoston: Tűzoltó-vízforrások hozzáférhetőségének jelentősége. *Védelem Tudomány*, 5. (2020), 1. 37–52. Online: <http://www.vedelemtudomany.hu/articles/03-herczeg-restas.pdf>
- [83] Herczeg Gergely: TvMI használati szabályokról I. – Tűzvédelmi eszközök hozzáférhetősége. *Védelem Katasztrófavédelmi Szemle*, 23. (2016), 5. 12–16. Online: <http://vedelem.hu/letoltes/ujsgag/v201605.pdf?6>

- [84] MSZ EN 15889:2011 Tűzoltó tömlők. Vizsgálási módszerek
- [85] MSZ 1185:2016 Tűzoltó tömlők. Vízáró lapos nyomótömlők és szerelt tömlők tűzoltó szivattyúkhoz és -járművekhez
- [86] 3/2015. (VI. 8.) BM OKF utasítás a tűzoltóságok Szerelési Szabályzatáról 1. melléklete. Online:
https://www.katasztrofavedelem.hu/application/uploads/hirek_3954_Szerelési_szabalyzat_1._sz._melleklete.pdf (Letöltés dátuma: 2021. 08. 09.)
- [87] MSZ 9771-3:2009 Tűzcsapok és tartozékaik. 3. rész: Tűzcsapkulcsok
- [88] Herczeg Gergely: Tűzvédelmi eszközök optimális elhelyezésének antropometriai meghatározása. *Hadmérnök*, 13. (2018), 3. 18–27. Online:
http://www.hadmernok.hu/183_02_herczeg.pdf
- [89] Hansen, Doan J. (szerk.): *Occupational Health Fundamentals Volume 1*. Boca Raton, CRC Press, 1991. 268.
- [90] Nagy Gábor: Heros Aquarex S10 vízszállító gépjármű. *Védelem Katasztrófavédelmi Szemle* 26. (2019), 1. 59–61. Online:
<http://vedelem.hu/letoltes/ujsag/v201901.pdf?15>
- [91] A Tanács 96/53/EK irányelve (1996. június 25.) a Közösségen belül közlekedő egyes közúti járművek nemzeti és a nemzetközi forgalomban megengedett legnagyobb méreteinek, valamint a nemzetközi forgalomban megengedett legnagyobb össztömegének megállapításáról. Online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:31996L0053&from=EN> (Letöltés dátuma: 2021. 08. 09.)
- [92] MSZ 1078:1971 Tűzoltó szívótömlő
- [93] MSZ EN ISO 14557:2003 Tűzoltótömlő. Gumi és műanyag szívótömlők és tömlőszerelvények
- [94] Herczeg Gergely – Restás Ágoston: Solutions of the accessibility of fire extinguishing water sources. *AARMS*, 19. (2020), 1. 55–63. Online:
<https://doi.org/10.32565/aarms.2020.1.5>

- [95] Fali tűzcsap rajza. Online: http://www.wiedermann-f.at/Prospekte/Wandhydranten/WBF_Steigleitung_Nass_Ausfuehrung_2/WBF%20WH2%20Ap%20220.DWG (Letöltés dátuma: 2021. 08. 20.)
- [96] Restás Ágoston: *A tűzoltásvezetők kényszerhelyzeti döntéshozatala*. Doktori (PhD) értekezés, Budapest, BCE GDI, 2012. 59. Online: http://phd.lib.uni-corvinus.hu/677/1/Restas_Agoston_dhu.pdf
- [97] Herczeg Gergely: Közművek elzárásának jelentősége épületek tűzoltásánál. *Védelem Tudomány*, 3. (2018), 3. 65–78. Online: <http://www.vedelemtudomany.hu/articles/04-herczeg.pdf>
- [98] Baumann Mihály: *Épületenergetika*. Budapest, Edutus Főiskola, 2012. 69. Online: https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0017_12_epuletenergetika/2010-0017_12_epuletenergetika.pdf
- [99] FKI Videoszolgálat, Budapest: *Egy irodaházban keletkezett tűz Kaszásdűlőn*. 2018. Online: <https://youtu.be/C0kBQdCRjLs?t=11s>; (Letöltés dátuma: 2018. 04. 01.)
- [100] Térérődetektor fényképe. Online: https://energia.eon-hungaria.com/cmsfiles/4d/69/terero_detektor.jpg (Letöltés dátuma: 2018. 04. 29.)
- [101] E.ON: *Életvédő műszerek adományozásával támogatja az E.ON a katasztrófavédők munkáját*. 2013. Online: <https://energia.eon-hungaria.com/sajtoszoba/sajtokozlomenyek/2013/eletvedo-muszerek-adomanyozasaval-tamogatja-az-e-on-a-katasztrofavedok-munkajat> (Letöltés dátuma: 2018. 04. 29.)
- [102] BM OKF: *Ismét eszközöket ad az E.ON*. 2017.12.14. Online: http://www.katasztrofavedelem.hu/index2.php?pageid=press_sajto_olvas&kid=928 (Letöltés dátuma: 2018. 04. 29.)
- [103] Bérczi László: A tűzoltástaktika megújulása. *Védelem Katasztrófavédelmi Szemle*, 21. (2014), 2. 59. Online: <http://vedelem.hu/letoltes/ujsag/v201402.pdf?5>

- [104] Komjáthy László: *Műemlékek tűzvédelme – Tűzoltásra hangolva?* *Katasztrófavédelmi Szemle*, XX. (2013), 5. 45–47. Online: <http://www.vedelem.hu/letoltes/ujsgag/v201305.pdf?6>
- [105] Zólyomi Géza: Mobil ventilátorok alkalmazásának lehetőségei a zárttéri tüzek oltási folyamatában. Doktori (PhD) értekezés, Budapest, ZMNE KMDI, 2009. 21.
- [106] Bérczi László – Ecseti Balázs: A beavatkozás biztonságának feltételei az M3-as metró területén. *Védelem Katasztrófa- és Tűzvédelmi Szemle*, 18. (2011), 5. 25–27. Online: <http://vedelem.hu/letoltes/ujsgag/v201105.pdf?15>
- [107] Veresné Rauser Judit – Kovács Tibor: Kórház kiürítés vizsgálata számítógépes kiürítés szimulációval. *Védelem Tudomány*, 4. (2019), 2. 23–44. Online: <http://www.vedelemtudomany.hu/articles/02-veresne-kovacs.pdf>
- [108] Schüller Attila: Az emberi tényező és a technikai megvalósítások vizsgálata tűzriadók során. *Hadmérnök*, 7. (2012), 2. 37–46. Online: http://www.hadmernok.hu/2012_2_schuller.pdf
- [109] Benthorn, Lars – Frantzich, Håkan: Fire Alarm in a Public Building. How Do People Evaluate. Information and Coose Evacuation Exit? *Fire and Materials*, 23. (1999), 6. 311–315. Online: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1018\(199911/12\)23:6%3C311::AID-FAM704%3E3.0.CO;2-J](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1018(199911/12)23:6%3C311::AID-FAM704%3E3.0.CO;2-J)
- [110] Restás Ágoston: A tűzoltásvezető döntéshozatali mechanizmusa. *Védelem Katasztrófa- és Tűzvédelmi Szemle*, 8. (2001), 2. 28–30. Online: <http://vedelem.hu/letoltes/ujsgag/v200102.pdf?13>
- [111] Zahari, Nurul Fadzila et alii: A Study on Problems Arises in Practicing Fire Drill in High Rise Building in Kuala Lumpur. *E3S Web of Conferences*, 3. (2014), 01017. Online: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20140301017>
- [112] Li, Nian-Feng – Xiao, Zhiguo: A Fire Drill Training System Based on VR and Kinect Somatosensory Technologies. *International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE)*, 14. (2018), 4. 163–176. Online: <https://doi.org/10.3991/ijoe.v14i04.8398>

- [113] Koshiba, Yusuke et alii: Usefulness of fire drills in each university building. *Kankyou to Anzen*, 3. (2012), 2. 87–95. Online: https://doi.org/10.11162/daikankyo.3.2_87
- [114] Castel, Alan D. – Vendetti, Michael – Holyoak, Keith J.: Fire drill: Inattentive blindness and amnesia for the location of fire extinguishers. *Attention Perception Psychophys*, 74. (2012), 7. 1391–1396. Online: <https://doi.org/10.3758/s13414-012-0355-3>
- [115] Taylor, Anthony; Edwards, Richard: Fire Drill. *RICS Building Surveying Journal*, (2018), 2. 18–20. Online: https://issuu.com/ricsmodus/docs/building_surveying_journal_march_ap_aa689a2c570f4c/18
- [116] Salmon, Liane: Fire in the OR-Prevention and preparedness. *AORN Journal*, 80. (2004), 1. 42–60. Online: [https://doi.org/10.1016/S0001-2092\(06\)60842-9](https://doi.org/10.1016/S0001-2092(06)60842-9)
- [117] Mészáros István et alii: Hospital evacuation. In Bodnár László – Heizler György (szerk.): *Proceedings of the Fire Engineering & Disaster Management Prerecorded International Scientific Conference*. Budapest, Védelem Tudomány, 2021. 480. Online: <https://kvi.uni-nke.hu/document/kvi-uni-nke-hu/440-konferencia.pdf>
- [118] Groah, Linda K. – Butler, Lorraine J.: Is there a relationship between workplace and patient safety? *AORN Journal*, 84. (2006), 4. 653–654. Online: [https://doi.org/10.1016/S0001-2092\(06\)63945-8](https://doi.org/10.1016/S0001-2092(06)63945-8)
- [119] Peacock, R. D. et alii: Movement on Stairs During Building Evacuations. *Fire Technology*, 53. (2017), 845–871. Online: <https://doi.org/10.1007/s10694-016-0603-5>
- [120] Wadud, Zia – Huda, Fuad Yasin – Ahmed, Nizam Uddin: Assessment of Fire Risk in the Readymade Garment Industry in Dhaka, Bangladesh. *Fire Technology*, 50. (2014), 1127–1154.
- [121] NFPA 101 Life Safety Code. Quincy, National Fire Protection Association, 2021. Online: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=101> (Letöltés dátuma: 2021. 08. 01.)

- [122] Castle, Nicholas G.: Nursing Home Evacuation Plans. *American Journal of Public Health*, 98. (2008), 7. 1235–1240. Online: <https://doi.org/10.2105/AJPH.2006.107532>
- [123] Lee, Paul H. et alii: The effectiveness of an on-line training program for improving knowledge of fire prevention and evacuation of healthcare workers: A randomized controlled trial. *PLOS ONE*, 13. (2018), 7. 1–15. Online: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199747>
- [124] Tsuil, S. C. – Chow, W. K.: Legislation aspects of fire safety management in Hong Kong. *Facilities*, 22. (2004), 5/6. 149–164. 156. Online: <https://doi.org/10.1108/02632770410540360>
- [125] Fauzi, Mohd Hashairi et alii: The Pattern of Injuries or Medical Emergencies During High- Rise Evacuation Drill. *Journal of Pioneering Medical Sciences*, 4. (2014), 2. 81–84. 82. Online: <https://www.jpmsonline.com/wp-content/uploads/2019/07/JPMS-VOL4-ISSUE2-PAGES81-84-OA.pdf>
- [126] Proul, Guylène: How to initiate evacuation movement in public buildings. *Facilities*, 17. (1999), 9/10. 1–7. Online: <https://doi.org/10.1108/02632779910278764>
- [127] Angyal István: Szállodák tűzvédelme – Itthon láss csodát! *Védelem Katasztrófa- és Tűzvédelmi Szemle*, 16. (2009), 4. 31–34. Online: <http://vedelem.hu/letoltes/ujsgag/v200904.pdf?7>
- [128] Herczeg Gergely: TvMI használati szabályokról V. *Védelem Katasztrófavédelmi Szemle*, 24. (2017), 3. 5–6. Online: <http://vedelem.hu/letoltes/ujsgag/v201703.pdf?9>
- [129] Šimić, Zoran: Ponašanje ljudi u požaru. *Sigurnost*, 55. (2013), 1. 45–51. Online: <https://hrcak.srce.hr/99569>
- [130] Hashemi, Mahdi: Emergency evacuation of people with disabilities: A survey of drills, simulations, and accessibility. *Cogent Engineering*, 5. (2018), 1. 1–20. Online: <https://doi.org/10.1080/23311916.2018.1506304>
- [131] TvMI 14.1:2020.01.22 Tűzvédelmi Műszaki Irányelv – Kockázati osztályba sorolás 3.4.2.c. Online:

<https://katasztrofavedelem.hu/application/uploads/documents/2020-01/68495.pdf>

- [132] TvMI 2.4:2021.07.15. Tűzvédelmi Műszaki Irányelv – Kiürítés. Online: <https://www.katasztrofavedelem.hu/application/uploads/documents/2021-07/75618.pdf>
- [133] Poulos, Alan et alii: Validation of an agent-based building evacuation model with a school drill. *Transportation Research Part C*, 97. (2018), 82–95. Online: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2018.10.010>
- [134] Yao, Yishu– Lu, Wei: Children’s evacuation behavioural data of drills and simulation of the horizontal plane in kindergarten. *Safety Science*, 133. (2021), 105037. Online: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.105037>
- [135] Hamilton, Glenn N. – Lennon, Patrick F. – O’Raw, John: Toward Fire Safe Schools: Analysis of Modelling Speed and Specific Flow of Children During Evacuation Drills. *Fire Technology*, 56. (2020), 605–638. Online: <https://doi.org/10.1007/s10694-019-00893-x>
- [136] Daamen, W. – Hoogendoorn, S. P.: Emergency Door Capacity: Influence of Door Width, Population Composition and Stress Level. *Fire Technology*, 48. (2012), 55–71. Online: <https://doi.org/10.1007/s10694-010-0202-9>
- [137] Predtyecsenszkij, Vszevolod Mihajlovics – Milinszkij, Anatolij Ivanovics: *Projektyirovanyije zdanyij sz ucsetom organizacii dvizsenyija ljudszkih potokov*. Moszkva, Sztrojizdat, 1969. Online: <https://www.proektant.org/books/0050-02-1979.pdf>
- [138] Zhang, Teng et alii: Collective behavior of mice passing through an exit under panic. *Physica A*, 496. (2018), 233–242. Online: <https://doi.org/10.1016/j.physa.2017.12.055>
- [139] NFPA 130 Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems. Quincy, National Fire Protection Association, 2020. Online: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=130> (Letöltés dátuma: 2021. 08. 16.)

- [140] Huang, Shenshi et alii: Experimental study on occupant evacuation in narrow seat aisle. *Physica A*, 502. (2018), 506–517. Online: <https://doi.org/10.1016/j.physa.2018.02.032>
- [141] Shi, Xiaomeng et alii: Examining effect of architectural adjustment on pedestrian crowd flow at bottleneck. *Physica A*, 522. (2019), 350–364. Online: <https://doi.org/10.1016/j.physa.2019.01.086>
- [142] Restás Ágoston: Pszichológia a tűz frontvonalában. *Védelem Tudomány*, 1. (2016), 3. 46–56. Online: <http://www.vedelemtudomany.hu/articles/04-restas.pdf>
- [143] Bojer Anasztázia et alii: 2011. évi népszámlálás 3. Országos adatok. Budapest, KSH, 2013. 25. Online: <https://mek.oszk.hu/11500/11517/11517.pdf> (Letöltés dátuma: 2021. 08. 09.)
- [144] Veres György: *Mozgásszervi fogyatékosággal rendelkező személyeket ellátó intézmények tűz esetén történő kiürítése*. Doktori (PhD) értekezés, Budapest, OE-BDI, 2018. Online: http://www.lib.uni-obuda.hu/sites/lib.uni-obuda.hu/files/Veres_Gyorgy_ertekezés.pdf
- [145] Pan, Hongliang – Zhang, Jun – Song, Weiguo: Experimental study of pedestrian flow mixed with wheelchair users through funnel-shaped bottlenecks. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, 2020. (2020), 033401. Online: <https://doi.org/10.1088/1742-5468/ab6b1c>
- [146] Georg, Paul et alii: The influence of physical and mental constraints to a stream of people through a bottleneck. *Collective Dynamics*, (2020), 5. 246–252. Online: <https://doi.org/10.17815/CD.2020.57>
- [147] Cheng, Yuan – Zheng, Xiaoping: Emergence of cooperation during an emergency evacuation. *Applied Mathematics and Computation*, 320. (2018), 485–494. Online: <https://doi.org/10.1016/j.amc.2017.10.011>
- [148] Liu, Qian: The effect of dedicated exit on the evacuation of heterogeneous pedestrians, *Physica A*, 506. (2018), 305–323. Online: <https://doi.org/10.1016/j.physa.2018.04.032>

- [149] Herczeg Gergely: Javaslatok kidolgozása tűzvédelmi használati szabályokról szóló tűzvédelmi műszaki irányelvhez. Szakdolgozat, Budapest, SZIE-YMÉK, 2016.
- [150] Herczeg Gergely: TvMI használati szabályokról II. – Kiürítésre számításba vett ajtók zárva tarthatósága. *Védelem Katasztrófavédelmi Szemle*, 23. (2016), 6. 13–15. Online: <http://vedelem.hu/letoltes/ujsag/v201612.pdf?8>
- [151] 2013. évi V. törvény a Polgári Törvénykönyvről II. könyv II. rész Online: <https://www.njt.hu/jogszabaly/2013-5-00-00> (Letöltés dátuma: 2021. 08. 09.)
- [152] Bérczi László: Biztonságos tűzoltói beavatkozásokat elősegítő tűzvédelmi előírások tudományos megalapozása az M4-es metró szakaszán. *Bolyai Szemle*, 23. (2014), 3. 14–24.
- [153] Herczeg Gergely: TvMI használati szabályokról III. – A tárolás használati szabályai. *Védelem Katasztrófavédelmi Szemle*, 24. (2017), 1. 9–12. Online: <http://vedelem.hu/letoltes/ujsag/v201701.pdf?11>
- [154] 3/2002. (II. 8.) SZCSM–EüM együttes rendelet a munkahelyek munkavédelmi követelményeinek minimális szintjéről Online: <https://www.njt.hu/jogszabaly/2002-3-20-85> (Letöltés dátuma: 2021. 08. 09.)
- [155] 1993. évi XCIII. törvény a munkavédelemről Online: <https://www.njt.hu/jogszabaly/1993-93-00-00> (Letöltés dátuma: 2021. 08. 09.)
- [156] Herczeg Gergely: Tűzvédelmi használati szabályok jogi környezetének fejlesztési lehetőségei. Diplomamunka, Gödöllő, SZIE-GÉK, 2015.
- [157] Herczeg Gergely: A munkavédelem tűzvédelmi vonatkozásainak fejlesztési lehetőségei. Szakdolgozat, Budapest, OE-BGK, 2018.
- [158] Vass Gyula – Érces Gergő – Rácz Sándor: Fire protection in smart cities. In Bodnár László – Heizler György (szerk.): *Proceedings of the Fire Engineering & Disaster Management Prerecorded International Scientific Conference*. Védelem Tudomány, Budapest, 2021. 84–90. Online: <https://kvi.uni-nke.hu/document/kvi-uni-nke-hu/440-konferencia.pdf#page=86>
- [159] Érces Gergő – Vass Gyula: Okos épületek, okos városok tűzvédelmének alapjai II. rész. *Védelem Tudomány*, 4. (2021), 2. 1–18. Online: <http://www.vedelemtudomany.hu/articles/VI/2/01-erces-vass.pdf>

- [160] Herczeg Gergely – Komjáthy László: Organization and implementation of evacuation drills. In Mózer, Vladimír – Štefanická, Alexandra – Magdolenová, Paulína: *Advances in Fire & Safety Engineering*. University of Žilina, Žilina, 2019. Online: <https://www.fbi.uniza.sk/uploads/files/1578648575-HERCZEG-KOMJATHY.pdf>
- [161] Harrison, Eddie: *Fire drill in a smoke trailer, Naples, Italy*. U.S. Navy, 2008. Online: <https://www.navy.mil/management/photodb/photos/081007-N-4044H-271.jpg> (Letöltés dátuma: 2019. 05. 10.)
- [162] Herczeg Gergely: Kiürítési gyakorlatok szervezése, lebonyolítása. *Védelem Tudomány*, 4. (2019), 3. 40–61. Online: <http://www.vedelemtudomany.hu/articles/03-herczeg.pdf>
- [163] Herczeg Gergely – Bérczi László: Közösségi rendeltetésű épületek kiürítési gyakorlatainak tapasztalatai. *Védelem Tudomány*, 4. (2019), 2. 84–103. Online: <http://www.vedelemtudomany.hu/articles/04-herczeg-berczi.pdf>
- [164] Nagy Zoltán – Králik Tibor: *M2-es metró Örs vezér tere – Déli pályaudvar utasszámlálás adatai*. Budapest, Budapesti Közlekedési Központ, 2016.
- [165] Bánfi Tibor – Králik György: *M3-as metró teljes vonal utasszámlálás adatai*. Budapest, Budapesti Közlekedési Központ, 2014.
- [166] Nagy Zoltán – István György: *M3-as metró teljes vonal utasszámlálás adatai*. Budapest, Budapesti Közlekedési Központ, 2017.
- [167] Lukács József: *Állomási beléptető kapuk elhelyezésének vizsgálata budapesti metróhálózaton*. Diplomaterv, Budapest, BME KJK, 2014. 67. Online: http://kjit.bme.hu/images/Tovabbi_allomanyok/Trafficlab/trafficlab/Publication/thesis/2014/Lukacs_J_2015_dipl.pdf
- [168] Vigh András: *VIGI Modell, Galéria, Jellegrajzok*. Online: http://vigimodell.hu/kep/jelleg/wgc_media/photos/Alstom.jpg (Letöltés dátuma 2020. 08. 21.)
- [169] KSH: *Összefoglaló táblák (STADAT) - Idősoros éves adatok - Népesség, népmozgalom 1.3. Népesség korév és nem szerint, 2020. január 1.* Budapest, KSH, 2020. Online:

http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_wdsd009.html (Letöltés dátuma: 2020.12.07.)

- [170] Herczeg Gergely: Gyalogosok szűkítésen keresztüli áramlásának vizsgálata. *Hadmérnök*, 16. (2021), 2. 69–87. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2021.2.6>
- [171] Kenyeres Erika: Statisztikai becslések. In Korpás Attiláné et alii (szerk.): *Általános statisztika II*. Budapest, Nemzeti Tankönyvkiadó, 1997. 36. Online: https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_519_42492/2011_0001_519_42492.pdf
- [172] Herczeg Gergely – Bérczi László: Gyermek és fiatalok szűkítésen keresztüli áramlásának vizsgálata. *Hadmérnök*, 16. (2021), 3. megjelenés előtt
- [173] Joubert Kálmán – Darvai Sarolta – Ágfalvi Rózsa: Néhány testméret életkor szerinti átlagértékei és percentilisei az Országos Longitudinális Gyermeknövekedés-vizsgálat 0–18 éves kori referencia-adatai alapján In Joubert Kálmán (szerk.): *Az Országos Longitudinális Gyermeknövekedés-vizsgálat eredményei születéstől 18 éves korig I*. Budapest, KSH Népeségtudományi Kutatóintézet, 2006. 36–94. Online: <https://www.demografia.hu/kiadvanyokonline/index.php/kutatasijelentesek/article/download/394/140/> (Letöltés dátuma: 2021. 08. 22.)
- [174] Boldizsár Zs. Éva – Zsákai Annamária: *Magyar gyermekek és serdülők testfejlettségi állapota Országos Növekedésvizsgálat 2003–2006*. Budapest, Plantin, 2012. Online: <http://antropologia.elte.hu/onv.pdf> (Letöltés dátuma: 2021. 08. 22.)
- [175] MSZ EN 12519:2004 Ablakok és bejárati ajtók. Terminológia.
- [176] Herczeg Gergely: A Gyermekvasút tűzvédelmének helyzete és fejlesztési lehetőségei. Szakdolgozat, Budapest, NKE-HHK, 2012.
- [177] Herczeg Gergely – Restás Ágoston: Lehetőségek vészkijáratok nyithatóságának biztosítására. *Műszaki Katonai Közlöny*, 29. (2019), 1. 19–32. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/79/89>
- [178] EN 179 szerinti zár képe. Online: <https://elektrischedeuropener.com/wp-content/uploads/2018/01/E-NDE1L-1.jpg> (Letöltés dátuma: 2021. 08. 25.)

- [179] MSZ EN 179:2008 Zárak és épületvasalatok. Menekülőutak kilinccsel vagy nyomólappal működtetett vészkijáratok zárai. Követelmények és vizsgálati módszerek.
- [180] MSZ EN 1125:2008 Zárak és épületvasalatok. Menekülőutak pánikajtózárak vízszintes működtetőrésszel. Követelmények és vizsgálati módszerek.
- [181] MSZ EN 13637:2015 Zárak és épületvasalatok. Villamos szabályozású kijáratok rendszerek menekülési útvonalon való használatra. Követelmények és vizsgálati módszerek.
- [182] VdS 3511 Sicherungsrichtlinien für Museen und Ausstellungshäuser. Köln, VdS Schadenverhütung GmbH, 2008. Online:
<https://shop.vds.de/publikation/vds-3511> (Letöltés dátuma: 2021. 08. 09.)
- [183] Búrával ellátott kilincs képe. Forrás: https://shop.gfs-online.com/media/image/3c/6a/9e/GfS_901500_Haube_K_Rosette.jpg (Letöltés dátuma: 2021. 08. 25.)
- [184] MPA NRW: *Prüfzertifikat Nr. 120002126.15*. Dortmund, 2004. Forrás: www.gfs-online.com/uploads/tx_hozertifikate/EN179_MPA_NRW-2004-09-13-ZE-ST-Deckblatt.pdf (Letöltés dátuma: 2021. 08. 25.)
- [185] MPA NRW: *BKS Paniktürverschluss-Kombinationen*. Dortmund, 2005. Forrás: www.gfs-online.com/uploads/tx_hozertifikate/EN1125-2009-01-29-ZE-ST-Deckblatt.pdf (Letöltés dátuma: 2021. 08. 25.)
- [186] GfS Sicherheitstechnik: *GfS EH-Türwächter an Türdrückern*. 2016. Online: <https://youtu.be/xhCHhwAGCMM?t=46> (Letöltés dátuma: 2021. 08. 25.)
- [187] GfS Sicherheitstechnik: *GfS DEXCON*. 2017. Online: https://youtu.be/Sf2_pGzK-G4?t=185 (Letöltés dátuma: 2021. 08. 25.)
- [188] GfS Sicherheitstechnik: *GfS Kindergarten Systeme*. 2016. Online: <https://youtu.be/UHciVSSvqzc?t=79> (Letöltés dátuma: 2021. 08. 25.)
- [189] DORMA Deutschland: *Emergency exit security and access control*. 2015. Online:
http://products.dorma.com/content/download/41405/466847/Vluchtwegbeveiliging_toegangscontrole_0715_EN.pdf (Letöltés dátuma: 2018. 11. 25.)

- [190] DGUV 208–010 Verschlüsse für Türen von Notausgängen. Bonn, Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik, 2015. Online: <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/359> (Letöltés dátuma: 2021. 08. 26.)

SAJÁT PUBLIKÁCIÓK JEGYZÉKE

1. Herczeg Gergely – Bérczi László: Gyermekek és fiatalok szűkítésen keresztüli áramlásának vizsgálata. *Hadmérnök*, 16. (2021), 3. megjelenés előtt
2. Herczeg Gergely: Gyalogosok szűkítésen keresztüli áramlásának vizsgálata. *Hadmérnök*, 16. (2021), 2. 69–87. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2021.2.6>
3. Herczeg Gergely – Restás Ágoston: Solutions of the accessibility of fire extinguishing water sources. *AARMS*, 19. (2020), 1. 55–63. Online: <https://doi.org/10.32565/aarms.2020.1.5>
4. Herczeg Gergely – Restás Ágoston: Tűzoltó-vízforrások hozzáférhetőségének jelentősége. *Védelem Tudomány*, 5. (2020), 1. 37–52. Online: <http://www.vedelemtudomany.hu/articles/03-herczeg-restas.pdf>
5. Herczeg Gergely – Bérczi László: Közösségi rendeltetésű épületek kiürítési gyakorlatainak tapasztalatai. *Védelem Tudomány*, 4. (2019), 2. 84–103. Online: <http://www.vedelemtudomany.hu/articles/04-herczeg-berczi.pdf>
6. Herczeg Gergely – Restás Ágoston: Lehetőségek vészkijáratok nyithatóságának biztosítására. *Műszaki Katonai Közlöny*, 29. (2019), 1. 19–32. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/79/89>
7. Herczeg Gergely – Komjáthy László: Organization and implementation of evacuation drills. In Mózer, Vladimír – Štefanická, Alexandra – Magdolenová, Paulína: *Advances in Fire & Safety Engineering*. University of Žilina, Žilina, 2019. Online: <https://www.fbi.uniza.sk/uploads/files/1578648575-HERCZEG-KOMJATHY.pdf>
8. Herczeg Gergely: Kiürítési gyakorlatok szervezése, lebonyolítása. In *Védelem Tudomány*, 4. (2019), 3. 40–61. Online: <http://www.vedelemtudomany.hu/articles/03-herczeg.pdf>
9. Herczeg Gergely: Tűzvédelmi eszközök optimális elhelyezésének antropometriai meghatározása. *Hadmérnök*, 13. (2018), 3. 18–27. Online: http://www.hadmernok.hu/183_02_herczeg.pdf

10. Herczeg Gergely: Közművek elzárásának jelentősége épületek tűzoltásánál. *Védelem Tudomány*, 3. (2018), 3. 65–78. Online: <http://www.vedelemtudomany.hu/articles/04-herczeg.pdf>
11. Herczeg Gergely: TvMI használati szabályokról V. *Védelem Katasztrófavédelmi Szemle*, 24. (2017), 3. 5–6. Online: <http://vedelem.hu/letoltes/ujsag/v201703.pdf?9>
12. Herczeg Gergely: TvMI használati szabályokról IV. – További használati szabályok. *Védelem Katasztrófavédelmi Szemle*, 24. (2017), 2. 34–38. Online: <http://vedelem.hu/letoltes/ujsag/v201702.pdf?14>
13. Herczeg Gergely: TvMI használati szabályokról III. – A tárolás használati szabályai. *Védelem Katasztrófavédelmi Szemle*, 24. (2017), 1. 9–12. Online: <http://vedelem.hu/letoltes/ujsag/v201701.pdf?11>
14. Herczeg Gergely: TvMI használati szabályokról II. - Kiürítésre számításba vett ajtók zárva tarthatósága. *Védelem Katasztrófavédelmi Szemle*, 23. (2016), 6. 13–15. Online: <http://vedelem.hu/letoltes/ujsag/v201612.pdf?8>
15. Herczeg Gergely: TvMI használati szabályokról I. - Tűzvédelmi eszközök hozzáférhetősége. *Védelem Katasztrófavédelmi Szemle*, 23. (2016), 5. 12–16. Online: <http://vedelem.hu/letoltes/ujsag/v201605.pdf?6>

MELLÉKLETEK

1. számú melléklet: Fogalomjegyzék

alkar elérési távolsága	A könyök-elérési távolság 121 mm-rel csökkentett értéke.
antropometria	Az ergonómia egy ága. Az emberi test méreteivel foglalkozó tudomány, mely a test méreteit, formáját, az általa kifejthető erőt és a munkavégző képességet vizsgálja [49].
átbocsátás	Egységnyi idő alatt a kijáratok összesített nyílásszélességének 1 m-ére eső átlagos áthaladó létszám.
átbocsátóképesség	Egységnyi szabad szélességű nyílászárón egységnyi idő alatt áthaladni képes személyek maximális száma [6:5].
fizikai ergonómia	Az ergonómia egyik főbb területe, mely a fizikai tevékenység és az emberi test felépítésével, annak méreteivel, biomechanikai és fizikai jellemzőivel foglalkozik [14].
fogástávolság	Azt a távolságot jelöli, mely az álló ember hátához támaszkodó függőleges sík és az ember kinyújtott kezének fogástengelye között mérhető.
kézfejhosszúság	Az alkar csontjainak távolabbi végétől a III. ujj hegyéig mért hosszúság [77].
kézfejszélesség a kézközépnél	A kéz ujjtőizületeinél mért szélessége a hüvelykujj nélkül [76].
kézfejszélesség hüvelykujjal	A kézfejszélesség a kézközépnél érték 1,25-szorosa [73].
kézfejvastagság a hüvelykujjnál	Fix érték: 35 mm.
konfidenciaintervallum	A becsült változó alsó és felső korlátja.

könyök-elérési távolság	Az ülő személy függőleges karja és 90°-ban behajlított alkarja esetén a könyök leghátsó pontja és a kéz fogástengelye közötti vízszintes távolság [75].
könyök-könyök távolság	A két könyök legkülsőbb pontjai közt mért vízszintes távolság.
működési karhosszúság	A fogástávolság 275 mm-rel csökkentett értéke.
percentilis	<i>„Egy eloszlás x%-os percentilisének nevezzük azt a számot, amelynél kisebb vagy egyenlő az elemek x%-a.” [74]</i>
testmagasság	Az álló személy talpának síkja és a fej legmagasabb pontját tartalmazó vízszintes sík közötti távolság [20].
űrszelvény	A közlekedési út szabadon tartandó keresztmetszete.

2. számú melléklet: Jogszabályok, szabványok és irányelvek jegyzéke

1. Magyarország Alaptörvénye
2. 1993. évi XCIII. törvény a munkavédelemről
3. 1996. évi XXXI. törvény a tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról
4. 2013. évi V. törvény a Polgári Törvénykönyvről
5. 253/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet az országos településrendezési és építési követelményekről
6. 489/2017. (XII. 29.) Korm. rendelet a tűzvédelmi hatósági eljárások általános és különös szabályairól
7. 30/1996. (XII. 6.) BM rendelet a tűzvédelmi szabályzat készítéséről
8. 3/2002. (II. 8.) SZCSM–EüM együttes rendelet a munkahelyek munkavédelmi követelményeinek minimális szintjéről
9. 39/2011. (XI. 15.) BM rendelet a tűzoltóság tűzoltási és műszaki mentési tevékenységének általános szabályairól
10. 53/2014. (XII. 5.) BM rendelet a Tűzvédelmi Műszaki Bizottság létrehozásának, összetételének, feladatkörének és működésének részletes szabályairól
11. 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról
12. 9/2015. (III. 25.) BM rendelet a hivatásos katasztrófavédelmi szerveknél, az önkormányzati és létesítményi tűzoltóságoknál, az önkéntes tűzoltó egyesületeknél, valamint az ez irányú szakágazatokban foglalkoztatottak szakmai képzési követelményeiről és szakmai képzéseiről
13. 1163/2020. (IV. 21.) Korm. határozat Magyarország Nemzeti Biztonsági Stratégiájáról
14. 3/2015. (VI. 8.) BM OKF utasítás a tűzoltóságok Szerelési Szabályzatáról
15. 6/2016. (VI.24.) BM OKF utasítás a Tűzoltás-taktikai Szabályzat és a Műszaki Mentési Szabályzat kiadásáról

16. A Tanács 96/53/EK irányelve (1996. június 25.) a Közösségen belül közlekedő egyes közúti járművek nemzeti és a nemzetközi forgalomban megengedett legnagyobb méreteinek, valamint a nemzetközi forgalomban megengedett legnagyobb össztömegének megállapításáról
17. TvMI 2.3:2020.01.22. Tűzvédelmi Műszaki Irányelv – Kiürítés
18. TvMI 2.4:2021.07.15. Tűzvédelmi Műszaki Irányelv – Kiürítés
19. TvMI 4.2:2020.01.22. Tűzvédelmi Műszaki Irányelv – Tűzoltó egységek beavatkozási feltételeinek biztosítása
20. TvMI 14.1:2020.01.22 Tűzvédelmi Műszaki Irányelv – Kockázati osztályba sorolás
21. MSZ EN ISO 7250-1:2018 Az emberi test alapvető méretei műszaki tervezéshez. 1. rész: Testméret-meghatározások és mérési pontok (ISO 7250-1:2017)
22. MSZ EN ISO 14557:2003 Tűzoltótömlő. Gumi és műanyag szívótömlők és tömlőszerelvények
23. MSZ EN ISO 14738:2009 Gépek biztonsága. A gépkezelési munkahelyek tervezésének antropometriai követelményei
24. MSZ EN 179:2008 Zárak és épületvasalatok. Menekülőutak kilincsel vagy nyomólappal működtetett vészkijáratok zárai. Követelmények és vizsgálati módszerek.
25. MSZ EN 547-1:1996+A1:2009 Gépek biztonsága. Az emberi test méretei. 1. rész: Alapelvek a nyílások szükséges méreteinek meghatározásához gépeken az egész testtel való bejutás céljából
26. MSZ EN 547-2:1996+A1:2009 Gépek biztonsága. Az emberi test méretei. 2. rész: A hozzáférési nyílások méretezésének alapelvei
27. MSZ EN 547-3:1996+A1:2009 Gépek biztonsága. Az emberi test méretei. 3. rész: Testméretek
28. MSZ EN 1005-3:2002+A1:2009 Gépek biztonsága. Az ember fizikai teljesítménye. 3. rész: A gépkezeléshez ajánlott erőhatárok

29. MSZ EN 1125:2008 Zárak és épületvasalatok. Menekülőutak pánikajtózárjai vízszintes működtetőrésszel. Követelmények és vizsgálati módszerek.
30. MSZ EN 12519:2004 Ablakok és bejárati ajtók. Terminológia.
31. MSZ EN 13637:2015 Zárak és épületvasalatok. Villamos szabályozású kijárati rendszerek menekülési útvonalon való használatra. Követelmények és vizsgálati módszerek.
32. MSZ EN 15889:2011 Tűzoltó tömlők. Vizsgálati módszerek
33. MSZ 1078:1971 Tűzoltó szívótömlő
34. MSZ 1185:2016 Tűzoltó tömlők. Víz záró lapos nyomótömlők és szerelt tömlők tűzoltó szivattyúkhöz és -járművekhez
35. MSZ 9771-3:2009 Tűzcsapok és tartozékaik. 3. rész: Tűzcsapkulcsok
36. DIN 14461-1:2016-10 Feuerlöscher-Schlauchanschlüsseinrichtungen - Teil 1: Wandhydrant mit formstabilem Schlauch
37. NFPA 1 Fire code. Quincy, National Fire Protection Association, 2021.
38. NFPA 10 Standard for portable fire extinguishers. Quincy, National Fire Protection Association, 2018.
39. NFPA 14 Installation of standpipe and hose systems. Quincy, National Fire Protection Association, 2019.
40. NFPA 101 Life Safety Code. Quincy, National Fire Protection Association, 2021.
41. NFPA 130 Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems. Quincy, National Fire Protection Association, 2020.
42. NFPA 1142 Water supplies for suburban and rural fire fighting. Quincy, National Fire Protection Association, 2017.
43. ASR A2.2 Technische Regeln für Arbeitsstätten, Maßnahmen gegen Brände. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2018.
44. BGI 560 Arbeitssicherheit durch vorbeugenden Brandschutz. Mainz, Berufsgenossenschaft Holz und Metall, 2013.

45. DGUV 205-001 Betrieblicher Brandschutz in der Praxis. Berlin, DGUV, 2020.
46. DGUV 208-010 Verschlüsse für Türen von Notausgängen. Bonn, Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik, 2015.
47. VdS 2001 Regeln für die Ausrüstung von Arbeitsstätten mit Feuerlöschern. Köln, VdS Schadenverhütung GmbH, 1998.
48. VdS 3511 Sicherungsrichtlinien für Museen und Ausstellungshäuser. Köln, VdS Schadenverhütung GmbH, 2008.

3. számú melléklet: Rövidítések jegyzéke

ASR	Arbeitsstättenregel; Technische Regeln für Arbeitsstätten
BGI	Berufsgenossenschaft Information
BM	Belügyminisztérium
DIN	Deutsches Institut für Normung
E.ON	E.ON Hungária Zrt.
EN	Európai Szabvány
EüM	Egészségügyi Minisztérium
M2	Budapest kelet-nyugati metróvonal
M3	Budapest észak-déli metróvonal
MSZ	Magyar Szabvány
NFPA	National Fire Protection Association, USA
OTSZ	54/2014. (XII. 5.) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról
SD	korrigált empirikus szórás
SEM	középérték közepes hibája
SZCSM	Szociális és Családügyi Minisztérium
TvMI	tűzvédelmi műszaki irányelv
VdS	Vertrauen durch Sicherheit; VdS Schadenverhütung GmbH
VR	virtuális valóság

4. számú melléklet: Ábrák, képek, táblázatok és képletek jegyzéke

Ábrák

1. ábra Kárérték–idő függvény különböző beavatkozási időpontokra vonatkoztatva [13]	23
2. ábra A testmagasság, a könyök-könyök távolság, a fogástávolság és a könyök-elérési távolság szemléltetése [75]	29
3. ábra A kézfejszélesség a kézközépnél és a kézfejhosszúság szemléltetése [75]	29
4. ábra A tűzoltó készülék optimális elhelyezése oldalnézetből [Készítette: a szerző]	38
5. ábra A tűzoltó készülék optimális elhelyezése előlnézetből [Készítette: a szerző]	38
6. ábra Tűzvédelmi eszköz kezelőszervének optimális elhelyezése [Készítette: a szerző]	39
7. ábra Föld feletti tűzcsap két B jelű tömlővel szerelve, tűzcsapkulccsal, méretezve [Készítette: a szerző]	47
8. ábra Tűzcsap hozzáférhetőségének biztosításához szabadon tartandó terület méretei [Készítette: a szerző]	48
9. ábra A tűzoltó-vízforrás szívócsonk-csatlakozója tengelyére merőleges felállítási hely horizontális méretei [Készítette: a szerző]	51
10. ábra Szívócsonk tengelyével párhuzamos felállási hely előlnézete a szívócsonk helye és a szabadon tartandó űrszelvény méreteinek feltüntetésével [Készítette: a szerző]	53
11. ábra Fali tűzcsap kezelőszervének optimális magassága [Készítette: a szerző [95] felhasználásával]	53
12. ábra A menekülés folyamata [6:4]	66
13. ábra Ajtók szabad szélességének értelmezése [6:61]	70
14. ábra Az áramlás erőssége a szűkítés szélességének függvényében különböző források szerint [Készítette: a szerző]	73
15. ábra Az átbocsátóképesség fajlagos értékei különböző források szerint [Készítette: a szerző]	75
16. ábra Egy menekülési terv részlete [6:60]	82
17. ábra A kiürítési gyakorlatok szervezésének, lebonyolításának, értékelésének és újratervezésének folyamata [Készítette: a szerző]	88
18. ábra Örs vezér tere metróállomás alaprajzának részlete a mérés helyének és a haladás irányának jelölésével [Készítette: a szerző [167] alapján]	94
19. ábra Alstom Metropolis AM5-M2 típusú metrókocsi, a méréshez figyelembe vett ajtók jelölésével [Készítette: a szerző [168] alapján]	95
20. ábra Metrókocsi kiürítésének számítógépes modellje [Készítette: a szerző]	102
21. ábra A 2. ajtó átbocsátása a szimulációs modellben az idő függvényében [Készítette: a szerző]	102
22. ábra A kutatásban érintett épületek alaprajzainak részlete, a vizsgált kijáratokat piros kör jelzi (jobbról balra az A, B és C jelű épület) [Készítette: a szerző]	108

23. ábra A kifejezetten gyermekekkel, illetve fiatalokkal mért átbocsátóképesség különböző források szerinti értékeinek összehasonlítása a jelen kutatásban meghatározott intervallumokkal [Készítette: a szerző]	113
24. ábra A C jelű épület kijáratának átbocsátása a szimulációs modellben az idő függvényében [Készítette: a szerző]	117

Képek

1. kép Magasan elhelyezett tűzoltó készülék [Készítette: a szerző]	33
2. kép Falnyílás mellett 2 m magasságban elhelyezett tűzoltó készülék, alatta megközelítést korlátozó tárolás [Készítette: a szerző].....	34
3. kép Tárgyak akadályozzák a tűzoltó készülék kellő megközelíthetőségét [Készítette: a szerző]	35
4. kép Csak nyújtott karokkal elérhető tűzoltó készülék [Készítette: a szerző].....	36
5. kép Tűzcsaphoz közel lévő növényzet [Készítette: a szerző].....	41
6. kép Tűzcsaphoz vezető út növényzettel sűrűn borított [Készítette: a szerző]	42
7. kép Tűzcsap kerítés és tárolt anyagok között [Készítette: a szerző].....	43
8. kép Támfal mögötti tűzcsap, kavicsal feltöltött betonkeretben [Készítette: a szerző]	44
9. kép Felfestés tűzcsap körül parkolóban [Készítette: a szerző]	44
10. kép Védőkeret tűzcsap körül, parkoló mellett [Készítette: a szerző]	45
11. kép 45°-os rézsűn elhelyezett tűzcsap [Készítette: a szerző].....	49
12. kép A méretlen elektromos vezeték helye jól látszik az épületen [Készítette: a szerző].....	55
13. kép Az elzárás fogantyú hiányában nehézkes lehet [Készítette: a szerző]	56
14. kép A fogantyú magassági helyzete (2,9 m) nehezíti az elzárást [Készítette: a szerző].....	57
15. kép Térérődetektor [100]	58
16. kép Gyermekek gyakorolják a füstben való menekülést [161].....	86
17. kép Általános iskola főbejárata kiürítési gyakorlat során (balra a menekülés folyamata, jobbra az utolsónak távozó személyek láthatók) [Készítette: a szerző].....	90
18. kép Végállomásra érkező metróból kiszálló utasok áramlásának mérési helyszíne az időmérés kezdetének időpontjában [Készítette: a szerző]	96
19. kép A vészkijáratról kamerával rögzített felvétel pillanatképe [Készítette: a szerző]	108
20. kép Az A jelű épületen végzett mérés kiürítési modellje [Készítette: a szerző].....	117
21. kép Nyomógommbal nyitható vészkijárat [Készítette: a szerző]	120
22. kép A nyitógombra rányílik az ajtó [Készítette: a szerző].....	121
23. kép Érintőkártyával nyitható mágnessel rögzített ajtó vésznyitó nyomógommbal [Készítette: a szerző].....	122
24. kép Mágnessel rögzített vészkijárat fogantyúval, nyitógomb nélkül, tűzjelzésre nyílik [Készítette: a szerző]	123
25. kép Vésznyitóval el nem látott tolóajtó vészkijáratként [Készítette: a szerző]	124

26. kép Elektromos motorral rögzített vészkijárat pánikrúddal és vésznyitó nyomógommbal [Készítette: a szerző].....	125
27. kép Kulcsdoboz a vészkijárat mellett [Készítette: a szerző].....	126
28. kép Csavarral lezárt kétszárnyú vészkijáratú ajtó [Készítette: a szerző].....	126
29. kép MSZ EN 179 szerinti vészkijáratú zár [178].....	128
30. kép Villamos szabályozású vészkijáratú rendszer egy magyarországi bevásárlóközpont cipőboltjában [Készítette: a szerző].....	129
31. kép Kulcsdoboz egy vészkijárat mellett egy raktárnak használt régi malomépületben [Készítette: a szerző].....	130
32. kép Kilincsbúra, egy mozdulattal eltávolítható [183].....	131
33. kép Kilincsbúra a gyakorlatban egy magyarországi nagykereskedelmi áruházban [Készítette: a szerző].....	132
34. kép Plombával biztosított vészkijárat [Készítette: a szerző].....	133
35. kép Riasztóval felszerelt MSZ EN 179 szerinti vészkijáratú zár [186].....	134
36. kép Riasztóval felszerelt MSZ EN 1125 szerinti pánikrudas vészkijárat [187].....	134
37. kép Dupla kilincs egy óvoda vészkijáratú ajtaján [188].....	135
38. kép Nyomógommbal nyitható vészkijárat MSZ EN 13637 szerinti kialakítással [189].....	135

Táblázatok

1. táblázat Figyelembe veendő antropometriai adatok [73].....	28
2. táblázat A figyelembe vett ajánlott erőhatárok [79].....	30
3. táblázat A fejtető és a szemtengely közötti távolság [80].....	31
4. táblázat Az átbocsátóképesség értékei különböző források szerint [Szerkesztette: a szerző].....	76
5. táblázat Az első (meleg évszaki) mérés adatai [Készítette: a szerző].....	97
6. táblázat A második (hideg évszaki) mérés adatai [Készítette: a szerző].....	99
7. táblázat Különböző források átbocsátóképesség átlagainak összehasonlítása a vegyes életkorú populációval végzett mérés eredményével [Szerkesztette: a szerző].....	104
8. táblázat Az épületek kiválasztott kijáratainak szabad szélességi értékei [Készítette: a szerző].....	107
9. táblázat Az általános iskolák kiürítési gyakorlatainál végzett mérés adatai [Készítette: a szerző].....	109
10. táblázat A nyolc évfolyamos gimnázium kiürítési gyakorlatainál végzett mérés adatai [Készítette: a szerző].....	111
11. táblázat Különböző források átbocsátóképesség átlagainak összehasonlítása a gyermekekkel és fiatalokkal végzett mérés eredményével [Szerkesztette: a szerző]...	115
12. táblázat Kiürítési gyakorlatok eredményei 2013-ban [Készítette: a szerző].....	186
13. táblázat Kiürítési gyakorlatok eredményei 2014-ben [Készítette: a szerző].....	187
14. táblázat Kiürítési gyakorlatok eredményei 2015-ben [Készítette: a szerző].....	188
15. táblázat Kiürítési gyakorlatok eredményei 2016-ban [Készítette: a szerző].....	189
16. táblázat Kiürítési gyakorlatok eredményei 2017-ben [Készítette: a szerző].....	190

17. táblázat Kiürítési gyakorlatok eredményei 2018-ban [Készítette: a szerző]	191
---	-----

Képletek

1. képlet A gyalogosáramlás alapegyenlete [37:252]	69
2. képlet Az átlagos átbocsátás [Készítette: a szerző]	91
3. képlet A korrigált empirikus szórás [74:22]	98
4. képlet A középérték közepes hibája [74:23].....	98
5. képlet A hibahatár 95%-os valószínűséggel [171]	98
6. képlet A $p = 95\%$ -os megbízhatóságú konfidenciaintervallum értelmezése	98
7. képlet A hibahatár 99%-os valószínűséggel [171]	99
8. képlet A $p = 99\%$ -os megbízhatóságú konfidenciaintervallum értelmezése	99
9. képlet Az átbocsátóképesség mozgáskorlátozottakra vonatkozó értékének számítása [Készítette: a szerző].....	103
10. képlet Az átlag értelmezése [74:20].....	110

5. számú melléklet: Községi rendeltetésű épületek kiürítési gyakorlatainak mérési eredményei 2013–2018 között

12. táblázat

Kiürítési gyakorlatok eredményei 2013-ban [Készítette: a szerző]

sorszám	rendeltetés	2013					
		idő	Részt vevő			kijáratok összesített	átbocsátás fő/(m·min)
			gyermek	felnőtt	összes		
			létszám				
1.	bölcsőde	02:35	76	22	98	180 cm	21,07527
2.	bölcsőde és óvoda	05:27	142	26	168	471 cm	6,54473
3.	bölcsőde	02:34	40	10	50	175 cm	11,13173
4.	óvoda	nincs adat					
6.	óvoda	02:10	61	7	68	266 cm	11,79873
7.	óvoda	01:54	44	5	49	172 cm	14,99388
8.	óvoda	02:38	107	13	120	183 cm	24,90143
9.	óvoda	01:33	127	14	141	200 cm	<u>45,48387</u>
10.	óvoda	02:32	84	11	95	240 cm	15,62500
11.	általános iskola	02:48	330	35	365	330 cm	39,50216
12.	általános iskola	03:17	199	26	225	240 cm	28,55330
13.	általános iskola	01:54	300	37	337	300 cm	<u>59,12281</u>
14.	gimnázium	04:16	423	38	461	280 cm	38,58817
15.	gimnázium	04:31	456	57	513	330 cm	34,41798
16.	gimnázium	04:06	384	39	423	200 cm	<u>51,58537</u>
17.	iroda	05:34	0	85	85	120 cm	12,72455

13. táblázat

Kiürítési gyakorlatok eredményei 2014-ben [Készítette: a szerző]

sorszám	rendeltetés	2014					
		idő	Részt vevő			kijáratok összesített	átbocsátás fő/(m·min)
			gyermek	felölt	összes		
			létszám				
1.	bölcsőde	01:49	60	20	80	180 cm	24,46483
2.	bölcsőde és óvoda	03:35	135	25	160	471 cm	9,48008
3.	bölcsőde	02:18	50	13	63	175 cm	15,65217
4.	óvoda	01:40	66	9	75	95 cm	<u>47,36842</u>
6.	óvoda	01:01	65	8	73	266 cm	26,99371
7.	óvoda	01:32	44	5	49	172 cm	18,57937
8.	óvoda	01:47	118	15	133	183 cm	40,75379
9.	óvoda	04:44	107	17	124	200 cm	13,09859
10.	óvoda	01:50	79	15	94	240 cm	21,36364
11.	általános iskola	02:14	299	38	337	330 cm	<u>45,72592</u>
12.	általános iskola	03:11	233	26	259	240 cm	33,90052
13.	általános iskola	02:05	233	37	270	300 cm	<u>43,20000</u>
14.	gimnázium	04:26	442	46	488	280 cm	39,31257
15.	gimnázium	04:20	439	55	494	330 cm	34,54545
16.	gimnázium	03:26	312	39	351	200 cm	<u>51,11650</u>
17.	iroda	04:08	0	82	82	120 cm	16,53226

14. táblázat

Kiürítési gyakorlatok eredményei 2015-ben [Készítette: a szerző]

sorszám	rendeltetés	2015					
		idő	Részt vevő			kijáratok összesített	átbocsátás fő/(m·min)
			gyermek	felölt	összes		
			létszám				
1.	bölcsőde	01:53	74	27	101	180 cm	29,79351
2.	bölcsőde és óvoda	04:40	123	27	150	471 cm	6,82439
3.	bölcsőde	02:22	40	12	52	175 cm	12,55533
4.	óvoda	02:07	69	8	77	95 cm	38,29258
6.	óvoda	00:37	66	12	78	266 cm	<u>47,55131</u>
7.	óvoda	01:30	47	6	53	172 cm	20,54264
8.	óvoda	02:21	90	12	102	183 cm	23,71817
9.	óvoda	01:57	121	13	134	200 cm	34,35897
10.	óvoda	01:50	76	12	88	240 cm	20,00000
11.	általános iskola	03:25	--	--	413	330 cm	36,62971
12.	általános iskola	02:49	27	270	297	240 cm	<u>43,93491</u>
13.	általános iskola	02:10	339	48	387	300 cm	<u>59,53846</u>
14.	gimnázium	03:17	--	--	468	280 cm	<u>50,90645</u>
15.	gimnázium	04:42	--	--	467	330 cm	30,10961
16.	gimnázium	03:52	--	--	413	200 cm	<u>53,40517</u>
17.	iroda	04:39	0	69	69	120 cm	12,36559

15. táblázat

Kiürítési gyakorlatok eredményei 2016-ban [Készítette: a szerző]

sorszám	rendeltetés	2016					
		idő	Részt vevő			kijáratok összesített	átbocsátás fő/(m·min)
			gyermek	felölt	összes		
			létszám				
1.	bölcsőde	01:48	72	26	98	180 cm	30,24691
2.	bölcsőde és óvoda	02:40	157	22	179	471 cm	14,25159
3.	bölcsőde	01:31	36	20	56	175 cm	21,09890
4.	óvoda	01:42	65	8	73	95 cm	<u>45,20124</u>
6.	óvoda	00:40	56	13	69	266 cm	38,90977
7.	óvoda	00:58	48	6	54	172 cm	32,47795
8.	óvoda	02:42	--	--	75	183 cm	15,17911
9.	óvoda	02:00	118	14	132	200 cm	33,00000
10.	óvoda	01:41	69	14	83	240 cm	20,54455
11.	általános iskola	02:31	--	--	355	330 cm	<u>42,74533</u>
12.	általános iskola	03:18	--	--	315	240 cm	39,77273
13.	általános iskola	02:14	--	--	379	300 cm	<u>56,56716</u>
14.	gimnázium	03:11	--	--	587	280 cm	<u>65,85639</u>
15.	gimnázium	03:56	--	--	394	330 cm	30,35439
16.	gimnázium	02:25	--	--	423	200 cm	<u>87,51724</u>
17.	iroda	03:42	--	--	70	120 cm	15,76577

16. táblázat
 Kiürítési gyakorlatok eredményei 2017-ben [Készítette: a szerző]

sorszám	rendeltetés	2017					
		idő	Rész vevő			kijáratok összesített	átbocsátás fő/(m·min)
			gyermek	felöltt	összes		
			létszám				
1.	bölcsőde	01:17	54	20	74	180 cm	32,03463
2.	bölcsőde és óvoda	03:02	148	24	172	471 cm	12,03892
3.	bölcsőde	02:04	47	10	57	175 cm	15,76037
4.	óvoda	01:46	59	9	68	95 cm	40,51639
6.	óvoda	00:33	54	9	63	266 cm	<u>43,06220</u>
7.	óvoda	01:47	44	6	50	172 cm	16,30080
8.	óvoda	01:37	108	11	119	183 cm	40,22309
9.	óvoda	01:41	130	24	154	200 cm	<u>45,74257</u>
10.	óvoda	02:46	83	15	98	240 cm	14,75904
11.	általános iskola	03:10	--	--	420	330 cm	40,19139
12.	általános iskola	03:19	--	--	296	240 cm	37,18593
13.	általános iskola	02:31	--	--	367	300 cm	<u>48,60927</u>
14.	gimnázium	05:58	--	--	589	280 cm	35,25539
15.	gimnázium	04:35	--	--	295	330 cm	19,50413
16.	gimnázium	03:54	--	--	416	200 cm	<u>53,33333</u>
17.	iroda	05:45	--	--	65	120 cm	9,42029

17. táblázat

Kiürítési gyakorlatok eredményei 2018-ban [Készítette: a szerző]

sorszám	rendeltetés	2018					
		idő	Részt vevő			kijáratok összesített	átbocsátás fő/(m·min)
			gyermek	felölt	összes		
			létszám				
1.	bölcsőde	01:23	68	33	101	180 cm	40,56225
2.	bölcsőde és óvoda	02:27	143	25	168	471 cm	14,55869
3.	bölcsőde	02:28	36	15	51	175 cm	11,81467
4.	óvoda	01:44	60	9	69	95 cm	<u>41,90283</u>
6.	óvoda	00:41	46	6	52	266 cm	28,60811
7.	óvoda	01:28	48	7	55	172 cm	21,80233
8.	óvoda	01:24	80	14	94	183 cm	36,69009
9.	óvoda	01:16	89	16	105	200 cm	41,44737
10.	óvoda	01:50	57	9	66	240 cm	15,00000
11.	általános iskola	04:10	--	--	382	330 cm	27,78182
12.	általános iskola	02:55	--	--	303	240 cm	<u>43,28571</u>
13.	általános iskola	05:28	--	--	280	300 cm	17,07317
14.	gimnázium	04:14	--	--	605	280 cm	<u>51,04049</u>
15.	gimnázium	05:01	--	--	493	330 cm	29,77952
16.	gimnázium	03:33	--	--	367	200 cm	<u>51,69014</u>
17.	iroda	04:31	--	--	59	120 cm	10,88561

6. számú melléklet: Az értekezés kohéziós táblázata

Tudományos probléma	Hipotézis	Kutatási célok	Kutatási módszerek	Eredmények
1. fejezet				
<p>A tűzvédelmi eszközök, tűzoltó-vízforrások és közműelzárók hozzáférhetősége nem definiált. Jelenleg nem ismert, hogy milyen feltételek mellett tekinthetők a tűzvédelmi eszközök, tűzoltó-vízforrások és közműelzárók hozzáférhetőnek. A jelenlegi előírások több esetben csak általánosságban fogalmazzák meg a megközelíthetőség és hozzáférhetőség követelményét, de a megvalósítás konkrét műszaki megoldásokra nem adnak iránymutatást.</p>	<p>Feltételezem, hogy az antropometriai tulajdonságok figyelembevételével kalkulált geometriai adatokra optimalizált paraméterek alkalmazása nyújtja a legszélesebb használati körben az elvárt biztonsági szintnek megfelelő műszaki megoldásokat.</p>	<p>Célom, hogy antropometriai adatok vizsgálatával egzakt módon meghatározzam a tűzvédelmi eszközök, tűzoltó-vízforrások és közműelzárók elhelyezésének használati, valamint tűzoltó beavatkozási szempontból optimális geometriai paramétereit.</p>	<p>Tanulmányozom és összehasonlító elemzéssel értékelem a hazai és nemzetközi szakirodalmat, valamint a különböző szabványokat és irányelveket. Helyszíni felmérés során létesítmények tűzvédelmi helyzetét felmérem, majd elemzem a meglévő állapotok; az üzemeltetői, használói igények és a tűzvédelmi használati szabályok összevetésével.</p>	<p>Antropometriai adatok vizsgálatával egzakt módon meghatároztam a tűzvédelmi eszközök, tűzoltó-vízforrások és közműelzárók elhelyezésének használati, valamint tűzoltó beavatkozási szempontból optimális geometriai paramétereit, melynek alapján bebizonyítottam, hogy a meghatározott, antropometriai tulajdonságok figyelembevételével kalkulált geometriai adatokra optimalizált paraméterek alkalmazása nyújtja a legszélesebb használati körben az elvárt biztonsági szintnek megfelelő műszaki megoldásokat.</p>

Tudományos probléma	Hipotézis	Kutatási célok	Kutatási módszerek	Eredmények
2. fejezet				
Nem ismert a kiürítési számítás során alkalmazott átbocsátóképesség-érték tudományos alapja és kapcsolata a populáció átlagos menekülőképességével. Az előírt átbocsátóképesség-értéket, mely nem tesz lehetővé differenciálást, több, mint 50 éve alkalmazzák, így annak felülvizsgálata indokolt.	Feltételezem, hogy a felnőttek, fiatalok és gyermekek szűkítésen keresztüli áramlásának vizsgálatával meghatározható átbocsátóképesség-érték nagyobb, mint a jelenleg elfogadott és a vonatkozó TvMI-ben rögzített érték.	Célom, hogy a jelenleg elfogadott és a vonatkozó TvMI-ben rögzített átbocsátóképesség értékének differenciált módon történő meghatározását lehetővé tevő átbocsátóképesség-értéket határozzak meg felnőttek, fiatalok és gyermekek vonatkozásában.	Tanulmányozom és összehasonlító elemzéssel értékelem a hazai és nemzetközi szakirodalmat, valamint a különböző szabványokat és irányelveket. Helyszíni kísérleteket végzek a populáció átlagos menekülőképességének figyelembevételével a szűkítések átbocsátóképességének vizsgálatára, így meghatározom a szűkítések átbocsátóképességét felnőttek, fiatalok és gyermekek vonatkozásában.	Személyek szűkítésen keresztüli áramlásának vizsgálatával meghatároztam a jellemző átbocsátóképességet felnőttek, fiatalok és gyermekek esetében és igazoltam, hogy a kutatásaim alapján meghatározott érték nagyobb, mint a napjainkban hazánkban a kiürítési számítás során alkalmazott átbocsátóképesség-érték, amely lehetővé teszi a jelenleg elfogadott és a vonatkozó TvMI-ben rögzített átbocsátóképesség értékének differenciált módon történő meghatározását.