

Szabó Balázs¹

KÜLÖNLEGES MŰSZAKI MEGOLDÁSOK A NAGY VÉDŐKÉPESSÉGŰ VÉDETT LÉTESÍTMÉNYEKBE 1. RÉSZ

(SPECIAL TECHNICAL SOLUTIONS IN HIGH-SECURITY SHELTERS Part I)

A nagy védőképességű védett létesítményekben döntő többségében az életvédelmi létesítményekben (óvóhelyeken) megszokott műszaki megoldásokat alkalmaznak. Mivel ezek a létesítmények fokozott védőképességűek az óvóhelyek között, így ezekben gyakoriak az eltérő műszaki megoldások is. Ezek a mindennapos, rutinszerű munkákhoz szokott mérnökök számára nem egyszer ismeretlen és bonyolult megoldások. Alkalmazásukkal a létesítmények és a bennük tartózkodók sérülési kockázatát minimalizálni lehet. Ezeket a megoldásokat már a tervezési követelményekben meg kell fogalmazni és a tervezőmérnököknek alkalmazniuk kell a munkájuk során.

Kulcsszavak: védett létesítmény, speciális erősítési létesítmény, különleges műszaki megoldások, tervezési követelmények, nyílászáró szerkezetek

In the high-security facilities are used mainly the technical solutions of the shelters. As these high-security facilities have specially protecting capabilities among shelters, in these facilities are often applied different and special technical solutions. These technical solutions are sometimes unusual or complicated compared to the everyday engineering design. Applying these technical solutions can minimize the risk of injuries or damages within the facilities. These solutions should be set up early, in the design requirements to help to the designers to apply them during the design stage.

Keywords: specially reinforced facility, high-security shelter, special technical solutions, design requirements, doors

ELŐZMÉNYEK

A védett létesítmények olyan építmények ahol a fizikai védelem és az életfeltételek biztosításán túl a magas szintű munkavégzés és a kommunikáció biztosítása is alapvető feladat (kivéve a tárolási funkciójú létesítményeket).² Ezek a speciális erősítési létesítmények (SEL)³ Általában a III. osztályú⁴ ⁵ vagy nagyobb védőképességű óvóhelyek⁶. A nagy védőképességű⁷ védett létesítmények döntő többségében a földfelszín alatt helyezkednek el.

¹ Okl. építőmérnök, okl. mérnök-tanár, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskolájának doktorandusz hallgatója. E-mail: szabobalazs1980@gmail.com ORCID azonosító: 0000-0003-4860-6784

² Dr. Tóth Rudolf egyetemi előadása alapján.

³ Speciális erősítési létesítmények: Azok a létesítmények, amelyek az ország háborús tevékenységének előkészítése során, teljes ipari háttérének és műszaki potenciáljának felhasználásával alakítottak ki. Jellemzőik a mértékadó támadóeszközök komplex hatásai elleni kollektív védelem és a korszerű ipari technológiák alkalmazása a kivitelezés során. A béke időszaki kialakításból adódóan az üzemeltetés-fenntartási feladatok nagy része béke időszakban kerül végrehajtásra. [17]

Ilyen létesítmény tervezése során nehezen meghatározható, hogy milyen hatásokra kell azokat méretezni, felkészíteni. A tervezés során figyelembe veendő hatásokat „A nagy védőképességű védett létesítményeket veszélyeztető tényezők” című, a *Műszaki Katonai Közlöny 2017. évfolyamának 4. számában* megjelent cikkemben részletesen taglaltam. A nagy védőképességű létesítményeknél használt, a megszokottól eltérő műszaki megoldásokról semmilyen nyílt, kötelezően használandó előírás (szabvány) nem létezik. A tervezők a régebbi, már érvénytelen, óvóhelyekkel kapcsolatos ajánlásokat tartalmazó Műszaki Irányelvek és egyéb nehezen hozzáférhető ajánlásokat alkalmazták a tervezéseknél. Egyes (nem nyílt) leírásokban találhatóak speciális szerkezeti megoldásokról több-kevesebb részlettel szolgáló adat, de ezek egyedi, sokszor a valóságban még soha meg nem épült vagy ki nem próbált műszaki javaslatok. A tervezőnek ezeket a megoldásokat minden esetben az építetővel kell egyeztetnie.

Jelen cikkben a SEL-ekben lévő különleges műszaki és egyedi funkcionális, szerkezeti megoldásokat gyűjtöttem össze különös tekintettel azokra, melyek a magyarországi létesítményeket érinthetik. Ebben a cikkben a személy- és árubejáratok ajtóit részletezem. Mindegyikre igyekeztem példákat bemutatni (ha már hasonlóak valahol épültek). Bizonyosan nem teljes a felsorolás, hiszen nagyon sok olyan létesítmény van a világban melyek a mai napig sem ismertek és a tervezésüknél titokban dolgozó mérnökök különböző megoldásokat dolgozhattak ki ugyanarra a problémára. Sőt olyan kockázati tényezőket is felismerhettek és azokra megoldást találhattak, melyet mások nem.

A támadó fegyverek folyamatos fejlesztése tovább növelte azt az igényt, hogy egy elfogadható kockázati szintre méretezve, erősítési létesítményeink kellő védelmet biztosítsanak elsősorban a személyi állomány, a kommunikációs eszközök, stb. részére. Viszont ennek ellenére az ésszerű gazdaságosság keretei között kell, hogy maradjon megvalósításuk.⁸

KÜLÖNLEGES MŰSZAKI MEGOLDÁSOK CSOPORTOSÍTÁSA

A jobb áttekinthetőség végett igyekeztem a különböző műszaki megoldásokat csoportokba sorolni a szerint, hogy milyen problémakörre adják meg a megoldást. Az alábbi táblázatban ez látható. Nemcsak a tervezőmérnököknek, hanem az építető műszaki megbízottjának, a műszaki ellenőrnek és a kivitelezőnek is javasolt tisztában lennie az alábbi különleges megoldásokkal.

⁴ Az óvóhelyeket a polgári Műszaki Irányelvekben öt osztályba sorolják a léglökő hullám frontnyomása alapján: Az I. osztályú óvóhelyeknek 2,0 MPa, a II. osztályú óvóhelyeknek 1,0 MPa, a III. osztályú óvóhelyeknek 0,5 MPa, a IV. osztályú óvóhelyeknek 0,1 MPa és a V. osztályú óvóhelyeknek 0,03 MPa értéket kell elviselniük.

⁵ Egyes szakirodalmakban a I. osztályú óvóhelyek nagyobb mint 1 MPa teherre méretezendők felső korlát nélkül. Például Horváth Tibor, Wancel Gábor: Csapaterődítés, Kossuth Lajos Katonai Főiskola, *Felsőoktatási tankönyv*, Szentendre, 1995. 15.

⁶ Óvóhely: műszaki követelményeknek megfelelően kiépített műszaki létesítmény, amely határoló szerkezetei, berendezései révén meghatározott védelmet nyújt támadó fegyverek és katasztrófák hatásai ellen. [10]

⁷ Nagy védőképességűnek azokat az objektumokat nevezem e tanulmányban, melyek fizikai védőképességüket tekintve legalább a III. osztályba sorolhatók és gépészeti rendszereiket tekintve nem csak elzárkózásra, hanem levegő regenerálásra is alkalmas berendezésekkel vannak felszerelve.

⁸ Kovács Ferenc: Állandó rendeltetésű védett létesítmények tervezésének, méretezésének folyamata és alapelvei a hagyományos fegyverek hatásaival szemben a NATO ajánlás alapján c. tanulmány 2. (2002)

MŰSZAKI PROBLÉMA JELLEGE	MEGOLDÁSA	MEGVALÓSÍTÁSA
ELZÁRKÓZÁSSAL KAPCSOLATOS	lezáró és határoló szerkezetek (nyílászáró- és falszerkezetek)	személy- és árubejáratok
		fal- és földemrendszerek
		zsilipek
		menekülő utak
		lezárható/lezáródó légbeszívók
		lezárható/lezáródó túlnyomás kibocsájtók
		túlnyomásos belső terek
		gázzáróság
		pillanatzárok és hermetikus szelepek
		légüstök
		motorikus tolózárok
LÉGLÖKÉS VÉDELEMMEL KAPCSOLATOS	nyomáscsökkentők	tört vezetésű vonalas létesítmények
		kavics nyomáscsökkentők
		expanziós terek
		diffúzorok
		lovalcsövek
		védett közművek
ELEKTROMÁGNESES IMPULZUSSAL KAPCSOLATOS	EMI elleni aktív védekezés	felvillanás jelzés
	EMI elleni passzív védekezés (elnyelés)	elektromos szűrők
		árnyékoló szerkezetek
LÖKÉSBŐL ADÓDÓ GYORSULÁSSAL KAPCSOLATOS	energia elnyelés	megfelelő földelés
		amortizátorok
		berendezési tárgyak kialakításai, rögzítései
	mérnöki tervezés	speciális statikai szerkezeti megoldások
		közművek a falakon kívül
		különleges alaprajzi térszervezés
ÁLCÁZÁSSAL KAPCSOLATOS	építészeti kialakítás	repeszmentes szerkezetek
	építés	álczázó megoldások
EGÉSZSÉGÜGGYEL KAPCSOLATOS	szűrőrendszerek, regenerálók	speciális kivitelezési eljárások
		porszűrők
		harcigáz szűrők
		mérgező, gyúlékony és meleg gáz szűrők
		savgózsos elszívás
	levegő regeneráló rendszer	
	vízellátás	független víznyerés és tárolás
		víz tisztítás
élelemellátás	hosszú távú élelemraktározás	
elsősegély	egészségügyi átereszt	
	elkülönítő	
KÜLTÉRREL KAPCSOLATOS INFORMÁCIÓK	levegő fizikai paraméterei	időjárás megfigyelés
		külső levegő paramétereinek mérése
	őrzés, védelem	technikai védelmi rendszerek
		élőerős őrzés
	különleges kommunikációs eszközök és perifériái	különleges távközlési antennák
		különleges földkábelek

	elektromágneses kompatibilitás (EMC) védelem	árnyékolás
LÉTESÍTMÉNYFELÜGYELETTEL ÉS ÜZEMELTETÉSSSEL KAPCSOLATOS	felügyelet	komplex épületfelügyeleti rendszerek, vezénylés és ellenőrzés diszpécser által
		különleges üzemállapotok és protokoll
ENERGIA ELLÁTÁSSAL KAPCSOLATOS	energia ellátás	üzemanyag tárolók és ellátók
		szünetmentes telepek
		fűtő- és hűtőrendszerek

1. ábra: Különleges műszaki megoldások táblázatos összefoglalása (készítette a szerző)

Alábbiakban olyan megoldásokat ismeretetek, mely jelentősen eltér, a kisebb védőképességű (IV., V. osztályú, illetve osztályba nem sorolt) óvóhelyektől. Olyan megoldásokat, melyek más építményekben is megtalálhatóak (például a szellőző gépházakat, stb.) nem részletezem.

Minden egyes műszaki megoldás ismertetése után a lehetséges fejlesztési irányok előjelzésére kísérletet teszek.

LEZÁRÓ, LÉGLÖKÉS, SZILÁNK, REPESZ, SZENNYEZŐ ANYAGOK ELLEN VÉDŐ SZERKEZETEK

Nyílászáró szerkezetek

Személy- és árubejáratok

A tervezőknek a védett létesítményeket léglökő hullámot (és szívóhatást) keltő támadófegyverek hatásai ellen méretezni kell. A detonáció során igen nagy frontnyomású (akadálynál torlónyomást kialakító) hullámok keletkeznek a környező közegben. A létesítmények határoló szerkezetein ezekből igénybevételek és feszültségek keletkeznek, melyekre azoknak meg kell felelniük. A nyomóhullám után egy az előbbinél kisebb intenzitású ún. szívóhatással is számolni kell. A nagy védőképességű nyílászáró szerkezetek az egyik leglátványosabb elemei a védett létesítményeknek. Mivel nagy védőképességű védett létesítményeknél már legalább III. osztályú, azaz 0,5 MPa (5 kg/cm²) kezdeti (alap) túlnyomásból számított terhelést kell kibírniuk a nyílászáró szerkezeteknek, így ez az előírás megköveteli a különleges szerkezeti megoldásokat. Nem ritka, hogy akár a fenti terhelés négyszeresét is kibírni képes ajtószervezeteket kell tervezni egyes létesítményekben a szűk terekben kialakuló és felerősödő torlónyomások (akadályok előtti nyomásnövekedés) miatt. Természetesen több (külföldi) cégtől rendelhető és vásárolható előre gyártott, letesztelt, bevizsgált ilyen jellegű szerkezet, de több nemzet, köztük hazánk is gyártott egyedi megoldásúakat, melyek műszaki színvonala nem maradt el az akkor külföldön gyártott többi hasonlótól. Ilyen volt az MSZ 14467/1 alapján gyártott ajtó is.



2. ábra: Részben banki trezorajtókból álló rendszer (Budapest, Uri utca 72. alatti óvóhely)⁹

A kezdeti időszakban (II. világháború előtt és alatt) több helyen is próbálkoztak hazánkban nagy védőképességű óvóhelyet kialakítani, nagyrészt sikertelenül, mivel arra egyáltalán nem volt még gyakorlat. Egyes helyeken akkor még vegyesen banki páncélajtókat és TGS (törmelék, gáz és szilánk ellen védő) lemezajtókat használtak. Ezeket általában egymás után sorolták, bízva abban, hogy így védőképességük kiegészíti egymást.

Teljesen egyedi, általában nem bevizsgált megoldások is születtek az idők folyamán, melyek csak jelentős korlátozásokkal voltak, részben megfelelőek. Az alábbi ábrán egy ilyen I szelvényű acélgerendákból hegesztett ajtó látható.



3. ábra: Szabványon kívüli, egyszerű egyedi ajtó a volt észak-budai polgári védelemi vezetési pontban¹⁰

A nyílászárók fejlődési korszakai nagyrészt megegyeznek a banki trezorajtókéval, de attól több évtizeddel le vannak maradva. Ez azzal magyarázható, hogy ilyen új ajtókra rendszeresen nincs igény, csak akkor, ha a helyzet azt megkívánja. Fejlesztésük is általában

⁹ Szerző felvétele 2012. 01. 04-én.

¹⁰ Szerző felvétele 2011. 01. 16-án. (Budapest, Zsigmond térnél.)

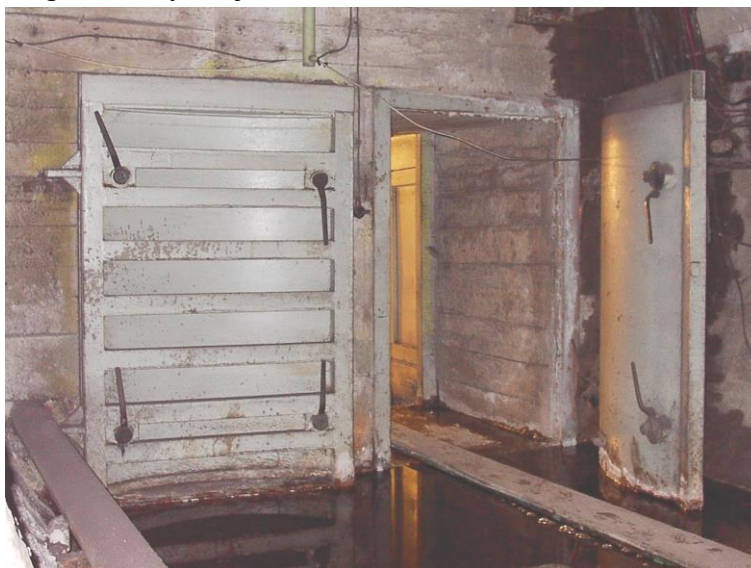
csak néha vesz nagyobb lendületet, ellentétben a trezorajtókkal, melyeket folyamatosan fejlesztnek. (Természetesen teljesen más szabványok vonatkoznak ma már rájuk.)

Megfigyelhető, hogy a II. világháború körül épített óvóhelyeken az elzáró szerkezetek még mennyire kezdetlegesek és kis védőképességűek voltak. Akkor még kisebb hatóerejű fegyverekkel számoltak és sokszor a föld alá épített létesítményekben arra számítottak, hogy a léglökő hullám leépül, mire eléri a nyílászárókat. Később bebizonyosodott, hogy ez nem így van.

Egyértelműen a nukleáris fegyverek megjelenésével együtt jelentek meg a nagy védőképességű nyílászáró szerkezetek.

Magyarországon tervezett és gyártott ilyen ajtók egyes korai típusai (valószínűleg szovjet és német mintára) íves acéllemezekkel voltak kialakítva. Ennek lényege, hogy a belső oldal felé domború lemezek a nagy külső nyomás hatására húzott szerkezetként viselkednek és a tartásukat a külső oldalon elhelyezett vízszintes, egyenes zárt szelvényű nyomott rudak biztosítják. Ezek statikai modellje ún. álív. Ezeket a szerkezetek a membránelmélet segítségével számíthatóak, amennyiben azokban csak normálerők keletkeznek és hajlítás nem. Megfelelő alak (kötélgörbe, azaz koszinusz hibebolikus alakú lemezek és egyenletesen megoszló (túlnyomásos gáz) teher esetén ez tényleg így van. Továbbá ahhoz, hogy ezek az általában egy irányban görbült, igen karcsú lemezek a membránelmélettel számíthatóak legyenek ahhoz a megtámasztó szerkezeteknek (például kereteknek) végtelen merevnek kell lenniük és merőlegesnek kell lenniük az érintőre. Ez már nem minden esetben teljesül. Ha feltételek teljesülnek, akkor a számítás az ún. kazánképlettel történhet.

Az ilyen ajtóknál az ajtószárny keretét nagyobb szelvényű zárt szelvények adják (lásd fenti feltételeket). Az ajtószárny négy helyen forgóreteszekkel rögzíthető a bebetonozott keretszerkezethez. Ezek a megoldások egy igen gazdaságos és jó műszaki megoldást eredményeztek, mivel az íves acéllap relatív vékony lemezből is megvalósítható volt. Így az ajtó anyagigénye alacsony volt és tömegéhez képest nagy volt a védőképessége. Hazánkban, az ötvenes években igen sok ilyen ajtó készült.



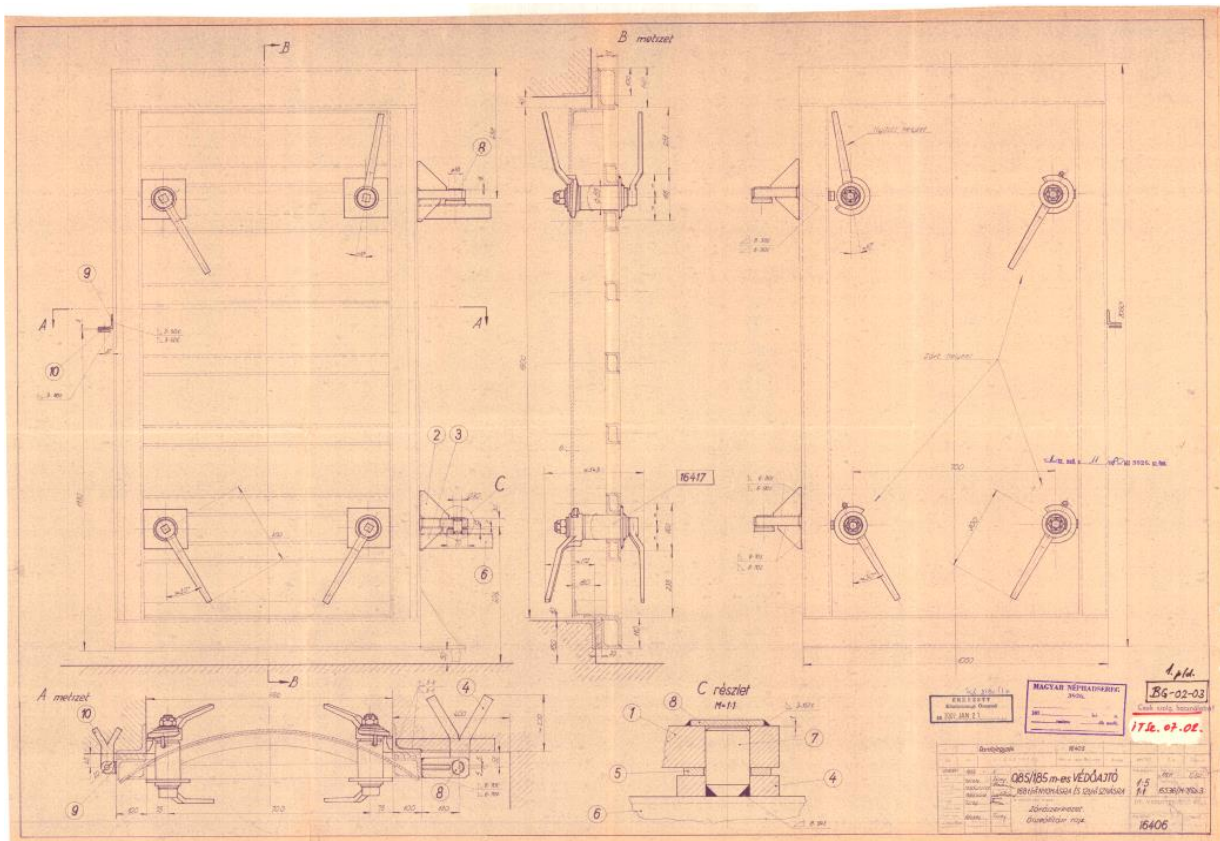
4. ábra: A budapesti F-4 létesítmény főbejárati ajtóí¹¹

¹¹ Szerző felvétele 2006. 01. 22-én.



5. ábra: VGA ajtó a KAGRA létesítményben (MSZ 14467/1)¹²

Ezeket az ajtószervezeteket a magyar gyakorlatban GA (gázzáró ajtó), VGA (védő és gázzáró ajtó) és VA védőajtónak nevezték. Ha a megnevezésben „A” betűkód helyett „B” volt akkor azok a bűvőajtók (tehát a kisebb méretű ajtók) megnevezései voltak.



6. ábra: VGA ajtó kiviteli terve¹³

¹² Szerző felvétele 2017. 05. 16-án.

¹³ Az UVATERV (Út- Vasút Tervező) Irodából 1959. X. hó.



7. ábra: VGB búvóajtó a KAGRA létesítményben¹⁴



8. ábra: Új, nagy védőképességű védőajtó beépítése a budai Várban¹⁵

Hazánkban és több országban voltak ettől kissé eltérő megoldások, melyek az ajtószárny keretét nem zárt acélszelvénnel, hanem diafragmákkal merevített két egymáshoz derékszögben hegesztett lapos acéllal oldották meg.

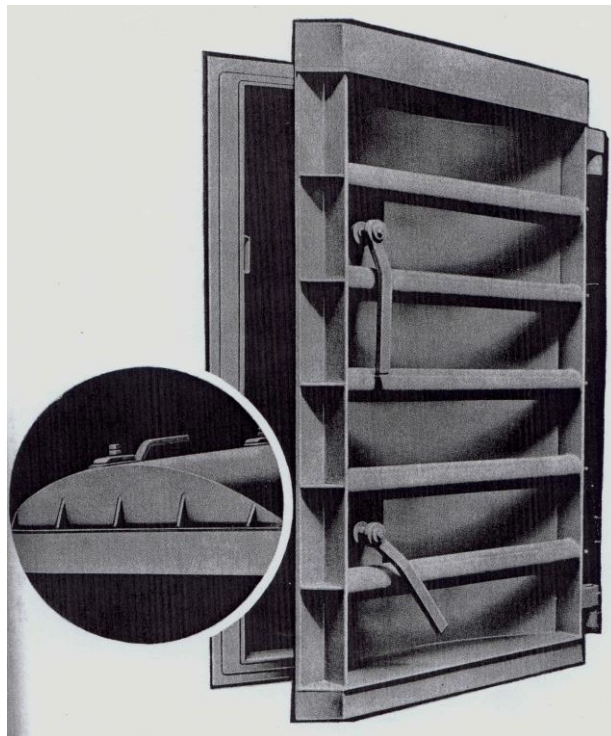
¹⁴ Szerző felvétele 2017. 05. 16-án.

¹⁵ Szerző felvétele 2017. 07. 02-án. (Pontos helyszín nem megjelölhető.)



9. ábra: Volt G-1 (Diósgyőri Gépgyár (DIGÉP)) óvóhely egyik bejárata Mexikóvölgyben¹⁶

Amerikában is kísérletesen hasonló szerkezeti megoldással készítettek ajtókat már az 1950-es évek végén.



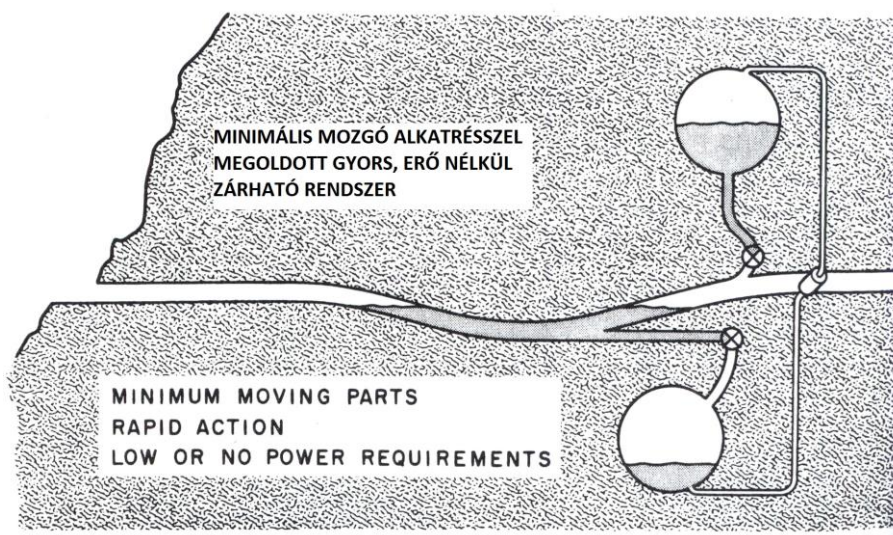
10. ábra: Amerikai védőajtó az 1950-es évek végén¹⁷

¹⁶ Szerző felvétele 2006. 06. 14-én. (Ilyen ajtók készültek a megyei, pl. a Karancsberény melletti vezetési pontokban is.)

¹⁷ Protective Construction in the nuclear age (Proceedings of the Second Protective Construction Symposium 1959. 367.o. (konferencia kiadvány))

SZABÓ BALÁZS: Különleges műszaki megoldások a nagy védőképességű védett létesítményekben 1. rész

Főleg a hidegháború idején (tehát még SEL-ek tervezésének és építésének a kezdeti időszakban) egyes kiadványokban jelentek meg ötletes megoldások az létesítmények lezárására. Ezek közül az egyik a bejárati rész egy szakaszát mélyebbre vezeti és azt vízzel árasztja el. A záráshoz vízzel kell feltölteni az alagutat, a nyitáshoz a vizet el kell távolítani. Bár azt hihetjük, hogy víz a külső túlnyomás hatására benyomul a belső térbe, mégis ez nem így van, hiszen a hatás bár intenzív, de rendkívül rövid ideig áll fenn. Tehát a nagy víztömegnek (nagy tehetetlenség) nincs ideje jelentősen elmozdulni, hiszen mire elindulna, a hatás már megszűnt. Viszont a nyomóhullámok egy részét a belső térbe vezetheti, mivel a vízben is terjednek a longitudinális anyagi hullámok. Hirtelen, de kicsit a víz el fog mozdulni, így a belső tér levegőjét kissé összenyomja, és ez kellemetlen lehet a bent tartózkodóknak. Ötletes megoldás, bár a kivitelezése és üzemeltetése nehézkesen lenne megoldható. A víz mozgatása lassú, illetve komplex szivattyú és tartályrendszert igényelne, melynek az üzemeltetési költségei is valószínűleg tetemesek lennének nem is beszélve a magas meghibásodási kockázatról (pl. vízkőlerakódások, víz megposhadása, stb.). A fenti okok miatt nem terjedt el, nem tudunk róla, hogy valahol megvalósult-e.

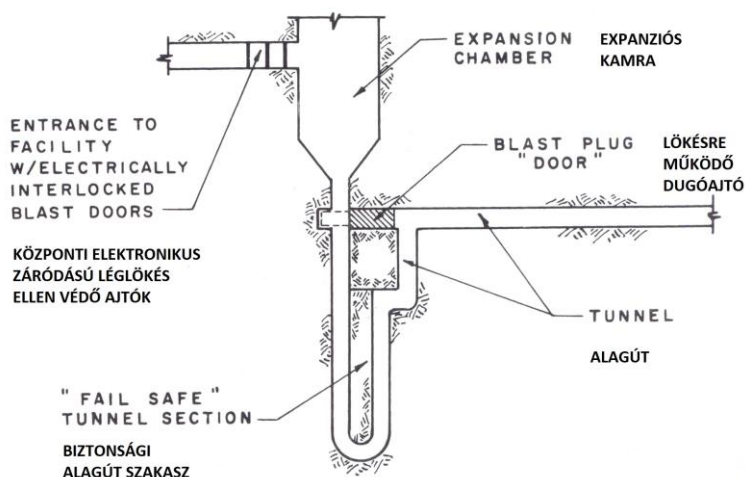


11. ábra: Vízzárral megoldott elzáró szerkezet¹⁸

Az Egyesült Államokban az 1950-es évek végén már számtalan vázlatrajzi szinten kidolgozott megoldás látott napvilágot a légbeszívó rendszerek és személyi bejáratok léglökés esetén történő lezárására. Ezeknél alapvető előírás volt, hogy az elzáró szerkezeteknek automatikusan be kell csukódniuk. Kezdetleges és nem kipróbált rendszerek voltak. Nem egy esetben bonyolultak voltak és működőképességük is megkérdőjelezhető lett volna. Egy másik (már jobban használható) megoldás egy nyomásra elzáró dugót mutat, melyet egy hosszú alagút kerül meg. Ötletes megoldás, de túl hosszú a békeidejű ki- és bejárati, illetve a betelepülés alatti bejárati útvonal. Kérdéses, hogy a nyomóhullám beérkezésekor az esetlegesen az óriási erővel és gyorsulással mozgó dugattyúnál tartózkodó személlyel mi történik? Az általában 180 fokba megtört folyosókat azért tervezték oly hosszúra, hogy a nyomóhullámnak nagyobb utat kelljen megtennie és ezzel időt nyerjenek addig, amíg az elzáró szerkezet teljes elzárása megtörténik. E költséges kialakítások helyett a zsilipes

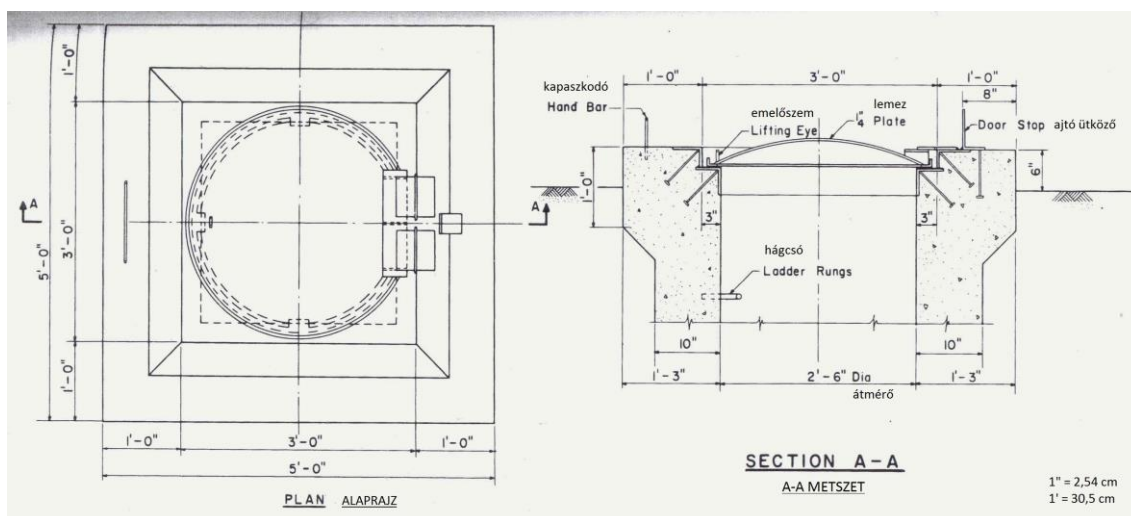
¹⁸ Protective Construction in the nuclear age (Proceedings of the Second Protective Construction Symposium 1959. 400.o. (konferencia kiadvány))

rendszerek terjedtek el, melynek a lényege, hogy több ajtó van egymás mögött és azok közül legalább egynek zárva kell lennie.



12. ábra: Komplikált megoldás egyszemélyi bejárat léglökés védelmére Amerikában az 1950-es évek végén (alaprész)¹⁹

Amerikában a szakirodalmak szerint hasonló kialakítással terveztek kialakítani vészkijárat csapóajtót is. Ennek terve látható az alábbi ábrán. Lehetséges, hogy a szögletes vasbeton fogadószerkezet (aknakialakítás) helyett kör alakú lenne a javasolt, amire statikailag előnyösebb, így kör alakú csapóajtót lehetett volna helyezni.



13. ábra: Amerikai vészkijárat ajtó kialakítás²⁰

Gyakori, hogy a nyílászáró szerkezeteknél nem csak a külső oldalon jelentkező léglökésből származó teher a mértékadó, hanem a léglökő hullám után szinte rögtön jelentkező szívóhatás. Ez abból adódik, hogy ezek az eszközök rövid idejű (dinamikus) hatásra nagy terheket képesek felvenni, viszont hosszabb idejű (ugyancsak dinamikus) hatásokra sokkal kisebbet és a szívóhatás sokkal hosszabb idejű, mint a nyomóhatás. Illetve azért is lehetséges, hogy ez a mértékadó, mivel ezek a nyílászárók általában csak néhány ponton (2, 4 vagy 8 ponton)

¹⁹ Protective Construction in the nuclear age (Proceedings of the Second Protective Construction Symposium 1959. 372.o. (konferencia kiadvány)

²⁰ Protective Construction in the nuclear age (Proceedings of the Second Protective Construction Symposium 1959. 371.o. (konferencia kiadvány)

SZABÓ BALÁZS: Különleges műszaki megoldások a nagy védőképességű védett létesítményekben 1. rész

vannak rögzítve a kerethez és így igen kis felületen alakulhat ki igen nagy (húzási, hajlítási és nyírási) igénybevétel. Ebből adódik, hogy a következő fejlesztési lépcső a hatékonyabb reteszeléssel ellátott nyílászárók lettek, melyet a fokozott gázzáróság is megkívánt. Ezeknél már a kézi mozgatású (forgó) zárócsap helyett a reteszelés oldalról a tokba kinyúló tömöracél hengerek lettek megoldva, melyeket a hadmérnökök a banki trezorajtók mintájára vettek át. (Banki trezorajtóknál már ezt a megoldást több évtizeddel előtte alkalmazták.)



14. ábra: Banki trezorajtó 1910-es évekből a Pesti Hazai Első Takarékpénztár épületéből (Bp., Váci utca 1.)²¹

A reteszelést mindig úgy kell megoldani, hogy a nagy terhelés, ütés és kisebb deformáció után is nyitható maradjon az ajtó. Ezt a legtöbb nemzetnél mechanikusan (kézzel) tekerhető, segédrudakkal működő rendszerekkel oldották meg.



15. ábra: Elzáró ajtó a Kis-Gellért hegyi Sziklában (volt MH légirányítási központ) négy pontos reteszeléssel²²

²¹ Szerző felvétele 2007. 08. 23-án. (Az ajtó belső oldalán üveglappal, hogy a zármechanika látható legyen.)

²² Szerző felvétele 2007. 10. 16-án.



16. ábra: Budapesti metróban (porkamrát lezáró) búvóajtó kézi, tekerős reteszeléssel²³

Egyes országokban (pl. a németeknél és szovjeteknél) az ajtószárnyak acéllemez kialakítását a magyar rendszerhez képest megfordították. Így a külső oldal felé domború (az előbbi megoldásnál jelentősen vastagabb) lemezből készülő szárny már nyomott szerkezet, mely horpadásra, kihajlásra, kifordulásra nagyon érzékeny. Viszont a léglökő hullám a felületéről jobban visszaverődik, illetve alakja „áramvonalasabb”, így a teher a felületén kicsit kisebb értékű lehet. (Bár ezt a csökkentő hatást a számításokban nem szokták figyelembe venni.) Ezeket a lemezeket a belső (húzott oldalon) merevíteni szükséges. A németeknél nagyobb ajtóknál bevett szokás volt az alsó élre szerelt kerekes rendszer, mely egy motorral akár a távoli, önműködő (esetleg automatikus) csukást is lehetővé tette.



17. ábra: Mariantali kormányóvóhely egyik elzáróajtaja a volt NSZK-ban²⁴

²³ Tóth Rudolf: A METRÓ kettős rendeltetését biztosító műszaki megoldások és speciális berendezések, előadásjegyzet (ppt).

²⁴ www.falanszter.hu (letöltve: 2011. 10. 07.)



18. ábra: Marienthali kormányóvóhely a volt NSZK-ban kézi forgó zárócsappal²⁵

Ilyen íves kialakítású ajtókat Finnországban, Helsinkiben is használtak kétfunkciós (autógarázs) óvóhelyeken 1960 körül. Ehhez hasonló oldalról síneken begördülő íves elzáró ajtók vannak a mai napig is Helsinkiben a metróban a vonali alagutakban.



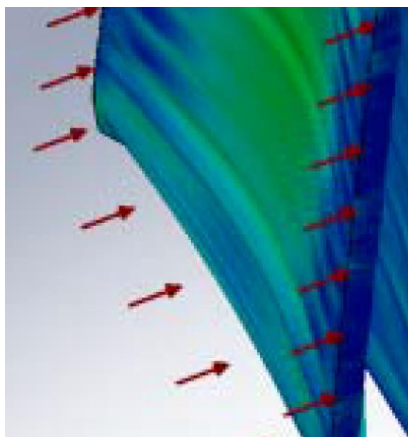
19. ábra: Marienthali kormányóvóhely a volt NSZK-ban kézi forgó zárócsappal²⁶

Mivel az íves elemekből kialakított nyílászárók gyártása bonyolult és költséges, illetve nagy precizitást igényel, így ma már ilyen új megoldással nem lehet találkozni. Minden esetben kívül-belül sík kialakításúak vannak forgalomban. A ma a világon az egyik legnagyobb és leghíresebb óvóhelyi eszközöket gyártó cég a TEMET OY (Finnország, Helsinki) is ilyen kialakításúakat gyárt sorozatban. További nagy gyártók az American Safe Room (Egyesült Államok, Oakland), a Northwest Shelter Systems (Egyesült Államok, Naples), az Utah Shelter Systems (Egyesült Államok, West Valley), a FuCare (Kína, Jiangsu, Wuxi), a Lunor (Svájc, Zürich), az Andair (Svájc, Andelfingen), és a Suoja-Expert (Finnország, Espoo).

²⁵ www.falanszter.hu (letöltve: 2011. 10. 07.)

²⁶ Pekka Rajajarvi: Väestönsuojien rakentamisen historia ja käsikirja 1927-2016, 371. o.

A cégek az általuk fejlesztett és értékesített termékeket kézi, tartószerkezeti számítási eljárással méretezik. Két bevett módszer van: az első a helyettesítő statikai számítási modell, amikor a dinamikus hatást kvázi-statisztikus hatássá alakítva az eszközt hagyományos statikai módon méretezik reflektált csúcnyomásból származó teherre, míg a második a dinamikus hatásra való méretezés ugyancsak kézi módszerekkel. Ez utóbbi általában pontosabb és jobban leköveti a valós alakváltozásokat, igénybevételeket és feszültségeket. Természetesen ma már a kézi számítást is szoftverekkel (pl. Mathcad program) segítik. Viszont a legtöbb esetben ma már minden cég számítógépes tartószerkezeti szoftverek segítségével is méretezi a szerkezeteket.



20. ábra: Szoftverrel végzett nyílászáró méretezés

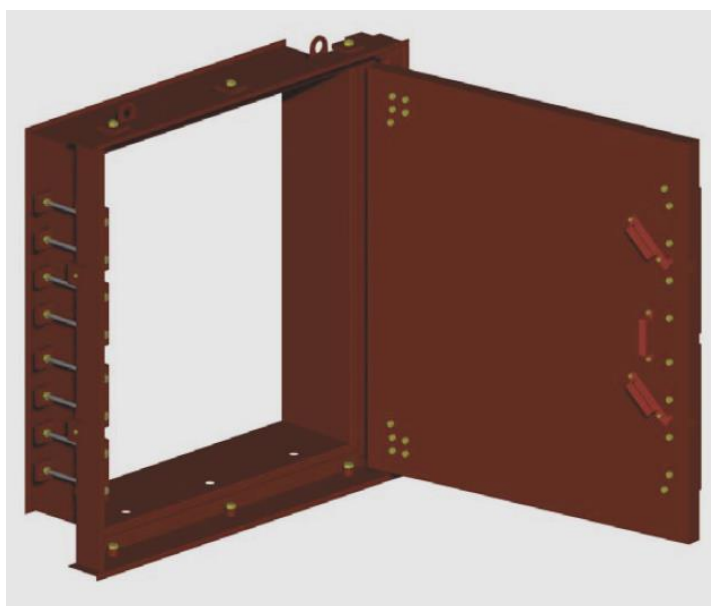
A világhírű és nagyobb cégek egyes valós robbanási körülmények között is tesztelik. Viszont mivel ezek nehezen megvalósíthatóak, például a robbanóanyag beszerzési engedélyek miatt, így általában nem végzik el azokat. Sőt, a kiértékeléshez sok robbantást kellene végezni, így egy-egy robbantásos kísérletet általában csak demonstrációs és/vagy marketing fogásnak lehet tekinteni. A tesztelést erre alkalmasan kialakított, sűrített levegőt alkalmazó teszthelyiségekben hajtják végre. Ez a módszer jól leköveti a valóságot, szükséges számban ismételhető, nagyon gyors kamerákkal felvehető és a fontos paraméterek mérőeszközökkel mérhetőek. Egyes nagy vásárlóról (például az Egyesült Államok Hadserege) hallható, hogy a megvásárolt termékeket robbantási kísérlet alá vetik a tényleges teherbírásuk meghatározása végett.

A védőajtókat a gyártók általában nem a legalacsonyabb szerkezeti acélból, hanem eggyel magasabb, ún. S355 minőségű (355 N/mm^2 garantált folyáshatárú) acélból gyártják.

A nagy védőképességű védőajtók egyik gyártónál sem teljesen gázzáróak, mivel a teher hatására történő alakváltozás miatt a réseken átszökhet a gáz. Ezért mindig szükség van ún. gázzáró ajtóra, melynek ugyancsak nem nulla az átteresztő képessége. A gáz átáramlás mértékét normál méretű egy szárnyú gázzáró ajtókra általában $0,72 \text{ m}^3/\text{h}$ körül adják meg 150 Pa nyomáskülönbség mellett. Ezért is kell a létesítmények belső tereiben túlnyomást biztosítani. Így a levegő csak kifelé áramolhat.



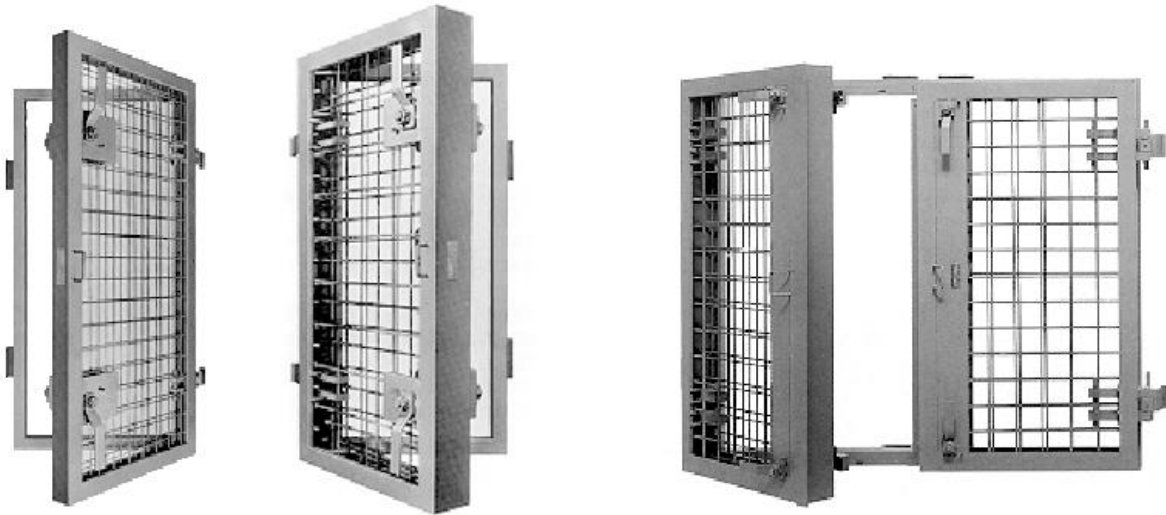
21. ábra: American Safe Room gyártmányú ajtó (kézi reteszeléssel)²⁷



22. ábra: SO-6 léglökés ellen védő ajtó a TEMET OY gyártól (kézi reteszeléssel)²⁸

²⁷ www.americansaferoom.com/blast-doors (letöltve: 2017. 12. 31.)

²⁸ www.temet.com/shelter/produkts (letöltve: 2008. 09. 16.) Ez a TEMET OY cég székiában gyártott (nem egyedi) ajtói közül a legnagyobb védőképességű.



23. ábra: előre gyártott vasbeton védőajtó a svájci Lunor cégtől (kézi reteszeléssel)²⁹



24. ábra: Regan Vest létesítmény (Dánia) egyik ajtaja³⁰

Felismerve az a tényt, hogy a magas értékű túlnyomást eredményező léglökő hullámoknak van egy kisebb, de mégis jelentős utólagos szívóhatása is, így az ajtószárnyak tömegét (tehetetlenségét) növelve egyre nehezebbre építették azokat az idők folyamán. Bevett szokás lett az acélajtó belsejének betonnal való kitöltése, mely következtében az ajtó nyomásból származó léglökés elleni teherbírása is jelentősen növekedett, bár ez a robusztusabb ajtózsánérok megjelenését is megkövetelte.

²⁹ www.lunor.ch/en/security-technology/blast-doors (letöltve: 2018. 03. 18.)

³⁰ Poul Holt Pedersen és Karten Pedersen: Danmarks dybeste hemmelighed Regan Vest 2013. 103. o.



25. ábra: Regan Vest létesítmény (Dánia) egyik ajtaja³¹



26. ábra: Bejárati védőajtó a totvázsonyi volt szovjet hadianyag raktárban³²

³¹ www.reganvest.dk (Letöltve: 2015. 06. 25-én)

³² Szerző felvétele 2017. 05. 24-én.



27. ábra: Kézi reteszelésű védőajtó a tótvázsonyi volt szovjet hadianyag raktár személybejárójánál³³



28. ábra: Kézi reteszelésű elzáró ajtók Londonban³⁴

³³ Szerző felvétele 2017. 05. 24-én.

³⁴ www.wired.com (Inside London's Secret Crisis-Command Bunker) (letöltve: 2017. 06. 05-én)

Majd a következő fejlesztési ütem a zárócsap helyett az elektromos reteszelés lett. Bár a nagy védőképességű védett létesítményekben mindig állandó kezelő és üzemeltető személyzet tartózkodik, de általában nagy alapterületűek (alaprajzilag igen kiterjedtek, tehát távol vannak egymástól a bejárataik). Mivel a személyzet véges számú és egy esetleges riasztás és elzárkózás esetén az összes nyílászáró bezárása sok embert jelentős időre lekötött volna. Erre egyértelmű megoldás a gépi reteszelés. Bár meg kell jegyezni, hogy kézi ajtószárny mozgatással együtt csak fél megoldás.



29. ábra: Marienthali kormányóvóhely az NSZK-ban elektromos (dugattyús) reteszeléssel³⁵

A következő fejlesztési ütem természetesen a távvezérelhető gépi ajtószárny zárás lett. Ezeket általában két módon oldották meg. A gyakoribb a hidraulikus, tehát dugattyúk segítségével, a ritkább pedig a motoros.



30. ábra: Budapesti metróban hidraulikus működtetésű kapu (reteszelővel)³⁶

³⁵ www.falanszter.hu (letöltve: 2011. 10. 07.)

³⁶ Tóth Rudolf: A METRÓ kettős rendeltetését biztosító műszaki megoldások és speciális berendezések, előadásjegyzet (ppt).

A mind nagyobb és nagyobb védőképesség elérésével a kapuk tömege oly nagy mértékben növekedett, hogy ma már nem ritka a 25 tonnás kivitel sem. Ekkorák a Cheyenne Mountain Complex (NORAD) védőajtói is és a volt NSZK kormánybunker védőajtói is.



31. ábra: Cheyenne Mountain Complex (NORAD, USA) léglökés ellen védő 25 tonnás védőajtók hidraulikus távreteszéssel^{37 38}

Sokáig a nyílászárók kizárólag kisméretűek voltak. Tehát a ki- és beközlekedésre alkalmas szélesség korlátozott volt. Az igények növekedésével, illetve a föld alá védett létesítménybe telepített funkciók bővülésével [pl. tengeralattjáró bázisok, kettős rendeltetésű (mélygarázs és metró) óvóhelyek] megkövetelték a nagyméretű ajtókat. Ezek közül az elsők ugyanúgy egy szárnyúak voltak mint a kisebbek. Az alábbi képen egy felnyíló szerkezet tesztje látható. Megjegyzem, hogy robbanás utáni repeszhatás után az ajtó nem biztos, hogy nyitható marad. Ez a kialakítás nem tudjuk, hogy milyen okból, de nem terjedt el.



32. ábra: Vízszintes helyzetből felnyíló védőajtó tesztje Amerikában az 1950-es évek végén³⁹

³⁷ www.bluebird-electronic.net (letöltve: 2017. 06. 05-én) (Az ajtó szinte biztos, hogy nem gázzáró, mindössze védőajtó szerepét tölti be.)

³⁸ Szalai János: Use of Hardened Facilities in the US, New Challenges in the field of military sciences 2009. (konferencia kiadvány)

³⁹ Protective Construction in the nuclear age (Proceedings of the Second Protective Construction Symposium 1959. 368.o. (konferencia kiadvány)

SZABÓ BALÁZS: Különleges műszaki megoldások a nagy védőképességű védett létesítményekben 1. rész

Ezek után a két ajtószárnyból álló kapuk is megjelentek. Magyarországon nem terjedtek el, viszont számos országban igen. Ezek már kizárólag idomacélokból készülnek külső oldalukon sík acéllemez borítással. Ilyen ajtóknál nem ritka a (kerettel együtt) a 20 tonnás kivitel sem. Nem javasolt a használatuk, mivel deformáció esetén a két ajtószárny csatlakozásánál elveszíthetik a gázzáróságukat, sőt akár még a teherbíró képességük nagy részét is.



33. ábra: SO-6 léglökés ellen védő kétszárnyú ajtó a TEMET OY gyártól⁴⁰



34. ábra: TEMET OY gyártmányú mélygarázs óvóhely ajtaja⁴¹

⁴⁰ www.temet.com/shelters/produkts (letöltve: 2008. 09. 16.) és szerző felvétele a Pysäköintihalli földalatti garázsban Helsinkiben mely egyben lakossági óvóhely is 2017. 09. 08-án.

⁴¹ www.temet.com/shelters/produkts (letöltve: 2008. 09. 16.) Ez a TEMET OY cég szériában gyártott (nem egyedi) ajtói közül a legnagyobb védőképességű. Akár 18 bar (18 kg/cm²) csúcshőnyomást is elvisel. A 3,9 méter szélességű szerkezetnek a teljes súlya 20 tonna kerettel együtt.



35. ábra: Suoja-Expert gyártmányú óvóhelyi ajtó⁴²

A kettős rendeltetésű metró óvóhelyekkel megjelentek (hazánkban is) az oldalról, felülről, vagy alulról beguruló védőajtók. Ilyenek épültek két budapesti metróvonalon is, mind az állomásoknál (csarnokoknál) mind pedig a vonali alagutakban, mint szektorelválasztó kapuk. Ezek között van olyan, mely energia tárolós (ellensúlyos), azaz elektromos energia nélkül is képes becsukódni. Olyan is van, mely alulról felfelé mozog, a célból, hogy a csukódó kapu alatt ne tudjon senki átmászni és ezzel a testi épségét, életét és a kapu csukódását kockáztatni.

Az oldalról, alulról, vagy felülről beguruló kapuk alkalmazását óvóhelyeken lehetőleg kerülni kell, mivel a nagy igénybevételek következtében jelentős deformációk léphetnek fel, és a kapu akkor már nem biztos, hogy nyitható lesz (szorulni fog). Gyakran lehet látni (általában sci-fi) filmekben óvóhelyeken oldalról becsúszó ajtókat, de ezek tömörgumi tömítés és a mozgó nyílászáró szerkezet sajtókkal a kerethez való nyomása nélkül általában alkalmatlanok még a légzárásra is.



36. ábra: Budapesti metróban oldalról becsúszó vonali elzáró kapu⁴³

⁴² www.suoja-expert.fi (letöltve: 2018. 01. 10.)

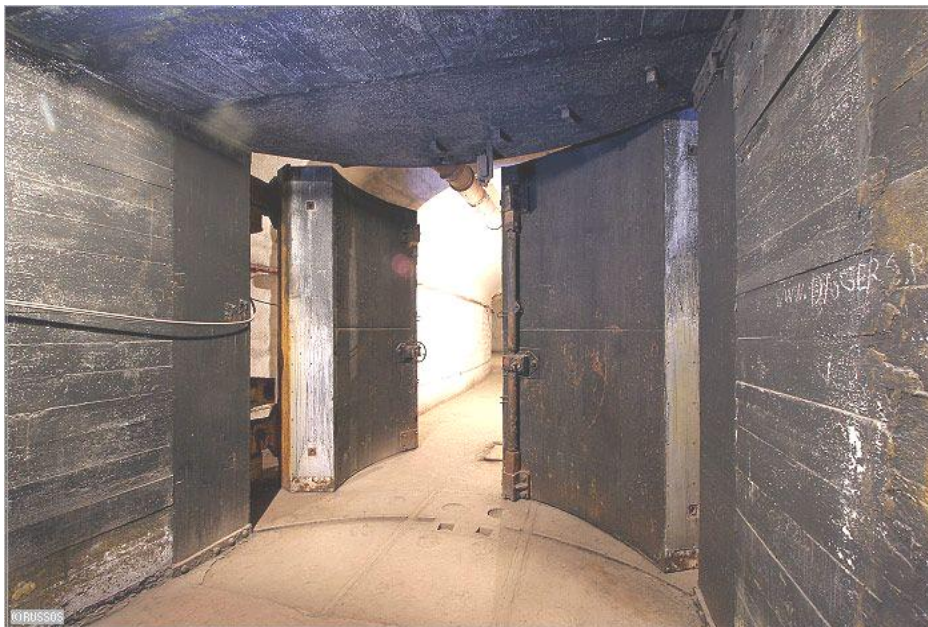
⁴³ Tóth Rudolf: A METRÓ kettős rendeltetését biztosító műszaki megoldások és speciális berendezések, előadásjegyzet (ppt).

SZABÓ BALÁZS: Különleges műszaki megoldások a nagy védőképességű védett létesítményekben 1. rész

A legnagyobb teherbírású nyílászárók esetén az íves kiképzést a mai napig megtartották. Ezek a kapuk csak nagy szerkezeti vastagsággal és az íves kiképzés miatt bennük fellépő nyomóerővel képesek felvenni a rájuk ható terheket, ugyanúgy mint a völgyzáró gátak. Az alábbi képeken látható védőajtók nem gázzáróak, mivel küszöbkiképzés a nagy terhek mozgatása miatt nem volt megvalósítható.



37. ábra: Balaklava volt földalatti tengeralattjáró bázis Krímben⁴⁴



38. ábra: Balaklava volt földalatti tengeralattjáró bázis Krímben⁴⁵

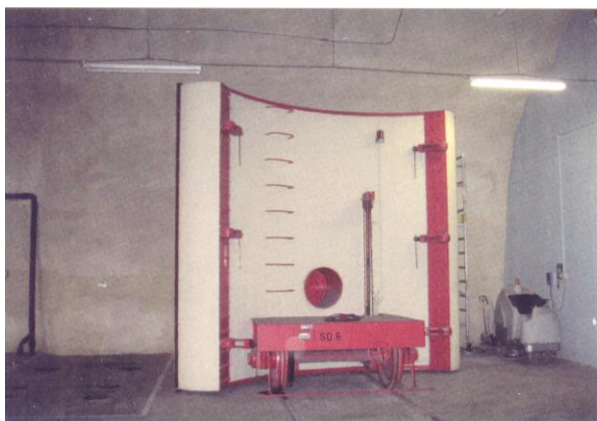
⁴⁴ www.pinterest.com (letöltve: 2011. 11. 26-án)

⁴⁵ www.wordpress.com (letöltve: 2011. 11. 26-án)



39. ábra: Egyedi tervezésű és gyártású léglökés ellen védő vasbeton ajtó Finnországban⁴⁶

Az alábbi ábra jól szemlélteti, hogy még olyan íves vasbeton ajtó is létezik, mely külön vasúti pályán lehet betolni a helyére és belülről 3-3 helyen lehet reteszelni.



40. ábra: Egyedi tervezésű és gyártású léglökés ellen védő vasbeton ajtó Finnországban⁴⁷

Hazánkban legutóbb 2002-ben megjelent 2/2002. (I. 23.) BM rendelet 54 oldalon taglalja az óvóhelyek nyílászáró szerkezeteit, de sajnos e rendelet igen elavult megoldásokat mutat be részletesen. A tervezők számára nem kötelezően betartandó. A bemutatott szerkezeteket már régóta (és már jóval a rendelet megjelenése előtt sem) gyártották és műszakilag már nem elégítik ki a mai igényeket. E leírás csak a régebben használt és beépített eszközök bemutatására alkalmas. A külföldről beszerezhető modern eszközök sajnos e leírásban nem szerepelnek. Javasolt lett volna inkább a követelmények pontos megfogalmazása, melyeket így nem csak egyfajta (elavult) szerkezettel lehet kielégíteni, hanem például a bárholnan beszerezhető eszközökkel.

FEJLESZTÉSI IRÁNYOK

A nagy védőképességű védett létesítményekben a külső oldali nyílászáró szerkezetek *fejlesztési irányai* nagyrészt megjósolhatóak. Szinte biztos, hogy döntő többségben továbbra

⁴⁶ Pekka Rajajärvi: Väestönsuojien rakentamisen historia ja käsikirja 1927-2016, 228. o.

⁴⁷ Pekka Rajajärvi: Väestönsuojien rakentamisen historia ja käsikirja 1927-2016, 228. o.

SZABÓ BALÁZS: Különleges műszaki megoldások a nagy védőképességű védett létesítményekben 1. rész

is merev nyílószerkezetek lesznek. A közeljövőben a műszaki kialakításban jelentős konstrukciós változás nem várható.

Várhatóan a modernizálás irányai a következő lehetnek: a legnagyobb védőképességű ajtószervezeteknél az íves kialakítás és a nagy tömegű mozgó szerkezetek preferálása várható. Továbbra is az egyszárnyú, nyíló (nem beguruló) ajtószárnyak várhatóak.

Nem várható, hogy az anyagválasztás jelentősen módosulni fog. Ez után is az acél, illetve acél-vasbeton anyagú ajtók fogják képezni szinte az összes ajtótypust. Legfeljebb a két anyag nagyobb szilárdságú verziói fognak teret hódítani. Az új anyagok megjelenése (pl. szénszál, üvegszál, kompozitok, stb.) még hosszú távon sem valószínűsíthető, mivel itt a súlycsökkentés nem cél, illetve nehezen bizonyítható, hogy ezeknek az anyagoknak mennyi a valós élettartamuk. Az sem bizonyos, hogy ezeknek az anyagoknak az összes paraméterük jelentősen nem változik az idő függvényében, nem is beszélve a tűzállóságukról.

Hosszútávon esetleg lehetséges, hogy az ajtók belsejében energia elnyelő (rugalmas, plasztikus) rétegeket fognak elhelyezni, mint a szendvicsszerkezetek, ahogy azokat a harcokocsiknál és páncélos harcjárműveknél a páncélzatban már évtizedek óta alkalmazzák.

Biztos, hogy törekedni fognak a tervezők arra, hogy az ajtók alsó részénél a tokszerkezetre rázáródó (ráfeszülő) ajtószárny közötti magasságkülönbséget minimalizálják, illetve ha nem tudnak tőle eltekinteni akkor azt valamivel áthidalják. Erre már léteznek mozgatható, felcsapható, lehajtható rámpák, de olyan ajtószervezetek is ahol ez a küszöb elmaradt (lásd. 31. ábra, 37. ábra, 38. ábra és 39. ábra). Ezek az ajtók biztosan nem gázzárók, tehát a védett térben valahol még van egy gázzáró ajtórendszer (zsilippel). Várhatóan ezek a legalább négy ajtóból (minimum két nagy védőképességű akár küszöb nélküli védőajtóból és minimum két gázzáró ajtóból álló) rendszerek fognak döntő többségében maradni.

Az szinte biztos, hogy a nyílászárók zárását és reteszelését a jövőben továbbra is távvezérléssel, elektronikusan, vagy hidraulikusan fogják végezni emberi beavatkozás nélkül. Legfeljebb vizuális megfigyelő rendszerrel és nyitásérzékelőkkel fogják ellenőrizni a zárás megtörténtét, illetve, hogy jogosulatlanul nem nyitották-e ki azokat.



41. ábra: Fejlesztési irány lehet a modern, civil banki trezorajtó⁴⁸

⁴⁸ www.wordpress.com (letöltve: 2017. 06. 05-én)

Amennyiben a nagy védőképességű ajtónak gázzárónak is kell lennie akkor valószínűleg az ajtó éleit úgy fogják kialakítani, hogy az lépcsőzetes élképzésű és többszörösen tömített legyen, hogy az esetlegesen bejutó gázoknak minél hosszabb utat kelljen megtenniük.

Valószínűnek tűnik, hogy az ajtók betörésvédelmét és a környező falakban lévő szerkezetek (például túlnyomás kibocsájtók) teljes zárhatóságát is biztosítani kell az aszimmetrikus hadviselés miatti esetleges (terror)támadások ellen.

Az biztosnak tűnik, hogy a tervezők az ajtók fejlesztésnél továbbra is a banki védelmi szegmensben használatos trezorajtók műszaki kialakításait fogják átvenni és beépíteni az óvóhelyi elzáró ajtókba.

A nagy védőképességű védett létesítményekben alkalmazott nyílászárókkal kapcsolatban igyekeztem a tervezési követelményeket alábbiakban összefoglalni:

Javasolt műszaki követelmények a kézi zárású nyílászárókkal kapcsolatban:

- minél egyszerűbb kialakítás,
- tartós, karbantartásmentes üzemeltetés,
- kizárólag mechanikus kialakítás,
- deformálódás után belülről és kívülről is nyitható szerkezeti kialakítás,
- belülről kis erőfeszítéssel (nő által is) egyszerűen, rövid időn belül nyitható szerkezet,
- zárás és reteszelés megvalósulása teljesen nyitott állapotból maximum 15 másodperc alatt,
- besorolási osztály szerint teherbírás,
- párás, nedves, vizes környezetben is tartósan biztos üzemelés.

Javasolt műszaki követelmények az automatikus záródású nyílászárókkal kapcsolatban (a kézi zárásúakon felül):

- energia befektetés nélküli záródás és reteszelés,
- mechanikusan vezérelt hangjelzés záródáskor,
- záródás közben léglökés hatására ne károsodjon,
- távoli vezérlés (elektronikus módon) lehetséges legyen.

ÖSSZEFOGLALÁS

Jelen cikkben igyekeztem a nagy védőképességű védett létesítményekben alkalmazott nyílászáró szerkezeteken belül a személy- és árubejáratok fejlődését bemutatni a kezdetektől a néha futurisztikus (meg nem valósult) elképzeléseken keresztül napjainkig. Az ajtók teherbírása és ellenálló képessége az idők folyamán jelentősen nőtt. A fejlesztések során a tervezők a kor legkorszerűbb vívmányait használták fel ezekhez a magas műszaki színvonalat képviselő szerkezetekhez.

Az első táblázatban szereplő további különleges műszaki megoldás részletes bemutatását a Műszaki Katonai Közlöny következő számában szeretném közölni.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Horváth Tibor, Wanczel Gábor: Csapterődítés, Kossuth Lajos Katonai Főiskola, Felsőoktatási tankönyv, Szentendre, 1995.
- [2] Protective Construction in the nuclear age (Proceedings of the Second Protective Construction Symposium 1959. (konferencia kiadvány)
- [3] Tóth Rudolf: A METRÓ kettős rendeltetését biztosító műszaki megoldások és speciális berendezések, előadásjegyzet (ppt).
- [4] TEMET OY cég kiadványai, honlapja: www.temet.com/shelters
- [5] Suoja-Expert cég honlapja. www.suoja-expert.fi
- [6] Lunor cég honlapja. www.lunor.ch
- [7] American Safe Room cég honlapja. www.americansaferoom.com
- [8] Poul Holt Pedersen és Karten Pedersen: Danmarks dybeste hemmelighed Regan Vest, 2013.
- [9] Szalai János: Use of Hardened Facilities in the US, New Challenges in the field of military sciences 2009. (konferencia kiadvány)
- [10] Életvédelmi létesítmények tervezése: óvóhely Épületgépészeti előírások (műszaki irányelv) MI-04-260-5 1993. szeptember
- [11] Pekka Rajajärvi: Väestönsuojien rakentamisen historia ja käsikirja 1927-2016
- [12] Kalliosuunnittelu Oy Rockplan Ltd Istakon Oy: Väestönsuojien Tekninen Opas, Osa 1 Kalliosuojien Suunnittelu-Ja Rakentamisopas 2008. 103.
- [13] Kovács Ferenc: Állandó rendeltetésű védett létesítmények tervezésének folyamata és alapelvei a hagyományos fegyverek hatásaival szemben a NATO ajánlása alapján c. tanulmány 2. (2002)
- [14] Szabó Balázs: Rákosi Titkos bunkere. Sziklakórház Kiadó. 2013.
- [15] Horváth Tibor: TEMET Kft. óvóhelyi filozófiája, Műszaki Katonai Közlöny 16. (2006) 181-185.
- [16] 2/2002. (I. 23.) BM rendelet 381-435.
- [17] Pásztor Péter: A speciális erődítési (védett) létesítmények helye, szerepe az erődítéstan rendszerében. Bemutakozik a Létesítmény Főnökség. Műszaki Katonai Közlöny. 2002. 1–2. száma. 39. oldal.