

Hennel Sándor
sanko1@freemail.hu

Ozsváth Sándor
ozsvathsandor@freemail.hu

LÉGIJÁRMŰVEK MENTŐBERENDEZÉSEI ÉS AZOK JÖVŐBENI FEJLESZTÉSI IRÁNYAI

Absztrakt

A repülés kezdetétől megjelent az igény a biztonsági szint növelésére. A tervezés, gyártás és az üzemeltetés magas színvonala miatt a repülési kockázatok a többi közlekedési formához képest alacsonynak tekinthetők. A modern gyártási technológiák napjainkra egyre olcsóbbá tették a repülőeszközöket, így új generációs légi jármű típusok tömegesen jelentek meg a microlight-tól az üzleti célú jet-ig. Ennek megfelelően új koncepciók, felhasználási területek, üzemelési módok, szabályok miatt napjainkra aktuálissá vált a már meglévő mentési rendszerek újbóli áttekintése és új megoldások kidolgozása.

Kulcsszavak: légi jármű, mentőeszköz, ejtőernyő, repülésbiztonság, kutatás-fejlesztés

Bevezető gondolatok

Már a repülés kezdetekor megjelent az igény a biztonsági szint növelésére. A repüléssel szembeni bizalmatlanság a repülés két legfontosabb eleméből, a magasságból és a sebességből adódik. A jelenlegi kereskedelmi repülésben elért üzembiztonsági szint kiemelkedően jó értékei ellenére az élet védelmét és a túlélést segítő eszközök fejlődése, illetve fejlesztése még koránt sem állt meg, további lehetőségeket tartogat. Ez a fejlesztési kényszer különösen igaz a kiskategóriás repülőgépekre, melyek piaci bővülése még a mentő berendezések javulásával tovább tágulhat.

A repülésben használt mentőeszközök, eljárások technikai megoldásain keresztül érdemes megvizsgálni a jelenlegi eszközök lehetőségeit, korlátait és ezen keresztül a jövőre nézve új fejlesztési irányokat keresni, amely hatékonyan képes könnyű repülőgépek mentőeszközeként üzemelni. Munkánk célja a jelenleg rendelkezésre álló mentőrendszerek összefoglalása és a lehetséges fejlesztési irányok kutatása, ezen tanulmány azonban kizárólag az ejtőernyő, a katapultálás és a GRS rendszer előnyeinek, hátrányainak, illetve alkalmazási lehetőségeinek vizsgálatára szorítkozik.

A mentés szükségessége

A fedélzeti mentőeszközök szükségességét a légijárművek tartós repülésképtelensége indokolja. Ennek megfelelően alapvetően megkülönböztethetünk műszaki meghibásodást, pilóta vagy légiirányítási hibákat, valamint meteorológiai illetve katonai ellentevékenységből származó vészhelyzeteket.

A légiközlekedésnek felgyorsuló világunk tág teret biztosít, hiszen technikailag a biztonsági szintet az elvárható értékre tudta emelni. Ennek megfelelően a közforgalmú repülésben alapvetően passzív biztonsági eszközöket alkalmaznak, amelyek közvetlenül, külön beavatkozás nélkül, pusztán jelenléttel, illetve speciális kialakítással, megelőzéssel látják el biztonsági feladataikat. Ilyen lehet a kényszerleszállásnál a repülőgép szikraképződést gátló burkolatai, az irányított-kényszer törési pontok kialakítása, illetve a kabinban a személyzetet védő, kifejezetten az esetleges ütközés esetére történő ergonómikus kialakítás, nehezen égő belső burkolatok, utastájékoztató feliratok, stb. Ugyanakkor léteznek aktív védelmet szolgáló eszközök is, amelyek kifejezetten a biztonság fokozása, illetve a közvetlen életmentés céljából kerültek beépítésre. Ilyen például a katapult ülés, az ejtőernyő, a fedélzeti tűzoltó rendszer illetve a biztonsági öv és a légzsák is. [1]

Ezeknek megfelelően vizsgáljuk meg, hogy milyen eljárások, szerkezeti megoldások elégítik ki a követelményeket, illetve a használatuknak milyen erős és gyenge pontjait ismerjük.

Az ejtőernyő, mint mentőeszköz

Az ejtőernyő a repülésben legrégebben alkalmazott életmentő eszköz. Charles Lindbergh szavaival éve: „az ejtőernyő egy olyan dolog, ami ha kell és nincs nálad, akkor utána már soha többet sem lesz rá szükséged” [20]. Általánosan elterjedt, kézenfekvő és jól bevált megoldás az ejtőernyő a személyzet tagjainak mentésére. A repülési lexikon szerint az ejtőernyő nem más, mint a rá erősített test (teher) zuhanását esés közbeni lassító szerkezet. Kinyílása és fékező hatása csak légellenállás következtében – tehát levegőben - jöhet létre. A szabadon zuhanó emberi test, 50 m/s körüli sebességét 5-8 m/s (illetve 0 m/s) függőleges sebességre lassítja, amely a biztonságos – sérülés nélküli – földetérés nyilvánvaló feltétele. (A zárójelben szereplő 0 m/s a kilebegtethető siklóernyőkre vonatkozik, míg a 5-8 m/s-os érték a hagyományos körkupolás ejtőernyőkre értendő.)

Az ejtőernyő létrehozásának a gondolata valószínűleg épp olyan régi, mint az a törekvés, hogy az ember repülhessen. Bár a kínai, velencei vagy a Leonardo da Vinci tervezte szerkezetek az elvi háttérrel biztosították, a léggömbök, léghajók - később a repülőgépek - megjelenésével az ejtőernyők tökéletesítése egyre nagyobb jelentőséget kapott. [9]

Mik az ejtőernyőkkel szemben támasztott követelmények:

- Működése megbízható, nyílása biztonságos legyen;
- A szerkezetnek – az előírásokban meghatározott biztonsággal – el kell viselnie valamennyi igénybevételt;
- A kellő szilárdság mellett, könnyűnek és kis térfogatúnak kell lennie;
- A célszerű kialakítással, szerkezettel, kiváló anyagminőséggel kell rendelkeznie, és követelmény az is, hogy az ismétlődő terhelések fárasztó hatása miatt csökkenő élettartama tervezhető legyen;
- A nyílás után az ejtőernyő stabil, vezethető kell, hogy legyen, és a szél káros hatásait is ki kell egyenlítsse;
- Szerkezete, hajtogathatósága egyszerű, gyárthatósága, javíthatósága olcsó legyen;

Magyarországon többféle mentőernyőt használnak, használtak. Ezek közül az alábbi típusok emelendők ki: Sz-3-3; Sz-4; Sz-5K; PN-58; Re-5; PSZM-3; PSZM-4; PSZU-36, illetve hazai fejlesztésként a ZHM-1 és ZÜM-1. Ezzel szemben az alábbi mentőernyők terjedtek el az USA-ban: B-12; B-4; NB-6, NB-8. A polgári légiközlekedésben elterjedt típusok: Security Safety-Chute, Pioneer Thinpack, Beta.

Az ejtőernyő felhasználhatóságának korlátját jelenti a pilóta fizikai képessége, amely a repülőgép nagy sebessége, bonyolult mozgása és ebből adódó erőhatások esetén a gépelhagyást megakadályozza, vagy korlátozza. (Könnyen belátható, hogy a helikopter hirtelen bekövetkező és többségében katasztrófával végződő bepördülése esetén a forgási sebesség 180^0 /másodperc mellett a fellépő centrifugális erő a biztonságos gépelhagyást lehetetlenné teszi, egy vadászrepülőgép esetén pedig a légáramlásból adódó ellenállás $6-700\text{km}/\text{óra}$ felett az ember fizikai erejének végességéből adódóan szintén lehetetlenné válik a kabin biztonságos elhagyása.)

A körkupolás mentőernyők merülési sebességét úgy határozzák meg, hogy élet mentésre legyen alkalmas, szemben a sport vagy deszant ernyőkkel, amelyeknél a sérülés mentes földetérés is alapkövetelmény. A mentőernyők tömege és térfogata fordított arányban van a merülő sebességgel. A mentőernyőknél a tömeg csökkentés miatt a kisebb ernyők használata a cél. Az ellenállás erő képletéből (1.képlet) láthatjuk, a tömeg (m) és a gravitációs gyorsulás (g) szorzatával tart ellen a kupola alakjára jellemző ellenállás tényező (C_x), sűrűség fele, süllyedő sebesség (v) négyzete és a kupola felületének (A) szorzata. A pilóta tömegének megfelelően a g , C_x , A , A állandósága mellett a merülő sebesség változik, ezzel együtt a sérülés kockázata is jelentősen emelkedik. A mentőernyő felhasználásának korlátját jelenti a pilóta tömege, és a repülési magasság, a sűrűség változása miatt.

$$m \cdot g = F_x = C_x \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2 \cdot A \quad \left[\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \text{N} = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \cdot \text{m}^2 \right] \quad \text{1.képlet}$$

$$v = \sqrt{2gs} \Rightarrow s = \frac{v^2}{2g} \quad \left[\begin{array}{c} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \end{array} \right] \quad \text{2.képlet}$$

Példaképpen a 6 m/s süllyedő sebességű ejtőernyős a 2. képletbe helyettesítve az 1,8 méter magasról leugró ember földetérési sebességének felel meg. 5500 méter magasan a levegő sűrűsége fele a tengerszintéhez képest. [10] A v^2 így a duplájára nő és az 1,8-ról 3,6 m-re nő az egyenértékű ejtőernyő nélküli ugrási magasságunk. Ez a 3,6 méteres érték a talajminőségtől függően, már az erősen veszélyes szintet jelenti.

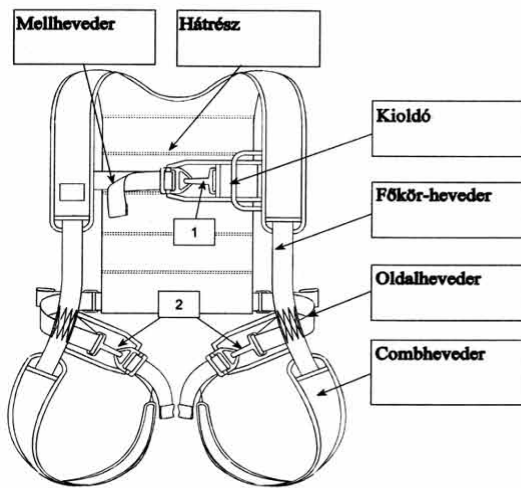
A sportban és a könnyűrepülésben alkalmazott pilóta-mentőernyők

A sportrepülés számos területén alkalmaznak új generációs pilóta-mentőernyőket. Fő felhasználók közé tartoznak a vitorlázórepülők és műrepülők, a meteorológiai és a terhelésből adódó kockázatnövekedésből adódóan.

Az új generációs sportrepülésben alkalmazott pilóta-mentőernyők jellemzően 40-45 m² nagyságú narancssárga vagy fehér színű kupolával rendelkeznek. Jellemző továbbá a 8 kg alatti súly és a test vonalát követő lapos [1. ábra] tok. Az elnyújtott és lapos tok kialakításának oka a használt repülőgépek kabinkialakításában keresendő. A modern vitorlázó repülőgépekben a pilóták erősen hátradőlve szinte hanyatt fekve foglalnak helyet, így közvetlenül az ejtőernyőn fekve vezetik a repülőgépet. A korszerű teljesítményrepülés nagymértékben igénybe veszi a repülőgép vezetőket, hiszen egy 750 vagy 1000 km hosszú távrepülés akár 8-9 óráig is tarthat és a kabin kialakítása miatt mozgásra nincs lehetőség. A sportrepülők részére készített pilóta mentőernyő kialakításával kapcsolatban tehát ergonómiai szempontokat is érvényesíteni kell, így fontos a tok belső oldalának puha anyagból történő kiképzése, valamint a hevederek csatjainak alátét anyaggal történő test előtti elhelyezése.

A pilóta-mentőernyők nem rendszeres sporttevékenységre készülnek, azonban állandó készenlétben állnak. Más ejtőernyőkkel szemben ezért fontos a tokozás UV-állósága, valamint a zártsága a por és bogarak távoltartásának érdekében. Az új típusú pilóta-mentőernyők rendszeres beugrására az alkalmazott modern anyagoknak köszönhetően nincs szükség. Félévenkénti áthajtogatással 20-25 éves élettartam is garantálható a gyártók adatai szerint.

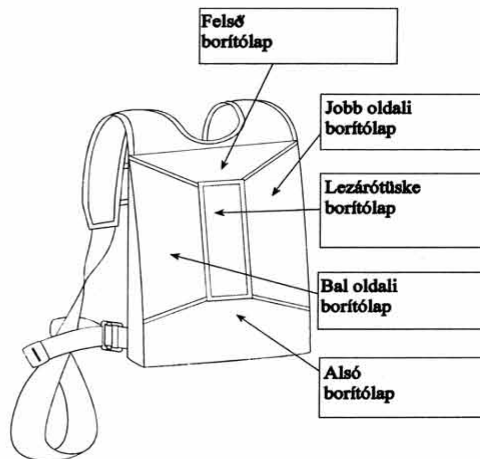
PARACHUTES DE FRANCE SA
FLEXPACK



- 1: Mellheveder csatt
- 2: Combheveder csatt

A tok váll és párnázott részei:
Bevont polyamid

Levehető hátpárna:
Polyamid nedvszívó anyagból



Hevederzet:
Polyamid hevederek

Szakfószilárdság:

Fő hevederek:	5400 kg
Mellheveder:	2700 kg
Oldalhevederek:	2700 kg
Hátsó hevederek:	1800 kg

1. ábra. A korszerű mentőernyő részei [22]

NÉHÁNY HAZÁNKBAN IS ISMERT PILÓTA MENTŐERNYŐ ADATAI [22] [23] [24]

1. sz. táblázat

Méret adatok (használatra kész állapotban)	SK-94	ZHM-1 és ZÜM-1	Flexpack
Magasság (mm.)	85 mm.	100 mm.	45 mm.
Szélesség	400 mm.	450 mm.	33 mm.
Hossz	600 mm.	500 mm.	600 mm.
Általános adatok			
Súly	7,5 kg.	8 kg.	6.2 kg.
Minimális pilótasúly	60 kg.	80 kg	60 kg.
Maximális pilótasúly	100 kg.	130 kg	115 kg.
Minimális nyitási magasság	80 m.	100 m.	100 m.
Vízszintes sebesség (levegőhöz képest)	2 m/s	4 m/s	-
Merülő sebesség teljes terheléssel	4.4 m/s	6,5 m/s	6.7
Kupola nagysága	52 m ²	40,5 m ²	39 m ²

Korunk modern mentőernyői az alkalmazott új gyártási technológiák ellenére is jól körülhatárolható feltételek mellett alkalmazhatók. Az ejtőernyő alkalmazhatósági korlátai közé sorolható a gépelhagyáshoz és az ejtőernyő nyílásához szükséges idő és ezen keresztül a minimális repülési magasság is. A mentőernyő jellemző, fontos értéke a minimális nyílási magasság, ahonnan adott repülési sebesség mellett az ejtőernyő képes a terhét biztonságos földet érési sebességre lelassítani. Ennek megfelelően kimondhatjuk, hogy a földközeli repülések esetén az ejtőernyő, mint mentőeszköz önmagában nem használható. A jövőben is a fejlesztés során tehát fő

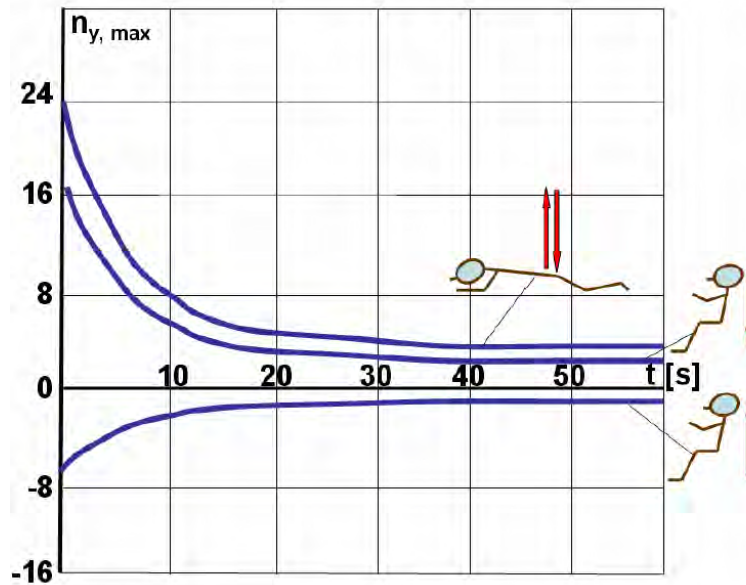
szempontként kell, hogy érvényesüljön a minimális nyitási magasság csökkentése, az ergonómia, és a tartósság, élettartam növelése, javítása.

A katapultálás

„A katapultálás a pilóta nagy sebességű – általában katonai – repülőgép elhagyása, kilőhető ülés segítségével, olyan esetekben, amikor a légijármű végzetesen megsérül, irányíthatatlanná válik.” [11] Kifejlesztését a katonai repülés sebesség növekedése tette szükségessé, ugyanis a 400 k m/órát meghaladó sebességű légijárművek esetében a pilóta testére a levegő dinamikus nyomásából olyan nagyságú erők hatnak, amelyek az önálló gépelhagyást nem teszik számára lehetővé. A katapult ülés első sikeres terveit 1939-ben Németországban dolgozták ki, majd ezt követően indultak sikeres fejlesztések Angliában, az Egyesült Államokban és a Szovjetunióban is. [12] A kezdeti katapultülések azonban gyakran okoztak súlyos sérüléseket. A katapultáláshoz szükséges testtartás felvétele túlterhelés esetén nagy erőfeszítést igényelt (lábak felhúzása a tartókra), így gyakran fordult elő végtagroncsolódás vagy csigolya kompresszió. A ma használatos katapult rendszerek jelentős fejlődésen mentek keresztül. Szerkezeti megoldásként a pilóta ülésrészt úgy alakították ki, hogy a hozzá rögzített hengerben lévő gázdugattyút égés során keletkezett gáz kivetíti, a továbbiakban pedig a földet érést ejtőernyő segíti. A rendszer legerősebb korlátját a pilóta gyorsulásából adódó túlterhelés jelenti. [13] (2. ábra)

$$n_y = \frac{F_y}{G} = m \cdot a / m \cdot g \quad 3.\text{képlet}$$

Mivel a gépelhagyás során néhány tizedmásodpercre a túlterhelés (n_y) elérheti akár a gravitációs gyorsulás 16-20 szorosát – 16-20 g - értéket is, a terhelés elviselhetőségét jellemző módon a pilóta edzettsége, testalkata, testhelyzete avagy a terhelés ideje befolyásolhatja.



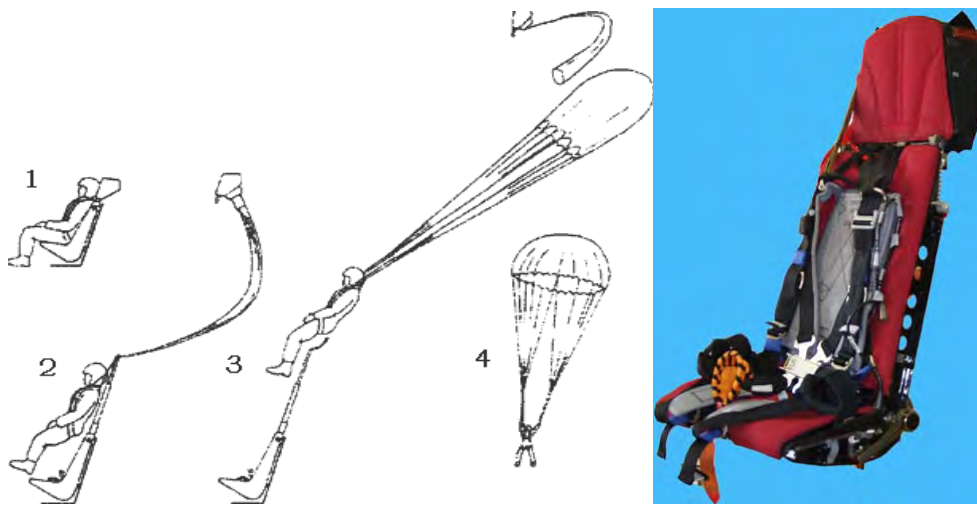
2. ábra. Az elviselhető túlterhelés testhelyzetek és az idő szerint [2]

A katapultálás technikai megvalósítása jelentős technikai feltételrendszer biztosítását igényli.

A rendszer karbantartása, időszakos felülvizsgálata is nagyon magas költségekkel jár, így a bek erülési és üzemeltetési költséggel együtt egy esetleges polgári alkalmazás során elfogadhatatlanul magas lehet.

Az elmúlt két évtizedben a számítógépes aerodinamikai tervezőprogramok, a szénszálás és egyéb kompozit anyagok új távlatokat nyitottak a repülőgépiparban. A fent leírtaknak köszönhetően a hagyományos repülőgép kategóriák határai kezdenek elmosódni. Olyan nagyteljesítményű repülő eszközök jelentek meg, amelyek teljesítményei többszörösen meghaladják korábbi kategóriatársaikét. Ma már nem ritka a 300 k m/h utazósebességre képes ultralight és a második világháborús vadászrepülőgépek teljesítményét idéző kiskategóriás repülőgép. Az ismert fizikai korlátok miatt a gépelhagyás fogalma tehát ismét átértékelődik. Igény merült fel egy civil használatra is alkalmas katapult-rendszer kifejlesztése.

Az új rendszer tervezése során azonban több szempontot is előtérbe kellett helyezni. Elsőként a repülőgép vezetők fizikai korlátait kellett figyelembe venni. Mivel a jellemző felhasználók bőven hangsebesség alatti tartományban repülnek, ezért nem volt szükséges a katonai repülésre jellemző elvárásoknak megfelelni. Így lehetőség nyílt alternatív megoldások keresésére is a teljes katapultálási folyamat tervezése során. A problémára megoldást egy rudazatos kilövő rendszer kifejlesztése jelentheti; ennél a rendszernél ugyanis a repülőgép vezetőre ható erők jóval szerényebbek a hagyományos katapultüléseknél.



3. ábra. A Zvezda gyár, CKC-94 típusjelű rakéta kihúzású mentőernyője [14]

A 3. ábrán bemutatott CKC-94-es mentőrendszer a pilóta gépelhagyását egy rudazatos kilövő rendszerrel oldja meg, az ejtőernyőt egy rakétával húzza ki, majd a levegő áramlása telíti a kupolát. Ilyen módon a gépelhagyás jelentősen felgyorsul, a pilótára jutó terhelés pedig nem nagyobb, mint az ejtőernyő nyitásából adódó rántás. A minimális alkalmazási magasság a gyári adatok szerint a 7 méteres repülési magasság. A teljes mentőeszköz súlya 22-28 kg között mozog, változattól függően. Így a CKC-94 és ezeknek az elveknek megfelelő mentőrendszerek egy többcélú katonai- polgári vegyes felhasználású könnyű repülőgép számára is jól felhasználható alternatívák lehetnek. Kis méretük és tömegük miatt lehetséges megoldást nyújtanak az olyan repülőeszközök esetén is, ahol a jellemző felhasználás vagy a szerkezeti kialakítás miatt a teljes gépes mentőrendszerek beépítése korlátozott, az önerős gépelhagyás pedig nehezen megvalósítható (pl. nagysebességű műrepülőgépek).

A 2. táblázat összehasonlítóképpen néhány katapult ülés technikai adatait mutatja be.

KATAPULT ÜLÉSEK MŰSZAKI ADATAI [12][14][15]

2. sz. táblázat

Gyártó	Típus	Sebesség	Magasság	Tömeg	Repülőgép
Zvezda	K-93	0-900km/h – 0,9 Mach	0-13km	68 kg	L-39
Zvezda	K-36D	0-1400km/h - 2,5 Mach	0-20km	103 kg	MiG-29
Zvezda	CKC- 94	60-400 km/h	7-4000m	28,5 kg	Su-26, Yak-52

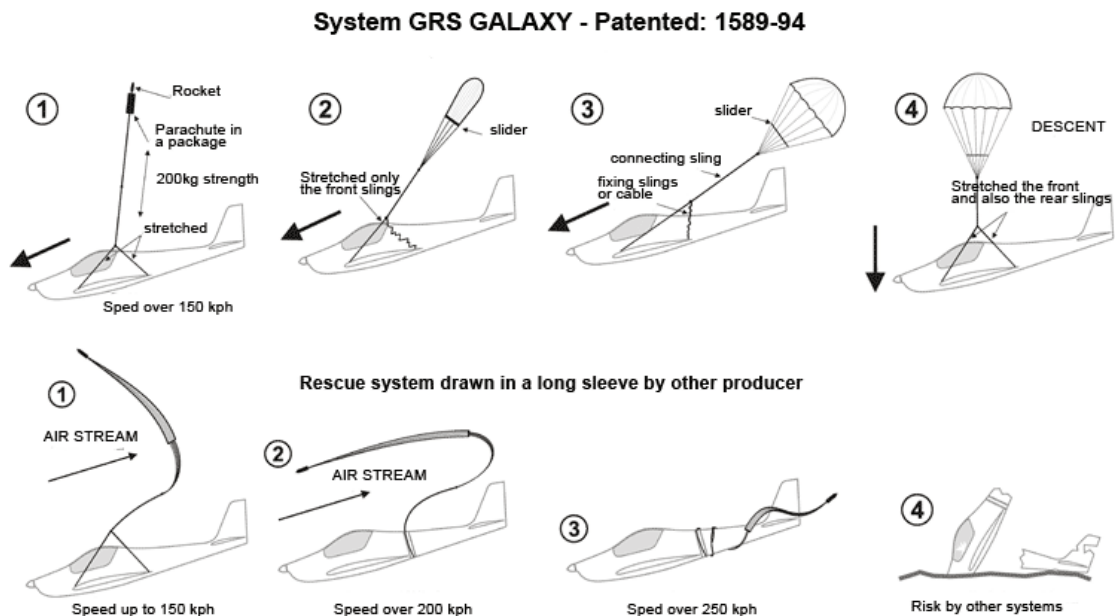
A teljes gépet mentő ernyő: a GRS rendszer

Az ejtőernyő alapú mentő rendszerek egy speciális változata a GRS, (Galaxy Rescue System) amely a **teljes repülőgépet, és nem csak a személyzetet védi**. A GRS ernyőjét, egy zárt konténerben, a repülőgéptől 15-18 méterre lövik ki, mely állapotban a teljes felfüggesztő rendszer feszített helyzetbe kerül. A konténer csak ezután nyílik ki, így a kupola elkerüli a repülőgép alkatrészeit. Az egész rendszer úgy lett kialakítva, hogy az adott körülményeknek megfelelő, lehető leggyorsabb nyílást tegye lehetővé, így biztosítva a biztonságos üzemelést az elérhető legkisebb magasságból. A rendszer indítása egy mechanikus kioldó - hozzávetőleg 90 N erő - meghúzásával történik, így az elsütő szerkezet beindítja a rakéta szilárd hajtóanyagú hajtóművét. Az indítás során csak kis visszaható erő keletkezik, mert a kiáramló gáz a repülőgép törzsén kívülre vezetődik el. [16]



4. ábra. A GRS 750, 840, 960 és 1200 változatai

Amikor a kupola a repülőgép felett 18 méter magasan kinyílik, a rakéta mozgási energiájánál fogva tovább repül, és leválik a kupoláról. A kupola méretétől és a repülési sebességtől függően, a mentőernyő rendszer 1,5- 6 másodpercen belül teljesen kinyílik. Ennek megfelelően a biztonságos repülési, nyitási magasság a repülési sebességtől, a kilövés irányától, a repülőgép mozgásától, és az eszköz beszerelésétől függően **30-150 méter földfeletti magasságon** már megvalósítható. A rakéta bármilyen irányba kilőhető, de legcélszerűbb azt a repülőgép hossz tengelyben felfelé, vagy kissé hátrafele kilőni. (5. ábra)



5. ábra. GRS mentőernyő rendszer működési vázlatja [17]

A GRS rendszer használható ultra könnyű, kísérleti, vagy könnyű motoros, illetve bármely más repülőgépben, amelynek maximális felszálló súlya 250-2000 kg között van. A rakéta rendszert úgy tervezték meg, hogy képes legyen a kupola nyitására extrém körülmények között is, mint a például a –40 - +60 Celsius fok közötti külső hőmérséklet. [17]

A GRS MENTŐERNYŐ TECHNIKAI ADATA [17]

3. sz. táblázat

Típus	biztonsági együttható	GRS 6 750 SDS 140m ²	GRS 6 840 SDS 245m ²	GRS 6 960 SDS 245m ²	GRS 6 1200 SDS 245m ²	GRS 6 1300 SDS 245m ²
A kupola teljes biztonsági együtthatója 1,25 x 1,21	K =	(• 1,08)	1,5	1,5	1,5	1,5
Legnagyobb megengedett felszálló súly (MTOW)	K= 1,25	• 750 kg	840 kg	960 kg	1200 kg	1300 kg
Legnagyobb megengedett sebesség (VNE)	K= 1,21	•250 km/h	268 km/h	250 km/h	250 km/h	250 km/h
Max. zuhanási teszt sebesség MTOW + 25 % terhelés	K = 1	270 km/h	268 km/h	305 km/h	305 km/h	305 km/h
Teszteredmények						
Átlagos idő a teljes kupola nyílásig, 95 km / h sebesség (MTOW)	sec.	6,3 sec.	6,4 sec.	6,4 sec	6,5 sec	6,6 sec
Teljes idő a kupola nyílásig (MTOW, VNE)	sec. kg	5,3 sec. 750 kg	5,8 sec. 840 kg	5,9 sec. 960 kg	6,0 sec. 1200 kg	6,0 sec. 1300 kg
Maximális üzemi nyitási dinamikus terhelés (VNE, MTOW)	kN	28,8 kN 3,9 G	26,5 kN 3,2 G	28,7 kN 3,1 G	40,3 kN 3,4 G	45,7 kN 3,6 G
Süllyedési sebesség tenger szinten (MTOW)	m/sec.	7,0 m/sec.	5,6 m/sec.	6,0 m/sec.	6,7 m/sec.	7,0 m/sec.
Kupola						
Felület		140 m ²	245 m ²	245 m ²	245 m ²	245 m ²
Zsinórok és cellák száma		28	40	40	56	64
Névleges átmérő		1x13,1 m	1 x 15,6m	1 x 15,6m	1 x 15,6m	1 x 15,6m

Rakéta						
Gyújtás – mechanikus gyújtás	Dupla					
Rakéta kezdeti húzóerő	770 N/ sec. / 78 kg/sec.					
Legnagyobb húzóerő	1400 N / 142 kg					
A rakéta és kihúzó rendszer súlya	2,62 kg					
Működési idő (- 40 °C do + 60°C)	1 sec. ± 0,2 sec.					
Csere ciklus 6 év	élettartam 30 év					
Méreték						
Soft pack B1	LxWxD	440x280x230	660x265x250	700x315x230	700x315x230	700x315x230
Soft pack B2	LxWxD	360x380x200	580x270x270	690x380x210	690x380x210	690x380x210
Felfüggesztő rendszer	Hossz tömeg	1 x 6 m 0,4 kg	1 x 8 m 1,2 kg	1 x 8 m 1,2 kg	2 x 8 m 1,7 kg	2 x 8 m 1,7 kg
GRS Teljes súly	Soft B Soft B2	14,8 kg ---	26,9 kg ---	--- 27,9 kg	--- 31,4 kg	--- 32,0 kg

A teljes gépet mentő ejtőernyő rendszer számos jó tulajdonsággal rendelkezik. Ebben az esetben nem csak személyi mentőeszközzel, hanem a teljes gépet, mint értéket megóvó berendezéssel beszélhetünk. Az 1300 kg-os maximális felszállótömegű kategóriánál a teljes rendszer alig 32 kg.

A GRS rendszer alkalmazási és fejlesztési lehetőségei a sport és könnyűrepülés terén

A sportrepülőgépek építése terén nagyarányú fejlődés zajlott a 70-es és 80-as években. Az új anyagok, és a házilagos kivitelezésre alkalmas (kit repülőgépek) otthoni építőkészleteknek köszönhetően főleg az ultralight és microlight repülőgépek, valamint a sportrepülő pilóták száma ugrásszerűen megnőtt. Ezzel a tendenciával párhuzamosan sajnálatosan megnőtt a szerkezeti károsodásokból, műszaki hibákból eredő balesetek száma is. Jellemző továbbá, hogy ezeken a repülőeszközökön repülő személyzet többsége a hobby pilóták közé tartozik. Olyan pilótákról van tehát szó, akik nem rendelkeznek a hivatásos repülőgép vezetőket megközelítő képzettséggel, így a vészhelyzetek megoldása során gyakran következnek be katasztrófák, személyi sérüléssel járó balesetek. A statisztikai elemzések kimutatták, hogy a balesetek 80%-a kis magasságon és a repülőtér közelében következik be. [21] Ennek megfelelően a 90-es évekre fontossá vált egy kisméretű és széles körben alkalmazható GRS rendszer kifejlesztése.

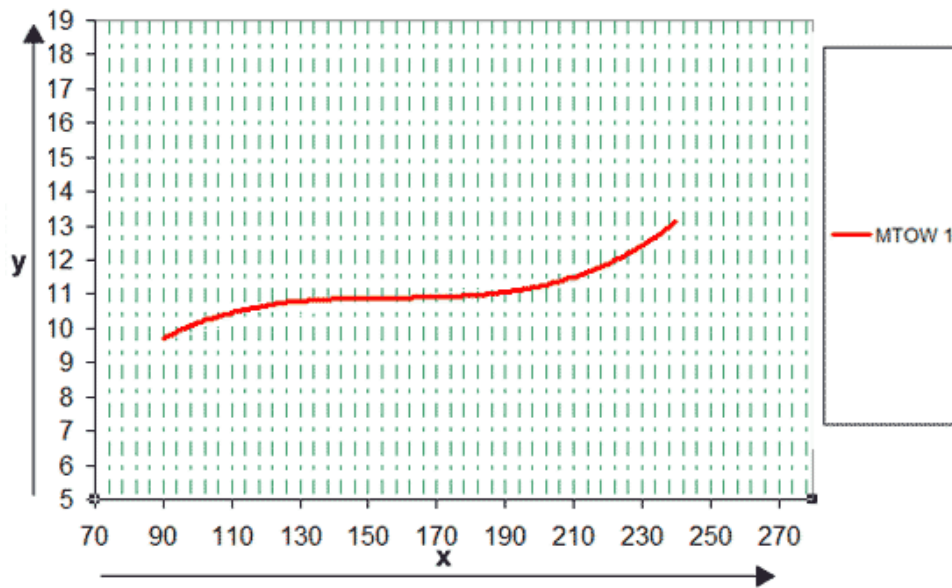


6. ábra. Microlight és ultralight kategória számára kifejlesztett GRS 3/180-4/240 SOFT B rendszer

Elvárások a könnyű GRS rendszerek kialakításával szemben

Az ultralight és microlight kategóriába tartozó repülőeszközök igen kis súllyal és könnyű, többnyire vegyes építésű szerkezettel rendelkeznek. A kis tömegből adódóan igen érzékenyek a súlypont eltolódására, így a beépítésre kerülő GRS rendszerrel szemben támasztott elsődleges elvárás a könnyű súly és kompakt kialakítás. A GRS rendszer beépítése során rögzítési pontként többnyire a törzskeret egy a közvetlenül a súlypont mögötti teherviselésre alkalmas részét jelölik ki. Ennek az elrendezési módnak az oka a repülőeszköz nyitás utáni tervezett pozicionálása. A rendszerek tervezésénél további szempontként fogalmazódik meg a nyitási folyamat során a repülőgép szerkezetére ható erő nagysága és annak a terhelés elviselésének bekötési pontja.

Második meghatározó elvárásként fogalmazhatjuk meg a kilövési és nyitási folyamat végrehajtását. Ez az elvárás az alkalmazott repülőeszközök repülési jellemzőjéből adódik. A célcsoportba tartozó ultralight repülőeszközök maximális repülési sebessége jellemzően 200 km/h alatt van, a microlight repülőeszközöké pedig 140 km/h alatt. Mivel főleg a microlight kategória esetén a jellemző indítási sebesség igen alacsony (akár 60 km/h alatti), ezért ezeket a szempontokat is figyelembe kell venni a kilövőszerkezet méretezése során. Az utóbbi időben alkalmazott kapszulás kilövőrendszer azonban ma már sokkal biztonságosabban működik kis sebességeken.



7. ábra. GRS 3/180-4/240 SOFT B rendszer adott nyitási sebességhez köthető szerkezetre gyakorolt erőhatásának görbéje 240 kg. tömegű szerkezet esetén [21]

A MICROLIGHT ÉS ULTRALIGHT KATEGÓRIÁBAN LEGGYAKRABBAN
ALKALMAZOTT KÉT RENDSZER FŐBB ADATAI [21]

4. sz. táblázat

	GRS 3/180 SOFT	GRS 4/240 SOFT
Méret	375x200x110 mm	375x200x110 mm
Súly	6.3 kg.	5.8 kg.
Maximális nyitási sebesség	160 km./h	240 km./h
Kupola mérete	40 m ²	40 m ²
Túlterhelés mértéke 120 km/h nyitási sebességnél 180 kg. tömeg esetén	3.8 G	-
Túlterhelés mértéke 160 km/h nyitási sebességnél 180 kg. tömeg esetén	5.5 G	-
Túlterhelés mértéke 160 km/h nyitási sebességnél 240 kg. tömeg esetén	-	4.7 G
Túlterhelés mértéke 240 km/h nyitási sebességnél 240 kg. tömeg esetén		5.5 G
Minimális nyitási magasság	30 m	60 m

Kifejlesztés és alkalmazás, a fejlesztés területei

A kiskategóriás GRS rendszerek kifejlesztése során mindenképpen érdemes megemlítenünk a Pipistrel Repülőgépgyár és a cseh Galaxy Holding vállalat fejlesztőmunkáját. A két cég munkájának köszönhetően a teljes gépes mentőrendszerek megbízhatóságuk révén napjainkra általánossá váltak, és sok életet mentettek meg. A korai GRS rendszerek alkalmazása során csak bizonyos helyzetekből voltak biztonságosan indíthatók. Összeütközéses, vagy erős szerkezeti károsodással járó esetek során nem volt biztonságosan használható, mivel az

ejtőernyő anyaga közvetlenül hagyta el a roncsot, így nagy volt a veszélye annak, hogy a gépbe, vagy annak leváló részeibe ütközzön. Erre a problémára jelentett megoldást a kapszulas kilövés, amely során az ejtőernyőt megfelelő távolságba lehetett kijuttatni a gépből és a nyitás biztonságos távolságban ment végbe. A rendszer kiváló működését jól szemléltette egy 2010. augusztus 25-én Argentínában bekövetkező eset. A repülőnapon földközeli műrepülést bemutató Rans-9 típusú ultralight repülőgépek egy háton kinyomás során leszakadt a bal szárnya, így a repülőgép azonnal irányíthatatlan bal irányú pörgésbe kezdett. A repülőgép pilótája ebben a helyzetben, kis magasságban hozta működésbe a GRS rendszert, amelynek kapszulája biztonságos távolságra eltávolodott a leszakadó szárnydaraboktól, majd az ejtőernyő rendben kinyílt, és megmentette a repülőgépet. A repülőgép a légi bemutató közvetlen közelében ért földet, és a pilóta sikeres életmentését azonnal meg tudták kezdeni.

A rendszer ismertetése során azonban érdemes szót ejtenünk annak bizonyos korlátairól. Miután a bekövetkezett vészhelyzet során működésbe hozták a GRS rendszert, a repülőgép vezetőjének semmilyen lehetősége nincs további beavatkozásra. Legfőbb problémaként említhetjük meg a kinyílt ejtőernyőn lógó repülőgép elsodródását veszélyes területek (nagyfeszültségű vezetékek, ipari üzemek, magas épületek) felé. Mivel a microlight és az ultralight repülőgépek sérülésállósága az ütközések során alacsony, ezért ez a helyzet a személyzet szempontjából mindenképpen komoly veszélyt hordoz magában. További veszélyként jelentkezik, hogy a GRS mentőrendszerek jellemzően nem választhatók el a repülőgéptől. Egy 40 négyzetméter nagyságú kupola pedig már elegendő nagyságú felület ahhoz, hogy a roncsot a földön vonszolja, esetlegesen további sérüléseket okozva a fedélzeten tartózkodóknak.

A süllyedési sebesség 7m/s-os értéke a pilóta ülő testtartása miatt kritikusan magas, mindamelllett ezen értékek tengerszintre értelmezettek, és egy nagyobb magasságú becsapódás esetén ez az érték tovább romolhat. A repülőgép mentését célzó törekvések csorbulni látszanak, hiszen ez a függőleges sebesség a repülőgép jelentős károsodásával is jár. A becsapódás előtti fékező rakétákkal ez az érték ugyanakkor az elfogadható szintre csökkenthető.

Ennek ellenére kijelenthető, hogy a GRS rendszerek kifejlesztése mérföldkőnek számít a kiskategóriájú repülőgépek repülésbiztonsága terén, működésének megbízhatóságát számos megmentett emberélet igazolja. A kedvező tulajdonságok mellé sorolható, hogy a repülőgép földet érése kisebb károkat okoz a földön tartózkodó személyekben és vagyontárgyaikban. Ez a későbbi jogi kárrendezés, a biztosító helytállását, illetve a törvényileg kötelezően előírt biztosítás havi összegét is kedvezően befolyásolja. Speciális feladatok ellátásának is szélesíti a mozgásterét, hiszen a lakott terület feletti repülés kockázatát jelentősen csökkenti.

Összegezve

A biztonságnak a relatív magas szinten tartása speciális eszközök, rendszerek alkalmazását igényli. A repülésben használt mentőeszközök, eljárások technikai megoldásait érdemes részletesen megvizsgálni, új konstrukciós megoldásokat, illetve új fejlesztési irányokat keresni. A folyamatosan fejlődő gyártási technológiák, tervezési eljárások és új anyagok az életmentő rendszerek fejlesztése terén is új lehetőségeket teremtenek. A polgári felhasználású repülőgépek esetére olyan megoldások alkalmazandók, amelyek reálisan és hatékonyan képesek az adott repülőgépre vonatkoztatva mentőeszközként üzemelni. Ebből a célból vettük vizsgálat alá jelen tanulmányunkban **az ejtőernyőt, a katapultálást, a GRS rendszert**, mint aktív mentőeszközöket. Megkíséreltük levonni szerkezeti megoldásaik, műszaki és gyakorlati tulajdonságaik alapján a megfelelő következtetést az alkalmazott rendszerek technológiai korlátairól és jövőbeni fejlesztési lehetőségeiről.

Irodalomjegyzék:

- [1] ÓVÁRI Gyula: A légi járművek gazdaságosságát és manőverező képességét javító sárkányszerkezeti megoldások. Jegyzet, MN KGYRMF, 1990
- [2] ÓVÁRI Gyula: Merev- és forgószárnyas repülőgépek szerkezetana III. rész. A sárkány rendszerei Magyar Néphadsereg Kilián György Repülő Műszaki Főiskola
- [3] ÓVÁRI Gyula: Autorotálni, katapultálni vagy lezuhanni? Haditechnika 1992 / 4 HU ISSN: 0230-6891
- [4] CABS-brochure.pdf.
- [5] <http://www.amsafe.com> (2012.12.03 10:00)
- [6] <http://www.youtube.com/watch?v=QmlArptnHKg> (2012-12-03 10:00)
- [7] <http://www.avweb.com/eletter/archives/avflash/211-printable.html> (2012-12-03 10:00)
- [8] <http://www.emtjets.com> (2012.12.03. 10:00)

- [9] DOMBI Lőrinc: Selyempupolák. Zrínyi Kiadó, 1993 ISBN 963 327 194 0
- [10] <http://www.idokep.hu/alapismeretek> (2012.07.10. 20:00)
- [11] SZABÓ József: Repülési lexikon Akadémiai Kiadó, Budapest, 1991.
- [12] <http://www.ejection-history.org.uk>. (2012.07.10. 20:00)
- [13] HENNEL Sándor – MEGYERI Miklós: Repülőgép sárkányszerkezet és rendszerismeret III. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1987 ISBN 963 10 2951 4
- [14] <http://www.zvezda-npp.ru> (2012.07.10. 20:00)
- [15] <http://www.martin-baker.com> (2012.07.10. 20:00)
- [16] <http://www.brsaerospace.com> (2012.07.10. 20:00)
- [17] <http://www.galaxy.lead-crm.eu> (2012.07.10. 20:00)
- [18] <http://www.ejection-site.com> (2012-12-03. 10:00)
- [19] <http://www.airliners.net> (2012-12-03, 10:00)
- [20] SIMÓNÉ Avarosy Éva: Suhanó famadarak, Háttér Lap és Könyvkiadó, 1989
- [21] <http://www.galaxysky.cz> (2013.01.28. 10:00)
- [22] <http://www.air-pol.com> (2013.01.28. 10:00)
- [23] <http://www.jetfly.hu/ejtoernyorendszerek> (2013.01.28. 10:00)
- [24] Lexpack PARACHUTE DE SAUVETAGE Manuel d'utilisation et de maintenance AERAZUR - PARACHUTES DE FRANCE BP 443, 6 RUE DE CHAMBRAY - 37304