



Makkay Imre¹

„GREEN FLIGHT CHALLENGE” – EGY IGAZI KIHÍVÁS A REPÜLÉSBEN²

A kisépességű repülés egyik legnagyobb jelentőségű eseménye volt a 2011-ben a NASA³ és a CAFE Foundation⁴ által megrendezett „Green Flight Challenge” - GFC”, ahol a 200 mérföld megtételére mindössze 1 gallon üzemanyagot lehetett utasonként elszámolni és a légi jármű sebessége sem maradhatott az átlagos 100 mérföld/óra alatt. A 14 jelentkezőből a csak két team maradt talpon. A GFC következő, két év múlva esedékes versenyére azok jelentkezhetnek, akik – az elsőben foglalt követelményeken túl – „zsebrendőnyi” területet használnak majd a fel- és leszállásra és közöttük a leggyorsabb és „legzöldebb” számíthat a nem kis összegű – 1,65 millió \$-os fődíjra. A zaj az első számú ellenség ezért a belső égésű motorokkal, gázturbinákkal aligha lehet megfelelni a szigorú követelményeknek – marad az elektromos meghajtás, amely napjainkban a járműipar legdinamikusabban fejlődő területe. A cikkben a GFC céljait és a megoldások lehetséges alternatíváit ismertetve ötleteket, javaslatokat próbálunk megosztani – remélve, hogy ezzel további hasznos gondolatokat ébresztünk és tápláljuk az alkotói fantáziát.

THE “GREEN FLIGHT CHALLENGE” – IS THE REAL TRIAL IN AVIATION

The one of the most important happening of general aviation in 2011 was the „Green Flight Challenge - GFC” organized by NASA and CAFE Foundation, where the air vehicles should take 200 miles distance no less than 200 passenger miles pro gallon at average speed no less than 100 miles pro hour. From 14 competitors only two stayed a final. The next GFC after two years will receive them who – besides requirements of first – able to take off and landing in „pocket airports” and who is the fastest and the „greenest” can be candidate for solid – 1,65 million \$ prize. The noise is the first enemy that means with internal combustions or gas turbines almost impossible fulfill the strict regulations – so the electric propulsion is only the last hope, what is the most dynamic area of transport vehicles. In this article we are introducing the goals and possible solutions of GFC – hoping for following useful thinking and feeding creative fantasy.

BEVEZETÉS

Az élhető környezet kialakítása, megőrzése az egész világon olyan, egyre feszültebb viszonyok közepette történik – gazdasági válság, ökológia zsákutcák, energiahordozók versenyfutása – amelyben a közlekedés az egyik legfontosabb minőségi mutató. A járműiparban a repüléstechnika eredményei a legszembetűnőbb jelenségek közé sorolhatók – akár megelőzve az autókat, amelyek új és legújabb modelljei között alig találunk számottevő (műszaki) külön-

¹ ny. okl. mk. ezds. egyetemi tanár, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Repülő és Légvédelmi Tanszék, makkay.imre@uni-nke.hu

² Lektorálta: Dr. Óvári Gyula ny. okl. mk. alez; egyetemi tanár, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Repülő és Légvédelmi Tanszék, ovari.gyula@uni-nke.hu

³ National Aeronautics and Space Administration - Amerikai Egyesült Államok Nemzeti Légügyi és Űrhajózási Hivatala

⁴ Comparative Aircraft Flight Efficiency Foundation – Repülőgépek Repülési Hatékonyságát Összehasonlító Alapítvány

⁵ Green Flight Challenge – „Zöld Repülés Kihívás”

séget. Az utak forgalma már annyira az elviselhetőség határán tetőzik, hogy szinte mindegy milyen teljesítményű, extrákkal-, komforttal felszerelt gépkocsiban „dugózunk”. „Közlekedni, pedig kell!”- a régi mondást idézve, de nem mindegy mennyi időt és energiát áldozunk rá.

A 2009-ben meghirdetett „Green Flight Challenge” három évvel később demonstrálta, hogy létezik elegendő műszaki és innovatív tudás a korábban futurisztikusnak ható igények kielégítésére. A gazdasági haszon, amit a fosszilis üzemanyagok előállítása és kereskedelme jelent, kezd kevésbé meghatározó szerepet betölteni, a „zöld” energiák, pedig vonzzák az új befektetőket és a felhasználókat.

A NASA „hivatalból” az új, hatékony energiaforrások, és a repüléstechnika ezekhez illeszkedő alkalmazásait kutatja, támogatja. Az űrkutatásban folyó nagy verseny amerikai résztvevője, hatalmas szellemi és anyagi potenciál birtokában egyre nagyobb súlyt fektet arra, hogy az elért tudományos és műszaki eredmények minél szélesebb körben átkerüljenek a gyakorlati élet – űrkutatástól távol eső – területeire is. Az eddig legnagyobb, repülésért járó díjat is ennek szellemében ajánlották fel a repülés „amatőrjei” számára, akik a világ minden tájáról pályáztak a nagyon kemény feltételeket szabó versenyben. A következő forduló még nagyobb kihívást ígér, hiszen a „belépő” után – ami a 2011 évi kötelező limit volt – a versenyzőknek mindezt még rendkívül rövid fel- és leszállási úttal és nagyon alacsony zajszinttel kell teljesíteni.

A „Green Flight Challenge”-ek a repülés műszaki fejlesztői számára nagy kihívást, szép feladatokat jelentenek, azoknak, pedig akik ennek hasznát látják a repülés kényelmét, biztonságát és elviselhetőbb környezetét fogják nyújtani. A bemutatással a cél a figyelem felkeltése és – elnyerve az olvasók támogatását – ösztönözni a hasonló kihívások legyőzésére.

A „GREEN FLIGHT CHALLENGE” SZERVEZÉSE

A repülőgépek számára az első, de nem egyetlen kihívás a Föld gravitációs vonzásának legyőzése. A légkörben manőverezni, meghaladni a légellenállást, kivédeni a turbulens áramlatokat, meteorológiai jelenségeket – ez a napi megmérettetés melynek minden repülő szerkezetnek meg kell felelnie. Arra a kérdésre, hogy a várható - a tudomány által eddig megismert – hatásoknak képes-e az adott repülőgép ellenállni a CAFE Foundation mérései tudnak választ adni.

A CAFE Foundation a kaliforniai Windsor városban működő nonprofit vállalkozás, amely gyökerei a 70-es évek végén az EAA – Experimental Aircraft Association 124 Chapter által támogatott versenyek szervezéséig nyúlnak vissza, ahol a legkisebb üzemanyag felhasználás volt a megmérettetés tárgya. Az évente rendezett versenyeken a kisépkes közforgalomi repülés résztvevői bizonyíthattak az akkor felállított formula szerint:

$$v \cdot \text{MPG} \cdot W \quad (1)$$

Ahol: v - átlagsebesség mérföld/órában (1,6 km/ó) a meghatározott távolságon,
 MPG - mérföld (1,6 km) / gallon (3,8 l) üzemanyag
 W - a kabin hasznos terhelése font-ban (0,454 kg)

A CAFE Foundation versenyein használt mérési elveket és berendezéseket (a kutatói által kifejlesztett nagypontosságú sebesség-, hőmérséklet-, tömeg-, nyomás-, frekvencia- és zajmérő rendszereket) az EAA is elismerte és a kisépkes műszaki tanúsítványokat kiadásánál a hite-

lesített mérésekhez alkalmazta. A Sonoma Country Airport lett az állandó CAFE Flight Test Center, ahol 1993 óta a repülőgépgyártók és tulajdonosok a gépeiket ellenőriztethetik és minősíttethetik. Az EAA minősítés jó referencia a gyártók, kereskedők számára és a CAFE Foundation reputációja az AOPA⁶ részéről is igen magas szintű – aminek köszönhető, hogy a NASA elfogadta a „Green Flight Challenge” társszervezőjének. A CAFE Foundation honlapján [1] megtalálhatók a 40 éves tevékenység főbb állomásai, eredményei, ugyanígy az utóbbi GFC 2011 részletes beszámolója.



1. kép. A CAFE Foundation vezetői mind elismert repülő és műszaki szakemberek⁷

Az alapítvány a NASA-val karöltve egy meglehetősen körülhatárolt, részletes követelmény-rendszert [2] dolgozott ki, amelyre 2009 július 10-től várták a jelentkezőket. Néhány kiegészítő hivatalos értesítő jelent még meg „GFC Field of View Requirements” 2009. 12. 27.[3] , „CAFE Energy Committee GFC Energy White Paper” 2010. 12. 20. [4], „CAFE 2011 Green Flight Challenge Revised Prize Structure” 2011. 06. 30. [5].

A versenykiírás (49 oldal) pontosan leírja a résztvevők és a rendezők jogait, kötelességeit, a részvétel feltételeit és az elbírálás módját. Ha valaki már 2009 december 31-ig esélyt érzett a sikerre és regisztrált 4000\$-ért megtehetette, 2010 júliusban 6000\$-ba került, az utolsó lehetőség, pedig 2010 december 31 volt, de ekkor már 8000 \$-os volt a számla.

Néhány fontosabb részlet a kiírásból:

Fődíjként 1 500 000 \$ adható annak az egy résztvevőnek, aki a nagyobb, mint 100 mph (mér-föld/óra) és nagyobb, mint 200 Passenger-MPGe (utas-mér-föld/gallon ekvivalens) feltételt teljesítők közül a legmagasabb pontszámot éri el az alábbi képlet alapján:

$$X = \frac{1}{\frac{1}{\text{mph}} + \frac{2}{\text{P-MPGe}}} \quad (2)$$

⁶ AOPA – Aircraft Owners and Pilots Association (Repülőgép Tulajdonosok és Pilóták Szervezete)

⁷ http://cafefoundation.org/v2/aboutcafe_main.php

Távolság	200 mérföld – 30 percre elegendő tartalékkal, VFR, $\geq 4000'$ nem hegyes, ritkán lakott terep fölött
Hatékonyság	≥ 200 P-MPGe energiának megfelelő
Átlagsebesség	≥ 100 mph
Minimális sebesség	≤ 52 mph szinten repülve, átesés nélkül, hajtómű és fékszárny megengedett
Felszállási úthossz	$\leq 2000'$ a fékoldástól az 50' magas akadály fölött
Keltett zaj	≤ 78 dBa teljes hajtómű teljesítménynél a fékoldástól 75 méterre a pálya mellett mérve
Utások	6 ft magas 200 lb súlyú felnőtt
Szárny fesztáv	be kell férnie a 44 ft széles hangárba – felhajtható szárny elfogadott
Tömeg	≤ 6500 lb.
Kilátás	FAA FC25.773-1 szerint
Kezelő szervek	kettőzött – amennyiben kétfős a személyzet
Hasznos teher	200 lbs ülésenként, az üres ülésbe 200 lbs homokzsák
Ülések	tandem megengedett, de három, vagy annál több ülésből kettő egymás mellett van
Üzemanyag/energia felhasználás	1 gallon olmozatlan 87 oktános autóbenzin = 115 000 BTU
Megengedett üzemanyag	AVGAS 100 LL, Jet-A, diesel, olmozatlan autóbenzin, bio-üzemanyag, Hidrogén, szintetikus üzemanyag, elektromosság
Elektromos mérés	elektromos hajtású repülőgépeket a CAFE által biztosított eszközökkel mérik
Repülési alkalmasság	érvényes US FAA repülési alkalmasság
Pilóta kvalifikáció	FAA „experimental”, BFR, 500 óra repült idő, 10 óra a típussal
Jogosultság	a team vezetője USA állampolgár, vagy állandó lakos legyen

1. táblázat A GFC 2011 fontosabb követelményei

Az elhasznált üzemanyag energiatartalmának megfelelő MPG_e számítások adták az értékelés egyik mutatóját. Az egyre több elektromos és vegyes hajtású jármű energiafelhasználásának mérésére kidolgozott átszámítási rendszerben egy gallon 87 oktános autóbenzinnek (115 000 BTU⁸ -val számolva) 33,705 kWh villamos munka felel meg.⁹

A GFC 2011 a hatékony energiafelhasználás mellett egy másik, szintén komoly kihívással állította szembe a résztvevőket – ami a zaj-teszt volt. A zaj a repülés aerodinamikai velejárója – még a szúnyog röptét is meghalljuk akár 3 méterről. (Innen ered az akusztikai méréseknél használt dBa alapértéke a 20 μ Pascal ami, egyenlő az emberi hallásküszöbvel. Ennél „csendesebb” jelet már úgysem hallunk meg.)[6] A madarak szárnycsapása is jól hallható – hát még a „gyenge utánzat” a légszavár amint néhány négyzetméternyi felületen a levegőbe kapaszkodva próbál maga mögé taszítani sok-sok köbméter levegőt. A hang magassága összefügg a légszavár méretével és fordulatszámával. Ugyanakkora tolóerőt el lehet érni nagy fordulatszámú rövid, és lassabban forgó hosszabb légszavarral. Az „ököl szabály” szerint a repülőgép sebességéhez képest legfeljebb ötszörösre felgyorsított levegőtömeeggel célszerű a hajtást megoldani. Emiatt is igyekeznek a konstruktőrök a lehető legnagyobb méretű és azon belül is a legkisebb turbulenciát okozó légszavarokat alkalmazni. A gázturbinák ilyen szempontból (is) hátrányosak, hiszen nagy fordulatszámú lapátokkal, viszonylag kis átmérőjű nyíláson préselik ki

⁸ British thermal unit – energiaérték 1055 Joules <http://en.wikipedia.org/wiki/BTU>

⁹ http://en.wikipedia.org/wiki/Miles_per_gallon_gasoline_equivalent

a levegőt. A GFC versenyzői között – ezért sem – találtunk gázturbinás gépet.

A motorok kipufogó gázainak hangjáról eddig nem is esett szó – pedig a vasárnap délutáni szendérgésből a fölöttünk elrepülő CESSNA 1xx –nek nem a légcsavarhangja szokott felriasztani. A közforgalmi repülőmotorok kipufogó rendszere tipikusan „teljesítmény-centrikus” – például egy rövid cső (lefelé, hogy a pilóta szemébe ne menjen a füst) – természetesen vannak üdítő kivételek.



2. kép A GFC 2011 második helyezett és egyben LEAP nyertes e-GENIUS¹⁰

A GFC 2011 verseny mindegyik döntőse 78 dBA limit alatt teljesített. A győztes az e-Genius lett 59,5 dBA értékkel és elnyerte az Eric Lindberg által alapított, a legcsendesebb repülőnek járó LEAP díjat. [7] Összehasonlításképpen egy ugyanilyen teljesítményű gázturbina ezen a távolságon 110 dBA-al „szól” – mintegy 16-szorosan meghaladva ezt az értéket. Az emberi fülre a levegőben a 85 dBA feletti nyomás már veszélyes lehet – az ismétlődő akár halláskárosodást okozhat.

A hatalmas lendülettel fejlődő szlovéniai Pipistrel repülőgépgyár – az alapító, Ivo Boscarol nyilatkozata alapján – kétévi céltudatos munkával nyerte el a megérdemelt GFC első helyezést. A több NASA versenyen kiválóan szereplő innovatív fejlesztő gárda merész terve – a világon először, négyülékes, villanymotorral meghajtott vitorlázó gépet építeni és ezzel az eddigi legnagyobb megméréstesen pályázni – sikerhez vezetett. Az éppen csak szériára érett Taurus Electro két törzsét házasították és a közöttük elhelyezett – repüléstechnikában eddig példátlan teljesítményű – villamos hajtást alkalmazták. A négy pilótaülés – a fejlesztők elképzelése szerint – alkalmas a hatékony kiképzés céljára, ahol egy oktatóval három növendék gyakorolhat. (A szerző ez utóbbit csak bizonyos korlátozásokkal fogadja el.)

¹⁰ <http://lindberghprize.org/wp-content/uploads/2011/10/LEAP-and-e-Genius-at-NASA-awards.jpg>



3. kép A GFC 2011 győztese a Pipistrel G4 repülőgép¹¹

Név	Pipistrel-USA	e-Genius
Csapatvezető	Jack Langelaan	Eric Raymond
Pilóta	Dave Morss, Robin Reid	Eric Raymond, Klaus Ohlmann
Ülések száma	4	2
Szárny fesztáv	69 feet 2 inches	55feet 5 inches
Üres tömeg	2490,8 lb.	1670,2 lb.
Verseny tömeg	3294,1 lb.	2070,2 lb.
Teljesítmény	194 HP 145 kW	80,4 HP – 60 kW
Energiaforrás	elektromos	elektromos
Megtett távolság	200 miles +	200 miles +
Átesési sebesség	< 52 mph	< 52 mph
GFC sebesség	113,7 mph	107,4 mph
GFC pMPG	403,5 pMPG	375,8 pMPG
GFC zajszint	71,1 dBa	59,5 dBa

2. táblázat A GFC 2011 első két helyezettjének eredményei [8]

A kéttörzsű repülőgépek előnyei a kétmotoros változatoknál jelentkeznek – itt feltehetően a nagyobb ülészámhoz kapcsolódó P-MPG volt az indító ok, amit a „polcról levehető” kitűnő

¹¹ http://2.bp.blogspot.com/_Sb2fIXisH8/TpNnI-y3HHI/AAAAAAAAABFU/UMaW605cpDU/s1600/pipistrel+g4.jpg

Taurusok tovább inspiráltak. Az összeépített vitorlázó repülőgépek a verseny során az elvárt teljesítmény több mint kétszeresét érték el. Kimagasló eredményt mutatott az ezt megközelítő e-Genius is – bizonyítva ezzel a Stuttgarter Egyetem kutató-fejlesztő csapatának sikerét, akik más úton közelítve (egy korábbi Héliumos projekt átdolgozásával) az élvonalba kerültek. Mindkét csapat sikeres úttörő munkát végzett – nem elfeledve, hogy a döntőben részt vett és az oda be nem kerültek is hasonlóan új utakat jártak és erőfeszítésük nagyra értékelendő.

Az eredmények további részletei megtalálhatók a CAFE Foundation honlapján [9]. A döntő másik két résztvevője nem tudta teljesíteni a minimális 200 pMPG követelményt – ami kizáró tényező volt.

Ez utóbbi elgondolkodtató, mert azt jelenti, hogy ezt a szintet már folyékony üzemanyagú hajtóművel nem is lehet teljesíteni? Valóban, a verseny olyan magas hatékonysági mutatókat követelt, amire csak villamos hajtások képesek. A villanymotorok közel 90%-al hasznosítják az elektromos energiát, míg a belsőégésűek legjobbjai 25% körül. A „titok” az energiahordozó tömegében van. Míg a legjobb LiFePo akkumulátorok 439 Wh/kg –ot, addig az egyszerű autóbenzin 12200 Wh/kg-ot teljesít. [10] Ha tehát elegendő akkumulátort tudunk a fedélzeten magunkkal vinni, akkor „verhetetlenek vagyunk” – határfokban. A GFC azt bizonyította, hogy villamos hajtású repülőgépek már felnőttek arra a szintre, hogy komolyan vehető teljesítmény mutatnak – 200 mérföldet kevesebb, mint két óra alatt megtettek, miközben jóval kevesebb, mint 33,7 kW/h-t fogyasztottak egy-egy utasra számolva. Mindemellett még maradt is némi áram az akkumulátorokban – a kötelező 30 percre.

HOGYAN TOVÁBB GFC?

Az már látható, hogy a hatótávolságot – a jelenlegi villamos energiahordozókkal – nem lehet túlságosan megnövelni, a bő két órára elegendő akkumulátor tömege és a repülőgép terhelhetősége éppen a határon van. A 200 mérföld így is szép távolság – különösen, ha ettől közelebbi városok közötti autóforgalom enyhítésére gondolunk. A CAFE Foundation korábbi NASA támogatású PAV – Personal Air Vehicle és SATS – Small Aircraft as a Transportation System sikeres kutatási programjaiban már kidolgozta a kereteit egy automatizált légi forgalmi szegmensnek, amely a néhány fős légi járművek városok közötti közlekedésére szolgál.

A GFC győzteseinek eredménye esélyt ad arra, hogy a következő megmérettetéseket már erre épülő újabb feltételekkel ösztönözzék. A GFC II. célkitűzése lehet a „GQ V/ESTOL” [11] repülőgép, amelyhez a városi, vagy ahhoz nagyon közeli „zseb-repülőtér” is elegendő. A CAFE Foundation elnökének Brien A. Seeley-nek 2010 novemberben írt tanulmánya „Faster and Greener – Pocket Airports” ennek terveit és ötleteit tárja elénk. A CAFE által összefogott kutatási projektek eddigi eredményei és elérendő céljai is szerepelnek a felsorolásban. A NASA támogatás összegét tovább emelné –hangsúlyozva az alapító csak a sikeres pályázóknak fizet.

A GQ V/ESTOL jelző a „zöldebb”, csendesebb, függőlegesen, vagy nagyon rövid pályán felszállni képes légi járművet takarja – lehetővé téve a kis, „zöld”, 125 méteres repülőterecskék igénybe vételét. A pilóták már használhatnák a „kötött pályás” közlekedés szolgáltatásait – azaz a légi irányítás információival összehangolt robot lenne képes vezetni a légi járműveket az utas beszállásától a kiszállásáig. Ugyanígy fontos szerepet szán az ütközést automatikusan

elkerülő eljárásoknak és a mentő rendszereknek

A hatékonyságot és biztonságot növelő számos innovatív megoldás szerepel az ajánlásokban – közöttük a repülőtéren gurulásokat a főhajtóművek használata nélkül biztosító elektromos kerékagymotorok alkalmazása. (A tanulmány megjelenése óta már több nagy utasszállító repülőgép gyártó kezdte meg a gépei orrfutóinak ilyen átalakítását.)

ZÁRÓ GONDOLATOK

A XXI század a közlekedési eszközök és lehetőségek „tetőzését” sejteti – a hagyományos földi-, vízi és légi járművek alkalmazása során. Az útkeresés élenjárói a légi járművek új generációjában látnak kiutat, amelyek a városok között lépésben haladó „másfél személyes autót” kiváltanák.

A Green Flight Challenge – híven a NASA és a CAFE Foundation hagyományosan előremutató, bátor kísérleteihez – egy jelentős példával szolgálta a világ kutatóinak, gyártóinak innovatív hajlamát, bizonyítva, hogy néhány év alatt egy új minőségű repülő technika fejleszthető ki, amely a korábban elképzelhetetlennek vélt hatékonysággal és környezetbarát megjelenéssel forradalmi átalakulást hozhat a légi közlekedésben.

A hazai kutatások is profitálhatnak a GFC eredményeiből – különös tekintettel a megvalósítás megszervezése, támogatása, a siker érdekében történő összefogás példáit. A győztesek – az egyetemi tanár-diák csoport és a kis hegyi faluban működő repülőgép manufaktúra dolgozói – világhírnevet szereztek. A példa – reméljük – ragadós!

Kék eget, jó leszállást!

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] http://cafefoundation.org/v2/main_home.php
- [2] http://cafefoundation.org/v2/pdf_GFC/GFC.TA.07.28.09.pdf
- [3] http://cafefoundation.org/v2/pdf_GFC/GFC.FOV.122709.pdf
- [4] http://cafefoundation.org/v2/pdf_GFC/GFC.Energy.White.Paper.pdf
- [5] http://cafefoundation.org/v2/pdf_GFC/GFC.Energy.White.Paper.pdf
- [6] <http://hu.wikipedia.org/wiki/Decibel>
- [7] <http://blog.cafefoundation.org/?p=4522>
- [8] http://cafefoundation.org/v2/gfc_2011_results.html
- [9] http://cafefoundation.org/v2/gfc_2011_results.html
- [10] http://wiki.xtronics.com/index.php/Energy_density
- [11] http://cafefoundation.org/public/2010_08_16/P8.Essay.Final_sm.pdf