

Hegedűs Krisztián

## A PILÓTA NÉLKÜLI LÉGIJÁRMŰVEK HAJTÓMŰRENDSZEREI

*Ma a világban, a pilóta nélküli légi járművek egyre változatosabb módon kerülnek alkalmazásra. Nőtt a repülési hatótávolságuk, és repülési idejük. Ahhoz, hogy feladatukat el tudják látni, szükség volt a sárkány- és hajtóműrendszerek fejlesztésére. A cikkben a pilóta nélküli légi járművek hajtóműrendszereit fogom bemutatni. Kitérek azokra a hagyományos üzemanyagokkal működő hajtóművekre, melyeket ezek a gépek alkalmaznak. A hagyományos hajtóművek után az alternatív üzemanyagokkal működő hajtóműveket is bemutatom, hiszen a drónok körében is megjelent egy új igény ezeknek a tüzelőanyagoknak az alkalmazására.*

**Kulcsszavak:** UAV, hajtómű, hagyományos üzemanyag, alternatív üzemanyag

### BEVEZETÉS

Az ember mindig is szeretett volna repülni. Mikor aztán végre sikerült olyan repülőgépet létrehozni, amivel képesek is voltak ezt megtenni, már azon gondolkodtak, hogy is lehetne a pilótát nélkülözni a repülésből. A pilóta nélküli légi járművek előre programozottan, illetve távvezérelve hajtják végre feladataikat. Irányításukra jól képzett szakszemélyzetre, vagy robotpilótára és, a repülés előtt a földön, vagy repülés közben felprogramozott útvonaltervre van szükség [2]. A pilóta nélküli légi járművek<sup>1</sup> fejlesztése a múlt század elején kezdődött és komoly fejlődésen ment keresztül az elmúlt évtizedekben. Az amerikai hadsereg 1917 óta foglalkozik a pilóta nélküli légi járművek, (Sperry/Curtiss N-9), fejlesztésével, míg a volt Szovjetunió az 1920-as években kezdett kutatásokba egy a távolból irányítható repülőgép témában. Ha összevetjük az 1950-es években alkalmazottakat, és a modern UAV-eket, jól láthatjuk mennyit változtak ezek az eszközök. Eljutottunk odáig, hogy nagyobb távolságokra is képesek ezek a gépek repülni. Amíg az 1950-es években tervezett MQM-57 Falconer amerikai fejlesztésű felderítő pilóta nélküli repülőeszköz 160 km-es távolságot volt képes megtenni és körülbelül 40 percre volt képes a levegőben tartózkodni, addig az 1994-ben repülésre bocsájtott, ugyancsak amerikai fejlesztésű MQ-1 Predator már akár 740 km-t is képes volt megtenni leszállás nélkül, és 12 óráig tudott a levegőben maradni [1][2][3].

Ahhoz, hogy egy drón képes legyen önállóan illetve RC távirányítva repülést végrehajtani, a fedélzetén olyan berendezéseket kell elhelyezni, mint például: [5]

- robotpilóta;
- GPS/navigáció;
- irányításhoz szükséges vevőberendezés.

Ezek a berendezések, helyettesíthetik a pilótát, de nem vehetik át a kezelőszemélyzet döntési jogát.

Az imént felsorolt berendezések mellett a repülőgép 3 dimenziós térben való mozgásához, vagyis a szükséges erő és nyomatékrendszer létrehozásához, az aerodinamikai kialakítás, és a

---

<sup>1</sup> Unmanned Aerial Vehicle, UAV

tolóerő vektor létrehozása is szükséges. A tolóerő-vektor létrehozásához hidraulikus, elektromos, pneumatikus és mechanikai erő-átviteli rendszerek kombinációit alkalmazzák [22].

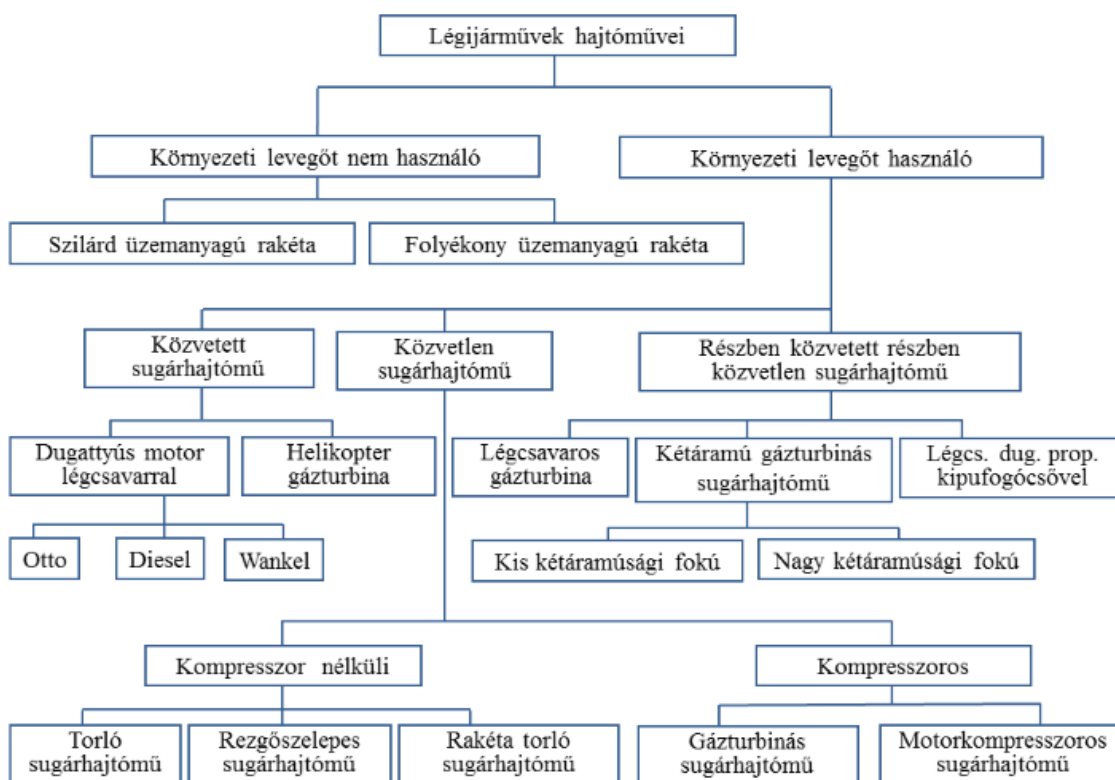
## A HAJTÓMŰVEKRŐL ÁLTALÁNOSAN

### A hajtóművek csoportosítása

Először érdemes a hajtóműveket csoportosítani. A hajtóműveket működésüket tekintve két fő csoportra oszthatjuk:

- hagyományos üzemanyagot felhasználó;
- alternatív üzemanyagot felhasználó hajtóművek.

A hagyományos üzemanyagot felhasználó légi járművek hajtóműveit tovább csoportosíthatjuk. Az általános csoportosításukat a következő ábra tökéletesen szemlélteti:



1. ábra A hajtóművek általános csoportosítása [10][28]

Ahogy az 1. ábra is mutatja, a légi járművek meghajtására számos hajtómű típus áll rendelkezésre. Ezek közül UAV-kon dugattyús, turbólégsaváros illetve a sugárhajtóműves meghajtással találkozhatunk. Ezek mellett az elektromotorok is elterjedt meghajtások. A következő fejezetekben részletesebben kitérek ezekre a hajtóműtípusra.

A hagyományos üzemanyagok mellett az alternatív üzemanyagok egyre nagyobb szerepet kapnak a repülésben is. Jól alkalmazhatóak ezek a pilóta nélküli légi járműveken is. Egy másik ok, amiért a pilóta nélküli légi járművek előnyt élveznek az alternatív üzemanyagok felhasználásában a hagyományos repülőgépekkel szemben, hogy emberi élet veszélyeztetése nélkül, kisebb-nagyobb anyagi kárral lehet tesztelni az alternatív üzemanyagokat [9][10][12].

## A HAGYOMÁNYOS ÜZEMANYAGOKKAL MŰKÖDŐ PILÓTA NÉLKÜLI LÉGIJÁRMŰVEK

### A hagyományos üzemanyagok

Talán nem túlzás azt állítani, hogy a hagyományos tüzelőanyagok töltik be a legnagyobb szerepet bármely repülőgép üzemeltetésében. A pilóta nélküli légi járművek esetében sincs ez másképp. De mit is nevezünk tüzelőanyagnak?

*„Tüzelőanyagnak nevezük azokat az energiahordozókat, amelyből égés (oxidáció folyamat) során hőenergia szabadul fel.”<sup>2</sup>*

Beszélhetünk szilárd, folyékony, illetve gáz halmazállapotú tüzelőanyagokról. A repülőiparban természetesen a folyékony tüzelőanyagok alkalmazása az elterjedt, lásd kerozin [6].

A repülőgépekbe nem önthetünk akármilyen fizikai tulajdonságú üzemanyagot. Egy-egy rossz megválasztott tüzelőanyag akár a hajtómű vesztét is okozhatja, ami a pilóta nélküli légi járművek esetén a feladatellátás rovására mehet. Ha szeretnénk leírni az ideális tüzelőanyagot, akkor a következő megállapításokat tehetjük: [8]

- a gyújtási skála a lehető legnagyobb méretű legyen, azaz biztosítva legyen hőmérséklettől és a nyomástól függetlenül;
- legyen nagy fűtőértékű;
- ne keletkezzen hamu, salakanyag;
- dermedési pontja a lehető legkisebb legyen;
- kis viszkozitása legyen;
- kis sűrűségű legyen;
- legyen vízmentes;
- ne okozzon korróziót;
- biztonságos.

Ami a felsorolásból érdekesebb, és kifejtésre szorul az a viszkozitás és a sűrűség minimalizálása lehet. A kis viszkozításra azért van szükségünk, hogy a szivattyú képes legyen elegendő üzemanyagot juttatni az égéskamrákba. Persze a szivattyú teljesítményét is növelhetjük, de ez a módszer több helyet igényel és nagyobb tömegű, ami repülőgép esetében egyáltalán nincs jó hatással a repülőgép működésére. A kis sűrűséggel hatótávolságot tudunk növelni, hiszen a repülőgép tömegét ezzel is csökkenteni tudjuk. Ez persze nem mehet a biztonság rovására [6].

Ahogy az előző felsorolásból láthatjuk, tüzelőanyagok egyik fontos jellemzője az égéshő, illetve a fűtőérték. Az égéshő megadja, hogy 1 kg tüzelőanyag elégetésekkor mekkora hő keletkezik, abban az esetben, ha a vízgőz lecsapódik a rendszerben. A fűtőérték ugyanúgy megadja az 1 kg tüzelőanyag elégetésével felszabaduló hőmennyiséget, ám ebben az esetben a víz, gőz formájában marad a rendszerben, és így csökkenti a hőenergiát a folyamat alatt. A fűtőértéket általában J/kg-ban szokták megadni, de használatos még a Wh/kg is [6][7].

A 1. táblázatban a fontosabb tüzelőanyagok égéshőjét és fűtőértékét mutatom be:

---

<sup>2</sup> SZABÓ LÁSZLÓ: Szerkezeti és üzemanyagok jegyzet, Szolnok, Kilián György Repülő Műszaki Főiskola, p.148, 1989.

Tüzelőanyag	Égéshő [MJ/kg]	Fűtőérték [MJ/kg]
Gázolaj	46	43
Benzin	47	43
Fűtőolaj	43–46	40–43
Benzol	41,8	40,1
Paraffinolaj	49	45
Kerozin (JET A-1)	45	min. 42,8
Biodízel (Repceolajból)	40	37

1. táblázat Néhány fontos üzemanyag égéshője illetve fűtőértéke<sup>3</sup>

Fontos megemlíteni, hogy a tüzelőanyagoknak vízmentesnek kell lennie, hiszen a víz akár égési problémákat is okozhat a hajtóműben.

A biztonság terén sem feledkezhetünk el a repülőgép üzemanyagokról. Fontos a raktározásuk (elhelyezésük), hiszen a tüzelőanyagokat valószínűleg nagy mennyiségben kell, hogy tárolják, és ez igencsak robbanásveszélyes lehet.

### A dugattyús motor

Ez a meghajtás gyakori az UAV-k esetében. A dugattyús motorok az egyik legmegbízhatóbb hajtóműveknek számítanak. Élettartamuk hosszú, és viszonylag csendesen képesek működni. Mindezek mellett nagyon kevés egyéb berendezés kell a működésükhöz, így jelentős hely és tömeg szabadul fel a légi járműveken [10].

A dugattyús motorok lehetnek Ottó vagy Diesel motorok. Az Ottó motor lehet kettő vagy négy-ütemű. A dugattyús motorok a légsavarral kiegészítve biztosítja a megfelelő toló- illetve vonóerőt a repülőgép számára (2. ábra) [10].



2. ábra Dugattyús motor légsavarral<sup>4</sup>

<sup>3</sup> Szerkesztette a szerző (MS Word) - WIKIPEDIA THE FREE ENCYCLOPEDIA: Fűtőérték, (online), url: <https://hu.wikipedia.org/wiki/F%C5%B1t%C5%91%C3%A9rt%C3%A9k> (2016.03.03)

<sup>4</sup> <http://i.stack.imgur.com/gvqyX.jpg> (2016.03.03)

A pilóta nélküli légi járművek esetében a leggyakrabban használatos dugattyús motorok benzín-, vagy gázolaj és levegő keverékkel üzemelnek. A működési elvük az Otto-motor működési elvével egyezik meg. Először is azt kell megbeszelnünk mit is jelent az, hogy kétütemű illetve négyütemű a dugattyús motor. Egy ütemnek tekintjük azt, amikor a dugattyú két holtponti állapot között elmozdul. Ha a négyütemű motorban lejátszódó folyamatokat röviden le szeretnénk írni, akkor a következő szerint tehetjük ezt meg: [10][13]

1. szívás,
2. sűrítés,
3. munkavégzés,
4. kipufogás.

A kétütemű motoroknál is megvan ez a négy folyamat, de a főtengely fele annyi utat jár meg, hogy végigcsinálja ezeket, mint a négyütemű motorok esetében [13].

A katonai alkalmazású UAV típusok között is számos dugattyús motorral működőt találunk. Talán a legismertebb harcászati UAV-k a Predatorok. A predator-család első típusa, a MQ-1 Predator (3. ábra) hajtását, egy Rotax 914, négyhengeres, turbófeltöltésű dugattyús motor biztosítja [3].



3. ábra MQ-1 Predator<sup>5</sup>

A dugattyús motorok mára nagy fejlődésen mentek keresztül, kijelenthető, hogy a környezet-szennyezés terén is jelentős volt a fejlődés, hiszen jóval kevesebb káros anyagot bocsátanak ki, mint elődeik [13].

### A turbólégcsavaros hajtóművek

A turbólégcsavaros hajtómű a sugárhajtóműből alakult ki. A dugattyús motorokhoz képest, az üzemanyag fogyasztásuk kedvezőtlenebb, de a kerozint valamivel olcsóbban meg lehet venni, és így fenntartása körülbelül ugyanannyiba kerül. A működési elv hasonló, a dugattyús motor működési elvéhez, csak itt a légcsavar forgását egy gázturbina végzi. A fogyasztást csökkenti, hogy a tolóerő nagy részét a légcsavar biztosítja. Sokszor a gázturbina, és a légcsavar között úgynevezett reduktort alkalmaznak, amely növeli a hajtómű teljesítményét [9].

A Predator B nevet viselő harci és felderítő UAV is (4. ábra) turbólégcsavaros hajtóművel van felszerelve. Ebben a típusban a Honeywell TPE331-10 típusú turbólégcsavaros hajtómű található meg. Elődéhez képest gyorsabb, és nagyobb hatótávolságra alkalmazható [19].

---

<sup>5</sup> <http://www.technologyscribes.com/files/MQ-1C-Gray-Eagle.jpg> (2016.03.03)

Nem mehetünk el szó nélkül a turbólégcsavaros hajtómű hátrányai mellett sem. A zajkibocsátása kicsit nagyobb dugattyús motorokhoz képest. Ezen felül a maximális sebessége még mindig alacsony volt. Kellett tehát egy olyan hajtómű, ami képes nagy sebességen repülni. Ez a hajtómű lesz a sugárhajtómű.



4. ábra Predator B<sup>6</sup>

### A sugárhajtóművek

A modern repülés elképzelhetetlen lenne sugárhajtómű nélkül. Ezek azok a repülőgép hajtóművek, melyek képesek voltak átlépni a hangsebességet, és így egy új korszakot hoztak a repülés történetébe.

Előnyük tehát, hogy képesek nagy tolóerőt létrehozni. A működési elve, hogy a turbina egy kompresszort hajt meg, ami biztosítja a levegő égőtérbe történő juttatását, így biztosítva a tüzelőanyag elégetését. A tüzelőanyag égetéséből létrejövő forró gázok tolóerőt biztosítanak a hajtóműnek, és így vele a repülőnek [9].

Először is a hajtómű levegőt szív be a környezetből. A beszívás után a kompresszor sűríti ezt a levegőt, és az égőtérbe továbbítja. Az égőtérből a turbinába kerül, majd a gáz maradék energiája tolóerőként hasznosul.

Az első sugárhajtóművet Sir Frank Whittle és Hans von Ohain fejlesztette ki, még az 1930-as évek végén [9]. Ekkor a hajtóművek, még sokkal nagyobbak, és környezetszennyezőbbek voltak. A korai években nem ritkán előfordult, hogy kigyulladtak és súlyos sérüléseket okoztak. Mára azonban az egyik legelterjedtebb hajtóműnek számít, legyen szó polgári vagy katonai repülésről.

Ha a sugárhajtóműveket csoportosítani szeretnénk, akkor a következők szerint oszthatjuk fel őket: [10]

- egyáramú sugárhajtómű;
- kétáramú sugárhajtómű.

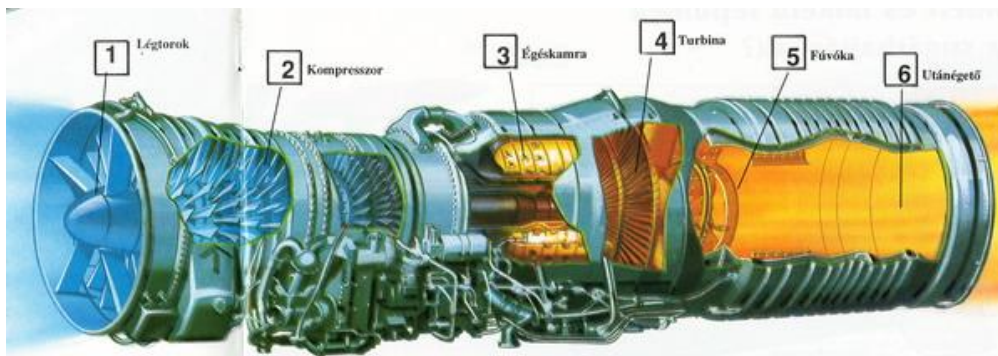
A két sugárhajtómű típus között az alapvető különbséget a levegő áramlása határozza meg.

Hátrányként jelenik meg a sugárhajtóművek neve mellett, hogy csak a nagy szárnyfesztávolsággal rendelkező UAV-kon érdemes alkalmazni. Üzemeltetésük drága, és a környezetbe kibocsátott

<sup>6</sup> <https://www.ftm.nl/wp-content/uploads/2013/11/Reaper.jpg> (2016.03.03)

káros anyagok terén is az élmezőnybe tartozik. Emellett üzemeltetéséhez nagyfokú szakértelem szükséges, és kiforrott technológia [10].

A modern repülőgépeken sűrűn alkalmaznak úgynevezett utánégetőt (5. ábra), ami megnöveli a hajtómű tolóerejét. Ezzel a hajtóműelemmel több üzemanyagot képesek elégetni, ami több tolóerőt biztosít. Ennek az ára viszont, hogy a hajtómű hatékonysága csökkenni fog.



5. ábra Sugárhajtómű utánégetővel felszerelve<sup>7</sup>

Egy 1996-os kutatás keretein belül, a tudósok olyan sugárhajtóművet akartak kifejleszteni, ami képes a hiperszonikus repülésre ( $M > 5$ ). A pilótára ható erők nagysága miatt a projekt csak UAV-vel volt megvalósítható. A kutatás elérte célját ugyanis az X-43A típusú pilóta nélküli repülőgép még 2004-ben átlépte a hiperszonikus repülés határát. Ez a repülőgép a Guinness-rekordok könyvébe is bekerült, mivel sugárhajtóművel sikerült elérnie a 9,6-os Mach-számot [26][27].

Kijelenthető, hogy egyre több katonai UAV használja ezeket a hajtóműveket, ugyanis a dugattyús hajtóművekkel ellentétben a sugárhajtóművek gyorsasága nagy előnyt jelent egy-egy feladat gyors végrehajtásában. Egyik ilyen a Predator C típusú katonai harci UAV vagy más néven Avenger (6. ábra). A meghajtását Pratt&Whitney PW545B típusú kétáramú sugárhajtómű biztosítja. Ez a hajtómű nagy előrelépést jelentett elődeihez képest, hiszen az első Predatorhoz képest csaknem háromszor gyorsabban képes repülni. Erre a sugárhajtóműre azért is volt szükség, mert a Predator C már nagyobb hossz- és szárnyfesztávolsággal rendelkezik, mint elődei [3][18].



6. ábra Predator C<sup>8</sup>

A sugárhajtóművek tehát a legelterjedtebb hajtóművek a repülésben. Számos pozitív tulajdonsága mellé viszont szinte ugyanannyi negatív tulajdonság is társítható. A közeljövőben azonban

<sup>7</sup> VILÁG MŰKÖDÉSE: Sugárhajtómű, (online), url: <http://www.vilaglex.hu/Lexikon/Html/Sugarhaj.htm> (2016.03.03.)

<sup>8</sup> <http://htka.hu/wp-content/uploads/2012/02/Avanger01.jpg> (2016.03.03.)

biztos vagyok benne, hogy sikerül kiküszöbölni ezeket a problémákat, mivel ezeket a hajtóműveket a mai napig fejlesztik.

## AZ ALTERNATÍV ÜZEMANYAGOKKAL MŰKÖDŐ PILÓTA NÉLKÜLI LÉGIJÁRMŰVEK

### A kőolajra épülő világunk

A fosszilis energiahordozókra épülő világunk nagy problémája és kérdése, hogy mi lesz, ha kőolajkészleteink kifogynak. Ez az idő el fog érkezni – egyes előrejelzések szerint már 2050-re – és addigra új energiaforrásokat kell találnunk. Lesz-e más, ami át tudja venni a kőolaj szerepét? Rengeteg tudós dolgozik jelenleg is egy tökéletesen működő alternatív üzemanyag feltalálásán, ami megoldaná a kőolaj pótlását.

A repülésben is fontos, hogy tudjuk alkalmazni az alternatív üzemanyagokat. Azért fontos, hogy alternatív üzemanyagokat találjunk, mert fogy a kőolajkészlet, és így, az amúgy is magas üzemanyagárak is vélhetően tovább fognak emelkedni.

A megfelelő alternatív üzemanyag megtalálása nem egyszerű feladat. Akárcsak a hagyományos tüzelőanyagok, ennek is meg kell felelnie bizonyos követelményeknek, hogy a repülőgépek hajtóanyaga lehessen. Ezek a következők: [11][12]

- magas fűtőérték;
- olcsó, hosszú időre kielégítse a hajtóanyag szerepét;
- jól feldolgozható (ne igényeljen nagy technológiai átszervezést);
- legyen stabil, biztonságos;
- ne keletkezzen hamu, salakanyag elégetésekor;
- ne legyen környezetszennyező.

Az alternatív tüzelőanyag lehet például elektromos áram/napenergia, hidrogén, biomassa, atomenergia [11].

Ezekről az anyagokról csak részben mondhatjuk, hogy megújuló energiaforrások. Annyiból igaz ezekre az energiaforrásokra az állítás, hogy nagy mennyiségben megtalálhatóak a természetben, így nem kell azzal törődnünk, egy jó ideig, hogy mivel helyettesítjük majd ezeket. A pilóta nélküli légi járművek tekintetében a leggyakoribb alternatív üzemanyag az elektromos áram, ezért a cikk következő részében ezt fogom részletesebben kibontani [23][24].

### Az alternatív üzemanyagok megjelenése a pilóta nélküli légi járművek hajtóanyagaként

Ahogy már említettem az első fejezetben az alternatív üzemanyagok alkalmazása megjelent a pilóta nélküli légi járműveken is. Elsősorban napenergiából származó villamos energiával működő UAV-k az elterjedtebbek, de a hidrogén és a szintetikus üzemanyagok felhasználására is láthatunk példát.

Nagy előnyük ezeknek a hajtóanyagoknak, hogy a szükséges rendszerek beszerelése után kis működési költségekkel vagyunk képesek üzemeltetni a repülőgépeket. Ráadásul a kőolajszármazékok alkalmazásához képest sokkal kevesebb környezetre ártalmas anyag kerül a levegőbe,



ami nagyban segíti a globális felmelegedés csökkentését [9]. Azonban nem feledkezhetünk meg a hátrányokról sem. A legnagyobb probléma bármilyen repülőgép esetén, hogy megvalósítsák az alternatív üzemanyag hajtóműben való felhasználását. Ez rengeteg pénzbe, időbe, és a legmodernebb technológiák alkalmazásába kerül. Ha ez még nem lenne elég, az alternatív üzemanyagok működőképességére sincs garancia. Ez nem is csoda, hiszen ez a hajtóanyag, még nagyon új. Gondoljunk csak bele, hogy a kőolaj származékok kezdeti alkalmazásánál is mennyi baleset történt a repülés kezdeti fázisában.

Az biztos, hogy az alternatív üzemanyaggal való repülőgép meghajtásban nagy előrelépéseket fognak tenni a tudósok. Már most is megkérdőjelezhetetlen a fejlődés ebben a tudományágban. Nemrég például a SolarImpulse 2 névre hallgató repülőgép két pilótájával megpróbálta átrepülni a Földet, de csak a terv feléig jutottak. A pilóták 2016. április végén tervezik folytatni útjukat Hawaii-ról [9][29].

### **Elektromossággal működő UAV-k**

A legtisztább megoldás kétségtelenül a villamos energia használata hajtóanyagként. Ezzel a megújuló energiaforrással szinte semmilyen káros anyagot nem bocsájtok a légkörbe. Ezen felül a villamos meghajtásnak szinte semmi hangja nincs, tehát a zajszennyezés szintje is alacsony, ami jó hír lehet a repülőtér mellett élők számára.

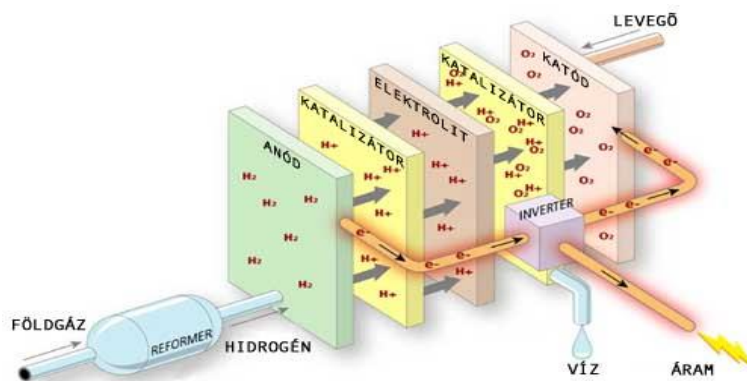
A legnagyobb probléma ezeken a repülőgépeken, hogy hogyan vagyunk képesek megoldani a villamos energia előállítását, és hogy tudjuk majd eltárolni azt.

A tároláshoz szükségünk van egy akkumulátorra. Ez természetesen máris plusz tömeget jelent. A legegyszerűbb, kis hatótávolságú pilóta nélküli repülőgépeken elegendő az akkumulátor a rendszerek fenntartásához. A repülési idő az akkumulátor teljesítményétől függ. Amint hosszabb távra kezdünk el gondolkodni, máris egy új rendszert kell beszerezni a repülőgépbe. Ez lesz az, ami a villamos energiát fogja termelni az elektromotornak. A legelterjedtebb a napenergia és az üzemanyagcella alkalmazása [25].

#### *Üzemanyagcellák*

Az üzemanyagcellák (7. ábra) az élet minden területén megtalálhatóak. Nincs ez másképp a pilóta nélküli repülésben sem. Röviden összefoglalva a működési elvét: az üzemanyagcella áramot állít elő hidrogénből és oxigénből, melynek mellékterméke a víz. A hidrogén persze veszélyes anyag, melyek tárolása nem egyszerű. Mégis megéri vele fáradozni, hiszen a jelenleg ismert energiatárolókat az üzemanyagcella messze túlszárnyalja. Nem is csoda, hiszen az energiahatékonysága elérheti a 85%-ot is [9][21].

Az üzemanyagcellát a legtisztább energiának tartják, ugyanis a keletkező károsanyag-kibocsátása elenyésző. Zajkibocsátása is alacsony, emellett nagyon hatékony. Persze a hátrányokat is meg kell említenünk. Az csak a kisebb probléma, hogy drágák, és csak szakképzett személyzet képes a karbantartására, de gyakori szűrő illetve tisztítócserére is szorulnak. Mindenesetre az utóbbi időben leggyorsabban ezek az üzemanyagcellák fejlődtek a repülésben, és a fejlesztések a mai napig tartanak [9].



7. ábra Az üzemanyagcella felépítése, működése<sup>9</sup> [21]

### Napenergia

A legelterjedtebb villamos energiát előállító rendszer a napenergiát hasznosítja. Azonban mint minden alternatív üzemanyagnak, ennek is vannak hátrányai. Rengeteg tényező nehezíti a napenergia hasznosítását. Az első az egységnyi felületen előállítható energia nagyságából adódik.

A napenergia felhasználása napjainkban is folyamatosan fejlődik. A napelemek (fotoelektromos generátorok, félvezetőkből álló áramforrások, amelyek a nap elektromágneses sugárzásának energiáját elektromos energiává alakítják) hatásfoka, és az adott méretű napelemből kivethető maximális energia fontos szempont. A napelem áram- feszültség karakterisztikáján található maximális teljesítményű pont követésére szabályzó rendszerre van szükség [15][16][17][30].

A másik nagy probléma, hogy nem tudjuk minden napszakban alkalmazni. A fedélzeten felhasznált energiaszükséglet nem mindig esik egybe a megvilágítás időtartama alatt nyerhető energia mennyiségével, illetve előfordulhatnak impulzus jellegű energiaszükségletek, így gondoskodni kell az energia tárolásáról, hogy azokban az időszakokban, amikor a napelemből nyerhető energia nem fedezi a felhasznált mennyiséget valamiből pótolhassuk a folyamatos működés érdekében. A gyakorlatban akkumulátorokat használnak, amelyekkel a terheléseken fellépő teljesítmény többletet tudják biztosítani. Az akkumulátoroknak is fejlődniük kell, hogy minél több energiát legyenek képesek tárolni, és így minél tovább lehessen használni a napenergiát még akkor is, ha nem éri nap a napelemeket [11][14].

A napenergia felhasználására sok példát találhatunk a pilóta nélküli repülésben is. A repülési idő tekintetében egy napenergiával működő UAV tartja a világrekordot. A Zephyr nevet viselő pilóta nélküli légi jármű (8. ábra) ugyanis 14 napot és 21 percet töltött a levegőben. A repülőgépet nagy magasságokra tervezték, valószínűleg azért, hogy a Naptól érkező energiákat a lehető legjobban fel tudja fogni, és ne legyen hatással a repülésre az időjárás [9].

<sup>9</sup> <http://www.vilaglex.hu/Kemia/Kepek/UzemaCel.jpg> (2016.03.03.)



8. ábra Zephyr<sup>10</sup>



9. ábra Project Skybender<sup>11</sup>

A Zephyr bebizonyította, hogy a pilóta nélküli légi járművek milyen sokáig képesek a levegőben maradni. Ezt nem csak a katonaság képes felderítő célokra alkalmazni, de a polgári életben is használható ez a tulajdonság. A Google például nem olyan régen azzal az ötlettel állt elő, hogy egy pilóta nélküli légi jármű segítségével olyan tájakra is eljuttatja az internetet, ahol eddig nem, vagy nehezen lehetett ezt megoldani. A Project Skybender (9. ábra) nevet viselő projekt tartalmazza, hogy az UAV 5G-s internetet továbbítana a Földre. A projekt már a tesztelési fázisban jár. Az egyetlen probléma, hogy az internetet továbbító úgynevezett milliméterhullámok a nagy hatótávolság miatt veszítenek erejükből mire a földre érnek. Ez a probléma elsősorban a mobiltelefonokat sújtja, ugyanis a mobiltelefonok érzékelési távolsága jóval kisebb, mint például egy routernek. Gondot okozhat még a napenergia hasznosításával való folyamatos repülés végrehajtása is. Kérdéses mi történik, ha meghibásodik a repülőgép, milyen gyorsan lesznek képesek javítani a hibát, és mennyi ideig marad internet nélkül a térség. Ha a cégnek sikerül ezeket a problémákat megoldani, valószínűleg az első éles üzemeltetése a harmadik világ országaiban történik [20].

## ÖSSZEFOGLALÁS

A cikkben megpróbáltam összefoglalni a pilóta nélküli légi járművek leggyakrabban használt hajtóműveit. Az első fejezetben bemutattam, hogy milyen hagyományos üzemanyagot felhasználó hajtóművekkel találkozhatunk az UAV-k fedélzetén. Itt helyet kapott az ideális üzemanyag bemutatása, illetve megismerkedhettünk a dugattyús, turbólégcsavaros, illetve sugármeghajtású hajtóművekkel. Mindhárom hajtóműtípusra hoztam példát a három Predator típus által.

A következő fejezetben szó volt a hagyományos üzemanyagok alternatív üzemanyagokkal való kiváltásáról. Itt leírtam miért is kell egy kőolaj származékokat lecserélni alternatív üzemanyagokra. Szó volt arról, hogy általánosságban milyen alternatív üzemanyagokkal próbálják a kőolajat pótolni. Ezekben belül a villamos energia felhasználásával, és az elektromotorral foglalkoztam. A villamos energia előállítására két példát hoztam, a napenergiát, és az üzemanyagcellát.

Látható, hogy a hagyományos tüzelőanyagok a repülésben is egyre jobban háttérbe szorulnak az alternatív üzemanyagokkal, azon belül is a villamos energiával szemben. Jelenleg is fejlesztések mennek a napenergia és az üzemanyagcella együttes alkalmazására, mely forradalmasíthatja mind a hagyományos, mind a pilóta nélküli repülést.

---

<sup>10</sup> [http://www.windsofchange.net/images/AIR\\_UAV\\_Zephyr\\_Flight\\_lg.jpg](http://www.windsofchange.net/images/AIR_UAV_Zephyr_Flight_lg.jpg) (2016.03.03.)

<sup>11</sup> <http://www.techandfacts.com/wp-content/uploads/2014/10/Solara50.jpg> (2016.03.03.)

### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Directory of U.S. Military Rockets and Missiles:Northrop (Radioplane) SD-1/MQM-57 Falconer (online), url: <http://www.designation-systems.net/dusrm/m-57.html> (2016.03.03.)
- [2] SZEGEDI PÉTER: Pilóta nélküli repülő eszközök, Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2004/1. pp. 63–77.
- [3] WIKIPEDIA THE FREE ENCYCLOPEDIA: General Atomics MQ-1 Predator, (online), url: [https://en.wikipedia.org/wiki/General\\_Atomics\\_MQ-1\\_Predator](https://en.wikipedia.org/wiki/General_Atomics_MQ-1_Predator)(2016.03.03.)
- [4] SZEGEDI PÉTER: A Szojka-III pilóta nélküli repülőgép repülésszabályozójának tervezése LQR módszerrel, Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2005/1 pp. 87–102.
- [5] VONA DÁNIEL: Pilóta nélküli légitűeszközök felépítése és felhasználása. (online), url: [http://www.hte.hu/documents/329421/542195/sze\\_2\\_Vona\\_Daniel.pdf](http://www.hte.hu/documents/329421/542195/sze_2_Vona_Daniel.pdf)(2016.03.03.)
- [6] SZABÓ LÁSZLÓ: Szerkezeti és üzemanyagok jegyzet, Szolnok, Kilián György Repülő Műszaki Főiskola, p.148, 1989.
- [7] TŰZELÉSTECHNIKA, BME KKFT, (online), url: [kkft.bme.hu/sites/default/files/TŰZELÉSTECHNIKA%20\(jegyzet\).doc](http://kkft.bme.hu/sites/default/files/TŰZELÉSTECHNIKA%20(jegyzet).doc) (2016.03.03.)
- [8] WIKIPEDIA THE FREE ENCYCLOPEDIA: Fűtőérték, (online), url: <https://hu.wikipedia.org/wiki/F%C5%B1t%C5%91%C3%A9rt%C3%A9k> (2016.03.03.)
- [9] BÉKÉSI BERTOLD, JUHÁSZ MÁRTA: Pilóta nélküli légitűeszközök energia forrásai. *Economica* (Szolnok), 2014/1, pp. 92–100.
- [10] BÉKÉSI BERTOLD: 2. Pilóta nélküli légitűeszközök jellemzése, osztályozásuk, Pilóta nélküli repülés profiknak és amatőröknek. Palik Mátyás (szerk.) Második, javított kiadás. Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2015. 321 p., (ISBN: 978-615-5057-64-9) pp. 65–109. (online), url: <https://opac.uni-nke.hu/webview?infile=&soj=10140&source=webvd&cgimime=application%2Fpdf> (2016.03.03)
- [11] SZEGEDI PÉTER, ÓVARI GYULA: Hagyományos repülőgép-üzemanyagok kiváltásának lehetőségei és korlátai. *Hadmérnök V. évfolyam. 4. szám*, 2010. pp. 16–37.
- [12] SZEGEDI PÉTER, ÓVARI GYULA: Alternatív üzemanyagok alkalmazásának lehetőségei a repülésben, *REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK*, 2010/2. pp. 1–12 (online), url: [http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2010\\_cikkek/Ovari\\_Gyula-Szegedi\\_Peter.pdf](http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2010_cikkek/Ovari_Gyula-Szegedi_Peter.pdf) (2016.03.03)
- [13] BAGÁNY MIHÁLY: Belső égésű motorok, Egyetemi Tananyag, Typotex Kiadó, (2011) ISBN 978-963-279-656-7 (online), url: [http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop412A/0018\\_Belsoegesu\\_motorok/Bagany\\_Belsoegesu\\_motorok.pdf](http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop412A/0018_Belsoegesu_motorok/Bagany_Belsoegesu_motorok.pdf) (2016.03.02)
- [14] SZEGEDI PÉTER: A javított hatásfokú polaritásváltóval megépített analóg MPPT, *Repüléstudományi Közlemények*, Szolnok, 1998/2. pp. 81-101.
- [15] SZEGEDI PÉTER: A javított hatásfokú polaritásváltóval megépített analóg MPPT áramkör analízise, *Repüléstudományi Közlemények*, Szolnok, 1998/2. pp. 113–126.
- [16] SZEGEDI PÉTER: A maximális teljesítményű pont követésének lehetőségei napelemes rendszerekben 1, *Repüléstudományi Közlemények*, Szolnok, 1997/1. pp. 91–108.
- [17] SZEGEDI PÉTER: A maximális teljesítményű pont követésének lehetőségei napelemes rendszerekben 2. *Repüléstudományi Közlemények*, Szolnok, 1997/1. pp. 121–138.
- [18] Wired: Tiny Weapons, Jet Engines in Killer Drone Upgrades (online), url: <http://www.wired.com/2009/04/new-killer-dron/>(2016.03.03.)
- [19] WIKIPEDIA THE FREE ENCYCLOPEDIA: General Atomics MQ-9 Reaper, (online), url: [https://en.wikipedia.org/wiki/General\\_Atomics\\_MQ-9\\_Reaper#Specifications](https://en.wikipedia.org/wiki/General_Atomics_MQ-9_Reaper#Specifications) (2016.03.03.)
- [20] Engadget: Google plans to beam 5G internet from solar drones, (online), url: <http://www.engadget.com/2016/01/30/google-project-skybender/>(2016.03.03.)
- [21] Független Ökológiai Központ Alapítvány: Üzemanyagcella, (online), url: <http://www.foek.hu/korkep/enhat/uzemanyagcella/uzemanyagcella.html#bemutatas> (2016.03.03.)
- [22] BÉKÉSI BERTOLD, NÁCZI RÓBERT: Hagyományos rendszerű és több elektromos energiát igénylő repülőgépek, *Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban*, Szolnok, 2014. pp. 109–119.

- [23] BÉKÉSI BERTOLD: Az UAV-k jövőbeni fejlesztési irányai, XII. Természet-, Műszaki és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia, Nyugat-magyarországi Egyetem, Természettudományi és Műszaki Kar Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely, 2013. pp. 101–113.
- [24] BÉKÉSI BERTOLD, PAPP ISTVÁN: UAV Future Development, Deterioration, Dependability, Diagnostics 2013. Univerzita Obrany, Brno, Csehország, 2013. pp. 63–76.
- [25] BÉKÉSI BERTOLD, PAPP ISTVÁN, SZEGEDI PÉTER: UAV-k légi és földi üzemeltetése, *Economica* (Szolnok), 2013/2. pp. 99–117.
- [26] BÉKÉSI BERTOLD, SZEGEDI PÉTER: A Hiper X program, *Repüléstudományi Közlemények*, Szolnok, 2000/3. pp. 127–133.
- [27] NASA: Faster Than a Speeding Bullet: Guinness Recognizes NASA Scramjet (online), url: <http://www.nasa.gov/missions/research/x43-main.html> (2016.03.03.)
- [28] VARGA BÉLA: Gázturbinás hajtóművek teljesítmény és hatásfok növelésének műszaki technológiai háttere, és ezek hatása a katonai helikopterek korszerűsítésére, Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, 2013., 151 p. (online), url: [http://hhk.uni-nke.hu/downloads/tudomanyos\\_élet/kmdi/2013/Varga\\_Bela.pdf](http://hhk.uni-nke.hu/downloads/tudomanyos_élet/kmdi/2013/Varga_Bela.pdf) (2016.03.03.)
- [29] NICK LAVARS: Refurbished Solar Impulse 2 returns to the skies. (online), url: <http://www.gizmag.com/solar-impulse-2-returns/42077/> (2016.03.21.)
- [30] SZEGEDI PÉTER: A pilóta nélküli repüléshez kapcsolódva...: Tanulmány a pilóta nélküli légitűeszközök működésével és üzemeltetésével kapcsolatban. (Békési Bertold, Szegedi Péter szerk.) Szerzői kiadás, Szolnok, 2016. 80 p. (ISBN: 978-963-12-5224-8), (online), url: [https://ludita.uni-nke.hu/repozitorium/bitstream/handle/11410/10148/Tanulmany\\_Szegedi\\_P%C3%A9ter.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ludita.uni-nke.hu/repozitorium/bitstream/handle/11410/10148/Tanulmany_Szegedi_P%C3%A9ter.pdf?sequence=2&isAllowed=y) (2016.03.30)

---

### THE PROPULSION SYSTEM OF THE UNMANNED AIRCRAFT VEHICLES

---

*Nowadays, the unmanned aircraft vehicles have been using in different applications. Its range and flight duration increased. To fulfill their function, it was necessary to develop the airframe and propulsion systems. In this article I am introducing the propulsion system of unmanned aircraft vehicles. I am introducing the propulsion unit of this aircrafts, which use conventional fuels. After the conventional propulsion unit, I am introducing the propulsion unit, which use alternative fuel, because among drones also released a new demand for these fuels.*

**Keywords:** UAV, propulsion system, conventional fuel, alternative fuel

---

Hegedűs Krisztián  
honvéd tisztjelölt  
Nemzeti Közszolgálati Egyetem  
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar  
Katonai Repülő Intézet  
krissz9403@gmail.com  
orcid.org/0000-0003-4306-0890

HEGEDŰS Krisztián  
Officer Candidate  
National University of Public Service  
Faculty of Military Science and Officer Training  
Institute of Military Aviation  
krissz9403@gmail.com  
orcid.org/0000-0003-4306-0890

---



[http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016\\_1/2016-1-10-0324\\_Hegedus\\_Krisztian.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_1/2016-1-10-0324_Hegedus_Krisztian.pdf)

