



A XVI-a Conferință internațională – multidisciplinară  
„Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești”  
SEBEȘ, 2016

## **PILOTAREA AERONAVELOR CU MOTOARE ELECTRICE**

Traian TOMESCU, Tudor Mihai TOMESCU,  
Viorel Bogdan ȚIGĂU, Iordan SILVIU

### **FLYING AIRCRAFT ELECTRIC MOTOR**

This paper presents some aspects regarding the development of electric powered aircraft flights.

Keywords: aircraft flight, electric motors, solar cells

Cuvinte cheie: aeronave, zbor, motoare electrice, celule solare

Aeronautica este domeniul în care se tinde către utilizarea unor motoare care realizează un raport ridicat putere/greutate cu un consum de combustibil redus sau fără consum de combustibil cum este cazul motoarelor electrice alimentate de baterii sau de celule solare sau de combinarea acestor surse de energie. La începutul secolului XXI, așa cum mașinile electrice promet să schimbe lumea, la fel se întâmplă și în cazul avioanelor electrice. Mult mai puțin cunoscute, aceste avioane au motoare mult mai eficiente, mai bune și care fac mai puțin zgomot decât cele tradiționale cu combustie internă dacă vor fi rezolvate câteva probleme.

S-a constatat că motoarele electrice sunt de 3-4 ori mai bune decât cele cu combustie internă la propulsarea avioanelor iar fiabilitatea lor este chiar și de 10-20 de ori mai bună decât la motoarele cu piston. Motoarele electrice pot avea o eficiență de până la 95 %, comparativ cu 18-23 % la cele clasice cu ardere internă, ceea ce înseamnă mult mai puțină energie pierdută. Deoarece motoarele electrice sunt mai puțin

zgomotoase, aeroporturile pot fi localizate mult mai aproape de orașe iar poluarea mediului este inexistentă. Armata caută să utilizeze avioanele cu motoare electrice pentru misiunile care necesită aeronave mai greu detectabile datorită zgomotului redus.

Cel mai mic avion cu două motoare din lume, care funcționează cu energie electrică, a zburat pentru prima dată în 25 iunie 2011 în cadrul unui spectacol aviatic din Paris. Avionul botezat "Cri-Cri", a fost realizat în Franța, proiectul fiind coordonat de Michel Colomban și a ajuns la viteza de 283 km/h un record mondial de viteză pentru avioane cu motor electric. Avionul este echipat cu două motoare electrice Electravia E-Motor GMPE 104 cu putere maximă unitară de 35 CP, două elici E-Props contrarotative și o baterie Lithium-Polymère cu

capacitate de 3 kWh.



Fig. 1 Avionul Cri-Cri în varianta MC15E cel mai mic avion bimotor cu motoare electrice



Avionul Airbus E – Fan a zburat în mai 2014 și deși nu este primul avion cu un motor electric, este printre primele proiectate pentru uz comercial. E – Fan poate transporta un pilot și un alt pasager. Aeronava este echipată cu o pereche de elice intubate, care se rotesc acționate de

două motoare electrice de 60 kW . Durata zborului este de doar o oră, dar ar trebui să fie suficient pentru formarea tinerilor piloți. Costul zborului va fi mult mai mic din cauza evitării combustibilului scump. Mai mult, motoarele sunt semnificativ cu mult mai ieftine la întreținere.

În Europa, în Franța, Grupul AIRBUS a dezvoltat un avion prototip biloc cu motor electric E-Fan cu anvergura de 9,7 m și lungimea de 6,67 m care a zburat în aprilie 2014 pe aeroportul Bordeaux-Mérignac din Franța. Avionul biloc este destinat școlilor de zbor pentru antrenamentul piloților civili și militari și este planificat să intre în serviciu în anul 2017. Structura avionului este din materiale compozite de la Aéro Composite Saintonge din Franța iar dezvoltarea unei variante cu patru locuri este planificată de Grupul AIRBUS pentru 2015-2016.



Fig. 2

Avionul monobloc cu două motoare electrice Airbus E – Fan



Motoarele electrice se utilizează din ce în ce mai mult și în domeniul aviației dar și în industria automobilelor prin realizarea în producție de serie a automobilelor electrice un exemplu fiind automobilele de tip Tesla așa cum se ilustrează în figura 3.

De la Traian Vuia și Henri Coandă încoace, pionierii tehnicii românești de aviație n-au dispărut în negura timpului. Inginerul de aviație Călin Gologan, originar din Brașov, România, președintele firmei PC-Aero GmbH din Germania, a proiectat și realizat în anul 2011 unul dintre primele avioane monobloc cu structură din materiale compozite și un motor electric de 21 CP alimentat cu baterii Li-Ion, Electra One, cu o

anvergură de 8,6 m (28 ft 3 in), suprafața portantă a aripii 6,4 m<sup>2</sup> (69 sq ft), greutatea gol 100 kg (220 lb) și greutatea maximă cu baterie 300 kg (661 lb), având o rază de acțiune de 500 km (311 mi; 270 nmi) și durata de zbor de 3 ore.

## ÉNERGIE ÉLECTRIQUE : E-FAN VS TESLA



Fig. 3 Utilizarea motoarelor electrice la avionul Airbus E – Fan și la automobilele Tesla

Motorul electric folosit este de tip Brushless (fără

perii) care are o durată mare de funcționare. În consecință, numărul de ore de funcționare între două revizii sau reparații, față de motorul termic este de zeci de ori mai mare. Inginerul Cătălin Gologan a proiectat și construit în cadrul companiei germane PC-Aero, avionul electric Elektra-One, pe care l-a prezentat la US Air Venture Oshkosh Wisconsin 2011, cu ocazia The World's Greatest Aviation Celebration, unde a câștigat premiul Lindbergh Prize for Electric Aircraft Vision Award Given.

În momentul de față omenirea se află în faza revoluției pentru cucerirea energiei. Inițial au fost revoluțiile din agricultură, apoi revoluția industrială, urmată de revoluția informatică. Călin Gologan susține ideea de independență, din punct de vedere energetic, prin soluția Hangar Solar Energy. Pe acoperișul hangarului vor fi instalate panouri solare care va permite încărcarea pe timpul nopții a bateriilor electrice de la bordul avionului cu energia electrică produsă de panourile solare pe timpul zilei. Prețul estimativ al unui avion Elektra-One, la "pachet" cu Hangar Solar Energy este de 100.000 euro. Costurile de operare pe oră sunt sub 35 euro, mai precis prețul de operare este de 0,2 euro/km. Reducerea costurilor de operare va fi posibilă prin montarea de panouri solare pe aripi și fuzelaj. Motorul electric al avionului va consuma la decolare o putere de 16 kW/h (21,5 CP). În cazul unui zbor cu propulsie continuă puterea consumată de motor va fi de 14 kW/h (18,7 CP). În zborul de croazieră puterea necesară va fi de 6 kW/h (8 CP), caz în care avionul va putea zbura și în regim de planor. Emisiile poluante de bioxid de carbon sunt nule, nivelul zgomotului în timpul funcționării este foarte redus, iar întreținerea este simplă și necostisitoare. Călin Gologan are deja pe planșetă, avionul electric biloc. Iar dezvoltarea ulterioară prevede avionul electric cu 4 până la 6 locuri. Principalele

performanțe ale avionului Elektra Two Standard (varianta biloc) vor fi: MTOW 472 kg, masa utilă 180 kg, anvergura 17 m, suprafața portantă 19 m<sup>2</sup>, raza maximă de acțiune 700 km, anduranța 8 ore, viteza de croaziera 120 km/h.



Fig. 4 Inginerul Călin Gologan, avionul Elektra-One Solar și macheta variantei Solarstratos



Fig. 5 Avion cu motor electric Elektra One Solar și hangar cu panouri solare P.C. Aero G.m.b.H.

<https://groups.yahoo.com/neo/groups/aviatia/conversations/topics/29408>



Utilizarea de motoare electrice acționate de baterii litiu-polimer, Li-Po, sau de celule solare este rezultatul cercetărilor din ultimii ani și deschide calea

folosirii unor sisteme de propulsie nepoluante. Proiectat de SolarWorld cu sprijinul de PC-Aero, avionul solar eOne – este un prototip cu un singur loc, care are următoarele date tehnice: anvergura 13 m, suprafața 10 m<sup>2</sup>, greutatea maximă 300 kg. iar greutatea utilă 100 kg. viteza maximă fiind de 140 km/h.

Noul Elektra e-One Solar Word este o versiune îmbunătățită a modelului Elektra One cu o anvergură mărită a aripilor și cu 6 m<sup>2</sup> de

panouri solare pe suprafața aripilor. Mai mult de 1 kW putere, necesară pentru zbor, este generată de panouri solare, în timp ce bateria litiu-ion de bord oferă suplimentar 1,5 kW. Panourile solare pot furniza până la 60 % din energia necesară.

Deși pentru zbor sunt suficienți doar 2,5 kW, aeronava este dotată cu un motor de 16 kW.

Fig. 6 Avionul solar Electra e-One realizat de PC-Aero în Germania (decolare și în zbor 2015)



SolarStratos este primul avion comercial biloc



solar și va fi primul avion solar cu pilot care va zbura în stratosferă. Datele tehnice ale avionului biloc Solarstratos, varianta biloc a avionului Electra One Solar aflat în curs de realizare în cooperare de P.C.

Aero G.m.b.H. cu Solar Stratos din Elveția sunt: anvergura 24,4 m, lungime 7,9 m, greutate 400 kg, autonomie peste 24 ore, elice tripală Helix cu diametrul de 1,6 m, motor electric de 25 kW. alimentat de 24 m<sup>2</sup> de celule solare montate pe aripi și fuzelaj cu eficiență de 22-24 %.

Cercetările privind utilizarea energiei solare ca sursă de alimentare a motorului electric pentru aeronave au condus la realizarea unor avioane solare ca Helios (S.U.A.) sau Solar Impuls (Europa). În S.U.A. cercetările sprijinite de stat prin agenția guvernamentală N.A.S.A. s-au concretizat prin realizarea avioanelor solare Helios, Centurion, Pathfinder și Pathfinder Plus.

Datele tehnice ale acestor avioane solare sunt prezentate în tabelul următor:

		Pathfinder	Pathfinder Plus	Centurion	Helios
Anvergura	m	30	36,9	62,3	62
Lungimea	m	3,66	3,66	3,66	3,66
Coarda aripii	m	2,4	2,4	2,4	
Greutate	kg	252	315	815	855
Greutate încărcătură	kg	45	67,5	270	270
Viteza de croazieră	km/h	27-32	27-32	27-33	27-33
Motoare electrice		6x1,25 kw	8x1,5 kW	14x2,2 kW	14x2,2 kW
Putere totală motoare	kW	8	12,5	31	31

Tot în S.U.A. firma Boeing dezvoltă aeronava cu decolare verticală VTOL X-Plane de tip Phantom Swift care la început va fi echipată cu motoare convenționale General Electric CT7-8 de 2.635 CP care echepează elicopterele Sikorsky S-92 urmând a fi echipat ulterior cu motoare electrice.

Aeronava VTOL X-Plane de tip Phantom Swift are anvergura 15,2 m și lungimea 13,4 m iar greutatea maximă este de 5.450 kg. Programul de 9,5 milioane USD a început în august 2014.



Fig. 7 Aeronava cu decolare verticală Boeing VTOL X-Plane de tip Phantom Swift

O realizare deosebită este avionul-automobil care a fost inventat și brevetat în 1903 de românul Traian Vuia în Franța care a realizat la 18 martie 1906 primul zbor cu un avion care a decolat prin mijloacele proprii de bord. Pe 8 aprilie 2016 la Academia Română a avut loc simpozionul "110 ani de la istoricul zbor al lui Traian Vuia".

În Europa, doi inventatori din Suedia au realizat în Elveția și Germania un avion cu motoare electrice alimentate cu energie solară. Numit Solar Impulse avionul a fost conceput în anul 2003

de Bertrand Picard și Andre Borschberg și a realizat primul zbor în anul 2010 iar pe 7 iulie 2010 a zburat continuu 26 ore, 10 minute și 19 secunde devenind primii piloți care au reușit să zboare inclusive în timpul nopții cu un avion alimentat cu energie solară. Avionul Solar Impulse are o greutate de 1.600 kg. și anvergura de 63 m fiind propulsat de patru motoare electrice alimentate cu baterii pe bază de Litiu care sunt încărcate de cele 11.600 celule solare montate pe aripi, fuzelaj și ampenaj orizontal iar programul a costat 110 milioane de dolari.



Fig. 8 Aeroplanul-automobil Voia I care a decolat prin mijloacele proprii de bord pe 18 martie 1906 la Montesson și avionul automobil Terrafugia realizat în SUA în 2015

Avionul Solar Impulse, propulsat cu ajutorul energiei solare, a aterizat pe 6 iunie 2013 pe aeroportul JFK din New York, completând ultima etapă a unei călătorii pe teritoriul Statelor Unite ale Americii. Traversarea Statelor Unite ale Americii cu avionul experimental propulsat cu ajutorul energiei solare a început în San Francisco, în luna mai, aparatul atingând o viteză de 70 de km/h. Aceasta a inclus escale în Phoenix, Arizona, Dallas, Texas și St Louis, Missouri.

Acest lucru marchează o premieră în istoria aviației, Solar Impulse devenind cel dintâi avion care a putut zbura 24 de ore fiind alimentat doar cu energie solară. Avionul Solar Impulse HB-SIA are aceeași anvergură a aripilor ca un Airbus A340, dar are o greutate de doar 1,6 t. Prin comparație, un A340 complet încărcat are o greutate de aproximativ 370 t. Aeronava are o anvergura a aripilor de 63,4 m, iar altitudinea maximă pe care o poate atinge este de 8.500 m. Aripa avionul și stabilizatorul sunt acoperite cu 11.628 de celule solare, acestea producând energie electrică ce este furnizată celor patru motoare electrice cu elice, dar și încărcând bateria de litiu care cântărește 400 kg pentru zborul pe timpul nopții.



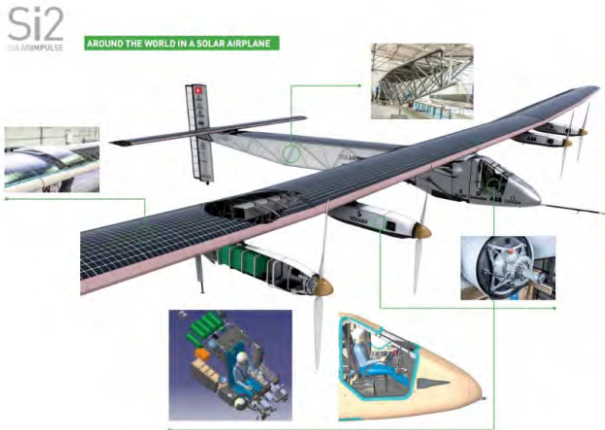
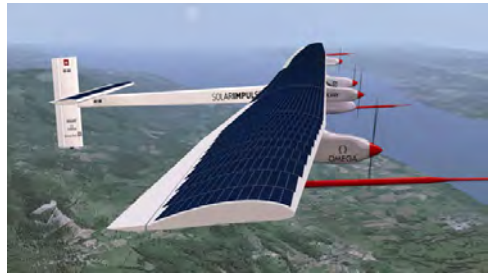


Fig. 9 Avionul Solar Impulse, primul avion alimentat cu energie solară care a zburat 24 de ore

Avionul Solar Impulse 2 a realizat primul zbor pe 9.04.2014 fiind programat să realizeze turul lumii în

perioada martie-iulie 2015. Datele tehnice sunt următoarele: greutate 2.300 kg, anvergura 72 m, baterii 4x260 Wh/kg cu 17.000 celule solare cu grosimea de 135 microni., greutatea bateriilor cu Lithiu fiind de 633 kg. Pregătirile pentru ocolul Pământului fiind realizate, decolarea a avut

loc la Abu Dhabi (UAE) după efectuarea în prealabil a ultimelor teste în zbor pe data de 9.03.2015 în direcția Muscat (Oman) conform dirijării de la Mission Control Center (MCC) din Monaco avionul fiind pilotat de André Borschberg. Decolarea de la Oman peste Marea Arabiei s-a realizat de pilotul Bertrand Piccard care a aterizat cu bine la Ahmedabad pe 10.03.2015. Traseul va urma prin India, China, oceanul Pacific și oceanul Atlantic urmat de sudul Europei și nordul Africii cu întoarcerea la Abu Dhabi (UAE) pe o distanță de 35.000 km.

Solar Impulse 2, alimentat exclusiv cu energie solară, a doborât la începutul lunii iulie 2015 recordul mondial pentru un zbor solo fără escală, la aproximativ 100 de ore după ce a decolat din Nagoya (Japonia) spre Honolulu (Hawaii), în cadrul celei de-a șaptea etape din călătoria sa în jurul lumii. Avionul solar parcursese 84 % din traseul pe care îl avea de străbătut în drumul său spre statul american, adică 6.921 km. Îi mai rămâneau de parcurs 1.250 km, potrivit organizatorilor acestui proiect, care erau însă îngrijorați de condițiile meteorologice dificile, marcate de "turbulențe la altitudinea de 2.400 m și un front rece". Cel mai lung zbor cu un avion propulsat exclusiv de energie solară: aproape 8.300 de km, din Japonia până în arhipelagul din mijlocul Pacificului. Și cel mai lung zbor solo din istoria aviației: 118 ore

de zbor, adică 5 zile și 5 nopți.

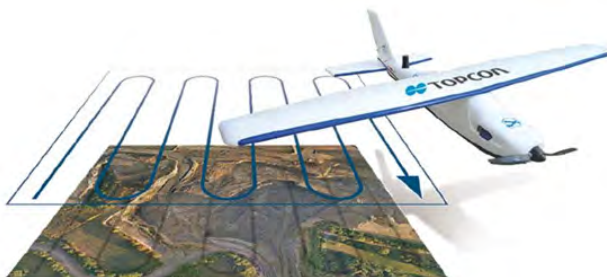


Fig. 10 Avion UAV de tip TOPCON SIRIUS pentru determinări topometrice cu sistem GPS



Pilotul elvețian Andre Borschberg abia a putut să iasă din cabina minusculă a aparatului de zbor. Pe durata voiajului, nu și-a permis perioade

de somn mai lungi de 20 de minute. În etapa următoare, Hawaii - Phoenix (Arizona), la comenzile avionului se va afla copilul Bertrand Piccard. Continuarea zborului este condiționată de înlocuirea bateriilor.

O utilizare din ce în ce mai mare a aeronavelor cu motoare electrice este cea în domeniul topometriei care se dezvoltă și în România. Un exemplu este o firmă din Brașov care utilizează un avion UAV de tip TOPCON SIRIUS pentru determinări topometrice în zone din România.

Precizia de măsurare este de 5 cm, sistemul în valoare de 42.000 Euro având raza de acțiune de 500 m cu o autonomie a bateriei de 30 minute iar viteza maximă a vântului este 50 km/h.

Un avion UAV de tip aripă zburătoare a fost prezentat la Singapore AirShow.



Fig. 11

Vehicul hibrid Unmanned (UHV) început la ST Aerospace în urmă cu trei-patru ani, este capabil de zbor prin aer și de misiuni în modurile subacvatice de deplasare

Dezvoltarea utilizării motoarelor electrice la aeronave este ilustrată și în domeniul sporturilor aeronautice prin introducerea în ultimii ani de către Federația Aeronautică Internațională a categoriei de aeromodela cu motoare electrice clasa F5 conform regulamentului FAI.

## BIBLIOGRAFIE

[1] \* \* \* <http://info.solarimpulse.com/en/our-adventure/solar-impulse-2/#.VQb9LGz9n4Y>.

[2] \* \* \* [http://bertrandpiccard.com/images/exploration/avion\\_solaire/Si2\\_LAO\\_VOLANT\\_1.png](http://bertrandpiccard.com/images/exploration/avion_solaire/Si2_LAO_VOLANT_1.png).

[3] \* \* \* <http://www.aerospace-technology.com/projects/e-fan-electric-aircraft/>

- [4] \* \* \* [http://info.solarimpulse.com/en/multimedia/blog#.VQb\\_\\_Gz9n4Y](http://info.solarimpulse.com/en/multimedia/blog#.VQb__Gz9n4Y)
- [5] \* \* \* <https://www.youtube.com/watch?v=rkEHLv1o7u8>
- [6] \* \* \* <http://www.electravia.fr/mc15eEng.php>
- [7] \* \* \* <http://en.wikipedia.org/wiki/Electravia>
- [8] \* \* \* <http://www.solarstratos.com/avion/>
- [9] \* \* \* <http://www.janes.com/article/42425/darpa-awards-boeing-contract-for-phantom-swift-as-new-vtol-x-plane>
- [10] \* \* \* <http://INFO.SOLARIMPULSE.COM/TIMELINE/VIEW/7850#.VQCAMZ9N4Y>
- [11] \* \* \* <http://www.aerospace-technology.com/projects/e-fan-electric-aircraft/>
- [12] \* \* \* <http://www.romanialibera.ro/stiinta-tehnologie/stiinta/video-zbo-rul-demonstrativ-al-celui-mai-mic-avion-cu-doua-motoare-din-lume-229396>
- [13] \* \* \* <http://renne.ro/economie/avioanele-electrice-ar-putea-transforma-modul-in-care-zburam/234>
- [14] \* \* \* <http://www.bani.md/airbus-e-fan-primul-avion-electric-de-serie-din-lume-galerie-foto/#sthash.X5On09cq.dpuf>
- [15] \* \* \* <http://www.libertatea.ro/detalii/articol/proiect-avion-electric-eads-350-159.html#ixzz36o8cenco> IHS [http://stiri.tvr.ro/avionul-solar-impulse-2-a-stabilit-doua-recorduri-mondiale\\_62546.html#sthash.R3Pm u Ken.dpuf](http://stiri.tvr.ro/avionul-solar-impulse-2-a-stabilit-doua-recorduri-mondiale_62546.html#sthash.R3Pm u Ken.dpuf)
- [16] \* \* \* [https://www.shephardmedia.com/news/uv-online/singapore-airshow-uav-plunges-deep-end/Jane's Defence Weekly 27.08.2014](https://www.shephardmedia.com/news/uv-online/singapore-airshow-uav-plunges-deep-end/Jane's%20Defence%20Weekly%2027.08.2014) și IHS [Jane's International Defence Review 25.06.2014](http://www.janes.com/article/42425/darpa-awards-boeing-contract-for-phantom-swift-as-new-vtol-x-plane).

Ing. Traian TOMESCU  
 inginer aeronave și instalații de bord, președintele Sucursalei Brașov,  
 membru al Consiliului Director AGIR  
 e-mail: tomescu\_traian@yahoo.com

Ing. Tudor Mihai TOMESCU  
 Inginer proiectant în construcții aeronautice

Ing.Eurlng. Viorel Bogdan ȚIGĂU  
 Inginer proiectant în construcții aeronautice

Iordan SILVIU  
 Pilot UAV la firma GIS Service Brașov, campion național al României la  
 aeromodele planoare radiocomandate și la aeromodele cu motoare electrice