

# SVEMIRSKA EKONOMIJA

Novac leti po orbiti

TEHNOPOLIS



Možda ne zvuči uzbudljivo poput misija na Mjesec i Mars, ali svaki satelitić koji putuje svemirom znak je da se razvija svemirsko gospodarstvo. Prema procjenama kompanije Morgan Stanley, svemirska ekonomija porast će do 2030. na više od bilijun eura, a još 2020. vrijedila je 355 milijardi eura. Velik dio profita ostvarit će se upravo zahvaljujući satelitima u niskoj Zemljinoj orbiti. Hrvatska svoj satelit još nema

piše **KATA PRANIĆ**  
kata.pranic@lider.media

**K**oloniji satelita u niskoj Zemljinoj orbiti u prvoj polovini 2024. pridružit će se Amazonovi sateliti. Ta velika svjetska tehnološka tvrtka namjerava zbog pružanja internetskih usluga do kraja 2026. u svemir lansirati ukupno 3236 satelita iz svojeg projekta nazvanog 'Kuiperov pojas'. Nije novost da tehnološki divovi novac zarađuju i u svemiru. Naime, SpaceXovi sateliti Starlink već su ondje. Oni koji su na Zemlji zgrnuli milijarde dolara, sad odmejavaju poduzetničku snagu i u svemiru. Teško je predvidjeti tko će biti uspješniji svemirski poduzetnik jer obje kompanije imaju velik proračun za ulaganje pa će u kompanijskoj svemirskoj utakmici, u kojoj nisu sami, presuditi komercijalni utjecaj, odnosno udio na svemirskom tržištu. Prema predviđanjima Morgan Stanleyja, vrijednost svemirskoga gospodarstva, koja je 2020. bila 355 milijardi eura, do 2030. narast će na više od bilijun eura, što znači da će bitka za svaki euro i svaki pedalj svemira biti žestoka. Naravno da te kompanije neće ugroziti SAD, svjetsku velesilu u svemiru čiji sateliti dominiraju njime, kao ni ostale velike igrače poput Kine, za kojima kaska i Europska unija. Naime, nije riječ o velikim satelitima – poslovanje u Zemljinoj niskoj orbiti (zvanoj LEO, *low-Earth orbit*) sve više zanima investitore i poduzetnike koji su vlasnici malih satelita koji lebde svemirom. Malo je zemalja koje ih nemaju, a među njima je i Hrvatska iako je prvi hrvatski satelit Perun Ip trebao biti lansiran u orbitu još 2020.

### Prvi hrvatski satelit

Jedan od Perunovih kreatora, fizičar **Slobodan Danko Bosanac**, znanstvenik u Institutu 'Ruđer Bošković' koji zastupa tvrtku Adriatic Aerospace Association (A3), tvrdi da je razvoj Peruna Ip prolazio više faza i da je u nekima od njih bilo dosta teškoća, ali da je to sad ostalo u prošlosti te da bi posao trebalo privesti kraju.

– Nema razloga da Perun Ip ne bude sklopljen ove godine. Prijašnja iskustva s obećanjima u medijima naučila su me oprezu, zato sada ne bih davao konačne prosudbe o završetku tog projekta, koji uključuje i lansiranje u orbitu. Možemo reći da su dvije trećine u završnoj fazi gotovosti, a na preostalim komponentama rade timovi koji će ih privesti kraju. Međutim, najvažnije je, i to moramo naglasiti, Perun Ip doista je prvi hrvatski satelit jer su ga cijelosti dizajnirali, konstruirali i izradili hrvatski stručnjaci i mladi

genijalci, i to u Hrvatskoj.

Komponenta koju moramo kupiti solarne su ćelije, koje su vrhunska nanotehnologija i izrađuju se na samo nekoliko mjesta u svijetu. Naš je problem namaknuti taj novac jer nemamo izvor financiranja. Tu je i lansiranje, ali imamo neke ideje kako riješiti taj problem – kaže Bosanac.

Naglašava da se s lansiranjem ne žele žuriti, prema latinskoj izreci: *Festina lente* – žuri se polako. Prema njegovim riječima, iako sve zemlje EU-a, osim Hrvatske, imaju satelite u orbiti, to bi se moralo uzeti sa skepsom jer je upitno jesu li ti sateliti djelo stručnjaka lokalne sredine ili su kupljeni kao gotov proizvod. Neki sateliti izrađeni su u sklopu međunarodne suradnje, posrijedi su veći sateliti. Bosanac naglašava da je međunarodna suradnja na zahtjevnijim satelitima i u planovima A3 za budućnost, a samostalna izrada Peruna učenje je o satelitskoj tehnologiji kako bi se u tu suradnju mogli uključiti kao ravnopravni partneri.

### Iznad svjetlosnog onečišćenja

Međutim, hrvatska satelitska znanost i industrija ne temelji se samo na Perunu Ip. U tom su sektoru vrlo aktivni i agilni Fakultet elektrotehnike i računarstva (FER) i Fakultet strojarstva i brodogradnje (FSB) Sveučilišta u Zagrebu. Prema riječima prof. dr. sc. **Dubravka Babića** iz Zavoda za komunikacijske i svemirske tehnologije FER-a, taj fakultet radi na svemirskom programu i razvoju nanosatelita sâm ili u suradnji s drugim institucijama i tvrtkama, a rezultati su odlični. Prijavio je i patente, ali FER-ovci detalje još ne žele dijeliti s javnošću.

– FER provodi niz aktivnosti povezanih sa svemirskim tehnologijama. Zasad imamo projekt koji financira Europska svemirska agencija. Njegov je cilj demonstrirati originalni modul za mjerenje svjetlosnog onečišćenja, ugraditi ga u nanosatelit i lansirati u orbitu oko 2025. godine. Sagradili smo prvi prototip i započeli mjerenja u laboratoriju; patent je prijavljen. Fakultet također razvija poboljšanja za uređaje za testiranje podsustava za orijentaciju

Domaći znanstvenici rade na prestižnim europskim i svjetskim svemirskim projektima i prijavljuju patente. Možda im se posreći pa ugrabe barem komadić svemirskoga gospodarstva



Prof. dr. sc. Zdravko Terze, voditelj istraživačke skupine na Katedri za dinamiku letjelica Fakulteta strojarstva i brodogradnje, pokazao je ESA-inim predstavnicima dio istraživačkog potencijala RH u svemiru: kako se razvijaju male mahokrilne besposadne letjelice insektnog tipa, a i zemaljska postaja za praćenje i komunikaciju sa satelitima u niskoj Zemljinoj orbiti



Fizičar Slobodan Danko Bosanac, znanstvenik iz Instituta 'Ruđer Bošković' koji zastupa tvrtku Adriatic Aerospace Association, postao je oprezan s najavama o završetku projekta Peruna Ip, koji uključuje i lansiranje u orbitu tog prvog istinski hrvatskog satelita. Kaže da su dvije trećine u završnoj fazi gotovosti, imaju ideju kako ga lansirati, no problem je namaknuti novac za kupnju potrebnih solarnih ćelija





Prof. dr. sc. Dubravko Babić iz Zavoda za komunikacijske i svemirske tehnologije Fakulteta elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu objašnjava kako taj fakultet radi na svemirskom programu i razvoju nanosatelita sâm ili u suradnji s drugim institucijama i tvrtkama te kaže da su rezultati odlični. Prijavili su i patente, ali ne žele još dijeliti detalje s javnošću



Ove je godine zagrebački FSB upisao prvu generaciju studenata na novom studiju Zrakoplovnog inženjerstva i svemirske tehnike, prvome takvom u ovom dijelu EU-a koji obrazuje suvremene inženjere za svemirske tehnologije

satelita, *Attitude Determination and Control System*. Izrada prototipa je u tijeku, a patent je prijavljen. FER istražuje i nekoliko ideja za buduće korisne terete, možda će se naći u orbiti ovoga desetljeća. Uključen je i u svemirski segment projekta 'Hrvatska kvantna komunikacijska infrastruktura – CroQCI' – kaže Babić.

## Kobno financiranje

Taj je projekt lani odobrila Europska komisija i počeo se provoditi početkom ove godine. Riječ je o gradnji prve hrvatske eksperimentalne kvantne komunikacijske infrastrukture koja će poslužiti kao temeljni kamen za sljedeću fazu, povezivanje CroQCI-a s EuroQCI-em s pomoću zemaljskih i satelitskih komunikacijskih veza.

Iako Fakultet strojarstva i brodogradnje (FSB) Sveučilišta u Zagrebu nema izravne aktivne projekte povezane s konstrukcijom nanosatelita, sudjelovao je u projektu razvoja dinamike robotskog mehanizma i upravljačkih algoritama antene za praćenje satelita (dio pogona zemaljske postaje). Provodio se u suradnji sa zagrebačkim FER-om, ali dio projekta povezan sa zemaljskom postajom privremeno je obustavljen zbog nedostatka novca.

## Dronovi iznad Venere i Marsa

Inače, FSB ima intenzivnu i razgranatu međunarodnu suradnju u području svemirskih tehnologija, u čemu je postigao velike znanstvene rezultate.

– Izvodimo znanstveno-istraživački projekt 'Flapping Flight on Mars and Venus', koji financira Europska svemirska agencija (ESA), a kojim se razvijaju matematički algoritmi i računalni modeli fizike leta autonomnih letjelica u atmosferskim uvjetima Marsa i Venere. Projektom će se predložiti i temeljna konceptualna rješenja konstrukcije ciljanih letjelica. Popularnijim rječnikom, dizajniraju se specijalizirani dronovi za atmosferski let iznad površina Marsa i Venere, a sa svrhom znanstvene i u budućnosti moguće komercijalne eksploatacije tih planeta, za što je ESA zainteresirana u sklopu misija koje se planiraju samostalno i u suradnji s drugim agencijama, primjerice NASA-om – objašnjava prof. dr. sc. **Zdravko Terze**, voditelj Katedre za dinamiku letjelica u FSB-ovu Zavodu za zrakoplovno inženjerstvo.

Terze je voditelj FSB-ove znanstveno-istraživačke skupine i glavni istraživač na spomenutom projektu, a suradničke su institucije u podugovornom odnosu sveučilišta TU Delft u Nizo-

zmskoj i Politecnico di Milano u Italiji. Važno je naglasiti da, iako su oba sveučilišta prema rangiranju QS 2021 u području inženjerstva i tehnologije među prvih dvadeset u svijetu, FSB vodi taj znanstveni projekt i skupina profesora Terzea ima glavno autorstvo u postignutim rezultatima, od kojih su neki već objavljeni u prestižnim znanstvenim časopisima *Acta Astronautica* i *Aerospace Science & Technology*. Budući da se projektom razvija suvremena tehnologija za let i propulziju u vrlo zahtjevnim atmosferskim uvjetima Marsa i Venere, koja bi energetskom efikasnošću trebala postići bolje performanse od NASA-ina robotskog helikoptera *Ingenuity* za operacije na Marsu, u suradnji s ESA-om planira se nastavak projekta gradnjom prototipa i eksperimentalnom provjerom, zajedno s odabranim sveučilištima i tvrtkama iz Europske unije.

## Međunarodna suradnja

Osim s ESA-om, kontakte u području povezanom sa svemirom i svemirskim tehnologijama FSB je ostvario s izraelskim Technionom (Israel Institute of Technology, Asher Space Research Institute), slovenskim centrom Slovenian Centre of Excellence for Space Sciences and Technologies i prestižnim kineskim Harbin Institute of Technologyjem (HIT). S HIT-om postoji ugovor o suradnji koja je rezultirala zajedničkim publikacijama o razvoju dinamike planetarnih rovera. Kina ih ima dva, na Mjeseću i na Marsu, oba su dizajnirana na HIT-u. Prof. Terze na poziv je održao predavanja i u NASA-inu Jet Propulsion Laboratoryju (JPL), s kojim stalno održava kontakte i sudjeluje u zajedničkim aktivnostima.

– Na istraživačkim temama i pripremi zajedničkih doktorskih škola surađujemo također s američkim sveučilištem Wisconsin-Madison, odnosno s istraživačkom skupinom koja razvija novi američki lunarni rover. Sudjelujemo i u provođenju projekata 'European Union Agency for Space Programme – EUSPA', konkretno u sklopu programa 'EU Governmental Satellite Communications' koji upotrebljava i satelite LEO – kaže Terze, koji je konzultant talijanske tvrtke angažirane na tom programu.

Uza sve to ove je godine FSB upisao prvu generaciju studenata na novom studiju Zrakoplovnog inženjerstva i svemirske tehnike, prvome takvom u ovom dijelu Europske unije koji obrazuje suvremene inženjere za svemirske tehnologije. **L**



Iako sve zemlje Europske unije, osim Hrvatske, imaju satelite u orbiti, to bi se moralo uzeti pomalo sa skepsom jer je upitno jesu li ti sateliti djelo stručnjaka lokalne sredine ili su kupljeni kao gotov proizvod. Neki su izrađeni u sklopu međunarodne suradnje



Europska svemirska agencija, među ostalim, financira FER-ov projekt čiji je cilj demonstrirati originalni modul za mjerenje svjetlosnog onečišćenja, ugraditi ga u nanosatelit i lansirati u orbitu oko 2025. godine. FER istražuje i nekoliko ideja za buduće korisne terete koji će se možda naći u orbiti ovoga desetljeća

**Poduzetnici koji su na Zemlji zgrnuli milijarde dolara, poput Elona Muska i Jeffa Bezosa, već neko vrijeme odmjeravaju snage i u svemiru. No svemir nije više rezerviran samo za multimilijardere, a ni za velike vojne sile. Poslovanje u niskoj Zemljinoj orbiti (zvanoj LEO, od engl. *low-Earth orbit*) sve više zanima nazoviobične investitore i poduzetnike, vlasnike tisuća malih satelita koji lebde svemirom**