

# 3. SEPTEMBER 2020 3 SEPTEMBER 2020

## 3:51:10 3:51:10 A.M.

*Krištof Oštir*

### 1 UVOD

Po številnih zapletih, ki so jih povzročili okvara nosilne rakete, epidemija koronavirusa in vreme, je raketa Vega Evropske vesoljske agencije in podjetja Arianespace 3. septembra 2020 z misijo VV16 v vesolje ponesla prva slovenska satelita Nemo HD in Trisat. Gre za izjemen dosežek domačega znanja in mednarodnega sodelovanja.

Misija Vega VV16 je bila načrtovana za drugo polovico preteklega leta, a se je le nekaj mesecev pred izstrelitvijo pripetila nesreča ob izstrelitvi VV15. Vega je popolnoma na novo zasnovana generacija raket, ki je dolgo veljala za eno najzanesljivejših. Vendar pa je pri petnajstem poletu po le dveh minutah eksplodirala druga stopnja rakete in misija je bila v celoti izgubljena. Zaradi iskanja vzrokov za napako so bile vse nadaljnje izstrelitve odložene, in sicer za skoraj pol leta. Proizvajalci rakete oziroma njenih delov so odkrili najverjetnejšo napako, popravili in ojačali kritične dele in naslednji polet – Vega VV16 – je bil načrtovan za marec 2020. Integracija satelitov in rakete je potekala po načrtu, bilo je sicer nekaj »običajnih« zamud, izbruh epidemije koronavirusa pa je operacije najprej upočasnil in nato le nekaj dni pred načrtovanim datumom preprečil. Naslednje okno, ki je omogočalo izstrelitev, je bilo poleti, vendar pa je bilo treba popolnoma od začetka sestaviti kapsulo s sateliti in pripraviti raketo. Ko je bilo vse pripravljeno in je bila raketa že na lansirni ploščadi, je težave povzročilo vreme, najprej v Francoski Gvajani, nato pa v Koreji, kjer je sprejemna postaja, ki v kritičnih trenutkih spremlja delovanje rakete in ločitve satelitov. Kazalo je, da bo tudi tokrat višja sila preprečila polet, a se je vreme izboljšalo in pripravljena raketa je v vesolje poletela 3. septembra 2020.

Misija Vega VV16 oziroma SSMS PoC Flight (angl. *Small Spacecraft Mission Service Proof of Concept Flight*) je v nizko zemeljsko tirnico ponesla več kot petdeset satelitov. Skupaj 21 organizacij iz 13 držav je pripravilo 53 satelitov, od tega sedem mikrosatelitov, ki tehtajo od 15 do 150 kilogramov, 46 pa je bilo tako imenovanih satelitov CubeSat, ki tehtajo od 250 gramov do 7 kilogramov. Vega je satelite razporedila v dve nekoliko različni sončno sinhroni tirnici – sedem težjih satelitov je bilo ločenih na višini 515 kilometrov (kot drugi se je približno 40 minut po vzletu odcepil Nemo HD), preostale satelite pa je raketa potisnila še nekoliko više in so se odcepili na višini 530 kilometrov. Izstrelitev je bila zaradi številčnega tovora in velikega števila sodelujočih izjemen zalogaj za vse vpletene. Potekala pa je brezhibno, z vsemi sateliti so po odcepitvi uspešno vzpostavili stik in vsi so začeli delovati.

Preglednica 1: Seznam satelitov, ki so bili izstreljeni v okviru misije Vega VV16.

Ime	Teža	Tirnica	Življenjska doba	Lastnik	Proizvajalec	Namen
ATHENA	138 kg	515 km	2 leti	PointView (Facebook)	Maxar Technologies	telekomunikacije
GHGSat-C1	15,4 kg	515 km	3 leta	GHGSat	SFL	opazovanje Zemlje
NEMO-HD	65 kg	515 km	3–5 let	Vesolje-SI	SFL in Vesolje-SI	opazovanje Zemlje
UPMSat-2	45 kg	515 km	2 leti	IDR-UPM	IDR-UPM	tehnološka demonstracija
ESAIL	112 kg	515 km	4 leta	ExactEarth	LuxSpace	opazovanje Zemlje
ION CubeSat Carrier	150 kg	515 km	4 leta	Planet	D-Orbit	tehnološka demonstracija
NewSat-6	43,5 kg	515 km	3–4 leta	Satellogic	Satellogic	opazovanje Zemlje
SpaceBEE 10-21		530 km		Swarm Technology	Swarm Technology	telekomunikacije
Flock-4v 1-14		530 km		Planet Labs	Planet Labs	opazovanje Zemlje
Lemur-2 112-119		530 km		SPIRE Global	SPIRE Global	telekomunikacije
<sup>3</sup> Cat-5 /A in /B		530 km		UPC in ESA	Deimos in Tyvak	opazovanje Zemlje
DIDO-3		530 km		SpacePharma	SpacePharma	raziskave
PICASSO-BE		530 km		ESA	BIRA-IASB	opazovanje Zemlje
SIMBA		530 km		ESA	KMI-IRM	opazovanje Zemlje
TRISAT		530 km		Univerza v Mariboru	SkyLabs	opazovanje Zemlje
TTÜ-100		530 km		TalTech	TalTech	opazovanje Zemlje
AMICal Sat		530 km		CSUG in MSU	CSUG in SatRevolution	opazovanje Zemlje
NAPA-1		530 km		Royal Thai Air Force	ISISpace	opazovanje Zemlje
TARS-1		530 km		Kepler Communications	ÅAC Clyde Space	zelekomunikacije
Tyvak-0171		530 km		Ni znan	Tyvak	neznano
OSM-1 Cicero		530 km		Orbital Solutions	Tyvak	opazovanje Zemlje

## 2 NEMO HD

Satelit Nemo HD je razvil Center odličnosti Vesolje-SI v sodelovanju s kanadskim Space Flight Laboratorijem (SFL) Inštituta za vesoljske študije Univerze v Torontu. Gre za satelit, ki omogoča interaktivno daljinsko zaznavanje z visoko ločljivostjo in omogoča zajem večspektralnih podob ter snemanje videa HD.

Satelit ima dva optična instrumenta – ozkokotnega in širokokotnega. Ozkokotni instrument ima prostorsko ločljivost 5,0 m v štirih kanalih, ki pokrivajo približno isto območje kot vidni in bližnji infrardeči kanali satelitov Landsat in Sentinel-2 (420–520 nm, 535–607 nm, 634–686 nm in 750–960 nm), poleg tega ima pankromatski kanal, s katerim lahko doseže ločljivost 2,5 m. Širokokotni instrument ima slabšo prostorsko ločljivost, in sicer 40 m. Oba instrumenta lahko snemata tudi video HD z ločljivostjo 1920

x 1080 pikslov, kar je novost na področju opazovanja Zemlje. Ko bo satelit v vidnem polju zemeljske postaje, bo sposoben prenosa posnetkov in videa v realnem času, ko pa ne bo nad nobeno zemeljsko postajo, bo posnetke shranjeval in jih prenašal zakasnjeno. Nemo HD je trenutno edini satelit, ki omogoča tako imenovano živo opazovanje iz vesolja (live streaming).



Slika 1: Eden prvih posnetkov satelita Nemo HD – naravnobarvni prikaz okolice Tržiča (vir [www.space.si](http://www.space.si)).

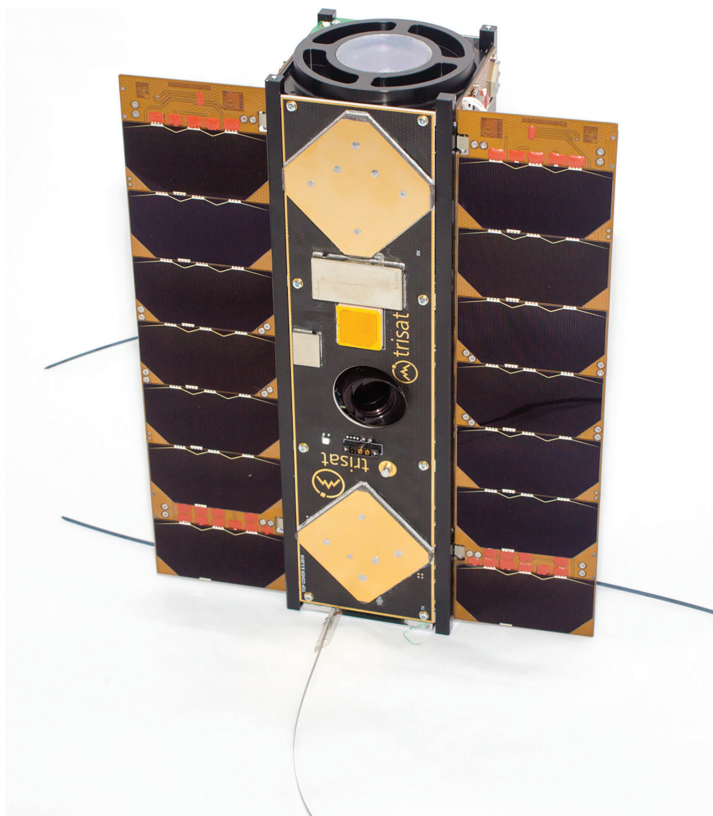
Trenutno je Nemo HD v zagonski fazi, poteka analiza delovanja vseh podsistemov, umerjanje senzorjev, preverjanje različnih načinov delovanja. Analize kažejo, da je satelit ne le uspešno preživel izstrelitev, ampak da deluje odlično. To potrjujejo prvi posnetki visokoločljive kamere in tudi prvi videoposnetki.

### 3 TRISAT

Trisat je predstavnik skupine satelitov CubeSat, za katere je značilna miniaturizacija in izdelava iz komponent, ki jih dobimo na trgu (off-the-shelf, COTS). Gre za satelite, ki so narejeni iz standardiziranih kock dimenzije 10 cm, praviloma pa z njimi demonstriramo uporabo posamezne tehnologije. Do zdaj je

bilo izstreljenih več kot 1200 tovrstnih satelitov, najbolj znani med njimi so PlanetScope podjetja Planet, ki s 150 sateliti dnevno posname celotno Zemljo z ločljivostjo približno 4 m.

Satelit Trisat sta razvili Univerza v Mariboru in podjetje SkyLabs. Cilj misije je opazovanje zemeljskega površja z miniaturno večspektralno kamero, ki deluje v kratkovalovnem infrardečem spektru z do osmimi neprekrivajočimi se spektralnimi pasovi. Plovilo zagotavlja visoko stopnjo miniaturizacije ter strpnost do napak in njihovo blaženje, kot je to pričakovati pri naprednih sistemih visokega cenovnega razreda.



Slika 2: Satelit Trisat je tako imenovani 3U CubeSat (vir [www.trisat.um.si](http://www.trisat.um.si)).

Stik s satelitom so prek zemeljske postaje vzpostavili kmalu po izstrelitvi. Trenutno poteka preverjanje statusa baterij, sončnih panelov, dvosmerne komunikacije in računalnikov. Satelit bo operativen v nekaj mesecih.

#### 4 VESOLJE PONUJA PRILOŽNOSTI IN OVIRE

Uspešna izstrelitev obeh slovenskih satelitov predstavlja zadnje, sicer najpomembnejše, dejanje v razvoju, ki je trajal skoraj desetletje. S satelitoma smo dokazali, da se lahko kosamo z največjimi na tako zahtevnem področju, kot je vesoljska tehnologija, kar je vsekakor dokaz kakovosti in pomena inženirskega znanja in izobraževanja. Vesolje je kruto okolje, ki pa ponuja številne priložnosti, še posebej v luči vključevanja Slovenije v Evropsko vesoljsko agencijo.

16. novembra 2020, le dva meseca po uspešnem poletu VV16, je Arianespace izstrelil misijo VV17. Prve tri faze rakete so delovale popolnoma normalno, osem minut po vzletu pa so zaznali nepravilno pot plovila, ki ji je sledila izguba nadzora in izgube misije. Za pot v vesolje ne zadostuje samo znanje, treba je imeti še nekaj sreče. Nemo HD in Trisat sta jo do sedaj imela, upajmo, da tako tudi ostane.

### Literatura in viri:

Arianespace (2020). Vega Flight VV16 – Arianespace. <https://www.arianespace.com/mission/vega-flight-vv16/>, pridobljeno 1. 12. 2020.

Vesolje-SI (2020). Vesolje-SI | Center odličnosti vesolje, znanost in tehnologije. <http://www.space.si/>, pridobljeno 1. 12. 2020.

Trisat (2020). TRISAT LEIS. <https://www.trisat.um.si/>, pridobljeno 1. 12. 2020.

Wikipedia (2020a). CubeSat – Wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/CubeSat>, pridobljeno 1. 12. 2020.

Wikipedia (2020b). Vega flight VV16 – Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Vega\\_flight\\_VV16](https://en.wikipedia.org/wiki/Vega_flight_VV16), pridobljeno 1. 12. 2020.

---

**prof. dr. Krištof Oštir, univ. dipl. inž. fiz.**  
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo  
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana  
e-naslov: kristof.ostir@fgg.uni-lj.si