

NATANČNE SATELITSKE MERITVE POPLAVNIH OBMOČIJ V SLOVENIJI LETA 2014

FINE RESOLUTION SATELLITE MEASUREMENTS OF FLOODED AREAS IN SLOVENIA IN 2014

UDK 528.8:556.166(497.4)"2014"

Mateja Iršič Žibert

mag., Ministrstvo za okolje in prostor, ARSO, Vojkova 1 b, Ljubljana, mateja.irsic-zibert@gov.si

Katja Banovec Juroš

Ministrstvo za obrambo, Uprava RS za zaščito in reševanje, Vojkova 61, Ljubljana, katja.banovec.juros@urszr.si

Povzetek

Satelitska tehnologija je v zadnjih letih zelo napredovala in se vedno bolj vključuje v spremljanje dogajanja v atmosferi, stanja zemeljskega površja, dogajanja na oceanih, onesnaženosti ozračja in podnebnih sprememb (Iršič Žibert in Muri, 2014; Ciglič in sod., 2013). Ob poplavah lahko Slovenija po posebnem protokolu naroči satelitske slike poplavnih območij, kar ji omogoča program evropske komisije Copernicus v sklopu hitrega kartiranja GIO EMS (Emergency Management Service). Leto 2014 je bilo izjemno poplavno leto, zato smo takšne satelitske slike naročili februarja, septembra in novembra. Satelitske meritve poplavnih območij so bile narejene v radarskem spektru s krajevno ločljivostjo tri metre in v optičnem delu spektra s krajevno ločljivostjo 1,5 metra. Takšni podatki so zelo pomembni za spremljanje poplavnih območij ob različnih padavinskih dogodkih.

Abstract

Satellite technology has progressed significantly in recent years. Satellite data is increasingly included in the process of monitoring the atmosphere, land surface, the oceans, air pollution and climate change (Iršič Žibert and Muri 2014). In the event of flooding, Slovenia has the possibility to order satellite images of flooded areas using a special protocol. This is possible due to the European Commission Copernicus programme in the framework of Emergency Management Service (GIO EMS). In 2014, the flooding incidents were exceptionally frequent, this is why Slovenia ordered satellite images of flooded areas in February, September and November. Satellite measurements were performed in radar spectrum with a 3 m ground resolution and in visual spectrum with a 1.5 m ground resolution. Such data is extremely important for the monitoring of flooded areas during different precipitation events.

Uvod

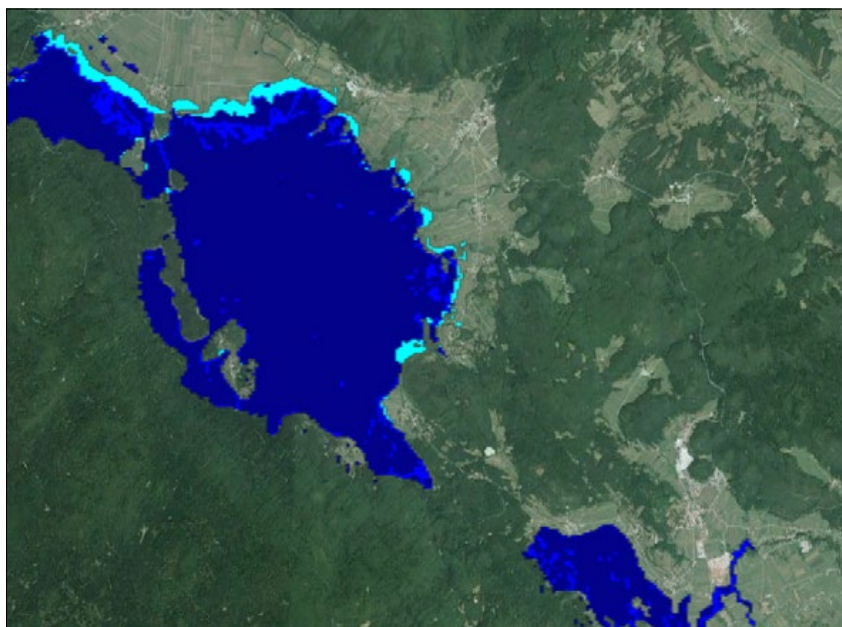
Leto 2014 je bilo v Sloveniji zaznamovano z velikim številom poplav, tudi večjega obsega, ki so povzročile za več sto milijonov škode. Za spremljanje poplavnih območij, še posebno poplav na kraških območjih, ki vztrajajo daljši čas, je poleg klasičnega spremljanja in ogledov na terenu še posebno pomembno satelitsko skeniranje teh območij. Tehnologija satelitskih meritev je v zadnjih letih zelo močno napredovala. Velika prednost satelitskih meritev poplavnih območij je, da so mogoče ob vsakem vremenu, tudi oblačnem, kar seveda ne velja za letalske prelete, saj v radarskem spektru meritve prodrejo skozi oblake in tako določamo poplavna območja tudi ob oblačnosti, ki je ob poplavah zelo pogosta.

Program Copernicus

Leto 2014 je Slovenija zaradi številnih obsežnih poplav izkoristila možnost naročila specialnih satelitskih

slik poplavnih območij kar trikrat, in sicer februarja, septembra in novembra. Naročila je opravila Uprava RS za zaščito in reševanje po posebnem protokolu ob naravnih nesrečah, saj program evropske komisije Copernicus omogoča s storitvami hitrega kartiranja GIO EMS (Emergency Management Service) pridobitev teh satelitskih podatkov. Podatki so bili strokovnim službam dostopni sproti, največ s 24-urnim zamikom, skupaj z drugimi viri pa so na voljo tudi za dodatne študije poplavnih območij.

Copernicus, program evropske komisije za spremljanje Zemlje, je naslednik pobude GMES (*Global Monitoring for Environment and Security* – Globalno spremljanje okolja in varnosti). Za opravljanje meritev sta odgovorni Evropska vesoljska agencija (ESA) za satelitske meritve in Evropska agencija za okolje (EEA) za talne meritve, pri programu pa sodelujejo tudi druge mednarodne ustanove, na primer Evropska organizacija za uporabo meteoroloških satelitov (EUMETSAT). Program Copernicus omogoča ob naravnih in drugih nesrečah



Slika 1:
Širjenje poplavnega območja na Cerkniškem polju in v Loški dolini, razvidno iz satelitskih meritev februarja 2014: 13. februarja (temno modro), 21. februarja (modro) in 27. februarja (svetlo modro), © Evropska komisija

Figure 1:
Spreading of flooded area on Cerklje ob Gori plain and Loška dolina based on satellite measurement in February 2014: 13 February (dark blue), 21 February (blue) and 27 February (light blue), ©European Commission



Slika 2:
Poplavljeni Cerklje ob Gori
24. 2. 2014 (foto: C. Del Giusto, OLC Portorož)

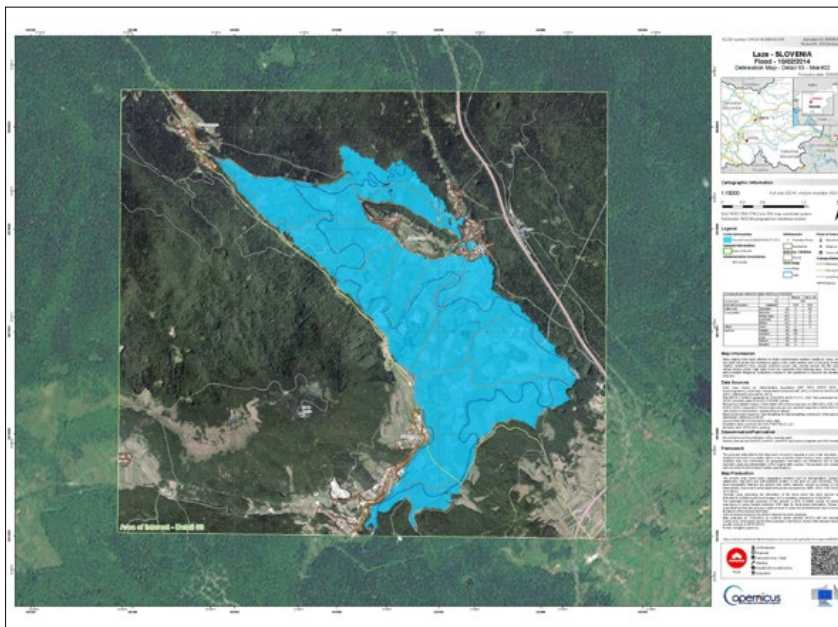
Figure 2:
Flooded Cerklje ob Gori on 24 February 2014 (photo: C. Del Giusto, OLC Portorož)

dostop do izbranih satelitskih meritev, pomembnih za opazovanje zemeljskega površja in monitoring tal, dodatno pa se znotraj programa uvajajo storitve za spremljanje podnebni sprememb, monitoring morja in atmosfere ter podatkov, pomembnih za zagotavljanje varnosti, torej skupaj šest servisov za naštetih področja. Vse storitve programa Copernicus še niso zaživele. Od 1. aprila 2012 deluje protokol za pridobivanje satelitskih podatkov ob naravnih in drugih nesrečah, ki smo ga v Sloveniji ob poplavih prek Uprave RS za zaščito in reševanje že večkrat uporabili, prav tako deluje tudi program za monitoring tal, ki ga na Agenciji RS za okolje že uporabljamo od konca leta 2014. Preostale storitve se še uvajajo in so v predoperativni fazi.

V zadnjih dveh letih je bilo med storitvami GIO EMS po vsem svetu aktiviranih skupaj 121 naročil satelitskega skeniranja, od tega kar 50 ob poplavih, dodatno pa še ob hudih neurjih, potresih, gozdnih požarih, industrijskih nesrečah in drugih naravnih nesrečah.

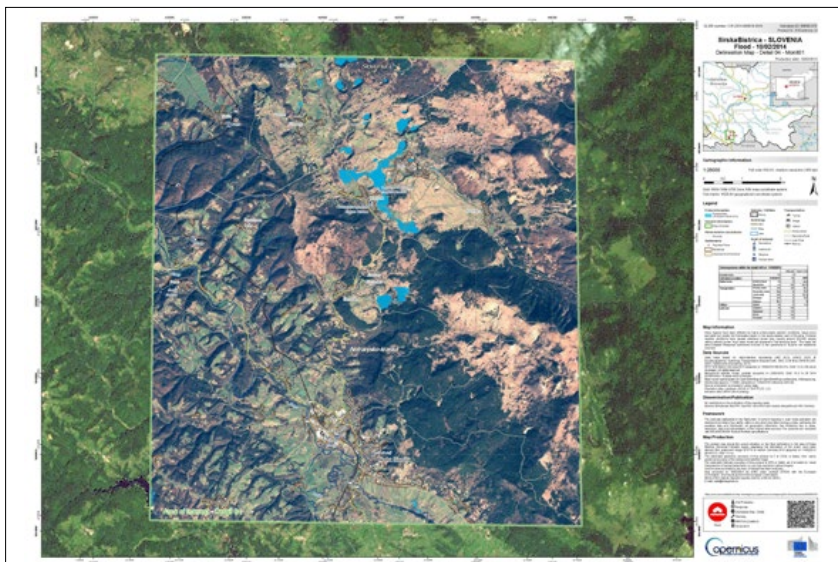
Pred uvedbo storitev Copernicus GIO EMS so bila podobna naročila del projekta SAFER in storitev mednarodnega vesoljskega programa Vesolje in velike nesreče (*International Charter Space and Major Disasters*), ki še vedno deluje.

Slovenija je prek programa Copernicus (GIO EMS) naročila satelitske posnetke ob naravnih nesrečah v letih od 2012 do 2014 že v petih sklopih, leto 2014 je bilo izjemno, saj smo jih naročili kar trikrat. Naročilo je bilo opravljeno prek Uprave RS za zaščito in reševanje (URSZR) pri Ministrstvu za obrambo (MO), ki je nacionalna kontaktna točka za sistem hitrega kartiranja GIO EMS pri Evropski komisiji, pobudo za naročilo pa je dala tudi Agencija RS za okolje oziroma Ministrstvo za okolje in prostor na podlagi meteoroloških in hidroloških napovedi ter podatkov s terena. Tako smo za poplavna območja pridobili satelitske posnetke visoke ločljivosti, ki sicer ne bi bili dostopni, saj je takšne satelitske meritve treba vnaprej naročiti, ker



Slika 3:
Obseg poplav na Planinskem polju, določen na podlagi satelitskega posnetka v radarskem delu ob 5:17 UTC 21. februarja 2014 (Radarsat-2), © Evropska komisija

Figure 3:
Flooded area on Planinsko polje based on satellite measurements in radar spectrum at 5:17 UTC on 21 February 2014 (Radarsat-2), ©European Commission



Slika 4:
Obseg poplav na Ilirsko-Bistriškem 14. februarja 2014 ob 9:39 UTC, posneto v optičnem delu (Spot-6) s krajevno ločljivostjo 1,5 m, © Evropska komisija

Figure 4:
Flooded area in the Ilirska Bistrica region on 14 February 2014 at 9:39 UTC in visual measurements (Spot-6) with 1.5 m ground resolution, ©European Commission

satelitsko skeniranje ni načrtno ob vsakem preletu satelita. Ob naravnih nesrečah se taki posnetki lahko vnaprej naročijo tudi prek mednarodnega vesoljskega programa Vesolje in velike nesreče (*International Charter Space and Major Disasters*), kar se je zgodilo v letih 2000, 2007 in 2010, pri čemer je kot lokalni partner za hitro kartiranje sodeloval IAPS ZRC SAZU (Veljanovski in sod., 2012).

Satelitsko skeniranje

Na podlagi informacij strokovnih služb o napovedanih novih poplavnih območjih ali širjenju trenutnih zaradi novih padavin se določijo izbrana območja satelitskega skeniranja ter želeni čas. Ker se takšne satelitske meritve izvajajo s krajevno ločljivostjo nekaj metrov, je treba določiti prednostna območja, ki so velika največ 50 x 70 kilometrov, z izbranimi podrobnostmi znotraj tega območja, velikega približno 10 x 10 kilometrov.

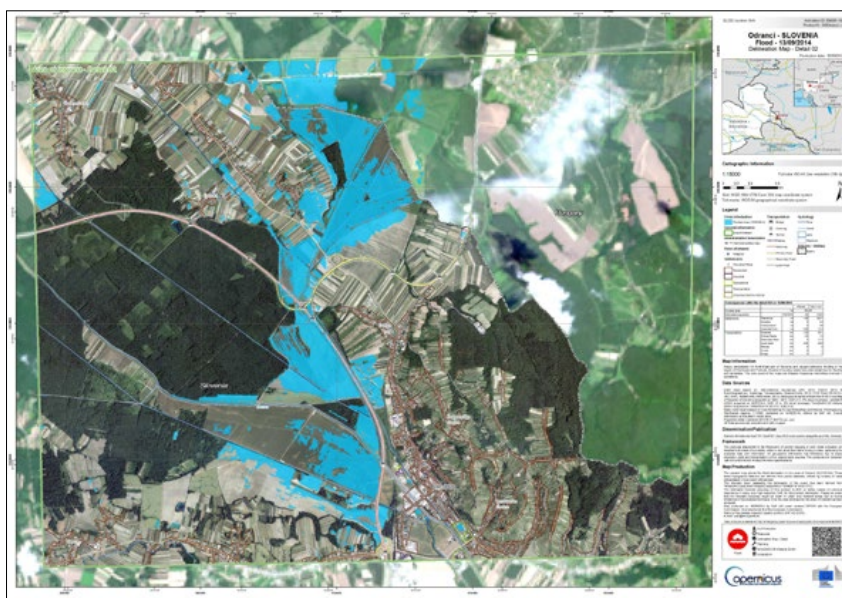
Glede na orbite izbranih nizkoorbitalnih satelitov in njihove obhodne čase se določijo, kateri satelit je najbolj primeren za skeniranje. Leta 2014 smo tako nad izbranimi deli Slovenije pridobili podatke o poplavnih območjih satelitov TerraSAR-X, Cosmo-SkyMed in Radarst-2 iz meritev v radarskem delu spektra, dodatno pa tudi posnetek satelita Spot-6 v optičnem delu spektra. Natančni časi skeniranja, večinoma kraških polj osrednje in južne Slovenije ter območja reke Mure, so navedeni v preglednici 1. Če teh podatkov ne bi naročili pravočasno (vnaprej), meritve ne bi bile narejene in teh podatkov tudi naknadno ne bi mogli dobiti, saj takšno skeniranje ni običajno ob preletih, temveč le ob aktiviranju meritev.

Vsi omenjeni sateliti so nizkoorbitalni, kar pomeni, da je od njihove orbite odvisno, kdaj je skeniranje nad izbranim območjem mogoče. Za ponazoritev navajamo nekaj lastnosti satelitov Cosmo-SkyMed (*Constellation of small Satellites for the Mediterranean basin Obser-*



Slika 5:
Nariče (spredaj) in presihajoče
Šembijško jezero 13. 2. 2014
(foto: G. Kovačič)

Figure 5:
Nariče (at the front) and Šembijško
intermittent lake on 13 February
2014 (photo: G. Kovačič)



Slika 6:
Satelitski posnetek poplav
15. 9. 2014 ob 16:42 UTC (satelit
TerraSAR-X), © Evropska komisija

Figure 6:
Flooded area based on satellite
measurements at 16:42 UTC on
15 September 2014 (TerraSAR-X
satellite), ©European Commission

vation). Cosmo-SkyMed je sistem štirih satelitov Cosmo za opazovanje zemeljskega površja, ki jih upravlja italijanska vesoljska agencija (ASI). Namenjen je sicer opazovanju vse Zemlje, a s poudarkom na Sredozemlju. Sistem v celotni sestavi deluje od aprila 2010. Na satelitih je mikrovalovni radar (*Synthetic Aperture Radar* – SAR) visoke krajevne ločljivosti do treh metrov, ki deluje v frekvenčnem pasu 9.6 GHz (X-pas). Cosmo-SkyMed so sončno sinhroni nizkoorbitalni sateliti v tirnici na višini 619,6 kilometra nad zemeljskim površjem. Njihov obhodni čas je 97,1 minute in so vsakih 16 dni natančno nad istim območjem na Zemlji. Ker so v sistemu štirje enaki sateliti in izvajajo meritve tudi pod kotom, so lahko ob vnaprejšnjem naročilu njihovi podatki o izbranem območju dostopni vsak dan. Pri tem je ključno, da radarsko lovanje prodre skozi oblake, zato so meritve površja mogoče tudi ob oblačnem vremenu, kar je še posebno pomembno ob poplavih.

Iz preglednice 1 so razvidni tudi značilni časi skeniranja, ki so v radarskem spektru vsi zjutraj okrog 5 UTC ali popoldne okrog 17 UTC, izjema je skeniranje 14. februarja, ko je bilo v optičnem delu s satelitom Spot-6. Krajevna ločljivost skeniranja je značilno tri metre.

Satelitsko skeniranje poplavnih območij leta 2014

V nadaljevanju so predstavljeni izbrani primeri poplavnih območij iz satelitskih meritev za različna območja, skupaj z izbranimi fotografijami s terena. Februarja so bile poplave v delu osrednje in jugovzhodne Slovenije, ki so zaradi obilnega in dolgotrajnega dežja trajale zelo dolgo. Zaradi več zaporednih februarjskih skeniranj Cerkniskega polja je bilo mogoče sproti spremljati območje širjenja poplav, kot je prikazano na sliki 1. Poplavna območja so sredi februarja zajela naselja (slika 2), zato so prav satelitski podatki pripomogli k oceni širjenja poplavnega območja na podlagi napovedanih novih količin padavin.

Februarja 2014 je bila dosežena nova rekordna višina vode na Planinskem polju, in sicer 25. februarja na postaji Hasberg (ARSO, 2014). Območje poplav na Planinskem polju je razvidno s slike 3, posneto je bilo z radarjem na satelitu Radarsat-2.

Za območje Ilirsko-Bistriškega, še posebno na območju presihajočih jezer, Šembijškega jezera in Nariče

Mesec	Dan	Čas skeniranja	Satelit	Talna ločljivost v metrih
februar	12.	16.50 UTC	TerraSAR-X	18
februar	13.	4.50 UTC	Cosmo-SkyMed	3
februar	14.	9.39 UTC	SPOT-6	1,5
februar	21.	5.17 UTC	Radarsat-2	10
februar	27.	17.02 UTC	Radarsat-2	3
september	15.	5.08 UTC	Radarsat-2	6,25
september	15.	16.42 UTC	TerraSAR-X	5
september	17.	16.34 UTC	Cosmo-SkyMed	3
november	8.	16.54 UTC	Radarsat-2	3
november	8.	16.58 UTC	Cosmo-SkyMed	3
november	10.	4.44 UTC	Cosmo-SkyMed	3
november	13.	16.52 UTC	Cosmo-SkyMed	3
november	14.	16.46 UTC	Cosmo-SkyMed	3

Preglednica 1: V treh aktivacijah Copernicus EMS, februarja, septembra in novembra 2014, je bilo narejenih več satelitskih skeniranj z različnimi sateliti v radarskem spektru (izjema Spot-6, 14. 2. 2014). Navedeni so sateliti, časi in krajevna ločljivost skeniranj.

Table 1: There were several satellite scanings performed in the framework of three activation cases of Copernicus EMS in February, September and November 2014 with different satellites in radar spectrum (an exception is Spot-6 on 14 February 2014). The name of satellites, time of scans and ground resolution are shown.

(Kovačič, 2014), se je izkazalo, da so dodatne satelitske meritve v optičnem delu spektra 14. februarja dodatno pripomogle h kakovosti posnetka, saj je bilo ujemanje poplavnih območij izredno natančno, kar potrjuje meritve s terena (slika 5). Na sliki 6 je prikazano poplavno območje ob izlivu Mure septembra 2014.

Prednost satelitskih posnetkov poplavnih območij ob različnih časih je, da so bile satelitske ocene ustreznim strokovnim službam na voljo že med poplavami, najpogosteje 24 ur po meritvi. Pri tem je bilo mogoče spremljati tudi povečevanje poplavnih območij.

Vsi satelitski posnetki poplavnih območij, navedenih v preglednici 1, so javno dostopni na strani Copernicus (<http://emergency.copernicus.eu/>), tako v grafičnih prikazih kot tudi v numeričnih formatih, kar omogoča nadaljnje analize.

Sklepne misli

Protokol naročanja satelitskih posnetkov ob naravnih nesrečah je zelo pomemben in po naših izkušnjah dobro deluje, saj so dežurne službe v pripravljenosti 24 ur na dan in vse dni v tednu. Na voljo so satelitski podatki velike krajevne ločljivosti v radarskem spektru do tri metre, v optičnem delu pa tudi natančnejši. Podatki so kakovostni, edina pomanjkljivost z vidika operativnega naročanja je, da je čas od izdaje naročila do skeniranja 48 ur, v najboljšem primeru 24, kar omejuje uporabo na poplave, ki trajajo dlje. Naročilo vnaprej je razumljivo zaradi preletov različnih satelitov ob določenih časih, kar pa pomeni, da naročila satelitskega skeniranja niso mogoča za poplave, ki trajajo kratek čas, kot so na primer hudourniške poplave. Novi satelitski programi, kot je Sentinel, bodo še dodatno izboljšali takšne storitve in omogočili skeniranje tudi v prihodnjih letih, dodatno pa skrajšali čas med naročilom in satelitskimi meritvami poplavnih območij, kar bo povečalo uporabno vrednost teh podatkov.

Viri in literatura

1. Ciglič, R., Zorn, M., Komac, B., 2013. Največje naravne nesreče leta 2012 glede na povzročeno škodo in žrtve. Ujma 27, 141 – 147.
2. Iršič Žibert, M., Muri, B., 2014. Uporaba satelitskih meritv EUMETSAT, ARSO – MKO, Ljubljana, 2014, ISBN 978-961-6024-62-4.
3. ARSO, 2014. Hidrološko poročilo o poplavah v dneh od 8. do 27. februarja 2014, 13. 3. 2014, ARSO – MOP. <http://www.arslo.gov.si/vode/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/Porocilo%20poplave%208-27%20feb%202014%20splet.pdf>.
4. Kovačič, G., 2014. Šembijsko presihajoče jezero, Geografski obzornik, letnik 2014 (61), št. 4, 13–21.
5. Veljanovski, T., Pehanič, P., Lamovec, P., Oštir, K., 2012. Uporabnost podatkov satelitskega in letalskega daljinskega zaznavanja za opazovanje in kartiranje vodnih površin, Geodetski vestnik, ISSN 0351-0271, letnik 56 (2012), št. 4., 786–801.