

KARTIRANJE POPLAVE NA GROBNIČKOM POLJU U STUDENOM 2016. NA TEMELJU SENTINEL-1 SATELITSKOG SNIMKA

Andrija Rubinić, dipl. ing. građ.
Hrvatske vode, VGO Rijeka
Đure Šporera 3, 51000 Rijeka
andrija.rubinic@voda.hr

U članku je dan prikaz kartiranja poplavljenih područja upotrebom snimki dobivenih pomoću aktivnog radarskog senzora ugrađenog na Sentinel-1 satelitu Europske svemirske agencije (ESA). Radar posjeduje vlastiti izvor zračenja pa se snimanje može odvijati neovisno o dobu dana, a zahvaljujući duljim valnim duljinama zračenja koje neometano prolaze kroz oblake i maglu, neovisan je i o vremenskim prilikama te stanju atmosfere, što ga čini vrlo praktičnim za kartiranje poplava. Analizirane su snimke šireg područja Grobničkog polja iz studenog 2016., kada su na tom području zabilježene poplave uzrokovane rekordnom mjesečnom količinom oborina. Na postaji Rijeka, u studenom 2016., zabilježeno je 486,6 mm, a u zaleđu na postaji Platak čak 1311 mm oborina. U trenutku poplava najveća je pažnja bila usmjerena sanaciji problema izazvanih poplavama, kao što su poplavljene prometnice i opasnosti od poplavlivanja kuća. Tek naknadnom identifikacijom poplavljenih površina stekao se cjelovit uvid u sve lokacije i stvarnu veličinu poplave. Na nizu snimaka uočava se promjena veličine poplavljenog područja tijekom studenog i početkom prosinca 2016. godine: 15. 11. poplavljeno je 0,07 km², 21. 11. se poplavljena površina povećala na 0,56 km², a 26. 11. je bilo procijenjeno 0,68 km² poplavljenog područja, da bi se 2. 12. 2016. površina poplavljenog područja smanjila na 0,53 km².

Ključne riječi: kartiranje poplavljenih područja, Sentinel-1, aktivni senzor, Grobničko polje

1. UVOD

Problem kartiranja poplavljenih područja je u tome što je teško planirati veličinu i vrijeme poplavlivanja, a time i kartiranje te pojave. U tu se svrhu sve češće koriste satelitski snimci snimljeni aktivnim radarom (SAR – *engl.* Synthetic Aperture Radar) na kojima se mogu identificirati vodene površine. Prednost ovakvog načina prikupljanja podataka je u tome što ne ovisi o dobu dana i stanju atmosfere, tj. snimanje ne ometaju vremenske nepogode, oblaci i mrak. Jedino ograničenje im je vremenska rezolucija, odnosno vrijeme potrebno između dva preleta satelita iznad iste lokacije na Zemlji. Sateliti Europske svemirske agencije Sentinel-1 dio su europskog Copernicus programa, kojemu je cilj objediniti sve europske satelite za promatranje Zemlje. Podatci dobiveni sa Sentinel satelita dostupni su bez naplate na The Copernicus Open Access Hub (Copernicus, 2016.). Trenutno su aktivna dva radarska Sentinel-1 satelita: Sentinel-1A i Sentinel-1B. Radi se o satelitima na istoj polarnoj orbiti s nagibom od $98,18^\circ$ i 175 orbita po ciklusu. Sentinel-1A lansiran je 3. travnja 2014., a operativan je od 3. listopada 2014. godine, dok je Sentinel-1B lansiran 25. travnja 2016. godine te je operativan od 15. rujna 2016. godine. Vremenska rezolucija im je 12 dana na ekvatorijalnoj geografskoj širini. Kako ova dva satelita dijele istu orbitu, ali sa 180° faznog pomaka, vrijeme između prikupljanja podataka na istom području je 6 dana (ESA, 2013.). Nakon 2021. godine planiraju se još dva ovakva satelita koji će naslijediti postojeće. Predviđeno je da se podatci dobiveni ovim satelitima uz monitoring poplava koriste i za monitoring leda u polarnim područjima, nadzor brodova na oceanima, nadzor onečišćenja naftom na moru, monitoring vjetrova na morima, u poljoprivredi, nadzor promjena u urbanim područjima, analize potresa i monitoring vulkana (ESA, 2013.).

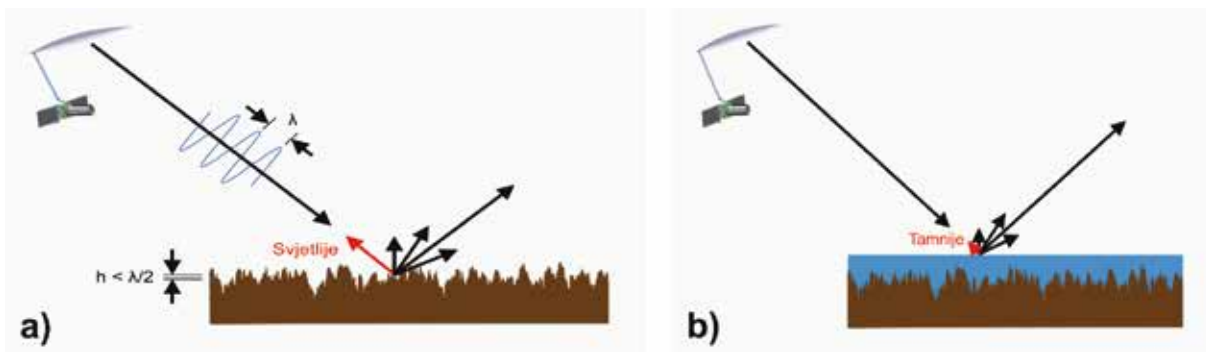
2. METODOLOGIJA PRIKUPLJANJA PODATAKA I IDENTIFIKACIJE

Na Sentinel-1 satelitima ugrađen je C-SAR radar koji radi u području valnih duljina 5,55 cm. Dobiveni podatci mogu biti u različitim kombinacijama

horizontalne i vertikalne polarizacije, prostorne razlučivosti između 5 i 100 m te veličine sekcije od 20 do 400 km. Odabir načina preuzimanja ovisi o cilju snimanja, kapacitetu preuzimanja i ukupnom vremenu raspoloživom za preuzimanje pri svakom orbitalnom prolazu. Primarno ciljano područje snimanja je Europa, na kojemu se podatci prikupljaju na svakom preletu, dok je u drugim područjima svijeta snimanje tek počelo, a podatci se obično preuzimaju pri svakom drugom prolazu zbog ograničenog prijenosnog kapaciteta (Čotar et al., 2016.).

SAR-om je moguće klasificirati razne vrste pokrova tla, jer svaka vrsta različito reflektira radarske signale, ovisno o svojim reflektivnim karakteristikama. Kod glatke vodene površine je povratni SAR signal (SAR specular reflection) slabiji, kako je i prikazano na (slika 1 b) pa se vodene površine na snimci doimaju tamnijima od ostalih površina (također prikazano na slici 1). Za razliku od vodenih površina, povratni signal s hrpavog golog tla i vegetacije je puno jači radi jačeg raspršenja zračenja na površini (slika 1 a) pa su takve površine na snimci svjetlije od vodenih. I to je karakteristika koja omogućuje relativno precizno kartiranje vodenih površina u odnosu na ostale.

Identifikacija poplavljenih područja sa snimka Sentinel-1 satelita započinje preuzimanjem snimaka s The Copernicus Open Access Hub (Copernicus, 2016.) servisa, gdje su snimke dostupne bez naplate. Potrebno se samo registrirati kao korisnik servisa. Odabire se područje, vrijeme snimanja, naziv satelita, vrsta podataka te se podatci u sirovom formatu preuzimaju sa servera. Za obradu podataka korišten je programski paket Sentinel Application Platform – SNAP, radi se o besplatnom programu otvorenog koda. Ovaj programski paket razvijen je za Europsku svemirsku agenciju, te sadrži set naredbi za rad sa podacima Sentinel-1 satelita (ESA, 2016.). Postupak identifikacije proveden je po proceduri i preporukama United Nations Platform for Disaster Management and Emergency Response. Recommended Practice Flood Mapping (UN-SPIDER, 2017.). Postupak se sastoji od obrade preuzetih neobrađenih snimaka u četiri koraka obrade koje slijede prije vizualizacije u nekom GIS softveru (slika 2). Dobivene karte poplavljenih područja su prostorne rezolucije 10 m.



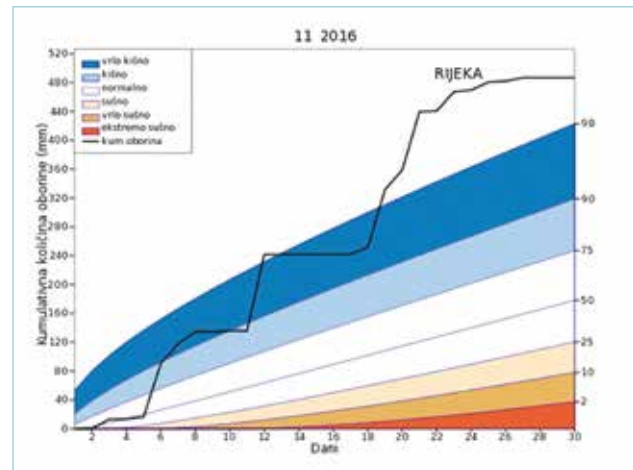
Slika 1: Prikaz različitog odraza poplavljenog i nepoplavljenog tla (NASA, 2016.)



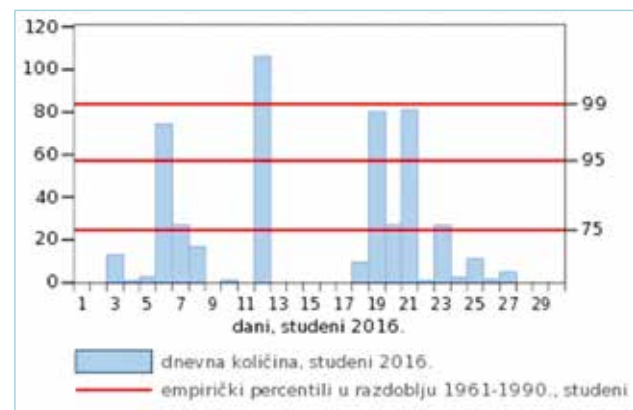
Slika 2: Prikaz postupka obrade Sentinel-1 snimki (UN-SPIDER, 2017.)

3. METEOROLOŠKE PRILIKE

Tijekom studenog 2016. godine na širem području Rijeke pale su rijetko zabilježene mjesečne količine oborina. Na klimatološkoj postaji Rijeka u studenom 2016. zabilježeno je 486,6 mm (slika 3) (DHMZ, 2016.), a u zaleđu Rijeke na amaterskoj postaji Platak čak 1311 mm (Crometeo, 2016.). Studeni 2016. godine bio je drugi najkišniji mjesec ikad zabilježen u Rijeci, što je rezultiralo visokim vodostajem Rječine, njenih pritoka i razine podzemnih voda. Plavljenje je manjim dijelom zabilježeno u gornjem toku Rječine i na njenim pritokama, a većim dijelom u depresijama na Grobničkom polju i njegovoj okolici. Može se zaključiti



Slika 3: Kumulativna količina oborine (mm) za studeni 2016. godine i krivulje teorijskih percentila (2., 10., 25., 50., 75., 90. i 98.) za razdoblje 1961.-2000. godine (preuzeto od: DHMZ, 2016.)

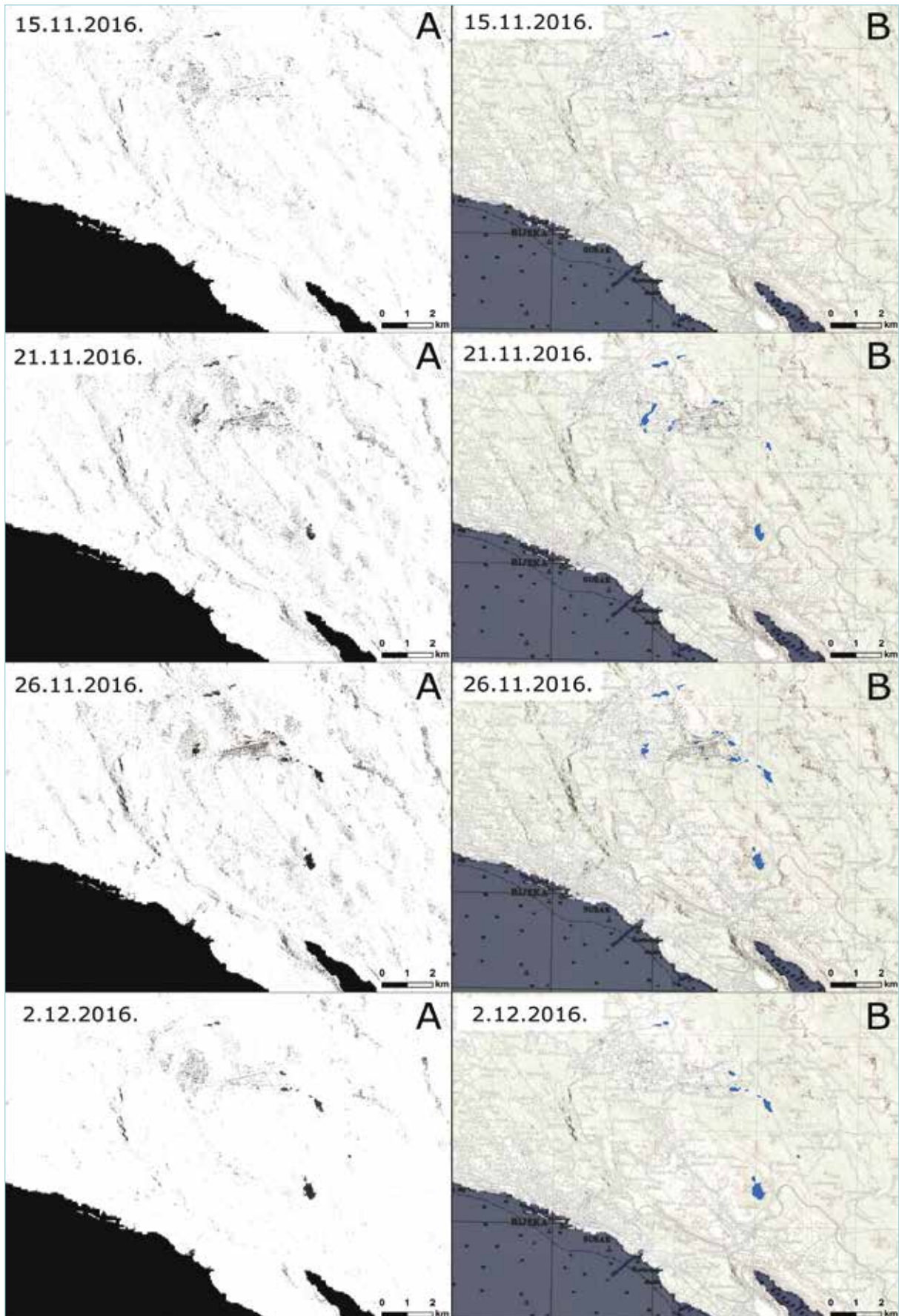


Slika 4: Količina oborina na postaji Rijeka u studenom 2016. godine (preuzeto od: DHMZ, 2016.)

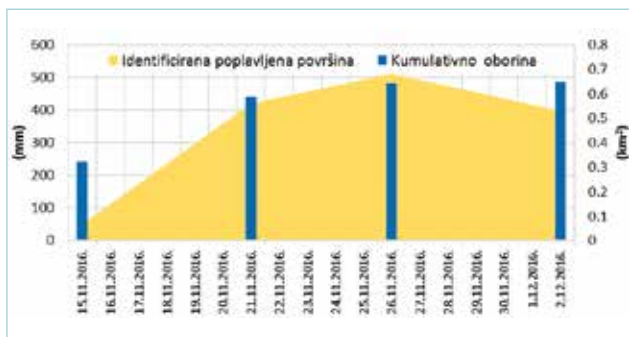
da je poplavljanje rezultat ne toliko velikih dnevnih količina oborina koliko izrazito velikih mjesečnih količina oborina (slika 3).

4. REZULTATI I DISKUSIJA

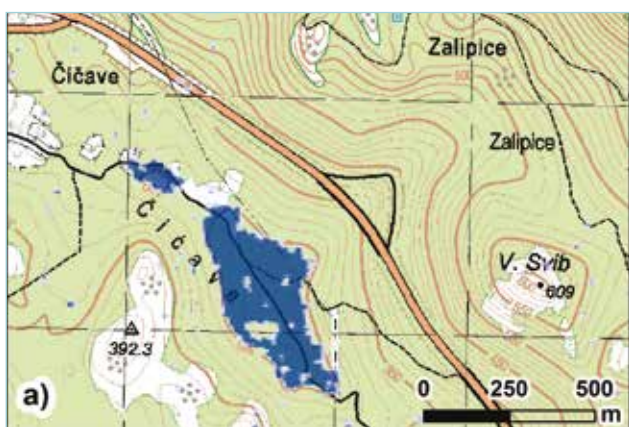
Kako je u trenutku poplave najveća pažnja bila usmjerena sanaciji problema izazvanih poplavama, kao što su poplavljene prometnice i opasnosti od poplavljanja kuća, tek se naknadnom identifikacijom poplavljenih površina na nizu satelitskih snimaka stekao uvid u njihove lokacije i opseg (slika 5). Neke od tih lokacija do sada nisu bile u literaturi poznate kao poplavna područja. Iz podataka o oborinama (slika 3 i 4) i ukupnim podacima o ukupnim poplavljenim površinama (tablica 1, slika 6) vidljivo je višednevno kašnjenje plavljenja za oborinama, što ukazuje da se primarno radi o plavljenju depresija uslijed dizanja razine podzemnih voda. Jedan od većih takvih depresija je Čičova na jugoistočnom rubu Grobničkog polja (slika 7).



Slika 5: Prikaz uočenih poplavljenih površina od 15. 11., 21. 11., 26. 11. i 2. 12. 2016. godine, a) obrađena satelitska snimka b) obrađena satelitska snimka s plavo označenim poplavljenim površinama



Slika 6: Količina oborina na postaji Rijeka u studenom 2016. godine (preuzeto od: DHMZ, 2016.)



Slika 7: a) Topografska karta 1:25000 s identifikiranom vodenom površinom na području depresije Čičova 26. 11. 2016. godine; b) fotografija depresije Čičova 27. 11. 2016. godine autora Zlatka Brnelića

Tablica 1: Ukupna poplavljena površina i kumulativne oborine za postaju Rijeka

Datum	Identificirana poplavljena površina (km ²)	Kumulativna oborina od 1. studenog (mm)
15. 11. 2016.	0,07	242,5
21. 11. 2016.	0,56	440,5
26. 11. 2016.	0,68	481,6
2. 12. 2016.	0,53	486,6



5. ZAKLJUČCI

Korištenje podataka satelita Sentinel-1 vrlo je pogodno za identifikaciju i kartiranje poplavljenih površina na velikom i teško pristupačnom području. Tako se mogu opaziti poplavna područja koja do sada nisu bila poznata u literaturi kao takva; npr. zbog svoje izoliranosti. Tako je na ovom području

uočeno poplavljanje depresije Čičova i šljunčara na jugoistočnom dijelu Grobničkog polja. Korištenje ovih podataka posebno je pogodno za opažanje dugotrajnih poplava, budući da je za područje Hrvatske vrijeme između snimanja dva snimka između pet i šest dana, a usporedbom više snimaka može se steći uvid u dinamiku poplavljanja na nekom području. ■

LITERATURA

Copernicus (2016.): The Copernicus Open Access Hub (dostupno na <https://scihub.copernicus.eu/>).

Crometeo (2016.): "CROMETEO" - motrenje i prognoziranje vremena. Hrvatska klima, <[http://www.crometeo.hr/na-platku-1311-mm-oborine-u-studenom-rekordna-mjesecna-kolicina-oborine-u-hrvatskoj/#!prettyPhoto\[inline\]/0/](http://www.crometeo.hr/na-platku-1311-mm-oborine-u-studenom-rekordna-mjesecna-kolicina-oborine-u-hrvatskoj/#!prettyPhoto[inline]/0/)>. Pristupljeno 20. siječnja 2017.

Čotar, K., Oštir, K., Kokalj, Ž. (2016.): Radar Satellite Imagery and Automatic Detection of Water Bodies. *Geodetski glasnik*, 50(47), 5-15.

DHMZ (2016.): Praćenje klime. Državni hidrometeorološki zavod (dostupno na <http://klima.hr/klima.php?id=k2>).

ESA (2013.): Sentinel-1 SAR User Guide (dostupno na <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-1-sar>).

ESA (2016.): Sentinel Application Platform (SNAP). European Space Agency (dostupno na <http://step.esa.int/main/toolboxes/snap/>; pristupljeno 12. siječnja 2017.).

NASA (2016.): Synthetic Aperture Radar for Rapid Flood Extent Mapping. Applied Remote Sensing Training (dostupno na <http://syntheticapertureradar.com/wp-content/uploads/2017/09/Flood-CASE-STUDY-SAR-1.pdf>; pristupljeno 16. siječnja 2017.).

UN-SPIDER (2017.): Recommended Practice Flood Mapping. United Nations Platform for Disaster Management and Emergency Response (dostupno na <http://www.un-spider.org/advisory-support/recommended-practices/recommended-practice-flood-mapping/in-detail>; pristupljeno 14. siječnja 2017.).

Flood mapping in Grobničko polje in November 2016 based on Sentinel-1 satellite images

Abstract. The paper gives an overview of flooded area mapping with images obtained by an active radar sensor installed in satellite Sentinel-1 of the European Space Agency (ESA). The radar possesses its own radiation source, thus facilitating surveys regardless of the time of day, and thanks to longer radiation wavelengths that pass through the clouds and haze undisturbed, it does not depend on weather conditions and the state of the atmosphere, which makes it very practical for flood mapping. The analysed images cover a greater area of Grobničko polje in November 2016, when floods caused by record monthly precipitation quantities were recorded in this area. In November 2016, 486.6 mm of precipitation was recorded at the station Rijeka, and even 1311 mm at the station Platak in the hinterland. When the flood occurred, attention was mostly directed at remediating the problems caused by floods, such as flooded roads and a threat to the flooding of houses. Only the subsequent identification of the flooded areas offered a comprehensive insight into all flooded locations and the actual scope of the flood. In a series of satellite images, there is a visible change in the size of the flooded area during November and at the start of December 2016. On November 15, 0.07 km² was flooded; on November 21, the flooded area increased to 0.56 km²; on November 26, the flooded area was estimated at 0.68 km², while on December 2, 2016, the flooded area decreased to 0.53 km².

Key words: mapping of flooded areas, Sentinel-1, active sensor, Grobničko polje

Kartierung der Überschwemmung im November 2016 in Grobničko polje anhand des Satinell-1 Satellitenbildes

Zusammenfassung. Im Beitrag wird die Kartierung von überschwemmten Gebieten unter Verwendung von Satellitenbildern dargestellt, die mit dem aktiven Radarsensor gewonnen sind, der im Sentinel-1, Satellit der Europäischen Weltraumorganisation eingebaut worden ist. Das Radar verfügt über eine eigene Beleuchtungsquelle, so ist diese Technologie zu jeder Tages- und Nachtzeit gleich leistungsfähig. Dank der größeren Beleuchtungswellenlängen, die ungehindert durch Wolken und Nebel hindurchgehen, kann das Radar bei jedem Wetter und Atmosphärenzustand Aufnahmen machen, weswegen es für die Überschwemmungskartierung sehr praktisch ist. Die Aufnahmen des breiten Gebietes von Grobničko polje aus November 2016 wurden analysiert, als dieses Gebiet als Folge des monatlichen Niederschlagsrekordes überschwemmt wurde. Im November 2016 wurde an der Station Rijeka 486,6 mm und im Hinterland an der Station Platak sogar 1311 mm Niederschlag gemessen. Zur Zeit der Überschwemmung richtete man die größte Aufmerksamkeit auf die Lösung von durch Überschwemmung ausgelösten Problemen, z.B. überschwemmte Straßen und Häuser. Erst nach der späteren Identifikation der überschwemmten Flächen konnte auch der tatsächliche Überschwemmungsgrad wahrgenommen werden. In vielen Aufnahmen sieht man die Änderung in der Größe des überschwemmten Gebietes im November und Anfang Dezember 2016: am 15. November erreichte die überschwemmte Fläche 0,07 km², am 21. November vergrößerte sie sich auf 0,56 km², am 26. November wurde die überschwemmte Fläche auf 0,68 km² geschätzt, und am 2. Dezember 2016 verringerte sie sich auf 0,53 km².

Schlüsselwörter: Überschwemmungskartierung, Sentinel-1, aktiver Sensor, Grobničko polje