

UDK 528.8:630\*431:614.841.42(497.58)  
Pregledni znanstveni članak / Review

# Analiza stanja vegetacije prije i nakon šumskih požara pomoću satelitskih snimaka Sentinel-2 na području Dalmacije

Nataša JOVANOVIĆ – Split<sup>1</sup>, Robert ŽUPAN – Zagreb<sup>2</sup>

*SAŽETAK.* U posljednjih nekoliko godina broj požara na području Splitsko-dalmatinske županije naglo raste, posebno u ljetnom razdoblju. Požar može nastati prirodnim putem (udar groma, vulkanske erupcije) ili pak namjernim ili nenamjernim ljudskim djelovanjem. Osim ekonomskih gubitaka, požar može uzrokovati stradavanja ljudi, uginuća životinja i biljaka, uništavanje stambenih i gospodarskih objekata te onečišćenje okoliša koji nas okružuje. Upravo zbog toga vrlo je važno razviti efikasan sustav upravljanja i reagiranja u takvim izvanrednim situacijama. Program Copernicus, razvijen u Europskoj uniji, umnogome nam u tome pomaže. U ovom radu obrađene su snimke satelitske misije Sentinel-2. Odabrano je područje okolice Splita, pogodeno katastrofalnim požarom u srpnju 2017. godine. Kao indikator za procjenu stanja i veličine područja pogođenog požarom korišten je normalizirani indeks opožarene vegetacije. Također su izrađeni kartografski prikazi područja zahvaćenog požarom te je analizirano stanje vegetacije prije i nakon požara.

*Ključne riječi:* šumski požari, NBR, Sentinel-2, Dalmacija, satelitske snimke.

## 1. Uvod

Šume u svijetu zauzimaju oko 30% ukupne kopnene površine, a s razvojem urbanizacije i tehnologija poprimaju sve veće značenje. Pridonose održavanju klimatske ravnoteže, očuvanju prirodnih bogatstava i bioraznolikosti. Ukupna površina šuma i šumskog zemljišta u Republici Hrvatskoj (RH) iznosi 2 688 687 ha, tj. 47% kopnene površine. Glavnom šuma u vlasništvu države gospodare Hrvatske šume (Anić 2017).

Šumski požari velika su opasnost za šumska zemljišta i šume u Republici Hrvatskoj, a posebno u Dalmaciji, na otocima i u Dalmatinskoj zagori. Sve veći broj

<sup>1</sup> Nataša Jovanović, mag. ing. geod. et geoinf., Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Sveučilišta u Splitu, Matice hrvatske 15, HR-21000 Split, Hrvatska, e-mail: njovanovic@gradst.hr,

<sup>2</sup> izv. prof. dr. sc. Robert Župan, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, HR-10000 Zagreb, Hrvatska, e-mail: rzupan@geof.hr.

požara degradira ekosustav i narušava njegovu stabilnost što za sobom povlači i smanjenje bioraznolikosti i povećanje opustošenih područja (Rosavec i dr. 2012). Požari u Splitsko-dalmatinskoj županiji posljednjih godina pokazuju trend rasta, ne samo po broju požara već i površini opožarenih područja, pa štete najčešće poprimaju katastrofalne razmjere.

Već prve satelitske snimke iz 1959. godine primjenjuju se, među ostalim, u praćenju stanja šuma i utvrđivanju promjena, procjeni oštećenosti šuma, ranom otkrivanju i praćenju požara te proučavanju i procjeni stanja područja pogođenih požarom. Također se primjenjuju u svrhu upozoravanja na veću vjerojatnost nastanka požara na nekim područjima (Xu i dr. 2005).

U ovom radu korištene su satelitske snimke snimljene satelitskom misijom Sentinel-2, nastale u okviru programa Copernicus. Satelitske snimke potpuno su besplatne, kao i svi programi korišteni za izradu ovog rada. Kao indikator za procjenu stanja i veličine područja pogođenog požarom korišten je normalizirani indeks opožarene vegetacije, koji se računa iz vrijednosti kanala satelitskih snimaka. Odabrano je područje okolice Splita, zahvaćeno katastrofalnim požarom u srpnju 2017. godine. Obrada podataka i krajnja vizualizacija obavljena je u programu QGIS.

## 2. Copernicus

Copernicus, europski program za opažanje Zemlje, jedan je od najvećih programa Europske komisije čiji je cilj davanje poboljšanih informacija o Zemlji. Glavne institucije odgovorne za njegov razvoj, osim Europske unije (EU), jesu Europska svemirska agencija (ESA) i Europska agencija za okoliš (EEA).

Servisi Copernicus pokrivaju šest tematskih područja: zemlju, more, atmosferu, promjenu klime, upravljanje hitnim intervencijama i sigurnost. Izvori podataka za program Copernicus mogu se podijeliti na podatke satelitskih misija i podatke *in situ* senzora (Martinić 2015).

### 2.1. Satelitske misije Sentinel

Program Copernicus uključuje više satelitskih misija, koje su u nadležnosti ESA. Program obuhvaća šest trajnih i jednu privremenu misiju. Projekt je započeo lansiranjem satelita Sentinel-1A 2014. godine.

Misija Sentinel-2 posvećena je praćenju kopna. Višespektralne snimke prikazuju područja vegetacije, tla, voda i obalnih područja. Sentinel-2 također dostavlja informacije za servise hitnih slučajeva. Satelit Sentinel-2A lansiran je 23. 6. 2015. godine, a Sentinel-2B 7. 3. 2017. godine (Richter i dr. 2011). U nastavku su dane glavne karakteristike dviju rezolucija (prostorne i spektralne), satelita Sentinel-2A i Sentinel-2B, te primjena snimaka i njihovi potencijalni korisnici.

### 2.1.1. Prostorna i spektralna rezolucija

Prostorna rezolucija definirana je veličinom objekta (piksela) koji je moguće raspoznati na snimci. Razlikujemo tri prostorne rezolucije satelitske misije Sentinel-2 (tablica 1).

Spektralna rezolucija definirana je kao mjera sposobnosti za rješavanje karakteristika elektromagnetskog spektra. Spektralna rezolucija Sentinel-2 (širina kanala) prikazana je u četvrtom i šestom stupcu tablice 1 (URL 1).

Tablica 1. Valne duljine i širine kanala za tri prostorne rezolucije satelita Sentinel-2A i Sentinel-2B (URL 1).

Prostorna rezolucija [m]	Kanal	S2A		S2B	
		Središnja valna duljina [nm]	Širina kanala [nm]	Središnja valna duljina [nm]	Širina kanala [nm]
10	2	496,6	98	492,1	98
	3	560	45	559	46
	4	664,5	38	665	39
	8	835,1	145	833	133
20	5	703,9	19	703,8	20
	6	740,2	18	739,1	18
	7	782,5	28	779,7	28
	8a	864,8	33	864	32
	11	1613,7	143	1610,4	141
	12	2202,4	242	2185,7	238
60	1	443,9	27	442,3	45
	9	945	26	943,2	27
	10	1373,5	75	1376,9	76

### 2.2. Primjena satelitskih snimaka Sentinel-2

Upotreba satelitskih snimaka Sentinel-2 za kartiranje šumskih požara očituje se u sljedećem:

- preciznije određivanje obujma područja obuhvaćenog požarom,
- mogućnost određivanja relativno malih područja pogođenih požarom,

- kartiranje područja na nepristupačnim terenima (zamijenilo terestričke metode izmjere),
- dodatni podaci, prikupljeni od raznih organizacija, zajedno s podacima satelita Sentinel-2, upotrebljavaju se za procjenu šteta u područjima pogođenim požarom ili okolnim područjima,
- podaci satelita Sentinel-2 upotrebljavaju se i za praćenje oporavka okoliša, posebno u područjima poljoprivrednog i šumskog zemljišta.

Primjena satelitskih snimaka Sentinel-2 višestruka je. Međutim, ako uzmemo u razmatranje djelatnosti usko vezane za šumarstvo i druge grane gospodarstva vezane za šumarstvo, njihovi bi korisnici mogle biti sljedeće institucije:

- državne intervencijske vatrogasne postrojbe,
- policijski odjeli,
- agencije zaštite okoliša,
- jedinice civilne zaštite,
- organizacije za upravljanje poljoprivrednim i šumskim zemljištem,
- organizacije pri nacionalnim parkovima,
- osiguravajuća društva,
- lokalne zajednice te mnoge druge.

### 3. NBR

Normalizirani indeks opožarene vegetacije (engl. The Normalized Burn Ratio – NBR) razvijen je radi lakšeg identificiranja područja pogođenih požarom i procjene štete na tim područjima.

Njegova vrijednost računa se za svaki piksel slike pomoću izraza:

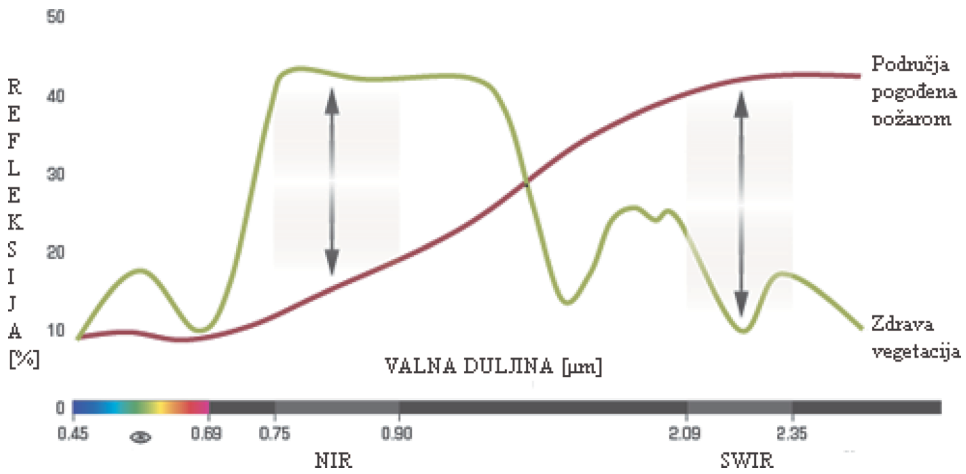
$$NBR = \frac{(NIR - SWIR)}{(NIR + SWIR)}, \quad (1)$$

pri čemu je NIR (engl. near-infrared) vrijednost blisko infracrvenoga kanala jednog piksela slike, a SWIR (engl. shortwave-infrared) vrijednost kratko infracrvenoga kanala.

Vrijednosti NBR indeksa kreću se od  $-1$  do  $+1$  te je on bezdimenzionalna veličina.

Zdrava vegetacija ima vrlo visoku vrijednost refleksije u blisko infracrvenom dijelu spektra, a malu vrijednost u kratko infracrvenom dijelu spektra. Vegetacija pogođena požarom očituje se niskom vrijednosti refleksije blisko infracrvenog dijela spektra te visokom vrijednosti refleksije kratko infracrvenog dijela spektra. Visoka vrijednost NBR indeksa upućuju na zdravu vegetaciju, dok niska vrijednost označava ogoljena tla i spaljena područja (slika 1) (URL 2).

Ako usporedimo sliku 1 i tablicu 1, možemo zaključiti da valna duljina kanala 8 najbolje odgovara valnoj duljini blisko infracrvenoga kanala, a valna duljina kanala 12 valnoj duljini kratko infracrvenoga kanala.



Slika 1. Refleksivnost elektromagnetskog zračenja (URL 2).

### 3.1. ΔNBR

Diferencirani NBR (ΔNBR) skalirani je indeks magnitude promjena uzrokovane požarom na određenom području te se upotrebljava kao opisna mjera promjene okoline. Vrijednost ΔNBR iskazana je formulom:

$$\Delta NBR = NBR_{\text{prije požara}} - NBR_{\text{nakon požara}} \quad (2)$$

Značenje vrijednosti diferenciranog NBR može varirati u ovisnosti o sceni, a najbolje tumačenje njegova rezultata treba biti zasnovano na procjeni terena. Međutim, unutar USGS (engl. United State Geological Survey) programa FireMon definirana je tablica 2, koja nam može koristiti kao prva aproksimacija u interpretaciji ΔNBR (URL 2).

Tablica 2. Interpretacija ΔNBR za izgorena područja (URL 2).

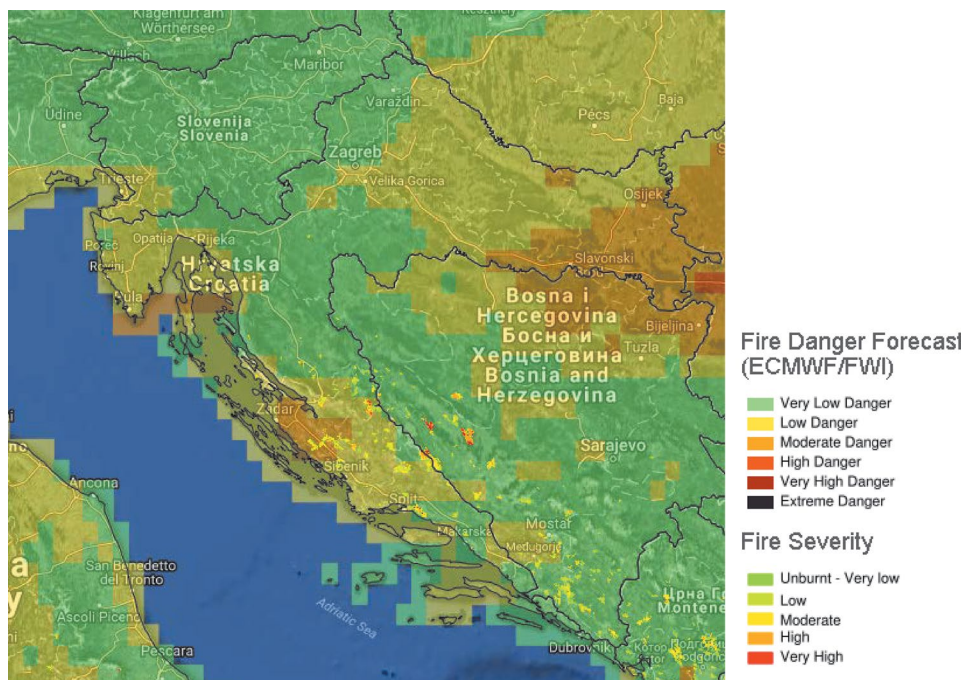
ΔNBR	Razina izgorenosti
<-0,25	Visoka vjerojatnost za ponovni rast vegetacije
<-0,25, -0,1>	Niska vjerojatnost za ponovni rast vegetacije
<-0,1, 0,1>	Neizgorena područja
<0,1, 0,27>	Niska izgorenost
<0,27, 0,44>	Umjereno niska izgorenost
<0,44, 0,66>	Umjereno visoka izgorenost
>0,66	Visoka izgorenost

Te se vrijednosti upotrebljavaju za kreiranje tematske karte koja prikazuje stupanj oštećenja izgorenog područja (sedam kategorija). Preporučljivo je satelitske snimke koje prikazuju vrijednosti NBR i  $\Delta$ NBR obraditi neposredno nakon požara kako bi se dobila početna procjena štete te kako bi se pridonijelo razvoju hitne intervencije i plana obnove područja pogođenih požarom. Tijekom sljedeće vegetacijske sezone potrebno je ponovno obraditi navedene parametre (NBR i  $\Delta$ NBR), koji se poslije mogu upotrebljavati za stupanj oštećenja izgorenog tla, kao i za procjenu nekih prirodnih katastrofa (poplave, klizišta, erozija tla).

#### 4. Prikupljanje i obrada podataka

Proces prikupljanja i obrade podataka sadrži sljedeća tri koraka:

1. Korištenje Europskog sustava za informiranje o šumskim požarima (engl. The European Forest Fire Information System, EFFIS) (URL 3). EFFIS je dio Copernicus servisa za upravljanje u kriznim situacijama (engl. Copernicus Emergency Management Service) te pruža informacije o šumskim požarima na području Europe, Bliskog istoka i Sjeverne Afrike (slika 2). Meteorološki i optički podaci satelitskih snimaka obrađuju se svakodnevno u svrhu ranog upozoravanja na požare, boljeg upravljanja šumskim požarima te kartiranja izgorenih područja. Do današnjeg dana pokrenuti su moduli za detekciju aktivnih požara u realnom vremenu,



Slika 2. EFFIS sučelje za područje Republike Hrvatske (URL 3).

procjenu štete nastale požarom, emisiju stakleničkih plinova u atmosferu i procjenu erozije tla zahvaćenog požarom (URL 3).

U ovom radu obrađen je katastrofalni požar koji je zahvatio područje Splitsko-dalmatinske županije. Požar je započeo 17. 7. 2017. godine u blizjoj okolici Splita, Sitno Gornje, te je trajao sve do 19. 7. 2017. godine. Obuhvatio je ukupno 5122 ha šumskog, poljoprivrednog i građevinskog zemljišta.

2. Preuzimanje odgovarajućih kanala, satelitskih snimaka Sentinel-2, preko Amazon-3 platforme (URL 4). Servis omogućava preuzimanje kanala satelitskih snimaka (JPEG2000 format) snimljenih satelitskim misijama Sentinel-2 i Landsat-8. Potrebno je odabrati područje obuhvata i vremensko razdoblje. Za područje obuhvata požara izabrano je područje okolice Splita te vremensko razdoblje od 1. 7. 2017. do 10. 8. 2017. Ovako preuzeti podaci male su veličine (do 150 MB) te zahtijevaju manje prostora i kraće vrijeme za preuzimanje i obradu. Budući da za obradu nisu potrebni svi kanali satelitske snimke Sentinel-2, preuzeti su samo kanali 2, 3, 4, 8, 11 i 12.

Uz satelitske snimke preuzete su i administrativne granice u vektorskom Shape file formatu s platforme DivaGIS (URL 5).

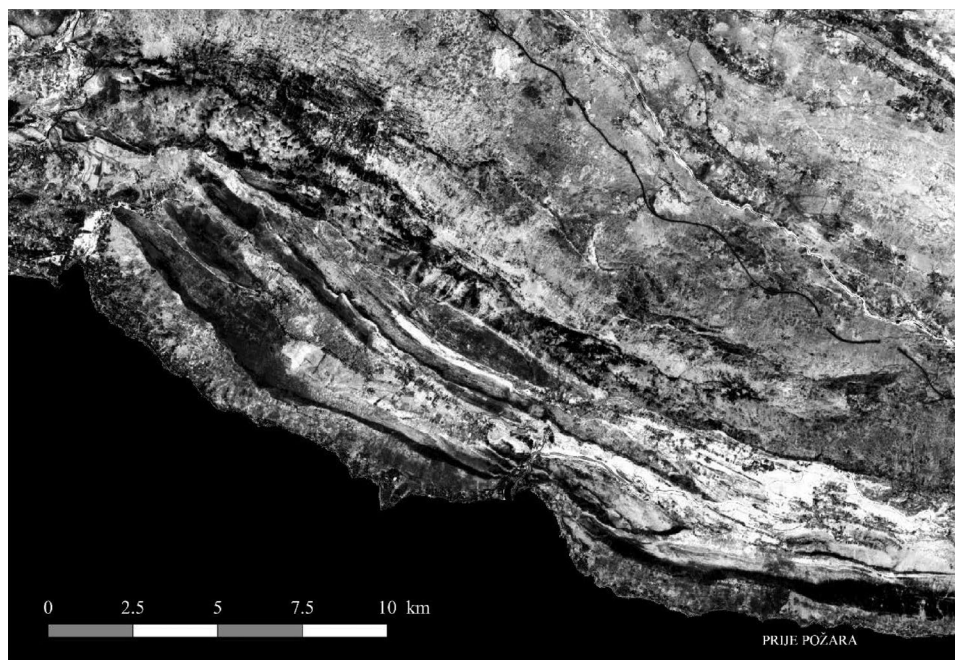
3. Obrada podataka i vizualni prikaz u programu QGIS 2.18.12. (engl. Quantum GIS). Detaljniji proces obrade objašnjen je u nastavku.

#### 4.1. Obrada snimaka

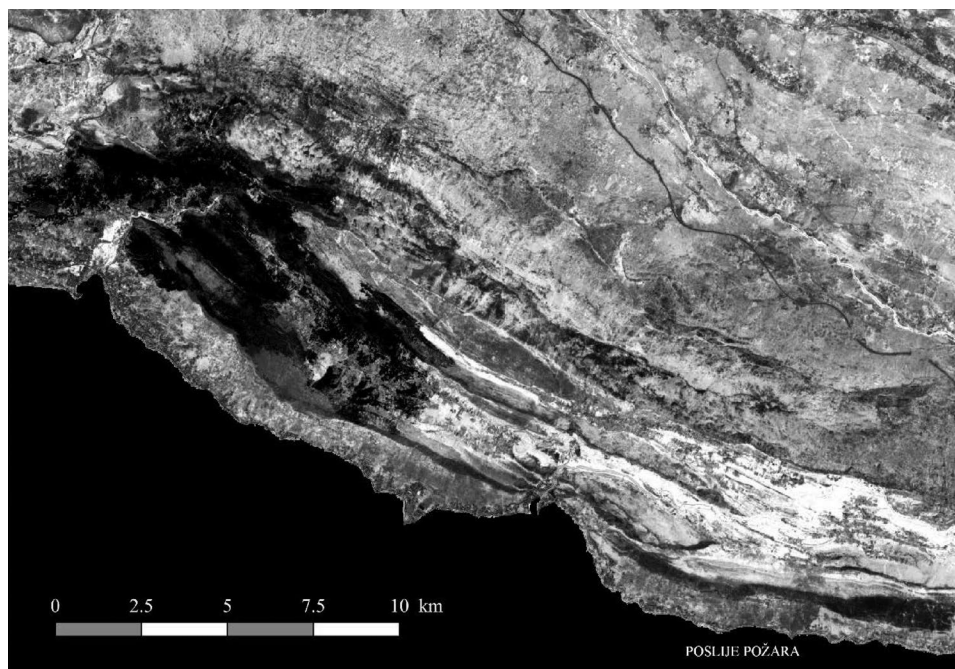
Prije računanja NBR indeksa potrebno je provesti predobradu podataka. Podaci preuzeti s prethodno navedenog servisa zapravo su kanali satelitskih snimaka (kanal 2, 3, 4, 8, 11 i 12), potrebni za računanje NBR indeksa. Predobrada snimaka započinje učitavanjem šest rasterskih slojeva. Budući da kanali 11 i 12 imaju širinu i dužinu (rezoluciju) drugačiju od kanala 2, 3, 4 i 8, potrebno im je promijeniti veličinu. Tim korakom dobivamo šest rasterskih slojeva jednake rezolucije (10980x10980). Potom je potrebno spojiti navedene slojeve u jedan (jednu multispektralnu snimku), koji sadržava vrijednosti svih šest kanala pojedinačno. Kao produkt toga koraka dobivamo sliku u formatu .GEOTIFF.

Preuzimanjem navedenih kanala omogućeno je računanje NBR indeksa. Za računanje je korišten alat Raster kalkulator. Tim je alatom, primjenom izraza za NBR, pomoću rastera pikseli kojega sadrže informacije pojedinoga kanala, izračunat novi raster koji sadržava informacije o NBR indeksu. Kao što je već rečeno, vrijednost blisko infracrvenoga kanala (NIR) vrijednost je kanala 8, a vrijednost kratko infracrvenoga kanala (SWIR) vrijednost je kanala 12. Kao rezultat toga koraka dobivena je snimka u sivoj skali boja s koje možemo očitati vrijednosti NBR indeksa. Budući da su te vrijednosti uglavnom negativnog predznaka, klasificirat ćemo snimku na način da se te vrijednosti posebno istaknu. Tako dobivamo prikaz na kojem se jasno uočava požarom pogođeno područje (slika 3 i slika 4).

Također ćemo izraditi sliku u RGB (R=4, G=3, B=2) formatu boja na kojoj je već prostim okom moguće uočiti požarom obuhvaćeno područje (slika 5 i slika 6).

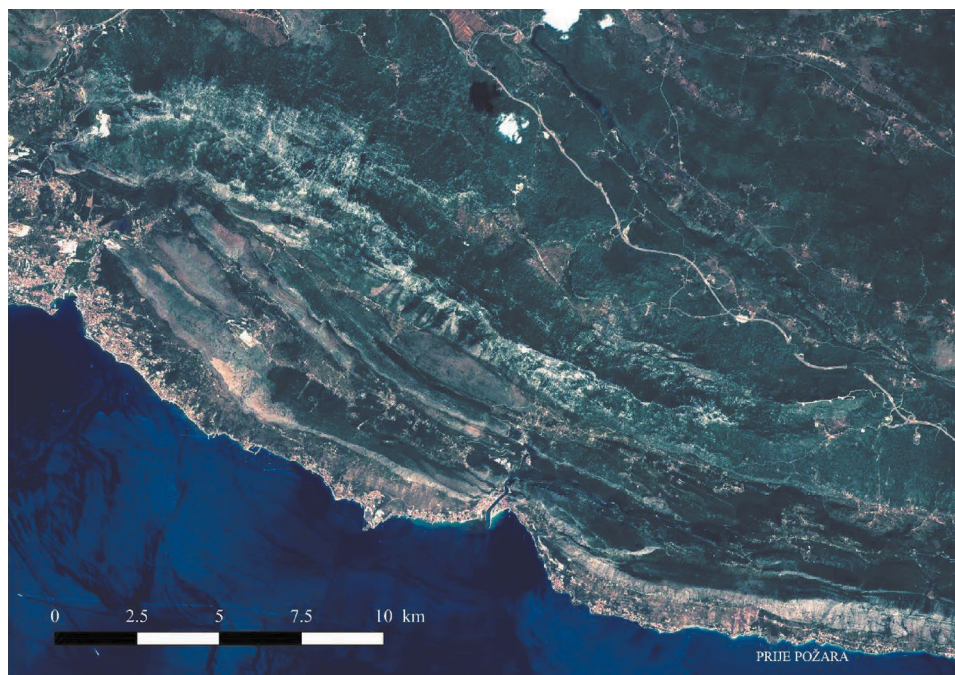


Slika 3. Područje prije požara prikazano sivom skalom boja.

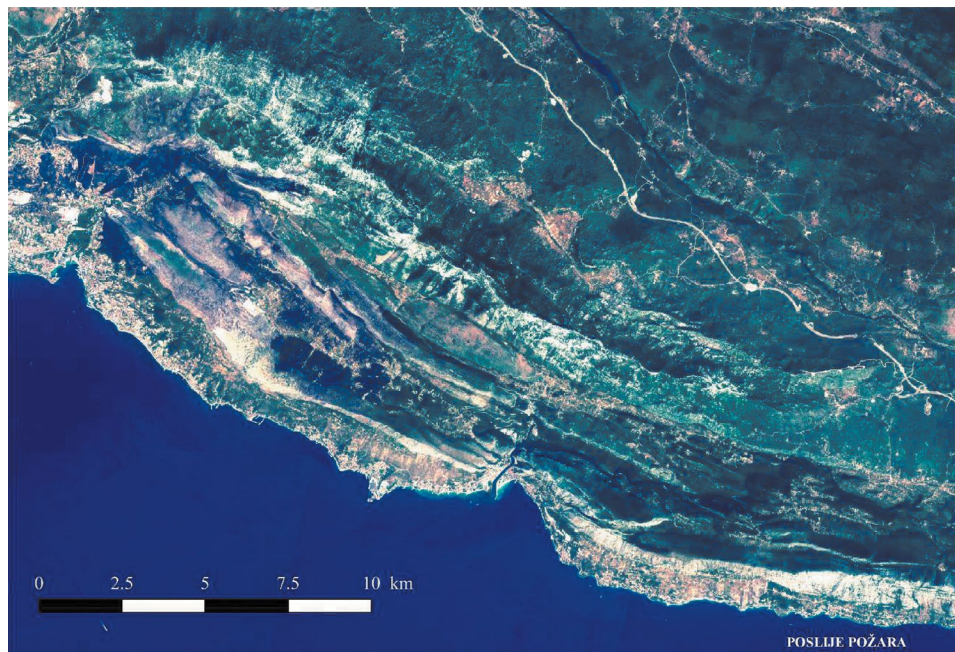


Slika 4. Područje nakon požara prikazano sivom skalom boja.

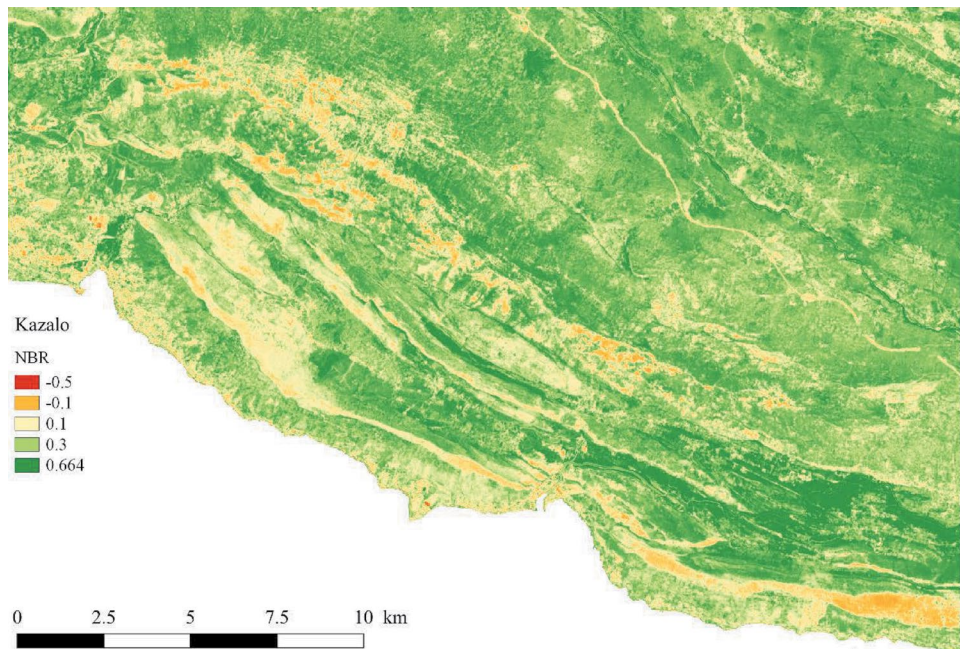




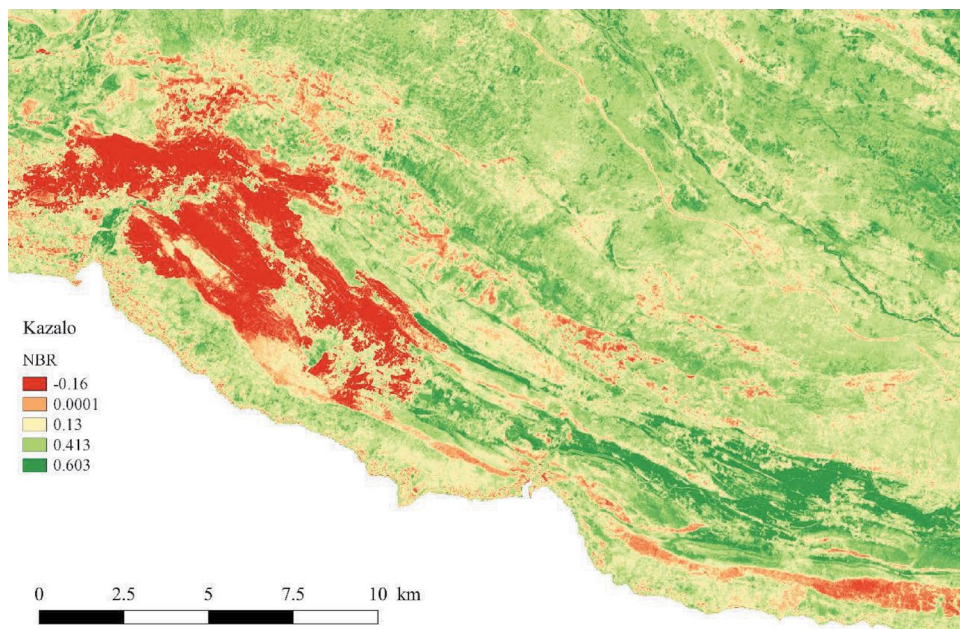
Slika 5. Snimka prije požara u RGB modelu boja.



Slika 6. Snimka nakon požara u RGB modelu boja.



Slika 7. Područje prije požara prikazano kompozicijom boja.



Slika 8. Područje nakon požara prikazano kompozicijom boja.

Klasifikacijom slike (pet klasa) u sivoj skali boja, koja prikazuje vrijednosti NBR indeksa, dobivena je nova slika koja nam vjernije predočava opožareno područje (slika 8). Kako bi se jasnije uočilo opožareno područje od neopožarenoga, izrađena je i slika prije požara (slika 7).

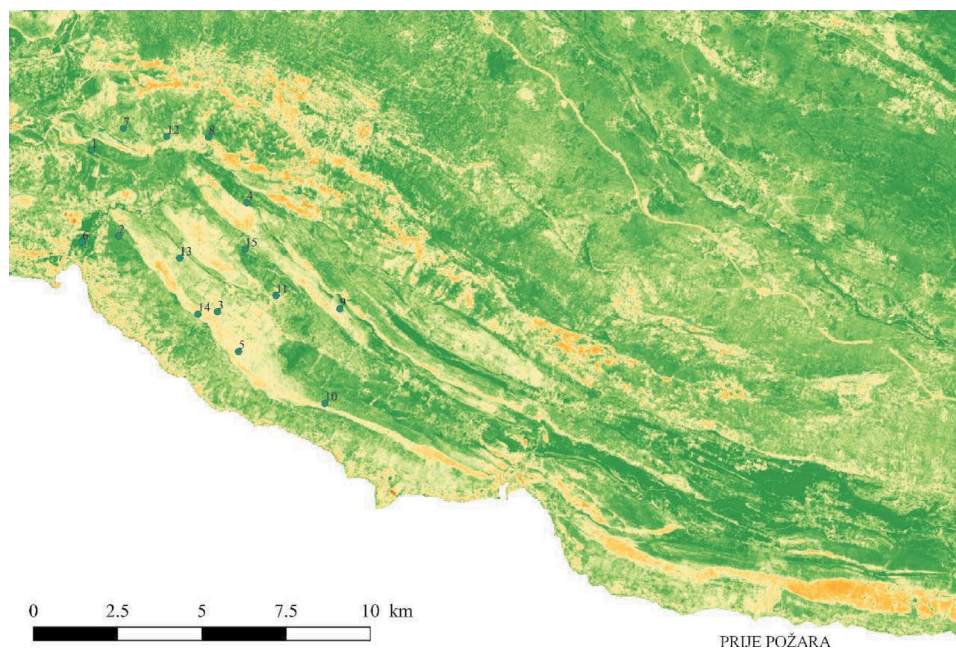
## 5. Rezultati i rasprava

Niska vrijednost NBR indeksa ne upućuju uvijek na područja spaljena požarom, već je i indikator ogoljelog tla. Kako bismo bolje razlučili područja pogođena požarom od ogoljele vegetacije, računamo diferencirani NBR. Za 15 odabranih točaka očitana je vrijednost NBR indeksa na slikama prije i nakon požara te je za iste izračunat  $\Delta$ NBR. Na slikama 9 i 10 prikazane su lokacije identičnih točaka, prije i nakon požara.

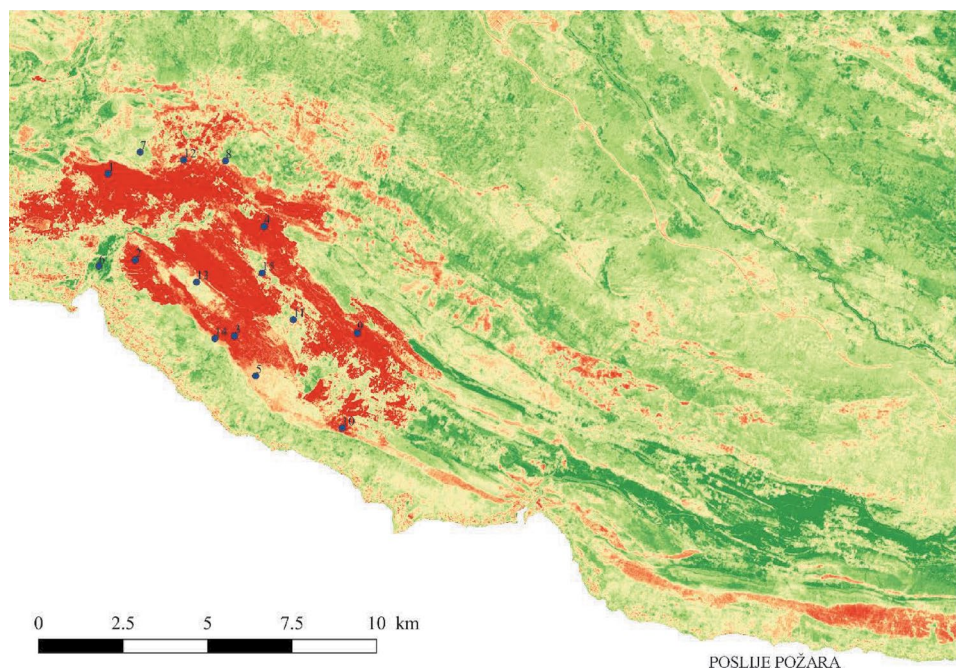
Tablica 3. Vrijednost NBR-a na identičnim točkama, njihova razlika i zaključak.

Broj točke	NBR <sub>prije požara</sub>	NBR <sub>nakon požara</sub>	$\Delta$ NBR	Zaključak
1	0,4324	-0,3355	0,7679	Visoka izgorenost
2	0,4867	-0,3098	0,7965	Visoka izgorenost
3	0,2365	-0,1344	0,3709	Umjereno niska izgorenost
4	0,4284	-0,3006	0,7290	Visoka izgorenost
5	0,0740	0,0377	0,0363	Neizgoreno
6	0,6696	0,5423	0,1273	Niska izgorenost
7	0,3024	0,1758	0,1266	Niska izgorenost
8	0,3504	0,3299	0,0205	Neizgoreno
9	0,1675	-0,2289	0,3964	Umjereno niska izgorenost
10	0,3900	-0,1284	0,5184	Umjereno visoka izgorenost
11	0,3744	0,2709	0,1035	Niska izgorenost
12	0,1715	-0,0897	0,2612	Niska izgorenost
13	0,3209	0,2014	0,1195	Niska izgorenost
14	0,0421	0,0029	0,0392	Neizgoreno
15	0,5038	-0,1073	0,6111	Umjereno visoka izgorenost

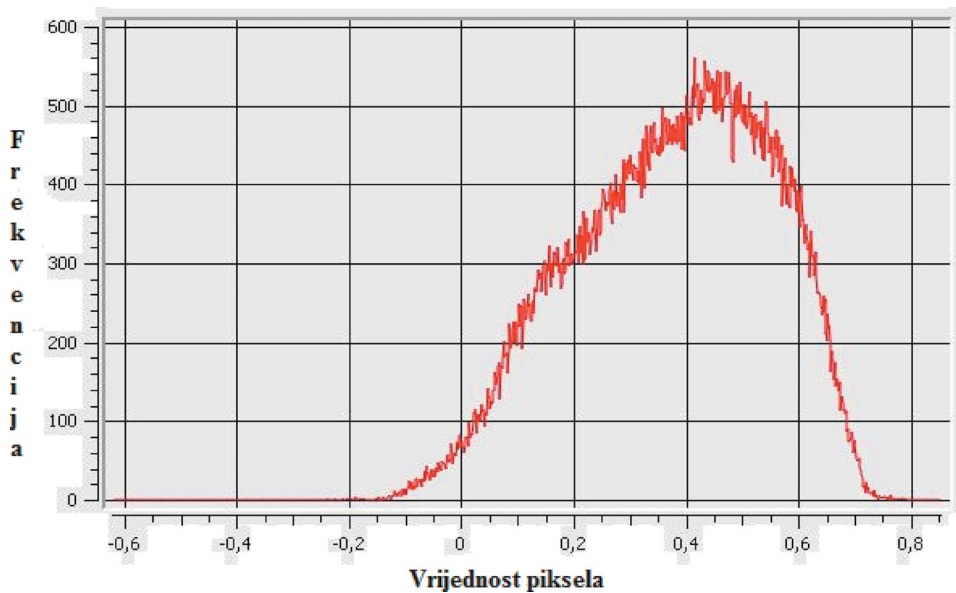
Za izabranih 15 identičnih točaka izračunati su statistički parametri (maksimalna, minimalna i srednja vrijednost i standardno odstupanje). Prije požara, maksimalna vrijednost NBR-a iznosila je 0,6696, minimalna 0,0421, srednja vrijednost



Slika 9. Područje prije požara s identičnim točkama.

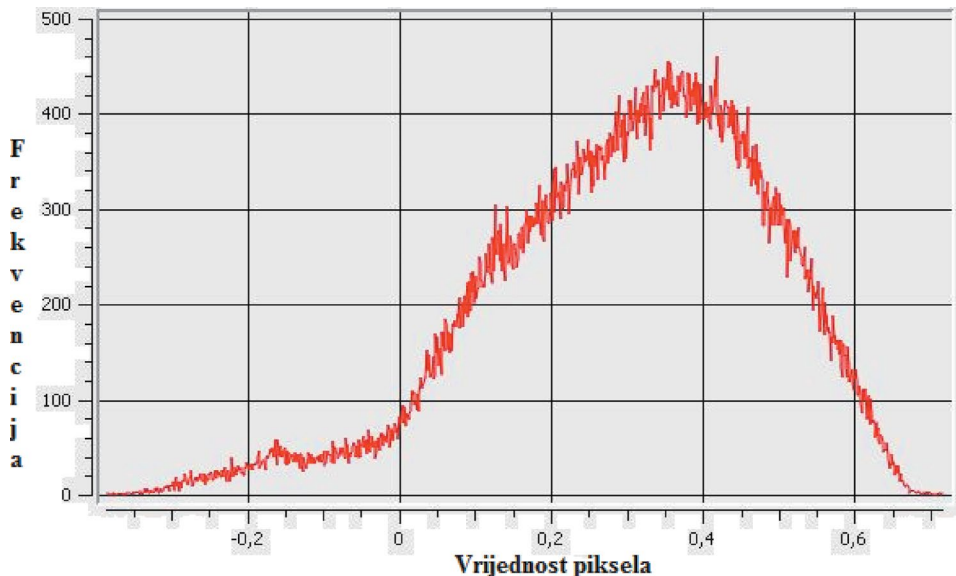


Slika 10. Područje nakon požara s identičnim točkama.



Slika 11. Graf ovisnosti vrijednosti piksela (NBR) i frekvencije u prijepožarnom razdoblju.

0,3300 te standardno odstupanje 0,1702. Nakon požara maksimalna vrijednost smanjila se na 0,5423, minimalna  $-0,3355$ , srednja  $-0,0049$  te je standardno odstupanje iznosilo 0,2611. Maksimalna vrijednost diferenciranog NBR indeksa iznosi 0,7965, minimalna 0,0205, srednja 0,3349 te standardno odstupanje 0,2851. Može



Slika 12. Graf ovisnosti vrijednosti piksela (NBR) i frekvencije u poslijepožarnom razdoblju.

se primijetiti da ni jedna točka od njih 15 nije okarakterizirana kao područje visoke ili niske vjerojatnosti ponovnoga rasta vegetacije (ogoljelo područje). Također, dvanaest od petnaest točaka, tj. 80% uzorka, pripalo je opožarenom području.

Slika 11 i slika 12 prikazuju ovisnost (raspodjelu) vrijednosti svakog pojedinog piksela slike i frekvencije na obrađenom području u prijepožarnom, odnosno poslijepožarnom razdoblju. NBR je u prijepožarnom razdoblju poprimio vrijednost od  $-0,1$  (najmanja) do  $0,75$  (najveća). Najfrekventnija vrijednost iznosila je  $0,4$ . NBR u poslijepožarnom razdoblju poprimio je vrijednost od  $-0,3$  do  $0,65$ . Najfrekventnija vrijednost iznosila je  $0,4$ .

## 6. Zaključak

Požari, bilo da su nastali kao rezultat čovjekove nepažnje ili namjere, jedan su od važnijih čimbenika u oblikovanju krajobrazne raznolikosti. U posljednjih desetak godina područje Dalmacije suočeno je s vrlo važnim socioekonomskim modifikacijama i teškoćama uzrokovanim ozbiljnim krajobraznim promjenama (Rosavec 2010).

Satelitske snimke, u kombinaciji s terestričkim podacima, imaju važnu ulogu u kartiranju područja pogođenih požarom, kao i završnoj fazi sanacije tih područja. Podaci satelitske misije Sentinel-2 imaju mnogobrojne prednosti. Osim što je njihovo korištenje potpuno besplatno, a primjena vrlo jednostavna, omogućavaju preciznije kartiranje relativno malih područja pogođenih požarom te kombiniranje tih podataka s podacima drugih institucija.

Rezultati ovog rada pokazali su da je moguće pratiti stanje opožarene vegetacije upotrebom diferenciranoga NBR indeksa. Kako bi se donijeli definitivni zaključci potrebno je provesti istraživanja tijekom dužeg vremenskog razdoblja.

S obzirom na aktualnost teme, ovaj je rad vrijedan doprinos u istraživanju i kartiranju šumskih požara te u mnogobrojnim drugim radnjama koje je nakon požara nužno provesti.

Osim za kartiranje i procjenu stanja okoliša zahvaćenog požarom, ova metoda može pridonijeti mnogobrojnim korisnicima, kao npr. osiguravajućim društvima u procjeni štete nastale na građevinskoj ili nekoj drugoj vrsti zemljišta, organizacijama za zaštitu divljih životinja i rijetkih vrsta u procjeni pri određivanju najpogodnijeg staništa, itd.

## Literatura

- Anić, I. (2017): Stanje i perspektiva šuma i šumarstva Hrvatske, skup Dan inženjera Republike Hrvatske, Zagreb.
- Martinić, L. (2015): Copernicus program opažanja Zemlje, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, diplomski rad, Zagreb.
- Richter, R., Wang, X., Bachmann, M., Schlaepfer, D. (2011): Correction of cirrus effects in Sentinel-2 type of imagery, *Int. J. Remote Sensing*, 32, 2931–2941.
- Rosavec, R. (2010): Odnos čimbenika klime i zapaljivosti nekih mediteranskih vrsta kod šumskih požara, doktorska disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Rosavec, R., Španjol, Ž., Bakšić, N. (2012): Šumski požari kao ekološki i krajobrazni čimbenik u području Dalmatinske zagore, *Vatrogastvo i upravljanje požarima*, Vol. 1, br. 3.
- Xu, D., Dai, L., Shao, G., Tang, L., Wang, H. (2005): Forest fire risk zone mapping from satellite images and GIS for Baihe Forestry Bureau, Jilin, China, *Journal of Forestry Research*, 16, 3, 169–174.

## Mrežne adrese

- URL 1: ESA – Sentinel Online,  
<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2/instrument-payload/resolution-and-swath>, (27. 7. 2017.).
- URL 2: GSP 216 – Food Humboldt State Univesity,  
[http://gsp.humboldt.edu/olm\\_2015/Courses/GSP\\_216\\_Online/lesson5-1/NBR.html](http://gsp.humboldt.edu/olm_2015/Courses/GSP_216_Online/lesson5-1/NBR.html), (28. 7. 2017.).
- URL 3: EFFIS,  
[http://effis.jrc.ec.europa.eu/static/effis\\_current\\_situation/public/index.html](http://effis.jrc.ec.europa.eu/static/effis_current_situation/public/index.html), (30. 7. 2017.).
- URL 4: Amazon – 3,  
[http://sentinel-pds.s3-website.eu-central-1.amazonaws.com/image-browser/#lat=43.36362815136275&lng=16.587982177734375&zoom=10&datasource=Sentinel-2&time=2017-07-17&preset=1\\_TRUE\\_COLOR](http://sentinel-pds.s3-website.eu-central-1.amazonaws.com/image-browser/#lat=43.36362815136275&lng=16.587982177734375&zoom=10&datasource=Sentinel-2&time=2017-07-17&preset=1_TRUE_COLOR), (14. 8. 2017.).
- URL 5: DivaGIS,  
<http://www.diva-gis.org/gdata>, (14. 8. 2017.).

# Analysis of Vegetation Condition before and after Forest Fires in Dalmatia using Sentinel-2 Satellite Images

*ABSTRACT.* In recent years, the number of fires in the Split-Dalmatia County area has increased rapidly, especially in the summer. The fire may occur naturally (a stroke, a volcanic eruption) or intentional or unintentional human action. In addition to economic losses, a fire may cause people to be killed, animal and plant deaths, destruction of housing and economic facilities, as well as environmental pollution that surrounds us. For these reasons, it is very important to develop an efficient management and response system in such exceptional situations. The Copernicus program, developed within the European Union, helps us greatly. This paper reviews the Sentinel-2 satellite missions. The area around Split was selected, affected by a catastrophic fire in July 2017. A normalized index of flared vegetation was used as an indicator for assessing the condition and size of the affected area. Also, mapping of areas affected by fire as well as analysis of vegetation status before and after the fire were made.

*Keywords:* forest fires, NBR, Sentinel-2, Dalmatia, satellite imagery.

*Primljeno / Received:* 2017-08-20

*Prihvaćeno / Accepted:* 2017-09-21