



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

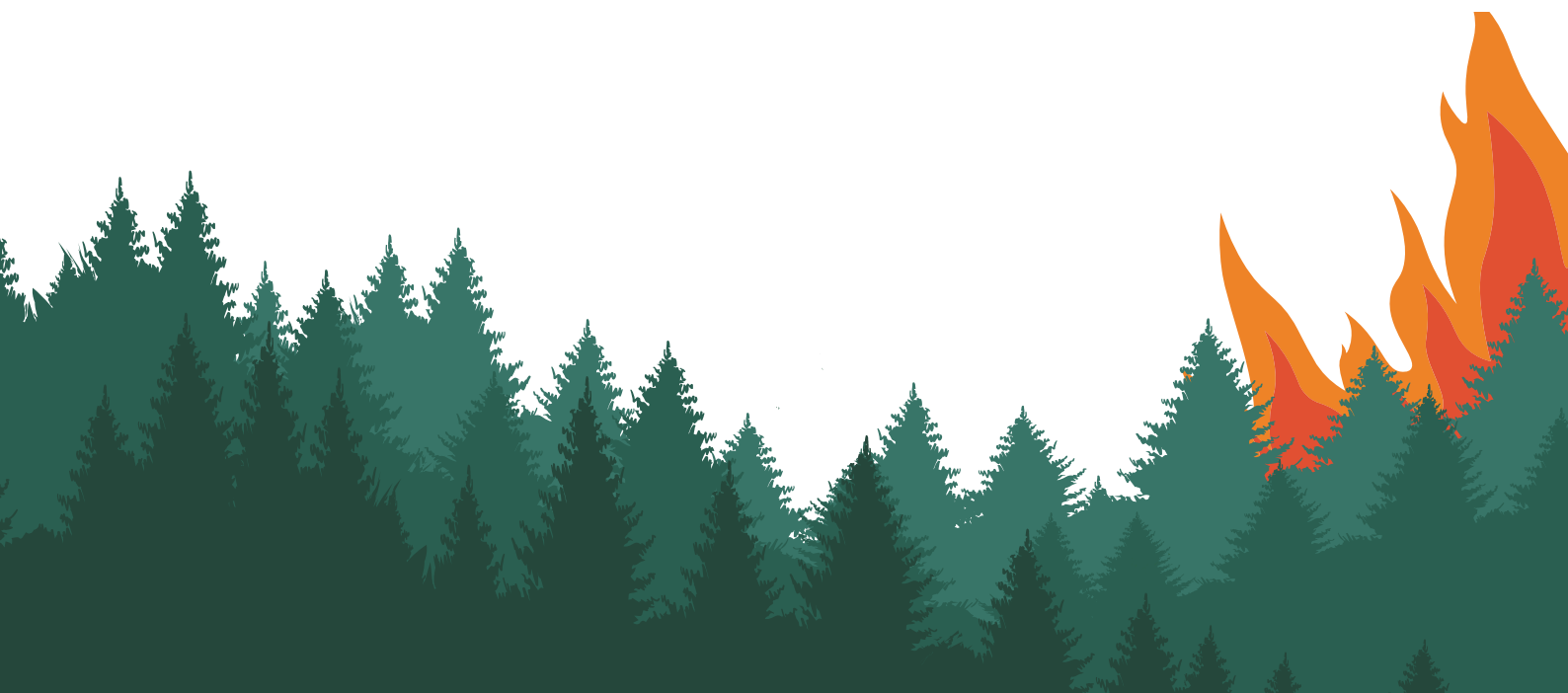
Swiss Agency for Development  
and Cooperation SDC



**LANDSCAPE FIRE  
MANAGEMENT**  
IN THE WESTERN BALKANS

# GIS analiza

podložnosti od šumskih požara kao komponente rizika  
i identifikacija zona za pošumljavanje



Ovaj dokument je izrađen u okviru projekta „*Oснаživanje građana u transparentnom, odgovornom i održivom upravljanju šumskim požarima*“ u okviru Programa Upravljanje požarima na otvorenom prostoru na Zapadnom Balkanu, uz finansijsku podršku Švajcarske agencije za razvoj i saradnju (SDC).

Sadržaj ovog dokumenta isključiva je odgovornost Organizacije KOD i ni pod kojim okolnostima ne može se smatrati odrazom stavova SDC-a.

## **SADRŽAJ**

|  |    |
|--|----|
| Uvod .....   | 3  |
| 1 Procjena podložnosti od šumskih požara.....                    | 5  |
| 1.1 Istorijski požari .....                                      | 5  |
| 1.2 Kriterijumi za procjenu podložnosti .....                    | 5  |
| 1.2.1 Analiza korelacije izmedju kriterijuma .....               | 7  |
| 1.2.2 Validacija modela .....                                    | 7  |
| 1.3 Rezultati.....   | 7  |
| 2 Identifikacija opožarenih zona pogodnih za pošumljavanje ..... | 15 |
| 2.1 Ulazni podaci i metodologija.....                            | 15 |
| 2.2 Rezultati.....   | 15 |
| Reference .....  | 19 |

## Uvod

Projekat „Osnaživanje građana u transparentnom, odgovornom i održivom upravljanju šumskim požarima“ sprovodi Organizacija KOD, uz podršku Švajcarske agencije za razvoj i saradnju (SDC). Cilj projekta je osnaživanje lokalnih zajednica i relevantnih aktera za proaktivno i odgovorno upravljanje šumskim požarima, kroz integraciju tradicionalnog znanja i savremenih tehnologija, uz istovremeno podsticanje većeg učešća javnosti u ovim procesima.

Projekat se sprovodi u tri crnogorske opštine: Podgorica, Bar i Rožaje. Realizuje se u okviru Programa upravljanja požarima na otvorenom prostoru na Zapadnom Balkanu (LFMWB). Programom koordiniše kompanija Farmahem iz Sjeverne Makedonije, uz podršku HELVETAS Swiss Intercooperation iz Švajcarske. Opšti cilj Programa je povećanje otpornosti zapadnobalkanskih šuma i predjela, od kojih zavisi egzistencija i socioekonomski razvoj stanovništva regiona.

Ovaj izvještaj sastoji se iz dvije međusobno povezane komponente:

1. Procjene podložnosti od požara<sup>1</sup>, i
2. Procjene opožarenih i degradiranih površina koje su prepoznate kao zone za pošumljavanje.

Obje komponente obuhvataju ista pilot područja: Podgoricu (sa Tuzima i Zetom), Bar i Rožaje.

Procjena podložnosti zasniva se na konceptu rizika od šumskih požara, koji obuhvata hazard, izloženost i ranjivost. U okviru hazarda, podložnost ima centralnu ulogu, jer definiše predispoziciju prostora za nastanak i intenzitet požara. Podložnost se određuje na osnovu prostorno-ekoloških faktora kao što su tip vegetacije, nagib terena, nadmorska visina, klimatski uslovi i udaljenost od potencijalnih izvora paljenja.

Za potrebe projekta izrađene su GIS mape podložnosti od požara za tri pilot područja. Pilot područja odabrana su tako da obuhvate različite ekološke i klimatske uslove, čime je omogućeno testiranje metodološkog pristupa u različitim prostornim kontekstima.

Analiza je sprovedena integracijom prostornih kriterijuma u GIS okruženju, korišćenjem mašinskog učenja, čime je dobijen model koji identifikuje zone sa povišenom podložnošću požarima.

---

<sup>1</sup> Primijenjeni metodološki okvir razvijen je od strane autora izvještaja i predstavlja njegov lični istraživački postupak i intelektualno vlasništvo.

Drugi dio se odnosi na identifikaciju opožarenih površina koje su prepoznate kao prioritetne zone za pošumljavanje i obnovu šumskih ekosistema na osnovu satelitskih snimaka.

Dokument je namijenjen korisnicima koji učestvuju u planiranju, prevenciji i donošenju odluka u oblasti zaštite od požara, te se preporučuje kao materijal prije primjene u praksi.

## **1 Procjena podložnosti od šumskih požara**

U nastavku teksta prikazan je metodološki postupak procjene podložnosti od šumskih požara na odabranim pilot područjima.

### **1.1 Istorijski požari**

U analizi istorijskih požara korišćen je period od 2001. do 2024. godine, pri čemu su obuhvaćene samo potpune kalendarske godine. Podaci su preuzeti sa platforme FIRMS, gdje svaka zabilježena tačka odgovara centru piksela veličine 1 km u kojem je MODIS senzor na NASA satelitima Terra i Aqua registrovao termalnu anomaliju koja ukazuje na aktivan požar. Radi povećanja pouzdanosti rezultata, u obradu su uključeni isključivo događaji sa nivoom sigurnosti većim od 80%.

### **1.2 Kriterijumi za procjenu podložnosti**

U analizi je korišćeno ukupno trinaest uzročnih kriterijuma, grupisanih u četiri glavne kategorije: vegetacioni, klimatski, topografski i antropogeni. Vegetacioni kriterijumi obuhvatali su tip goriva i normalizovani diferencijalni vegetacioni indeks (Tabela 1). Tip goriva dobijen je na osnovu baze podataka o zemljišnom pokrivaču CLCplus Backbone 2023, koja obezbjeđuje detaljne informacije o kategorijama korišćenja zemljišta u rezoluciji od 10 m, zasnovane na satelitskim snimcima Sentinel-2. Ovaj kriterijum je ključan jer različite kategorije zemljišta, poput šuma, travnjaka ili poljoprivrednih površina, posjeduju različit potencijal zapaljivosti.

Normalizovani diferencijalni vegetacioni indeks izračunat je na osnovu satelitskih podataka MODIS prostorne rezolucije 250 m, a za potrebe analize korišćena je prosječna godišnja vrijednost za 2023. godinu. Ovaj indeks ukazuje na gustinu i vitalnost vegetacije, što određuje količinu i dostupnost goriva. Klimatski kriterijumi obuhvatali su srednju godišnju temperaturu vazduha, godišnju količinu padavina, godišnji raspon mjesečnog deficita vodene pare, srednju mjesečnu relativnu vlažnost vazduha pri površini i srednju mjesečnu brzinu vjetra. Svi klimatski podaci preuzeti su iz baze CHELSA v2.1, koja obezbjeđuje klimatske prosjeke u rezoluciji od približno 1 km za period 1981–2010. Ovi parametri odražavaju osnovne uslove u kojima se gorivo suši, postaje zapaljivo i omogućava širenje požara.

**Tabela 1.** Uzročni kriterijumi korišćeni u analizi podložnosti šumskim požarima

| Šifra | Skraćenica | Naziv kriterijuma  | Izvor                           |
|-------|------------|--|---------------------------------|
| C1    | FT         | Tip goriva   | CLC plus 10 m                   |
| C2    | NDVI       | Normalizovani diferencijalni vegetacioni indeks          | MODIS 250 m                     |
| C3    | TEMP       | Srednja godišnja temperatura vazduha                     | CHELSA 1 km                     |
| C4    | PREC       | Godišnja količina padavina                               | CHELSA 1 km                     |
| C5    | VPD        | Godišnji raspon mjesečnog deficita vodene pare           | CHELSA 1 km                     |
| C6    | NSRH       | Srednja mjesečna relativna vlažnost vazduha pri površini | CHELSA 1 km                     |
| C7    | NSWS       | Srednja mjesečna brzina vjetra pri površini              | CHELSA 1 km                     |
| C8    | ELEV       | Nadmorska visina   | EU-DEM 25 m                     |
| C9    | SLP        | Nagib terena   | EU-DEM 25 m                     |
| C10   | ASP        | Ekspozicija padina                                       | EU-DEM 25 m                     |
| C11   | D_AGR      | Udaljenost od poljoprivrednih površina                   | Open Street map + CLC plus 10 m |
| C12   | D_ROAD     | Udaljenost od saobraćajnica                              | Open Street map + CLC plus 10 m |
| C13   | D_SETT     | Udaljenost od naselja                                    | Open Street map + CLC plus 10 m |

Topografski kriterijumi obuhvatili su nadmorsku visinu, nagib terena i ekspoziciju padina. Svi su izvedeni iz digitalnog modela reljefa EU-DEM v1.1, sa prostornom rezolucijom od 25 m, dobijenog integracijom podataka SRTM i ASTER GDEM. Oni određuju lokalne klimatske uslove, kao i dinamiku i pravac širenja vatre u slučaju požara. Antropogeni kriterijumi obuhvatili su udaljenost od poljoprivrednih površina, udaljenost od saobraćajnica i udaljenost od naselja. Ovi pokazatelji izračunati su primjenom analize euklidske udaljenosti na osnovu vektorskih podataka iz OpenStreetMap i klasifikacija zemljišta iz CLCplus Backbone 2023 baze. Njihovo uključivanje u analizu opravdano je time što ljudske aktivnosti imaju direktan uticaj na pojavu i intenzitet šumskih požara.

Kako bi se obezbijedila međusobna uporedivost svih kriterijuma, izvršena je njihova standardizacija i transformacija u rastere jedinstvene prostorne rezolucije od jedan kilometar kvadratni. Za homogenizaciju različitih izvora podataka korišćena je metoda zonalne statistike.

### **1.2.1 Analiza korelacije izmedju kriterijuma**

Prije izrade modela podložnosti požarima urađena je analiza međusobne povezanosti kriterijuma primjenom Spearmanove korelacije, a zatim i detaljnija provjera multikolinearnosti. Kao pokazatelji su korišćeni faktor inflacije varijanse i tolerancija, pri čemu su visoke vrijednosti ukazivale na jaku međuzavisnost kriterijuma. Ovim postupkom obezbijedena je statistička pouzdanost ulaznog skupa podataka, što je važno jer smanjenje multikolinearnosti omogućava jasniju interpretaciju rezultata, veću preciznost modela i sprječava pojavu pristrasnih procjena u određivanju podložnosti šumskim požarima.

### **1.3 Primjena mašinskog učenja za dobijanje indeksa**

Za modelovanje podložnosti šumskim požarima primijenjen je pristup maksimalne entropije, koji spada u metode mašinskog učenja i omogućava poređenje uslova na lokacijama poznatih požara sa cijelim istraživanim područjem. Od kriterijuma su tip goriva i ekspozicija padina obrađeni kao kategorijalni, dok su ostali korišćeni kao kontinualni slojevi. Istorijski podaci o požarima podijeljeni su tako da je 70% upotrijebljeno za treniranje, a 30% za testiranje modela, čime je smanjena pristrasnost i povećana tačnost rezultata. Podešavanja modela zadržana su na podrazumijevanim vrijednostima, uključujući parametre regularizacije i različite tipove funkcija. Pozadinski uzorci generisani su nasumično unutar granica analiziranog područja. Indeks podložnosti izračunat je u rasponu od 0 do 1 i klasifikovan u pet kategorija: veoma niska, niska, umjerena, visoka i veoma visoka. Za klasifikaciju je primijenjena metoda prirodnih prekida, koja grupiše vrijednosti prema njihovoj distribuciji. Na kraju su izvedene prosječne vrijednosti podložnosti na nivou mjesnih zajednica radi sistematičnog i preglednog prikaza.

#### **1.2.2 Validacija modela**

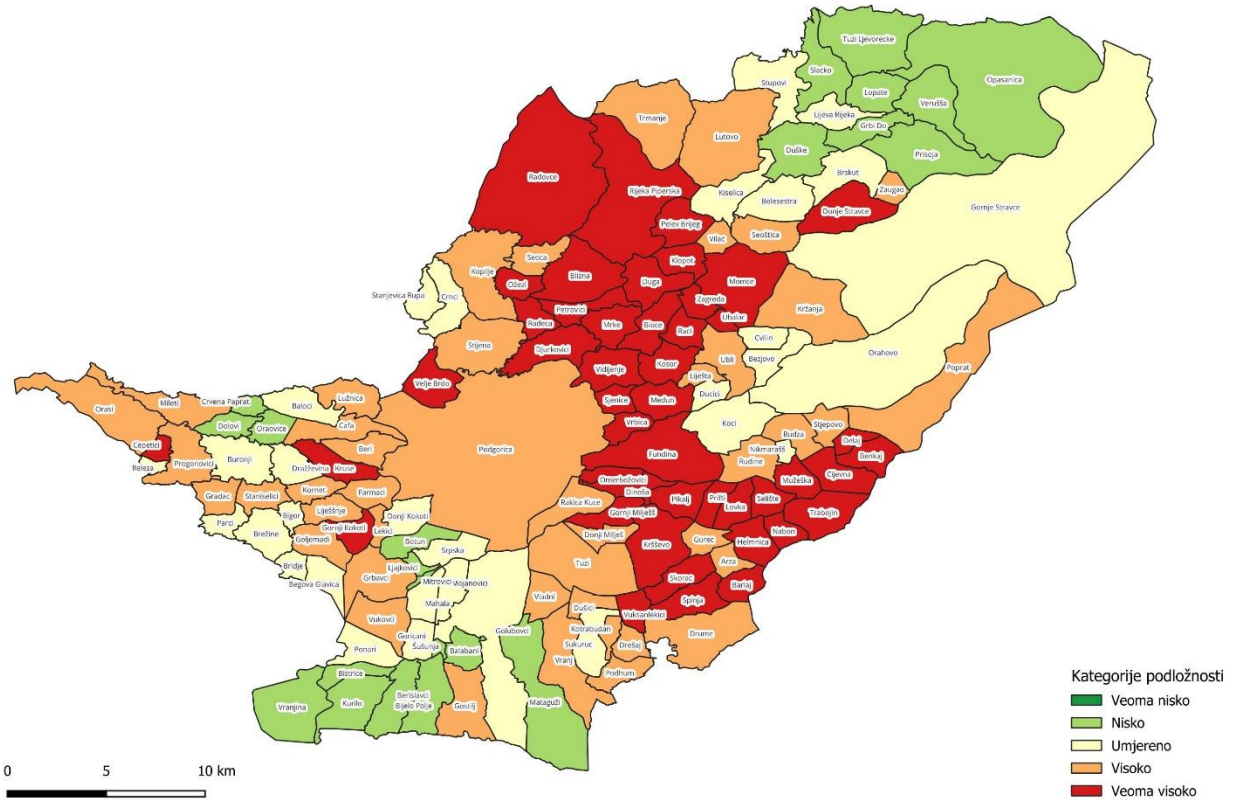
Validacija modela sprovedena je korišćenjem ROC analize i površine ispod krive (AUC), pri čemu je za testiranje izdvojeno 30% istorijskih podataka o požarima. Ova metoda omogućila je da se sagleda odnos između tačno predviđenih i pogrešno klasifikovanih slučajeva, čime je procijenjena tačnost i pouzdanost dobijenih rezultata. Na osnovu AUC vrijednosti izvršeno je poređenje diskriminacione sposobnosti modela i određivanje njihove prediktivne efikasnosti.

### **1.3 Rezultati**

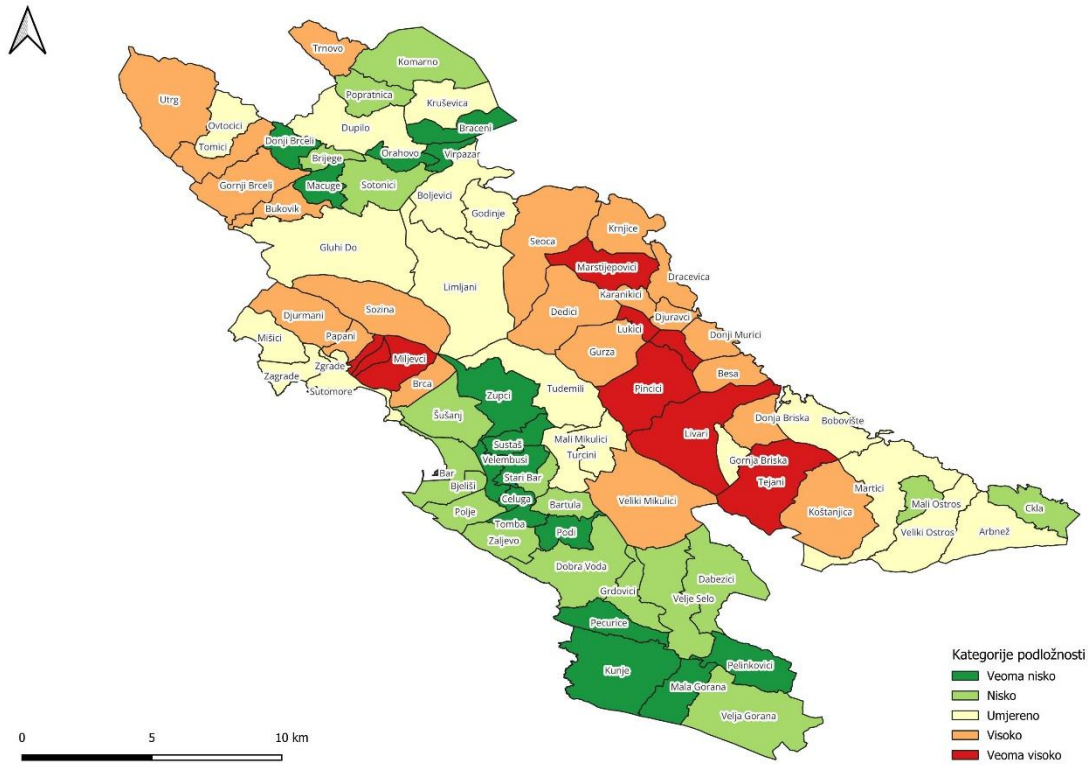
U nastavku su prikazane pregledne karte podložnosti od šumskih požara izrađene na nivou naselja (Slike 1-3). Kao prostorna osnova korišćene su granice naselja koje su važile prije novog popisa, jer novija klasifikacija nije bila dostupna. U analizu su uključene i Podgorica, Tuzi i Zeta, s obzirom na to da njihova administrativna razgraničenja još nijesu zvanično definisana. Pored toga, obuhvaćene su i opštine Bar i Rožaje. Vrijednosti podložnosti prikazane su kategorizovano i kvantitativno po naseljima, a prosječne vrijednosti izračunate su za svako naselje pojedinačno.

Izrađene su i dodatne karte zemljišnog pokrivača radi procjene ugroženosti prostora (Slike 4-6). Radi boljeg pregleda i praktične upotrebe, rezultati analize podložnosti su dodatno integrisani u lokalnu WEB platformu, čime je omogućeno jasno sagledavanje u kojoj se kategoriji podložnosti nalazi svako pojedinačno naselje koje je bilo predmet analize. Mape zemljišnog pokrivača su dostupne jedino za korišćenje u GIS softverima.

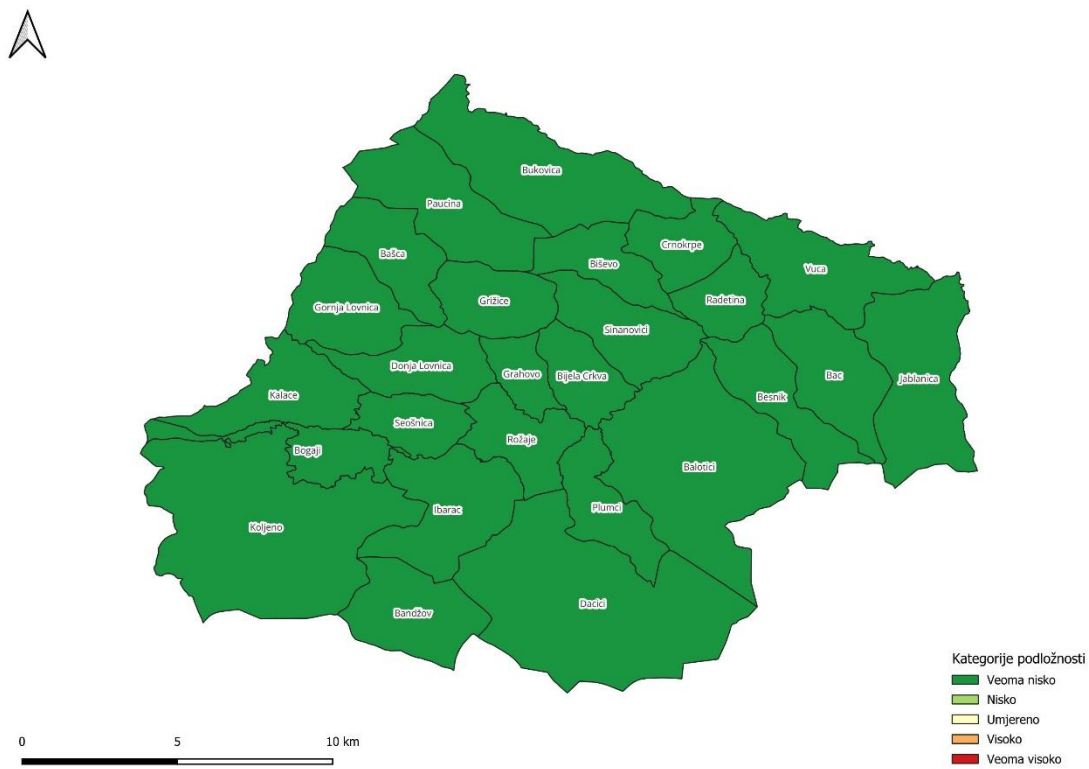
Analiza zasnovana na metodama mašinskog učenja pokazala je da su područja Podgorice, zajedno sa Tuzima i Zetom, kao i područje Bara, prepoznata kao podložna šumskim požarima, dok Rožaje nijesu svrstane u podložne zone. Pojedina naselja u širem području Podgorice, uključujući Tuzi i Zetu, takođe su izdvojena kao posebno podložna požarima. Razlog tome leži u istorijskim satelitskim podacima koji ukazuju da se u Rožajama u posmatranom periodu nije bilježio značajan broj požara, pa ovaj prostor statistički nije označen kao podložan. Međutim, iako četinarske šume u Rožajama predstavljaju zapaljiv i osjetljiv tip goriva, sama podložnost ne zavisi isključivo od vegetacije. Ona je rezultat kombinacije različitih faktora, kao što su klimatske prilike, topografske karakteristike i antropogeni uticaji, pa područje sa bogatim šumskim fondom ne mora nužno biti klasifikovano kao visoko podložno ukoliko ostali uslovi ne upućuju na povećanu vjerovatnoću požara. Ovdje je važno naglasiti da rezultati predstavljaju procjenu podložnosti, a to je glavna razlika u odnosu na šire sagledavanje rizika. Iako modeli nijesu izdvojili Rožaje kao podložne, četinarske šume na tom području jesu ugrožene jer imaju značajnu ekonomsku vrijednost, pa bi, kada bi se posmatrale kroz prizmu rizika, morale biti prepoznate i kao područja visoke ranjivosti, a smim tim i rizika.



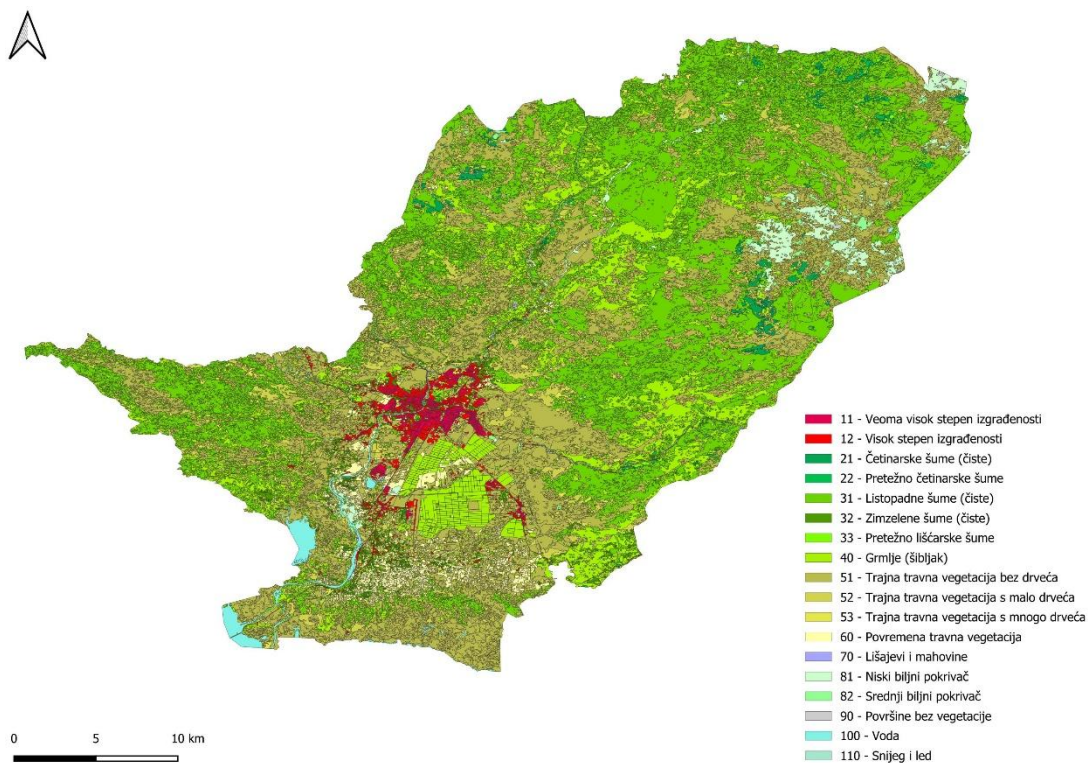
**Slika 1.** Karta podložnosti prema naseljima za Podgoricu sa Tuzima i Zetom



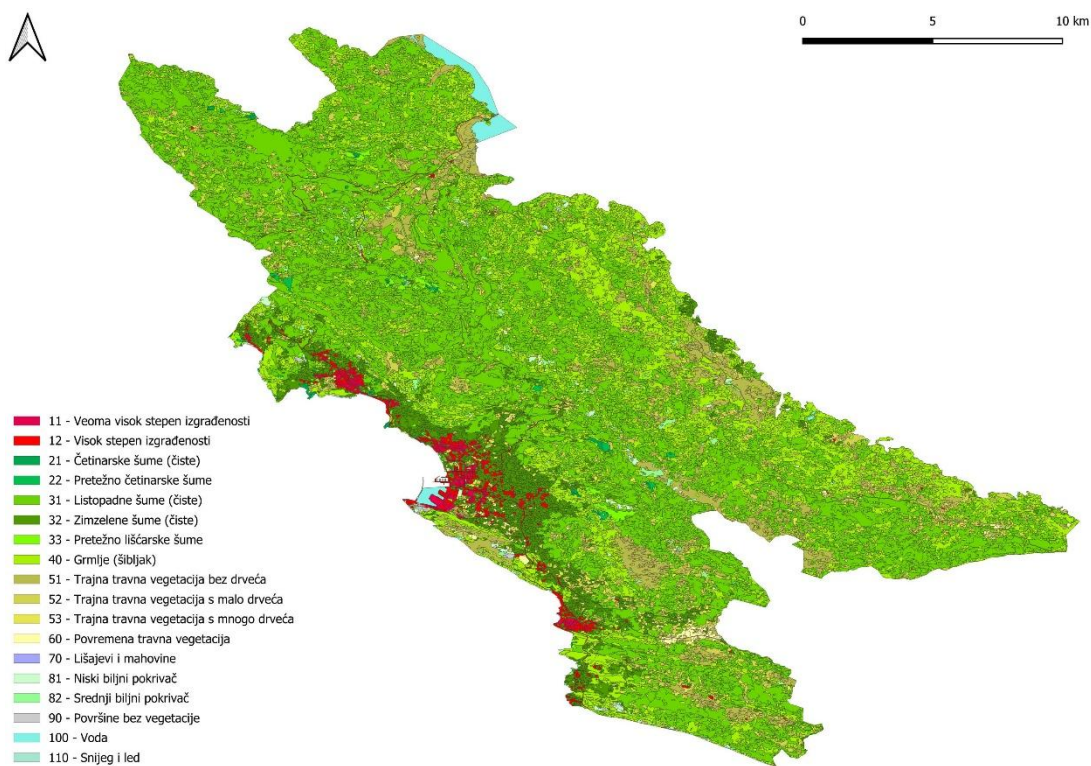
Slika 2. Karta podložnosti prema naseljima za Bar



Slika 3. Karta podložnosti prema naseljima za Rožaje



Slika 4. Karta zemljišnog pokrivača Podgorica sa Tuzima i Zetom

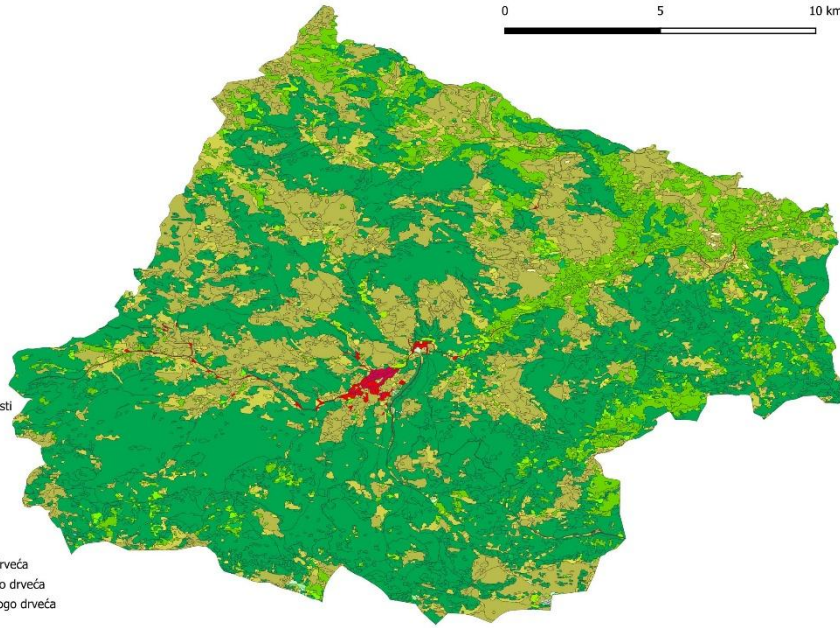


Slika 5. Karta zemljišnog pokrivača Bar



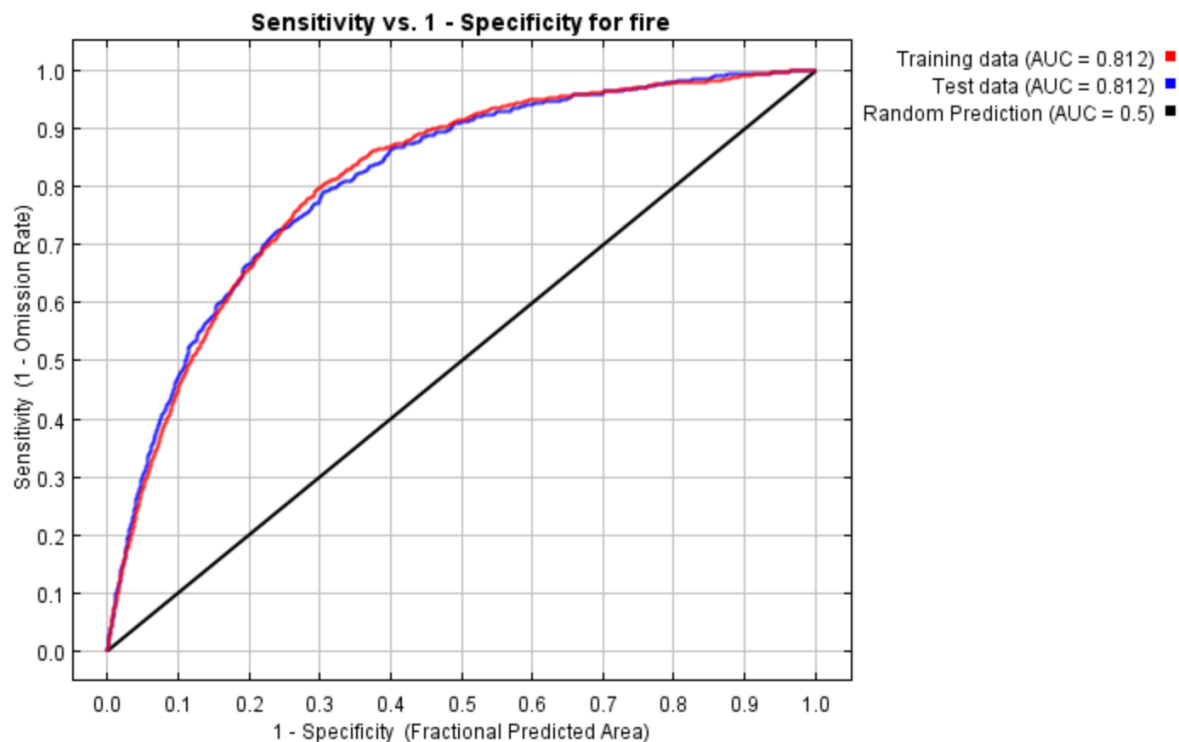
0 5 10 km

- 11 - Veoma visok stepen izgrađenosti
- 12 - Visok stepen izgrađenosti
- 21 - Četinarske šume (čiste)
- 22 - Pretežno četinarske šume
- 31 - Listopadne šume (čiste)
- 32 - Zimzelene šume (čiste)
- 33 - Pretežno lišćarske šume
- 40 - Grmlje (šibljak)
- 51 - Trajna travna vegetacija bez drveća
- 52 - Trajna travna vegetacija s malo drveća
- 53 - Trajna travna vegetacija s mnogo drveća
- 60 - Povremena travna vegetacija
- 70 - Lišajevi i mahovine
- 81 - Niski biljni pokrivač
- 82 - Srednji biljni pokrivač
- 90 - Površine bez vegetacije
- 100 - Voda
- 110 - Snijeg i led



**Slika 6.** Karta zemljišnog pokrivača Rožaje

Rezultati validacije pokazuju da model postiže vrijednost površine ispod ROC krive (AUC) od 0.812 za i trening i test skup podataka, što ukazuje na dobru diskriminacionu sposobnost modela u razlikovanju podložnih i nepodložnih područja. Ovakav rezultat potvrđuje da model nije preprilagođen (overfitted), već da generalizuje stabilno i pouzdano, dok je njegova prediktivna tačnost znatno viša od slučajne klasifikacije (AUC = 0.5).



**Slika 7.** Rezultat ROC-AUC validacije

Primjena metoda mašinskog učenja u procjeni podložnosti šumskim požarima ima niz značajnih prednosti. Prije svega, ove metode odlikuje visoka prediktivna moć, jer mogu otkriti složene i nelinearne obrasce u podacima koji su često nevidljivi tradicionalnim statističkim pristupima. Velika fleksibilnost omogućava im integraciju različitih tipova podataka od klimatskih i topografskih do vegetacionih i antropogenih, čime se dobija cjelovitija slika rizika. Osim toga, modeli mašinskog učenja mogu obraditi ogromne količine podataka, uključujući satelitske snimke i klimatske serije, što je posebno važno u regionalnim i nacionalnim analizama. Važna prednost je i objektivnost, jer se rezultati zasnivaju na stvarnim obrascima u podacima, a ne na subjektivnim procjenama.

Još jedna vrijednost ovih metoda jeste mogućnost identifikacije značaja kriterijuma. Modeli mogu rangirati pojedine faktore rizika i ukazati na to koji od njih imaju najveći uticaj na pojavu požara. Time se stvara bolja osnova za planiranje preventivnih mjera i upravljanje rizikom. Takođe, metode mašinskog učenja su prostorno i vremenski prilagodljive – mogu se primijeniti na

različitim skalama, od lokalnog do nacionalnog nivoa, i periodično ažurirati kako bi pratili promjene u uslovima životne sredine. Njihova kompatibilnost sa GIS alatima i daljinskom detekcijom dodatno ih čini praktičnim za savremene sisteme upravljanja požarima.

Međutim, ovaj pristup ima i svoja ograničenja. Najveći izazov predstavlja zavisnost od kvaliteta i dostupnosti ulaznih podataka – ukoliko su oni netačni, nepotpuni ili nedovoljno precizni, i sami modeli postaju manje pouzdani. Takođe, modeli mašinskog učenja često funkcionišu kao „crna kutija“, jer iako daju dobre rezultate, ne objašnjavaju uvijek jasno uzročno–posljedične odnose.

Postoji i rizik od preprilagođavanja (overfittinga), posebno kada se radi sa ograničenim brojem istorijskih podataka o požarima. U tom slučaju model može previše „naučiti“ specifičnosti prošlih događaja, a da pri tome izgubi sposobnost generalizacije i predviđanja budućih pojava. Osim toga, modeli ne uvažavaju uvijek sezonsku dinamiku i klimatske promjene, što ograničava njihovu dugoročnu primjenjivost. Upravo zato je potrebno posmatrati rezultate mašinskog učenja kao važan, ali ne i jedini alat u procjeni podložnosti šumskim požarima.

## 2 Identifikacija opožarenih zona pogodnih za pošumljavanje

### 2.1 Ulazni podaci i metodologija

Za izradu analize zona pogodnih za pošumljavanje korišćeni su različiti prostorni i satelitski izvori podataka, koji su omogućili obuhvatan i višedimenzionalan prikaz stanja na terenu. Odabrani podaci obuhvatili su informacije o vegetaciji, opožarenim površinama, topografiji i postojećem načinu korišćenja zemljišta. Kombinacija ovih slojeva predstavljala je osnovu za integrisanu evaluaciju pogodnosti i usklađivanje ekoloških i tehničkih kriterijuma.

Satelitski podaci o vegetaciji preuzeti su iz Sentinel-2 misije (Level-2A produkti). Zahvaljujući prostornoj rezoluciji od 10 m i spektralnim kanalima u vidljivom i infracrvenom dijelu spektra, ovi snimci omogućili su precizno izračunavanje indeksa NDVI. Na osnovu ovih vrijednosti identifikovane su površine niske, srednje i guste vegetacije, što je predstavljalo ključnu osnovu za prepoznavanje degradiranih područja pogodnih za pošumljavanje. Podaci o požarima dobijeni su iz baze MODIS/FIRMS (Fire Information for Resource Management System), koja omogućava globalno praćenje požara na osnovu satelitskih detekcija aktivnih žarišta. Korišćeni su i proizvodi EFFIS (European Forest Fire Information System) za prostorno potvrđivanje opožarenih zona. Ovi izvori zajedno omogućavaju uvid u dinamiku i prostornu distribuciju požara u prethodnim godinama, što je bilo presudno za identifikaciju površina sa najvećim prioritetom za obnovu. Topografski podaci obezbijeđeni su kroz digitalni model reljefa (DEM) rezolucije 30 m. DEM je poslužio kao osnova za izračunavanje nagiba i ekspozicije. Ovi parametri uključeni su u analizu kako bi se izdvojile površine tehnički izvodljive za pošumljavanje i istovremeno podložne erozionim procesima.

Podaci o zemljišnom pokrivaču kombinovani su iz više izvora. Kao glavni slojevi korišćeni su ESRI Land Cover podaci visoke prostorne rezolucije i Corine Blackbone +. Ovi slojevi omogućili su eliminaciju površina koje nijesu pogodne za pošumljavanje, poput urbanih zona, poljoprivrednog zemljišta, infrastrukturnih koridora, i vodenih površina. Na ovaj način obezbijeđena je pouzdana i višeslojna baza podataka, koja omogućava izvođenje precizne metodologije određivanja zona pogodnih za pošumljavanje i revitalizaciju degradiranih ekosistema.

### 2.2 Rezultati

Rezultati su pokazali da područje opštine Podgorica, zajedno sa Tuzima i Zetom (Slika 8), predstavlja prostor sa najvećim opožarenim i degradiranim površinama, jer je u proteklim godinama bilo najviše pogođeno šumskim požarima. Ove zone predstavljaju ključne prostore gdje prirodna regeneracija šuma nije dovoljna, te je neophodna planska intervencija kroz sadnju novih zasada.

Na prostoru Podgorice detektovani su brojni opožareni kompleksi, naročito na obodima grada i u rubnim brdskih i planinskim predjelima. Ovdje su požari ostavili za sobom velike degradirane površine koje se nisu u potpunosti obnovile, pa sada dominira oskudna vegetacija.

U Tuzima su uočene površine koje su u više navrata stradale od požara, što je dovelo do ozbiljne degradacije zemljišta i povećane osjetljivosti na eroziju.

Zeta je specifična jer su u njoj registrovani manji fragmenti degradiranih površina, ali oni imaju važnu ulogu u stvaranju tampon zona između naselja i poljoprivrednog zemljišta.

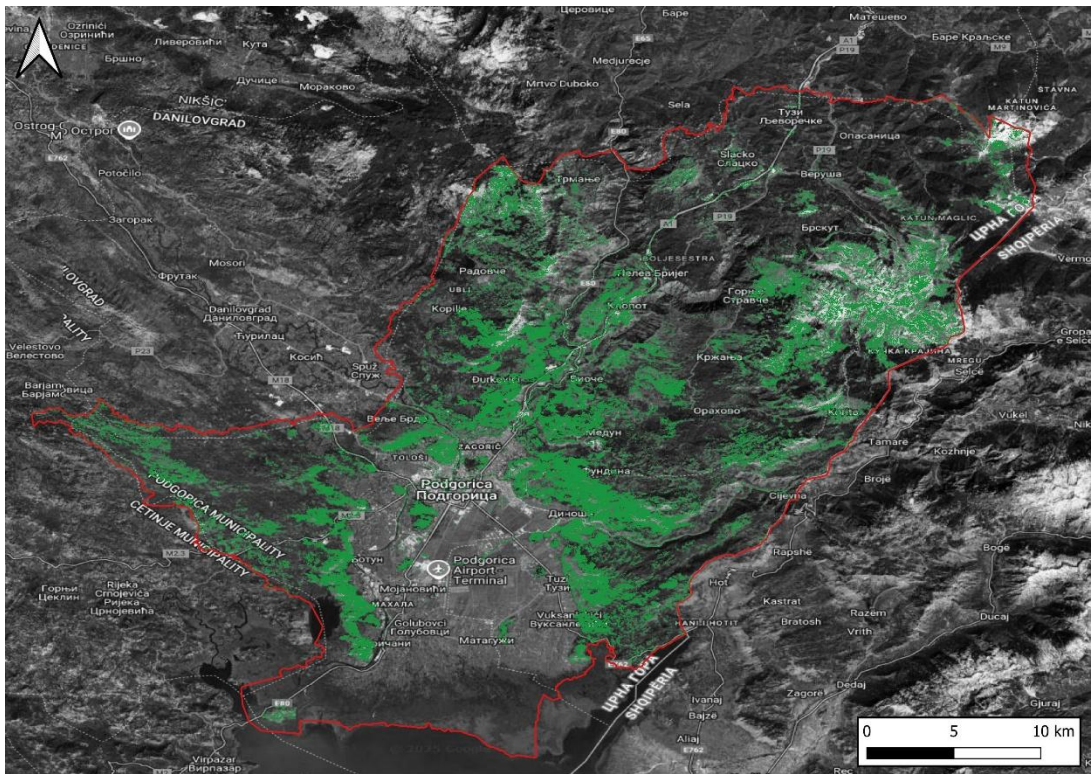
U Baru (Slika 9) su požari ostavili značajne opožarene komplekse u planinskim predjelima, gdje je degradacija posebno izražena i gdje su uočeni izraženi problemi sa obnovom vegetacije.

Za razliku od ovih područja, u Rožajama nije registrovana veća učestalost požara u posmatranom periodu (Slika 10). Vegetacioni pokrivač na ovom području pretežno je sačuvan, što potvrđuju i satelitske analize. NDVI vrijednosti pokazuju visok stepen očuvanosti šuma, dok degradirane površine zauzimaju mali procenat teritorije. Zbog toga Rožaje nijesu prepoznate kao prioritet za pošumljavanje, već kao primjer prostora gdje su šumski ekosistemi ostali stabilni i otporni na požare. Međutim, u tu su predložene lokacije za pošumljavanje.

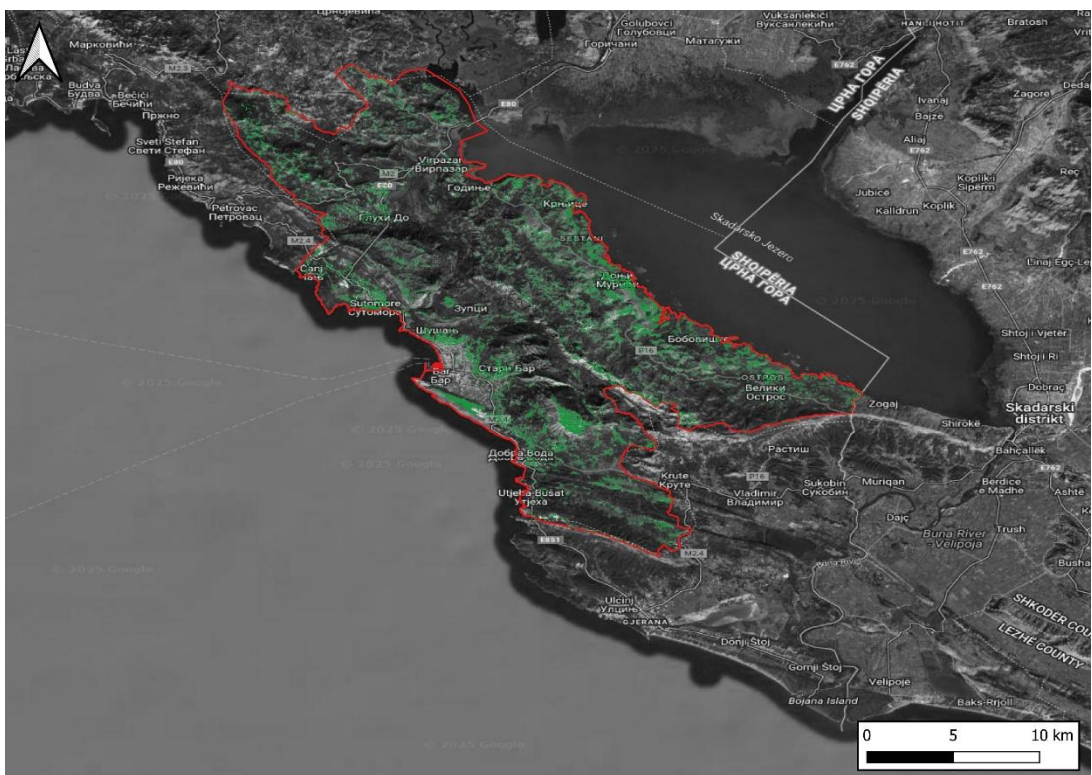
Ovakav kontrast između južnih i sjevernih opština ukazuje na prostornu specifičnost problema. Dok Podgorica, Tuzi, Zeta i Bar zahtijevaju intenzivne mjere obnove i planskog pošumljavanja, Rožaje predstavljaju područje gdje nije potrebna intervencija, ali gdje se mogu primijeniti preventivne mjere u cilju očuvanja postojećih šumskih resursa.

Dobijeni rezultati jasno pokazuju da pošumljavanje u južnim i centralnim opštinama nije samo mjera obnove šuma, već i instrument smanjenja erozije, očuvanja tla i jačanja otpornosti ekosistema na buduće požare. Istovremeno, analiza potvrđuje da postoje i prostori, poput Rožaja, gdje očuvani šumski ekosistemi predstavljaju prirodnu barijeru protiv degradacije, pa je njihovo očuvanje jednako važno kao i obnova na ugroženim područjima. I ovi rezultati su uvršteni u okviru lokalne WEB aplikacije.

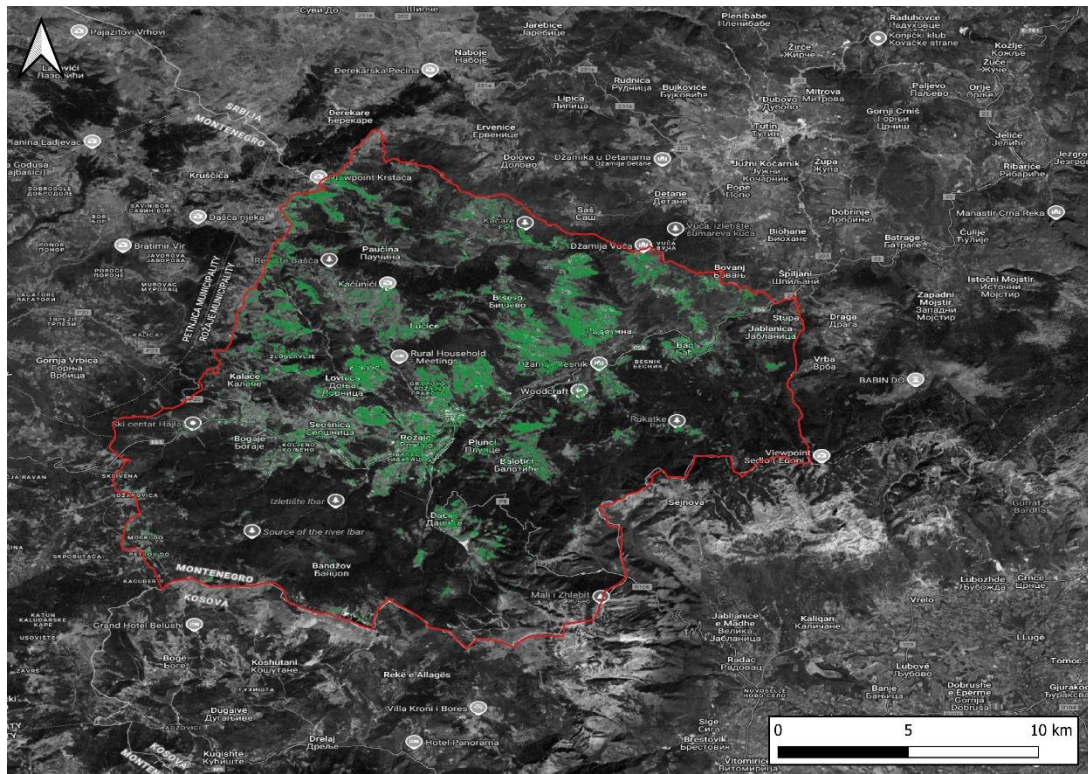
Metodološki pristup koji je primijenjen u identifikaciji zona pogodnih za pošumljavanje predstavlja model zasnovan na integraciji satelitskih i prostorno-ekoloških podataka, te samim tim nosi određena ograničenja. Rezultati su informativnog karaktera i ne mogu u potpunosti zamijeniti terenska istraživanja, jer za konačnu validaciju i odabir mikrolokacija za sadnju neophodno je provjeriti uslove tla, pristupačnost terena, prisustvo invazivnih vrsta i druge lokalne specifičnosti koje satelitski podaci ne mogu u potpunosti obuhvatiti. Ipak, ovako razvijen model pruža vrijednu polaznu osnovu za planiranje, jer omogućava brzo prepoznavanje prostornih prioriteta, smanjenje troškova i usmjeravanje pažnje na područja gdje su šanse za uspješno pošumljavanje najveće.



Slika 8. Zone pogodne za pošumljavanje u Podgorici sa Tuzima i Zetom



Slika 9. Zone pogodne za pošumljavanje u Baru



Slika 10. Zone pogodne za pošumljavanje u Rožajama

## Reference

1. Bivand, R., Pebesma, E., & Gómez-Rubio, V. (2013). *Applied spatial data analysis with R* (2nd ed.). Springer.
2. CHELSA Climate Data. (2023). *CHELSA v2.1 Bioclimatic variables* [Data set]. <https://chelsea-climate.org>
3. Copernicus Land Monitoring Service. (2023). *CLCplus Backbone 2023* [Data set]. <https://land.copernicus.eu>
4. European Environment Agency (EEA). (2018). *EU-DEM v1.1* [Data set]. <https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/eu-dem>
5. European Forest Fire Information System (EFFIS). (2024). *Burnt areas and active fire data* [Data set]. <https://effis.jrc.ec.europa.eu>
6. Friedl, M. A., & Sulla-Menashe, D. (2019). *MCD12Q1 MODIS Land Cover Type Product, Version 6* [Data set]. NASA EOSDIS Land Processes DAAC.
7. Giglio, L., Justice, C., Boschetti, L., & Roy, D. (2016). *MODIS Collection 6 Active Fire Product User's Guide*. NASA.
8. MUP. (2021). Procjena rizika od katastrofa u Crnoj Gori. Podgorica: Grafo Group D.O.O.
9. NASA FIRMS. (2024). *Fire Information for Resource Management System (FIRMS)* [Data set]. <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov>
10. OpenStreetMap contributors. (2024). *OSM Geospatial Database* [Data set]. <https://www.openstreetmap.org>
11. Sentinel-2 MSI. (2024). *Copernicus Sentinel-2 Mission, Level-2A Products* [Data set]. European Space Agency (ESA).
12. Vujović, F. (2022). Izrada GIS modela za kartiranje hazarda od šumskog požara (Master rad). Univerzitet Crne Gore, Filozofski fakultet, Nikšić.
13. Vujović, F. (2025). Comparative assessment of GIS-based multi-criteria decision analysis (AHP) and machine learning (MaxEnt) approaches for wildfire susceptibility modeling in Montenegro. Manuscript submitted for publication, *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences* (under review, 1st revision).
14. Vujović, F., Valjarević, A., Vila-Subirós, J., Šiljeg, A., & Lukić, T. (2024). Geospatial modeling of wildfire susceptibility on a national scale in Montenegro: A comparative evaluation of

F-AHP and FR methodologies. Open Geosciences, 16(1), 20220694.  
<https://doi.org/10.1515/geo-2022-0694>

15. Vujović, F. (u pripremi). Geoinformacione tehnologije u modelovanju preventivne zaštite od požara rastinja (Doktorska disertacija u pripremi). Univerzitet Crne Gore, Filozofski fakultet, Nikšić.