

Konačni izveštaj za projekat „Unapređenje sistema za zaštitu šuma od požara u Republici Srbiji“

UNIVERZITET U BEOGRADU ŠUMARSKI FAKULTET

29. Novembar 2017

Rukovodilac projekta: dr Slobodan Milanović

KONAČNI IZVEŠTAJ ZA PROJEKAT „UNAPREĐENJE SISTEMA ZA ZAŠTITU ŠUMA OD POŽARA U REPUBLICI SRBIJI“

Konačni izveštaj za projekat „Unapređenje sistema za zaštitu šuma od požara u Republici Srbiji“ | 29. Novembar 2017

Informacije o podnosiocu prijave projekta	
Naziv institucije:	Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet
Adresa:	Kneza Višeslava 1, 11000 Beograd

Napomena: Ukoliko ima više ovlašćenih podnosilaca prijave projekta ovu informaciju popuniti za svakog podnosioca.

Naziv projekta:	Unapređenje sistema za zaštitu šuma od požara u RS
-----------------	--

Tip projekta:	<input checked="" type="checkbox"/> Razvojni	<input type="checkbox"/> Edukacija
	<input type="checkbox"/> Ekspertiza	<input type="checkbox"/> Promocija
	<input type="checkbox"/> Studija	<input type="checkbox"/> Ostalo

RUKOVODILAC PROJEKTA	
Prezime i ime:	dr Slobodan Milanović

Telefon:	011- 3053882
Mobilni telefon:	+381 63 888 6119
e-mail:	slobodan.milanovic@sfb.bg.ac.rs
Funkcija u organizaciji:	Rukovodilac Centra za istraživanje šumskih požara, Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet
Napomena:	
PROJEKAT ODOBRILO (ODGOVORNO LICE)	
Prezime i ime:	dr Ratko Ristić
Funkcija u organizaciji:	Dekan

PROJEKATNI TIM:			
R. br.	Ime i prezime, zvanje	Potpis	Angažovanje (istraživač/ meseci)
1.	Dr Slobodan Milanović, docent (ŠF-KZŠ)		8
2.	Ana Mihalović, dipl. meteorolog. (RHMZ)		3
3.	Nenad Marković, dipl. inž. šum. (JP SŠ)		3
4.	Ljiljana Vamović, dipl. inž. šum. (JP Š)		3
5.	Dr Slađan Milanović, (IMI- Biomedicinski inženjering i biofizika)		2

6	Dr Jovana Bjekić (IMI- Biomedicinski inženjering i biofizika)		2
7	Dubovac Đorđe, inž. šum.master student (ŠF-KZŠ)		2

Predlog dinamike sprovođenja projekta od momenta potpisivanja ugovora	
Vremenski period potreban za početak realizacije projekta:	15 dana
Vremenski period potreban za završetak projekta:	8 meseci
Najkasniji rok za početak aktivnosti u projektu (upisati datum):	15/04/2017
Vreme trajanja projekta:	8 meseci
Da li je projekat nastavak prošlogodišnjeg? (upisati da ili ne)	ne

Predlog iznosa sredstava za finansiranje projekta (budžet projekta)	
Iznos ukupnog budžeta projekta (u DIN):	1,665,000.00
Iznos dela sredstava za 1. godinu projekta (u DIN):	1,665,000.00
Iznos dela budžeta projekta koji se finansira iz sredstava za zaštitu i unapređenje šuma (ukoliko je obezbeđeno sufinansiranje) (u DIN):	

SADRŽAJ:

UVOD	5
REZULTATI ISTRAŽIVANJA	7
I) IZBOR OPTIMALNOG SISTEMA ZA PROGNOZIRANJE OPASNOSTI OD POŽARA U NAŠIM USLOVIMA	7
1. KANADSKI INDEKS OPASNOSTI OD POJAVE ŠUMSKIH POŽARA (FWI)	7
2. MCARTHUR INDEKS OPASNOSTI OD POJAVE ŠUMSKIH POŽARA	10
3. NESTEROV INDEKS	10
4. AMERIČKI NACIONALNI SISTEM ZA PROCENU OPASNOSTI OD POŽARA (NFDRS)	11
II) TESTIRANJE IZABRANOG SISTEMA NA UZORKU POŽARA	19
III) RANGIRANJE NAJZNAČAJNIJIH PRIRODNIH I ANTROPOGENIH FAKTORA ZA POJAVU I PONAŠANJE POŽARA	44
IV) IZBOR OPTIMALNOG SISTEMA ZA RANU DETEKCIJU POŽARA	48
ANALIZA POSTOJEĆIH SISTEMA ZA RANU DETEKCIJU POŽARA	48
ZAKLJUČNA RAZMATRANJA I PREDLOG	56
PRILOG	57
KALIBRACIJA SA 4 KATEGORIJE RIZIKA	66
LITERATURA	77

Šumski požari predstavljaju najgori vid devastacije šumskih ekosistema. U vrlo kratkom vremenskom periodu mogu da nestanu velike površine pod šumom sa katastrofalnim posledicama po životnu sredinu. Pored direktnih šteta usled uništene drvene mase, bivaju narušene i sve ostale funkcije šume, pa se ukupna šteta mnogostruko uvećava. Nakon požara, vrlo često beležimo eskalaciju drugih destruktivnih faktora, kao što su prenamnožanja insekata i biljnih bolesti, koji dodatno destabilizuju opožarene i neopožarene površine, čime se štete znatno uvećavaju. Sa smanjenjem površina pod šumom znatno se povećava i opasnost od bujičnih tokova u brdskim predelima i poplava u nizijama.

Statistički podaci pokazuju da se učestalost požara, kao i ukupna opožarena površina, povećava iz godine u godinu. Rast opasnosti i šteta od požara se može dovesti u vezu sa klimatskim promenama. S obzirom na klimatske scenarije, koji predviđaju rast prosečnih temperatura od 4-6° C do kraja ovog stoleća, smanjenje ukupne količine padavina i njihovu neravnomernu distribuciju tokom godine sa dugim periodima suše tokom leta, može se očekivati dodatno povećanje učestalosti i opožarenih površina na području Srbije. S obzirom da u Srbiji ne postoji sistem prognoziranja opasnosti od požara, izgradnja jednog ovakvog sistema se nameće kao imperativ.

Da bi se predupredile štete po šumu ali i po čitavo društvo, neophodno je izgraditi savremeni sistem zaštite šuma od požara kojim bi se štetne posledice svele na najmanju moguću meru. Ovaj sistem mora da omogući prognozu opasnosti od požara na osnovu koje moguće vršiti alokaciju ljudskih i materijalnih resursa neophodnih za brzo i efikasno gašenje požara iz područja sa nižim rizikom u područja sa višim rizikom. Kada se na ovakav način izdvoje područja sa povišenom opasnošću od požara, intenziviranjem osmatranja će biti moguća rana detekcija nastalih požara, što dovodi do smanjenje površina zahvaćenih požarom usled brže intervencije vatrogasaca.

Požari kao najdestruktivniji izazivač šteta u šumi svake godine odnose u nepovrat na stotine i hiljade hektara naših šuma. Samo tokom. 2007. godine registrovano je 258 šumskih požara na površini od 33.000 hektara rastinja (16.000 hektara pod šumama), pri čemu su ovi požari izazvali štetu od oko 40 miliona evra a za sanaciju je bilo potrebno utrošiti još 24 miliona evra dok indirektna šteta nije procenjivana. Imajući u vidu klimatske promene gde kao posledicu gotovo svake pete godine imamo povećanu učestalost šumskih požara, kao na primer 2002, 2007 i 2012. pa i ove 2017. godine, mogu se očekivati sve češće štete slične onim zabeleženim 2007. godine. Realizacijom ovog projekta napravljen je prvi značajan korak u sistemskom rešavanju ovog problema tako što će se definisati način na koji će se pristupiti rešavanju problema prognoze pojave požara i kao i rane detekcije nastalih požara.

Rezultati ovog projekta omogućavaju realizaciju naredne faze, koja bi trebalo da dovede do razvoja i implementacije sistema za prognozu opasnosti od šumskih požara na teritoriji cele države, što bi trebalo trajno da reši ovaj nedostatak u sektoru šumarstva.

U prijavi projekta definisani su sledeći ciljevi:

- I. Izbor optimalnog sistema za prognoziranje opasnosti od požara i njegovo testiranje u našim uslovima
- II. Rangiranje faktora koji utiču na pojavu i ponašanje požara
- III. Izbor optimalnog sistema za ranu detekciju požara

Za realizaciju ovih ciljeva bile su planirane sledeće aktivnosti

1. Analiza postojećih sistema za prognozu opasnosti od požara
2. Analiza domaćih resursa neophodnih za primenu pojedinih sistema
3. Retrospektivna analiza požara u prethodnom periodu
 - a. Analiza prirodnih faktora koji utiču na pojavu i ponašanje požara
 - b. Analiza antropogenih faktora koji utiču na pojavu i ponašanje požara
4. Izbor optimalnog sistema i njegovo testiranje na uzorku
5. Analiza postojećih sistema za ranu detekciju opasnosti od požara
6. Analiza domaćih resursa neophodnih za primenu pojedinih sistema

1) IZBOR OPTIMALNOG SISTEMA ZA PROGNOZIRANJE OPASNOSTI OD POŽARA U NAŠIM USLOVIMA

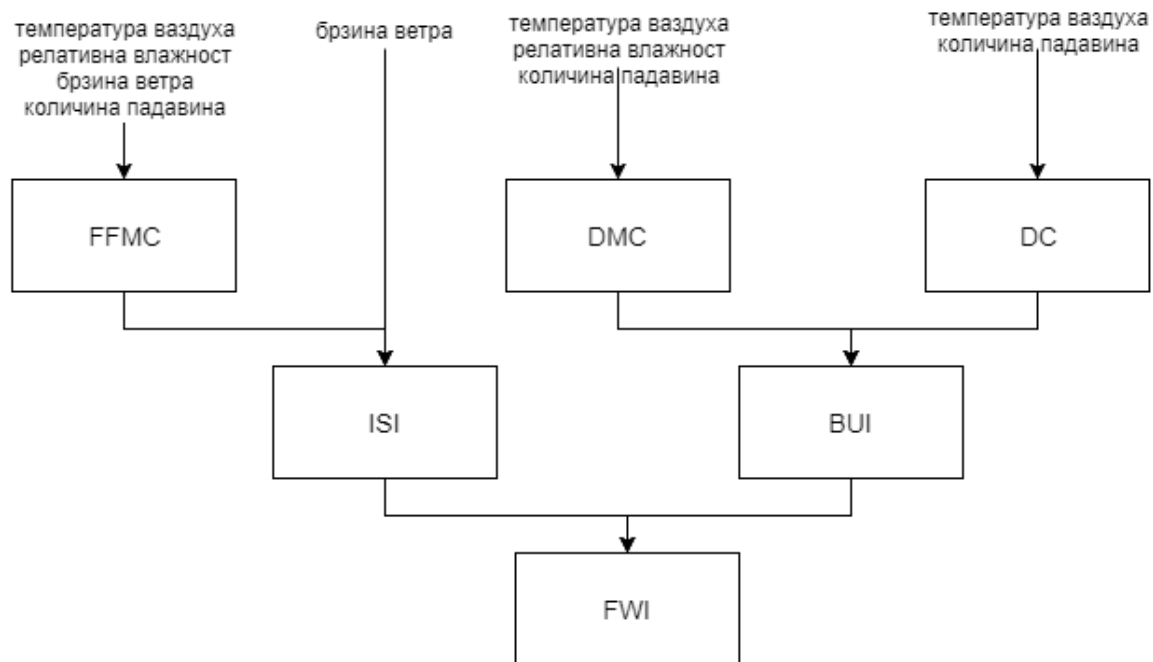
Postoje različiti sistemi za prognoziranje opasnosti od požara. Većina koristi meteorološke podatke kao što su temperatura, relativna vlaga, padavine u proteklom periodu i dr., kao i karakteristike vegetacije, odnosno gorivog materijala, za prognoziranje opasnosti od požara. Za njihovu primenu neophodna je i odgovarajuća infrastruktura bez koje ne mogu da funkcionišu, kao što je neophodna gustina mernih mesta na kojima se prikupljaju podaci o vremenskim prilikama. Pored toga, za njihovu primenu u našim uslovima mora da postoji minimalna kompatibilnost tipova vegetacije za koje su razvijani sa vegetacijom u Srbiji. Zato je neophodno na samom početku realizacije projekta napraviti detaljnu analizu najčešće korišćenih sistema prema njihovim infrastrukturnim zahtevima, ali i po tipovima gorivog materijala za koje su razvijani kako bi mogao da se izabere optimalni sistem za naše uslove. Jedan od ciljeva istraživanja u ovoj fazi bilo je i sagledavanje nedostataka analiziranih sistema.

1. KANADSKI INDEKS OPASNOSTI OD POJAVE ŠUMSKIH POŽARA (FWI)

Kanadski sistem procene opasnosti od pojave šumskih požara (The Canadian Forest Fire Danger Rating System - CFFDRS) razvija se u Kanadi od 1968. godine. Deo sistema CFFDRS, kanadski indeks opasnosti od pojave šumskih požara (Canadian Forest Fire Weather Index - FWI), je u operativnoj upotrebi širom Kanade od 1971. godine (Turneret *al.*, 1978).

Svrha FWI sistema je da objasni efekte prethodnih i trenutnih meteoroloških uslova na šumski gorivi materijal i šumske požare. Sistem koristi meteorološke elemente i pojave, temperaturu vazduha, relativnu vlažnost vazduha, brzinu vetra i 24-časovnu količinu padavina izmerene oko podneva po lokalnom vremenu (merenja u 12 UTC). Ove vrednosti se koriste da se predvidi maksimum uslova za gorenje šumskog materijala koji se dešava tokom najtoplijeg dela dana, oko 16 časova po lokalnom vremenu (de Groot, 1987).

FWI sistem se sastoji od šest komponenata (Slika 1.), tri pokazatelja vlažnosti šumskog goriva i tri pokazatelja ponašanja požara.



Slika 1: Komponente Indeksa opasnosti od pojave šumskih požara

Svaka od šest komponenata je definisana tako da veća vrednost ukazuje na veće uslove za pojavu požara.

POKAZATELJI VLAŽNOSTI ŠUMSKOG GORIVA

Pokazatelji vlažnosti šumskog goriva predstavljaju stepen vlažnosti tri klase šumskog goriva standardnog tipa (kanadski bor): finog, srednjeg i krupnog. Pokazatelji vlažnosti računaju efekat dnevnog sušenja ili vlaženja goriva. Da bi se uzelo u obzir zatečeno stanje vlažnosti šumskog goriva, sistem uzima kao ulazne podatke i pokazatelje vlažnosti šumskog goriva izračunate za prethodni dan.

Pokazatelj vlažnosti finog goriva (Fine Fuel Moisture Code - FFMC) predstavlja sadržaj vlažnosti u prostirci i drugom finom gorivu u sloju do dubine 1-2 cm.

Na fina goriva utiču temperatura vazduha, relativna vlažnost vazduha, brzina vetra i količina padavina. Količina padavina koja utiče na vlaženje finog goriva je veća od 0.5 mm.

Brzina kojom goriva gube vlažnost meri se vremenom zaostajanja. Vreme zaostajanja je period potreban da gorivo izgubi 2/3 sadržaja slobodne vlažnosti pri izmerenim vrednostima temperature vazduha 21°C, relativne vlažnosti vazduha 45% i brzine vetra 3.6 m/s. Vreme zaostajanja za FFMC je 2/3 dana.

Pošto požari obično počinju i šire se u sloju finog goriva, FFMC predstavlja meru zapaljivosti goriva i pojave požara.

Pokazatelj vlažnosti srednjeg goriva (Duff Moisture Code - DMC) predstavlja sadržaj vlažnosti slabo kompaktnih organskih slojeva umerene dubine, 5-10 cm. Pošto se ovi slojevi nalaze ispod sloja finog goriva, brzina vetra ne utiče na vlažnost srednjeg goriva. Na sadržaj vlažnosti srednjeg goriva utiče količina padavina veća od 1.5 mm.

Vreme potrebno da srednje gorivo izgubi 2/3 sadržaja slobodne vlažnosti je 12 dana. Zbog sporijeg sušenja u proračun je uključen i faktor dužine dana koji zavisi od doba godine.

Pokazatelj vlažnosti krupnog goriva (Drought Code - DC) je indikator sadržaja vlažnosti u dubokim, kompaktnim organskim slojevima, 10-20 cm dubine. Brzina vetra i relativna vlažnost vazduha ne utiču na vlažnost krupnog goriva zbog dubine sloja goriva. Na sadržaj vlažnosti srednjeg goriva utiče količina padavina veća od 2.8 mm.

Krupna goriva veoma sporo gube vlažnost. Vreme zaostajanja je 52 dana. Zbog veoma sporog sušenja u proračun je takođe uključen i faktor dužine dana koji zavisi od doba godine.

DC je indikator dugoročnih uslova vlažnosti. Požari koji su zahvatili duboko krupno gorivo teško se gasi i izuzetan su problem za kontrolu.

POKAZATELJI PONAŠANJA POŽARA

Indeks početnog širenja (Initial Spread Index - ISI) predstavlja kombinovani uticaj brzine vetra i pokazatelja vlažnosti finog goriva i ukazuje na očekivanu brzinu širenja požara nakon njegovog izbijanja.

Indeks ukupnog goriva (Buildup Index - BUI) je kombinacija pokazatelja vlažnosti srednjeg i krupnog goriva i predstavlja ukupnu raspoloživu količinu goriva dostupnu požaru koji se širi. Često se koristi za preduzimanja mera za sprečavanje i gašenje požara.

Indeks opasnosti od pojave šumskog požara (Fire Weather Index - FWI) je kombinacija indeksa početnog širenja i indeksa ukupnog goriva. Ovaj indeks je numerički pokazatelj potencijalnog intenziteta

vatre u standardnom tipu goriva. Ukazuje na intenzitet vatre kombinovanjem stope širenja požara sa ukupnom količinom goriva.

Jednačine za proračun komponenata FWI sistema, program napisan u programskom jeziku FORTRAN 95, kao i kratak istorijat razvoja FWI sistema mogu se naći u Wang *et al.*, (2015). Program je prilagođen istovremenom proračunu dnevnih vrednosti komponenata FWI sistema za više mernih stanica.

2. McArthur indeks opasnosti od pojave šumskih požara

Opasnost od šumskih požara u Australiji se uglavnom procenjuje na osnovu McArthur indeksa opasnosti od pojave šumskih požara. McArthur indeks opasnosti je počeo da se razvija 1958. godine. Verzija na kojoj se zasniva indeks opasnosti od pojave šumskih požara (The Forest Fire Danger Index - FFDI) često se naziva Mark 5. Na osnovu McArthur indeksa opasnosti od pojave šumskih požara razvijene su jednačine za računanje FFDI, kao i ostalih relevantnih komponenata sistema: brzinu širenja požara, visinu plamena i udaljenost od fronta požara (Noble *et al.*, 1980).

FFDI zavisi od osmotrene temperature vazduha, relativne vlažnosti vazduha, brzine vetra i faktora suše. Faktor suše se računa na osnovu Keetch-Byram indeksa suše KDBI (Keetch and Byram, 1968), osmotrene količine padavina u prethodna 24 sata i broja dana od osmotrenih padavina. Za proračun KDBI potrebna su osmatranja dnevne maksimalne temperature vazduha, količine padavina u prethodna 24 sata, prosečna godišnja količina padavina za posmatranu oblast i KDBI od prethodnog dana.

Faktor suše je indikator dostupnosti goriva za sagorevanje na osnovu pretpostavke da će povećanje suše dovesti do povećanja raspoloživog goriva. Od 2002. godine u operativnoj upotrebi koristi se jednačina koju je unapredio Griffiths (Yeo *et al.* 2014).

Veličina indeksa opasnosti od pojave požara je direktno proporcionalna brzini širenja požara u šumi eukaliptusa, na ravnom terenu. U drugim tipovima šumske vegetacije, taj odnos sa brzinom širenja požara može da varira. Indeks je podeljen u pet klasa opasnosti na osnovu težine suzbijanja požara (raspon 0-100).

3. NESTEROV INDEKS

Nesterov indeks, koji se koristi prvenstveno u Rusiji (Groisman *et al.*, 2007), razvijen je 1949. godine. Indeks je funkcija temperature vazduha, temperature tačke rose i količine padavina. Formula se sastoji od dva dela: prvi je dnevni priraštaj zasnovan na razlici temperature vazduha i temperature tačke rose pomnožen

sa temperaturom vazduha; drugi je kumulativna suma dnevnih priraštaja od poslednjeg dana sa količinom padavina većom od 3 mm.

Dok se kumulativna suma formalno koristi kao Nesterov indeks, vrednost dnevnog priraštaja može se posmatrati kao relativni pokazatelj suvoće finih goriva i dobar je pokazatelj lakoće paljenja. Kumulativna suma, koja postaje jednaka 0 kada je dnevna količina padavina veća od 3 mm, je relativni pokazatelj kumulativnog sušenja goriva srednje veličine.

Resetovanje indeksa na 0 ograničava ga da bude pokazatelj dugoročnog deficita padavina. Zato su razvijeni modifikovani indeksi koji računaju sumu dnevnih priraštaja na osnovu šireg spektra količine padavina, Zhdanko indeks i modifikovani Nesterov indeks (Groisman *et al.*, 2007).

4. AMERIČKI NACIONALNI SISTEM ZA PROCENU OPASNOSTI OD POŽARA (NFDRS)

Američki nacionalni sistem za procenu opasnosti od požara National Fire Danger Rating System (NFDRS) implementiran 1972. godine, zasnovan je modelu širenja požara razvijenog od strane Rothermel-a (Bradshaw *et al.*, 1983). Sistem koristi osnovna meteorološka osmatranja (temperaturu vazduha, relativnu vlažnost, brzinu vetra i količinu padavina) kao ulaz za proračun osnovnih komponenata celokupnog sistema. Dodatna osmatranja potrebna za proračun su oblačnost, minimalna i maksimalna temperatura i relativna vlažnost u prethodna 24 sata i trajanje padavina. Ova osmatranja služe za procenu sadržaja vlage goriva različite veličine.

Sistem zahteva procenu vlažnosti živog goriva koje zavisi od tipa vegetacije (trava ili zeljaste biljke i žbunje). Za mrtva goriva vlažnost se procenjuje na osnovu veličine goriva koja odgovara vremenu zaostajanja, tj. vremenu potrebnom da gorivo izgubi 2/3 od početnog sadržaja vlažnosti (1, 10, 100 i 1000 sati). Korišćenjem odgovarajućeg modela vlažnosti goriva, sistem omogućava proračun konačnih pokazatelja ponašanja požara za široki opseg tipa goriva.

Izlazi iz sistema su tri komponente ponašanja požara. Komponenta širenja (Spread Component - SC) je brzina širenja požara iz Rothermel modela. Komponenta oslobođene energije (Energy Release Component - ERC) predstavlja energiju po jedinici površine oslobođenu tokom požara. Indeks gorenja (Burning Index - BI) je mera intenziteta požara i podešen je tako da predstavlja 10 puta očekivanu dužinu plamena požara.

Pored toga, računaju se i komponenta paljenja (Ignition Component - IC), indeksi pojave požara izazvani ljudskim faktorom i grmljavinom, kao i indeks opterećenja od požara (Fire Load Index - FLI). FLI predstavlja meru ukupnog napora potrebnu za suzbijanja svih mogućih požara unutar posmatranog područja u toku jednog dana.

Prilikom izbora odgovarajućeg sistema za prognoziranje opasnosti od šumskih požara U Srbiji koristili smo se sledećim kriterijumima:

1-Sistem može da se primenjuje u našim uslovima korišćenjem postojećih kapaciteta ili uz njihovu manju nadogradnju- ne više od 30% postojećih kapaciteta

2-Izabrani sistem može da se koristi za prognozu opasnosti za tipove vegetacije prisutne u našoj zemlji-sa ili bez adaptacije

3-sistem je kompatibilan sa sličnim sistemima u okruženju i u Evropi

Tabela 1. Rangiranje sistema za prognoziranje opasnosti od požara

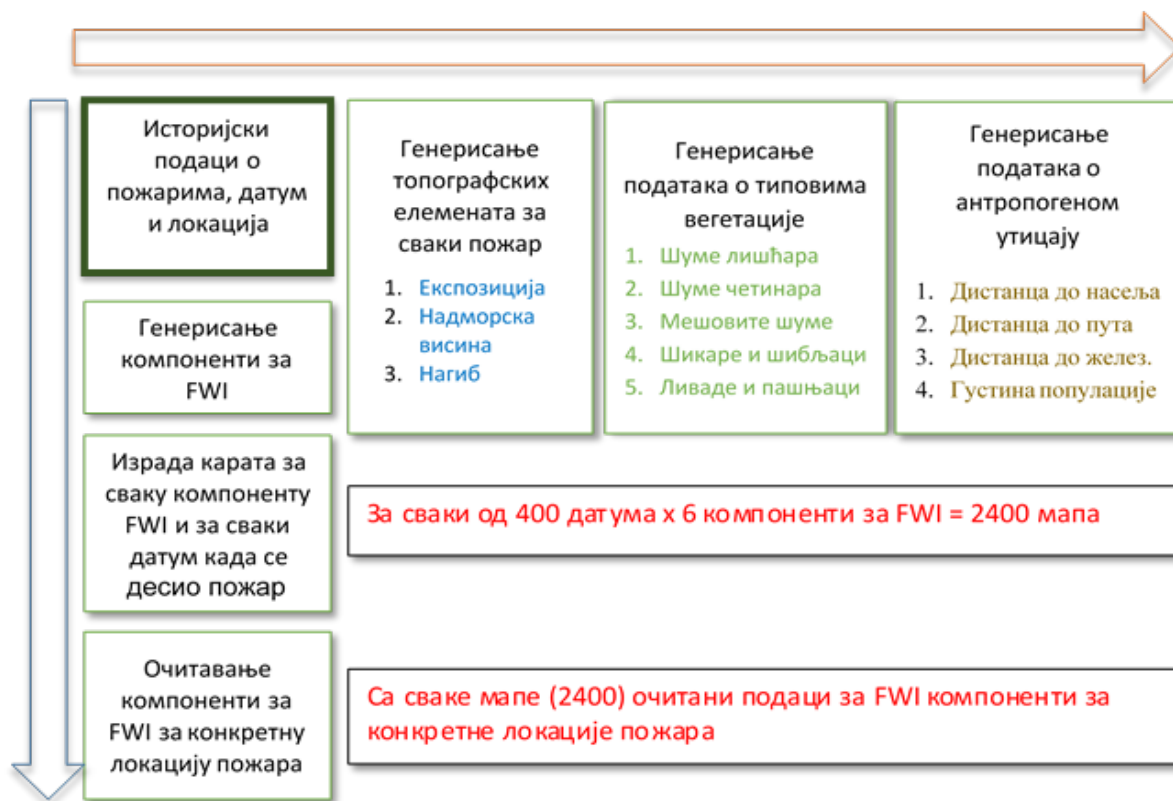
Oznaka sistema	Kriterijum 1	Kriterijum 2	Kriterijum 3
FWI	DA	DA	DA
McArthur	DA	NE	NE
Nester	NE	DA	NE
NFDRS	DA	DA	NE

Primenom ovih kriterijuma izdvojili smo kanadski sistem za prognozu opasnosti od požara koji bi uz izvesne adaptacije mogao da se koristi u našim uslovima.

Kao što smo i pretpostavili u prijavi Projekta, ispostavilo se kao tačno da će bilo koji od postojećih sistema moći da se primeni u našim uslovima bez ikakve adaptacije u postojećem stanju samo kroz transfer tehnologije. Zato je jedan od ciljeva u ovoj fazi realizacije projekta bio testiranje izabranog sistema u našim uslovima kako bi se poboljšala efikasnost prognoze opasnosti od požara.

Pre testiranja je bilo neophodno napraviti jednu retrospektivnu analizu požara u Srbiji. Ta analiza je podrazumevala sledeće postupke koji su prikazani u shemi 1.

Najpre su prikupljeni podaci o datumima i lokacijama kada su se požari desili, u početku samo za 2012.godinu, a kasnije za potrebe kalibracije je set podataka proširen sa požarima za period 2013-2016., da bi na kraju bili obrađivani i podaci o požarima iz tekuće 2017. godine.



Shema 1. Sprovedene procedure tokom retrospektivne analize požara

Iz baze podataka koja se ažurira u Generalnoj direkciji JP „Srbijašume“, izvučen je set podataka o požarima po godinama sa atributima prikazanim u tabeli 2.

Tabela 2. Spisak atributi korićenih za analizu retrospektivnu analizu požara i njihov opis

Naziv atributa u bazi podataka	Opis atributa
GOD	Godina
ID_P	ID požara
OPOŽARENA_POVRŠINA	Opožarena površina
ŠUM_GAZ	Šumsko gazdinstvo
ŠUM_UPR	Šumska uprava
GJ_Naziv	Naziv gazdinske jedinice
GJ	Šifra gazdinske jedinice
GisOdsek	Šifra odseka
Odeljenje	Odeljenje
Odsek	Odsek
uzrok	Uzrok požara

vrsta	Vrsta požara
DATUM_pojave_požara	Datum pojave požara
DATUM_gašenja_požara	Datum gašenja požara
TROŠKOVI_GAŠENJA_POŽARA	Troškovi gašenja požara
Br_gasioca_SRBijasUME	Broj gasioca iz JP Srbijašume
Br_gasioca_MUP	Broj gasioca iz MUP-a
Br_gasioca_OSTALI	Broj gasioca ostalo
Ukupno_gasilaca	Ukuno gasilaca
Vlasništvo	Vlasništvo
Poreklo	Poreklo
StrukturaPovrsine	Struktura površine
OKRUG	Okrug
PO	Politička opština
KO	Katastarska opština
Matični_broj_naselja	Matični broj naselja
Broj_stanovnika	Broj stanovnika
Broj_domaćinstava	Broj domaćinstava
X	X koordinata požara u Gaus-Kriggerovoj projekciji
Y	Y koordinata požara u Gaus-Kriggerovoj projekciji
X_Lat	X koordinata požara u WGS 1984 projekciji
Y_Lon	Y koordinata požara u WGS 1984 projekciji

Za svaku od posmatranih godina (2012 – 2017) formirana je posebna geobaza i u njoj, na osnovu koordinata o lokacijama požara, formiran tačkasti sloj požara za odgovarajuću godinu, sa gore navedenim podacima u tabeli atributa. Ovom slojevima, upotrebom odgovarajućih GIS alata, pridružen je niz novih atributa preklapanjem sa odgovarajućim rasterskim i/ili vektorskim slojevima:

1. Generisanje topografskih elemenata za svaki požar – nadmorska visina, ekspozicija i nagib

Za generisanje topografskih elemenata korišćen je digitalni elevacioni model (DEM) preciznosti 3 ArcSEC. Iz ovog rasterskog sloja koji sadrži podatke o nadmorskoj visini svakog piksela, primenom odgovarajućih GIS alata, kreirani su rasteri ekspozicije i nagiba. Preklapanjem sloja požara sa ovim rasterima, dobijeni su podaci o nadmorskoj visini, ekspoziciji i nagibu svake lokacije požara

2. Generisanje podataka o tipovima vegetacije

Za generisanje podataka o tipovima vegetacije korišćeni su podaci CORINE-e 2012 i podaci iz geobaze o gazdinskim jedinicama JP „Srbijašume“. Presekom sloja požara sa slojem (slojevima) iz CORINE i geobaze o gazdinskim jedinicama dobijeni su podaci o tipu vegetacije svake lokacije požara.

3. Generisanje podataka o antropogenom uticaju

Podaci o antropogenom uticaju koji su pridruživani svakoj lokaciji požara su:

- distanca do naselja
- distanca do puta
- distanca do železničke pruge
- gustina populacije

Sloj požara preklopljen je sa vektorskim slojevima naselja, puteva i železničkih pruga. Odgovarajućim GIS alatima ustanovljene su najkraće distance od lokacija požara do objekata ovih slojeva. U tu svrhu korišćene su Google mape, gde je nakon pozicioniranja svakog požara mereno rastojanje do najbližeg naselja, tvrdog puta, zemljanog puta i vodotoka. Potom su svakom požaru pridruženi podaci o broju stanovnika i domaćinstava koji su preuzeti sa sajta (<http://popis2011.stat.rs/>)

4. Generisanje podataka o FWI

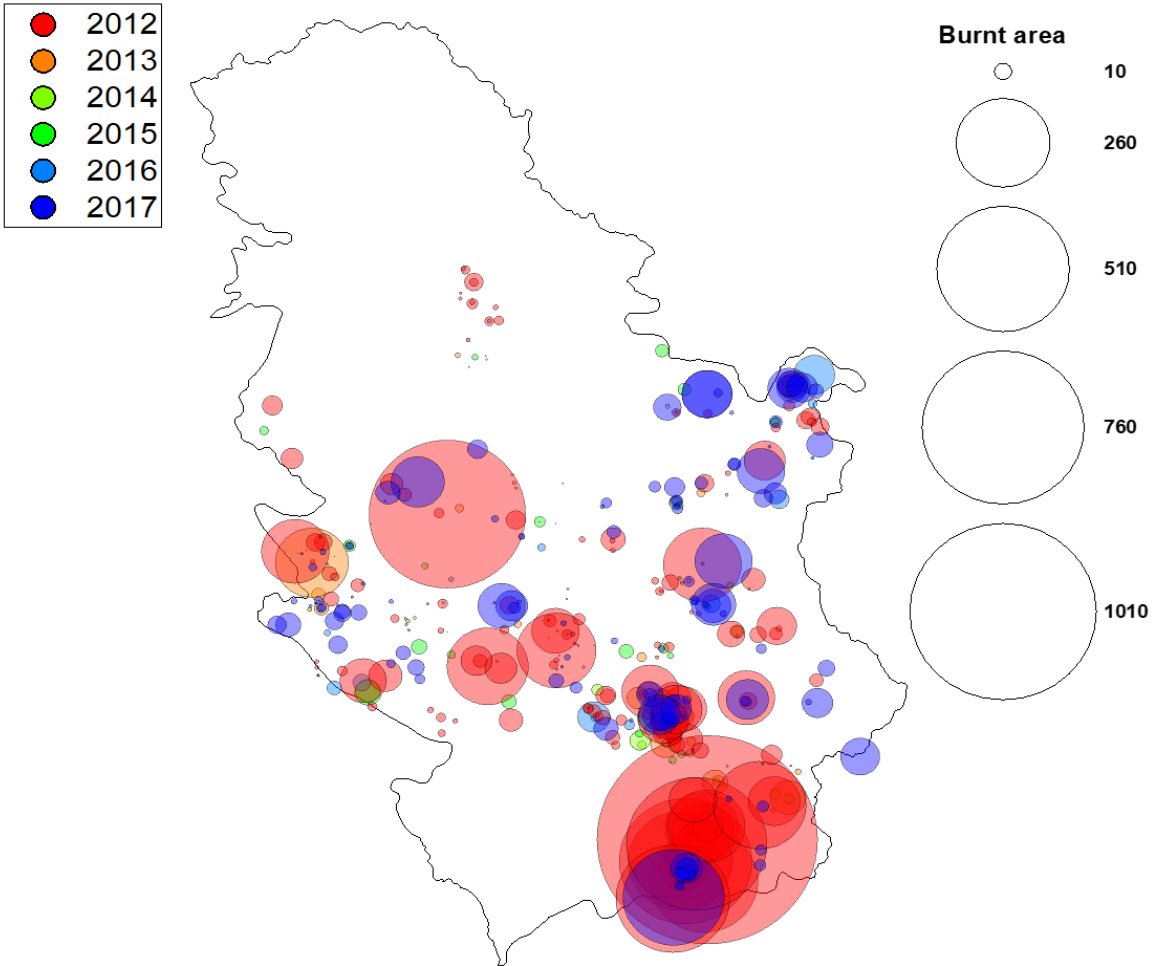
Podaci o komponentama FWI sistema dobijeni su za svaki datum pojave požara od 2012 do 2016 (7) godine za 24 meteorološke stanice na teritoriji Republike Srbije. Podaci su objedinjeni u već navedene geobaze po godinama (2012 – 2017), pri čemu su formirani tačkasti slojevi meteoroloških stanica na osnovu priloženih koordinata meteoroloških stanica i to za svaki datum pojave požara. Dakle sojeva je bilo koliko i datuma pojave požara. U tabelama atributa ovih slojeva nalazili su se podaci o šest komponenti FWI sistema. Za svaki tačkasti sloj meteoroloških stanica, interpolacijom svake od šest komponenti FWI sistema je kreiran rasterski sloj u kome je svaki piksel nosio interpolovan podatak o odgovarajućoj komponenti FWI sistema. Dakle, za svaki datum pojave požara dobijeno je po šest rasterskih slojeva sa interpolovanim podacima za svaku komponentu FWI sistema.

U daljem postupku, preklapanjem slojeva požara sa rasterskim slojevima dobijenim interpolacijom, svakoj lokaciji požara pridruživan je podatak o šest komponenti FWI sistema, po datumima. Na ovaj način tabele atributa slojeva požara proširene su i za podatke FWI sistema.

Ovako proširene tabele atributa podacima o nadmorskoj visini, ekspoziciji, nagibu, distanci do naselja puteva, distanci do puteva, distanci do železničkih pruga i komponentama FWI sistema, korišćene su u daljim analizama.

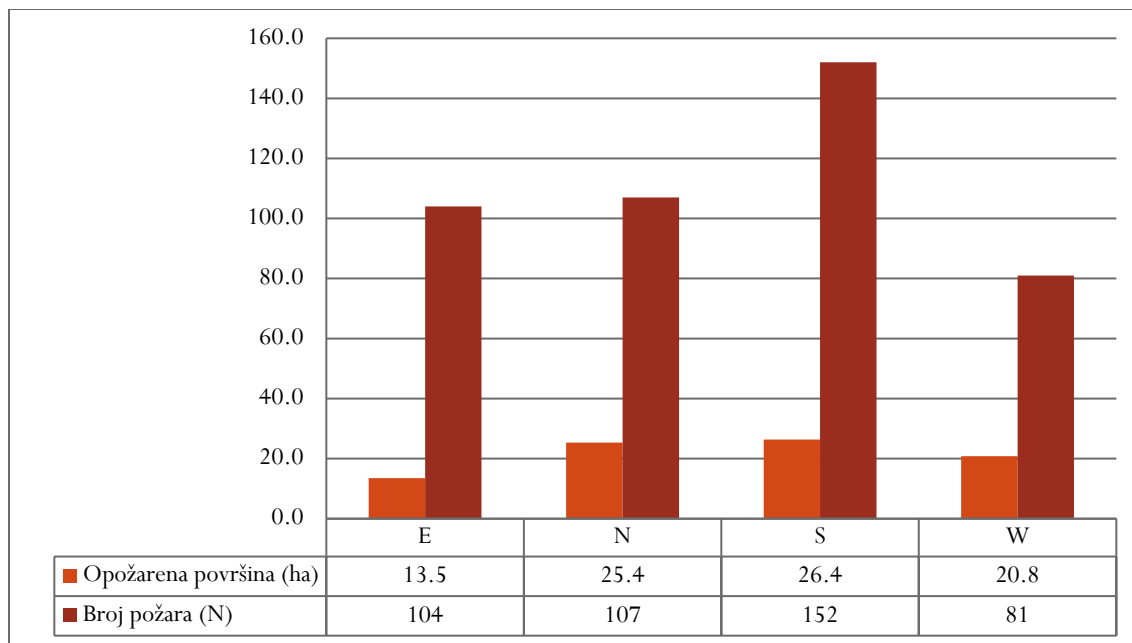
Analiza prikupljenih podataka je pokazala da postoji veliko variranje u učestalosti požara tokom posmatranog perioda ali i u prosečnoj veličini opožarene površine. Od ukupno 444 analiziranih šumskih požara, više od dve trećine se registrovano tokom 2012. i 2017. godine dok je njihova prosečna veličina je bila 37,7 odnosno 13,6 ha. Najmanji broj požara je registrovan tokom 2014., svega 12, dok je najmanja prosečna opožarena površina zabeležena naredne 2015. godine i to 3,5 ha (Graf. 1).

Najmanji broj požara je registrovan u Beogradskom regionu svega 19, sa prosečnom opožarenom površinom od 1,5 ha. S druge strane, u Regionu Južne i Istočne Srbije je registrovano više od polovine požara (256) sa daleko navećom opožarenom površinom koja je u proseku iznosili 29,5ha. U Regionu Šumadije i Zapadne Srbije toko analiziranog perioda 2012.-2017.godina, bilo je 169 šumskih požara sa prosečnom opožarenom površinom od 13,3 ha.



Grafikon.1. Distribucija požara po veličini za period 2012-2017.godina

Najveći broj požara nalazimo na južnim ekspozicijama, nešto manji na severnim i istočnim a najmanji neočekivano na zapadnim. Prosečne opožarene površine su najveće na južnim i severnim, nešto manje na zapadnim a najmanje na istočnim ekspozicijama (Graf. 2).



Grafikon 2. Uticaj ekspozicije na veličinu i učestalost požara (2012-2017).

Tabela 3. Statistička analiza požara po regionima

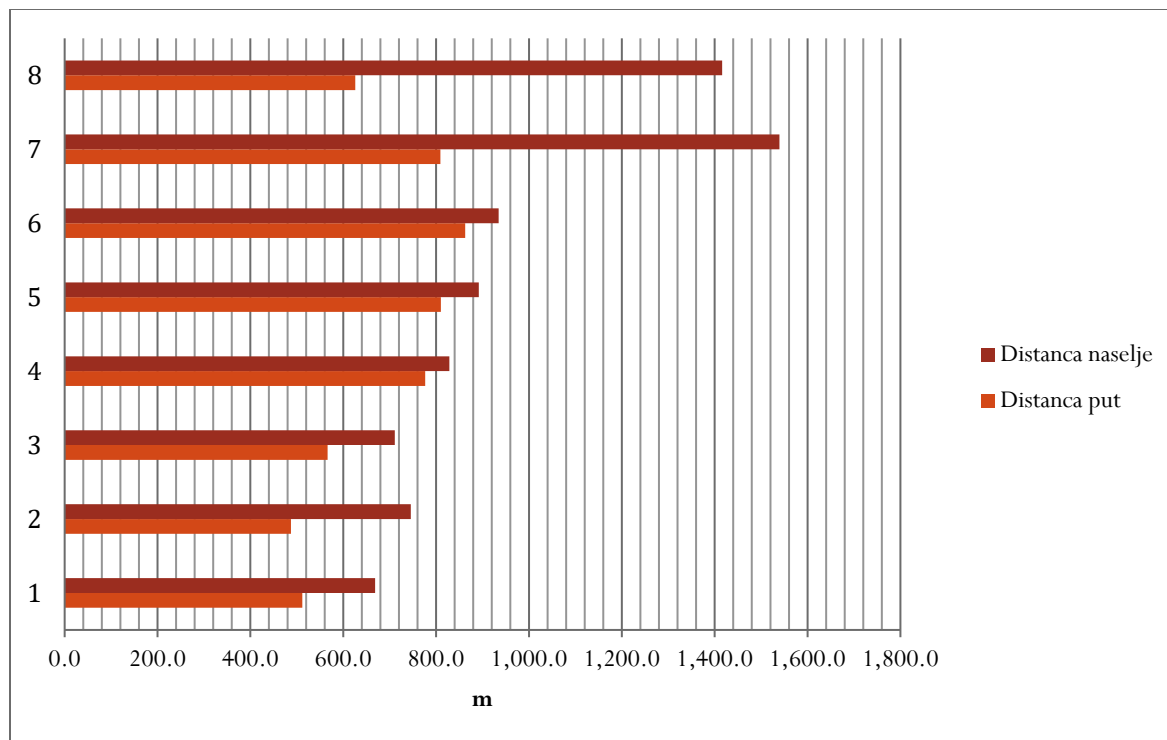
	Beograd	Šumadija i zapadna Srbija	Južna i istočna Srbija
ukupan broj požara u periodu 2012-2016	19	98	199
prosečna opožarena površina	1.57	16.54	32.29
uzrok (% čovek)	73.7	39.8 (45.9 ¹)	52.8 (46.2 ²)
tip požara			
prizemni (%)	100	77.6	76.4
visoki (%)	-	5.1	4.0
kombinovani (%)	-	17.3	14.1
tip vegetacije			
šume četinarar(%)	10.5	58.2	25.1

¹Uzrok požara nepoznat

²Uzrok požara nepoznat

	Beograd	Šumadija i zapadna Srbija	Južna i istočna Srbija
šume lišćara(%)	89.5	28.6	50.8
mešovite šume(%)	-	5.1	-
livade i pašnjaci(%)	-	5.1	11.6
šikare i šibljadi(%)	-	3.1	12.6
Ekspozicija			
N	42.1	30.6	24.6
E	31.6	14.3	23.1
S	15.8	36.7	32.7
W	10.5	18.4	19.6
Prosečna nadmorska visina požara	116.74	844.38	612.75
Prosečna udaljenost od naseljenog mesta (m)	1394.81	3879.42	3575.70
Prosečna udaljenost od puta (m)	420.42	1487.81	1648.40
Prosečna udaljenost od vodene površine (m)	1463.00	4903.26	5671.28
Prosečni parametri FWI pri požarima			
FWI	20.38	26.45	30.62
FFMC	88.95	88.83	91.62
ISI	9.02	9.12	10.95
DMC	46.33	81.89	96.17
DC	235.95	332.32	381.77
BUI	60.62	99.73	115.16

Požari veći od 50 ha nastaju na prosečnom odstojanju između 1400 i 1500 m od naselja dok svi ostali požari nastaju na udaljenostima između 700 i 900 metara od naselja. Variranje distance požara od puta je između 500 i 900 metara u svim klasama požara.



Grafikon 3. Uticaj udaljenosti od naselja i puta na veličinu požara (Klase požara : <1ha -1, 1-2ha-2, 2-5ha-3, 5-10ha-4, 10-20ha-5, 20-50ha-6, 50-500ha-7 i >500ha-8.)

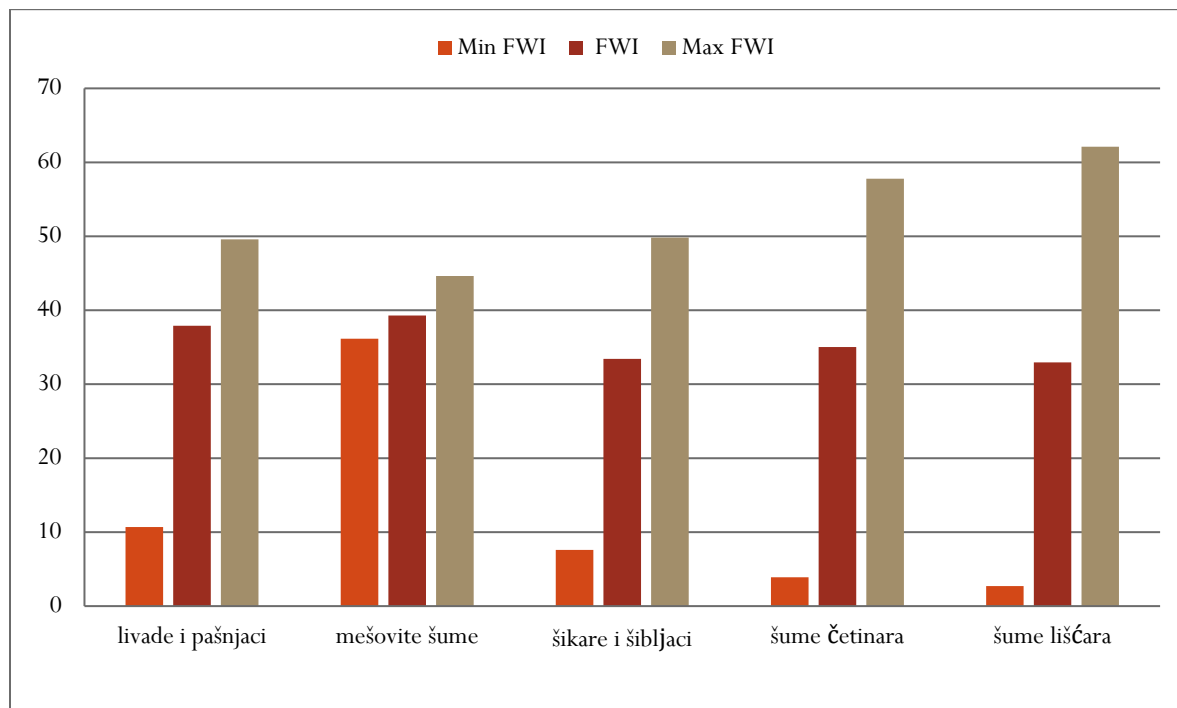
II) TESTIRANJE IZABRANOG SISTEMA NA UZORKU POŽARA

Dobijene prosečne vrednosti su bile nešto više nego one definisane ekstremnom opasnošću od požara u kanadskom sistemu a uočeno je i veliko variranje između maksimalnih i minimalnih vrednosti svih komponenti kanadskog sistema za konkretne požare (Graf.4) ali i među različitim tipovima vegetacije. Testiranje izabranog sistema je izvršeno na uzorku požara iz 2012. godine.

Tabela 4. Srednje vrednosti komponenti kanadskog sistema na uzorku požara iz 2012 godine

Tip vegetacije	FFMC	DMC	DC	ISI	BUI	FWI
livade i pašnjaci	93.76	123.53	466.62	12.27	146.40	37.91
mešovite šume	93.75	149.25	574.81	10.36	182.70	39.30
šikare i šibljac	92.89	90.26	407.81	11.73	113.26	33.44
šume četinara	92.74	110.07	406.42	11.59	132.08	35.04
šume lišćara	91.91	109.39	401.60	11.90	128.76	32.94
TOTAL	92.43	110.24	411.94	11.79	131.24	34.18

Zato se pristupilo kalibraciji ovog sistema ali na povećanom uzorku požara koji je uključivao podatke od 2012. do 2016. godine i po različitim tipovima vegetacije.



Grafikon 4. Variranje vrednosti FWI kod različitih tipova vegetacije u Srbiji na uzorku požara iz 2012. godine.

Kalibracija svakog od indeksa urađena je percentilnom metodom po uzoru na (Dimitrakopoulos, Bemmerzouk, & Mitsopoulos, 2011). U kalkulaciju su uključene sve vrednosti indeksa sa lokacija na kojima se dogodio požar (ukupno 188 lokacija) za sve datume kada se dogodio požar (316 datuma) za bilo kojoj lokaciju u periodu 2012 – 2016. godine. Na taj način dobijeno je ukupno 59408 vrednosti FWI za koje su potom izračunate granične vrednosti za percentile (1, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 95, 99).

Na osnovu (De Angelis, Ricotta, Conedera, & Pezzatti, 2015; De Jong et al., 2016) uvedena je podela po mesecima za FWI i sve prateće indekse imajući u vidu da se vrednosti menjaju iz meseca u mesec.

Granice rizika za FWI su urađene po percentilima na osnovu (Dimitrakopoulos et al., 2011) i to Niska (1-29), Umerena (30-59), Visoka (60-89) i Ekstrema (90-99).

U nastavku su date kalibracije po mesecima za FWI za sve tipove vegetacije ali i za svaki od tipova vegetacije odvojeno. Posebno su uokvireni one granične vrednosti kod kojih postoji statistički značajna razlika³ između određenog tipa vegetacije i kalibracije na svim tipovima vegetacije zajedno.

Svi tipovi šuma

Za utvrđivanje značajnosti razlika korišćen je t-test za nezavisne uzorke sa p vrednošću od .01 kako bi se izvršila korekcija za grešku tipa 1

FWI	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	1.9	5.0	6.9	13.7	18.9	22.6	32.3	25.0	21.8	7.3	1.6
Umerena	4.3	10.9	12.9	18.9	23.1	31.5	39.8	37.5	28.7	11.2	2.6
Visoka	4.6	16.4	19.3	21.7	26.6	37.5	44.2	43.0	33.7	13.4	3.7
Ekstremna	5.5	34.4	31.0	27.1	30.6	46.9	54.8	54.6	49.9	19.5	9.5

Šume lišćara

FWI	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	2.1	5.8	8.2	15.1	20.9	25.2	34.2	27.6	22.5	7.3	1.9
Umerena	4.3	12.3	14.0	19.5	23.6	33.0	40.8	38.6	29.4	11.6	2.6
Visoka	4.6	17.7	19.8	23.1	27.2	38.4	45.2	43.3	34.3	13.8	3.9
Ekstremna	5.6	35.8	31.0	27.7	30.7	47.5	55.3	54.7	49.9	22.7	9.7

Šume četinarara

FWI	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	1.2	4.0	5.9	12.8	16.9	19.5	30.5	22.5	21.6	7.1	1.5
Umerena	4.2	9.1	11.6	18.0	22.5	28.5	37.3	35.9	27.8	11.2	2.6
Visoka	4.5	14.6	18.0	20.9	24.3	35.4	43.2	41.9	32.1	13.2	3.1
Ekstremna	5.2	32.4	31.1	27.0	30.6	46.1	55.6	54.8	49.3	17.2	5.5

Šikare i šibljadi

FWI	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	2.1	5.1	7.2	12.3	21.3	23.1	33.2	25.1	22.4	7.3	1.6
Umerena	4.3	12.2	12.8	18.9	23.5	33.0	40.8	38.6	30.1	10.8	2.8
Visoka	4.6	17.1	19.4	21.5	27.0	38.5	44.7	43.2	35.1	13.0	4.5
Ekstremna	4.9	33.4	31.0	26.7	30.5	46.6	51.3	51.6	48.2	18.4	8.5

Livade i pašnjaci

FWI	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	2.0	4.2	5.7	11.9	17.9	22.1	31.2	22.7	21.0	7.3	1.5
Umerena	4.3	10.8	12.5	18.9	22.3	31.8	39.7	37.3	28.4	10.9	2.7
Visoka	4.8	16.4	19.2	21.2	26.5	37.3	43.4	42.5	33.6	13.2	5.6
Ekstremna	5.1	36.1	30.9	27.1	29.4	48.2	50.6	53.0	45.1	18.3	9.6

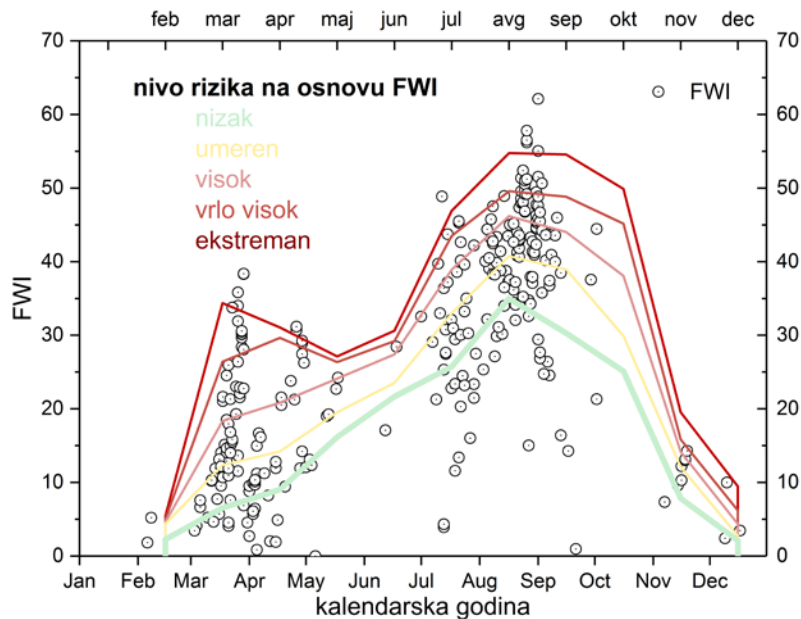
Mešovite šume

FWI	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	0.9	3.5	6.5	14.7	16.6	20.0	30.2	22.7	26.4	7.3	1.9
Umerena	4.4	8.1	11.9	17.9	21.3	25.7	35.0	34.3	29.5	12.2	2.4
Visoka	4.5	12.2	15.9	19.5	23.0	33.3	41.4	40.7	37.7	12.8	2.8
Ekstremna	4.7	26.3	30.7	25.9	25.8	44.3	57.0	57.4	54.3	14.4	4.4

Kao što se može videti, većina graničnih vrednosti za različite tipove vegetacije ne odstupa značajno od graničnih vrednosti za sve tipove vegetacije uzete zajedno.

Granice rizika za FWI su urađene po percentilima takođe i na osnovu (Romero, Mestre, & Botey, 2014) i to Nizak (do 40), Umeren (40-65), Visok (65-85) i Vrlo visok (85-95) i Ekstreman (iznad 95).

U nastavku su prikazani grafikoni sa graničnim vrednostima FWI po mesecima za period 2012-2016. godina i vrednostima FWI za pojedinačne požare sa idejom da se vidi u kom se opsegu dešava najviše požara. Kompletan posmatrani period je sveden na 12 meseci da bi se posmatrale mesečne promene vrednosti FWI. Upadljivije su sezonske razlike u graničnim vrednostima za FWI, kao što se to vidi na grafikonu 5.

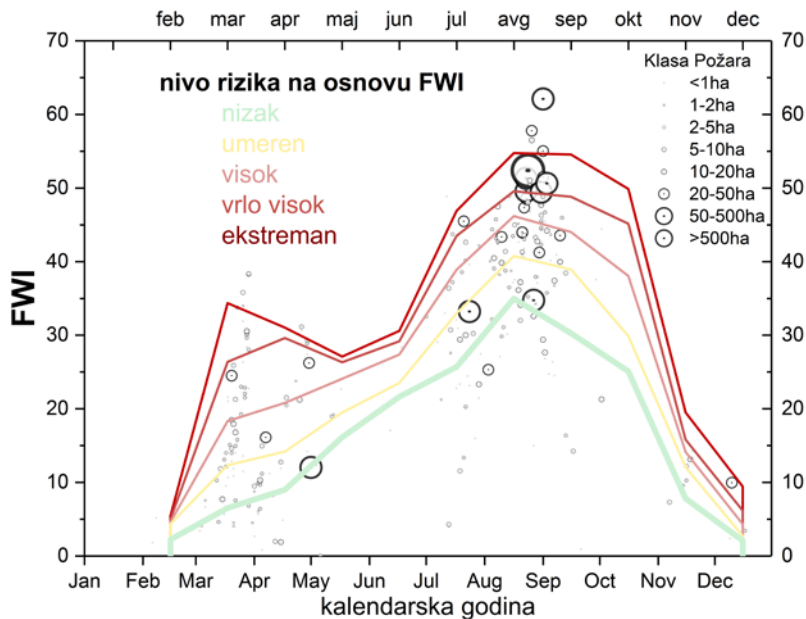


Grafikon 5. Granične vrednosti FWI po mesecima i vrednosti FWI pojedinačnih požara zabeleženih u periodu 2012. - 2016. godina

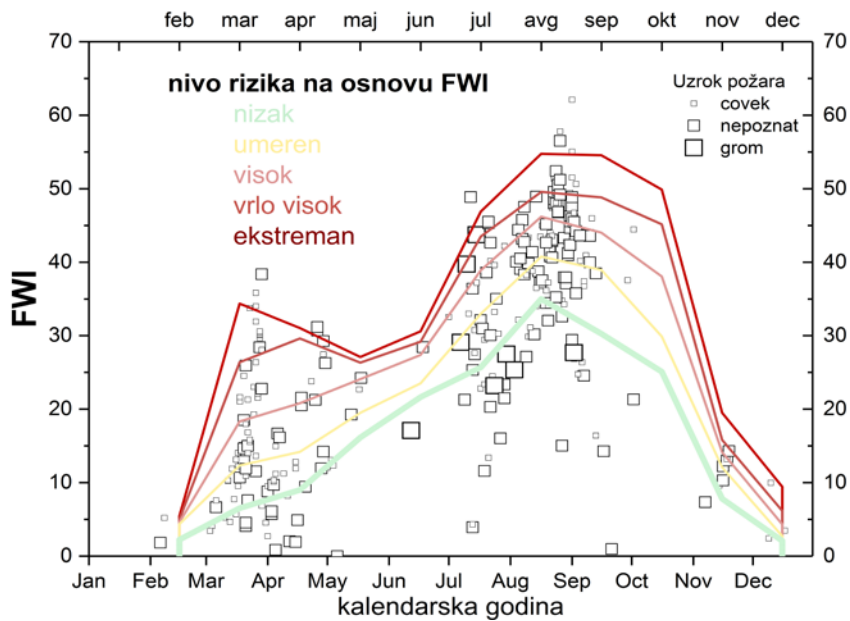
U nastavku su posmatran odnos granične vrednosti FWI po mesecima i vrednosti FWI pojedinačnih požara zabeleženih u periodu 2012. - 2016. godina na veličinu požara na osnovu podele koju su predložili (Díaz-Avalos, Juan, & Serra-Saurina, 2016) koja je modifikovana na 8 klasa. Klase požara su bile <1ha, 1-2ha, 2-5ha, 5-10ha, 10-20ha, 20-50ha, 50-500ha i >500ha.

Kao što se na grafikonu može videti, najveći broj požara javlja se iznad granice niskog rizika u svim sezonama, odnosno u granicama umerenog, visokog a posebno vrlo visokog i ekstremnog rizika. Takođe, kao što se može videti, spram klasa požara, odnosno opožarene površine, najveći požari u periodu 2012. – 2016. dogodili su se iznad granice visokog rizika u septembru i oktobru.

Na grafikonu 6 prikazani su požari u odnosu na granične vrednosti FWI, podeljeni spram uzroka.



Grafikon 6. Granične vrednosti FWI po mesecima i vrednosti FWI pojedinačnih požara povezanih sa klasama požara zabeleženih u periodu 2012. - 2016. godina



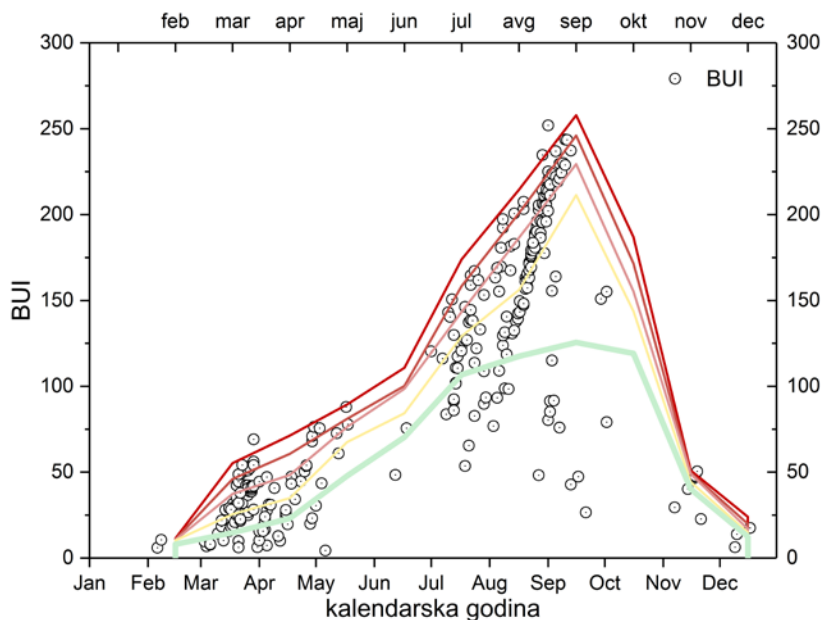
Grafikon 7. Granične vrednosti FWI po mesecima i vrednosti FWI pojedinačnih požara povezanih sa uzročnicima požara zabeleženih u periodu 2012. - 2016. godina

Da bi se ispitao uticaj uzročnika požara na FWI napravljen je grafikon ma kome su prikazane granične vrednosti FWI po mesecima i vrednosti FWI pojedinačnih požara povezanih sa uzročnicima požara zabeleženih u periodu 2012. - 2016. godina

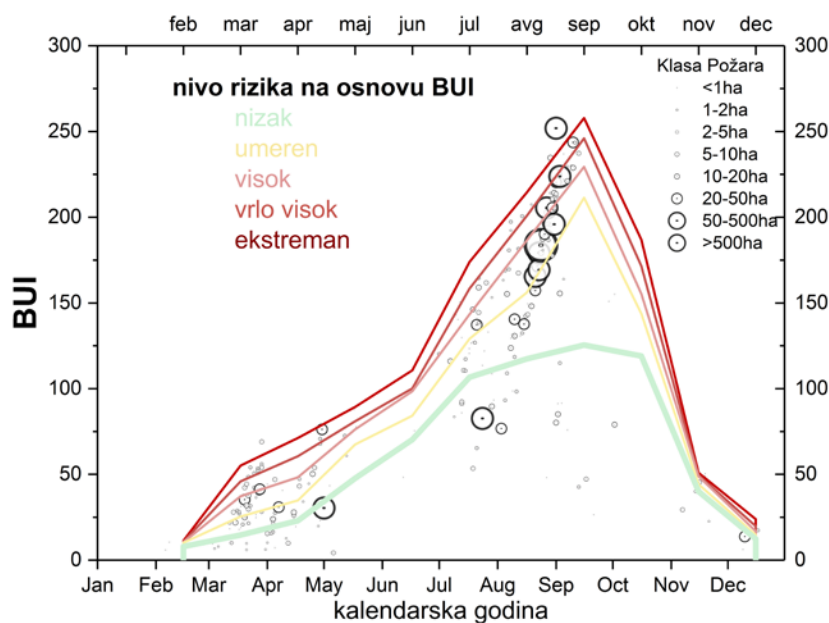
Na isti način urađena je percentilna kalibracija svih indeksa - grafikoni u nastavku.

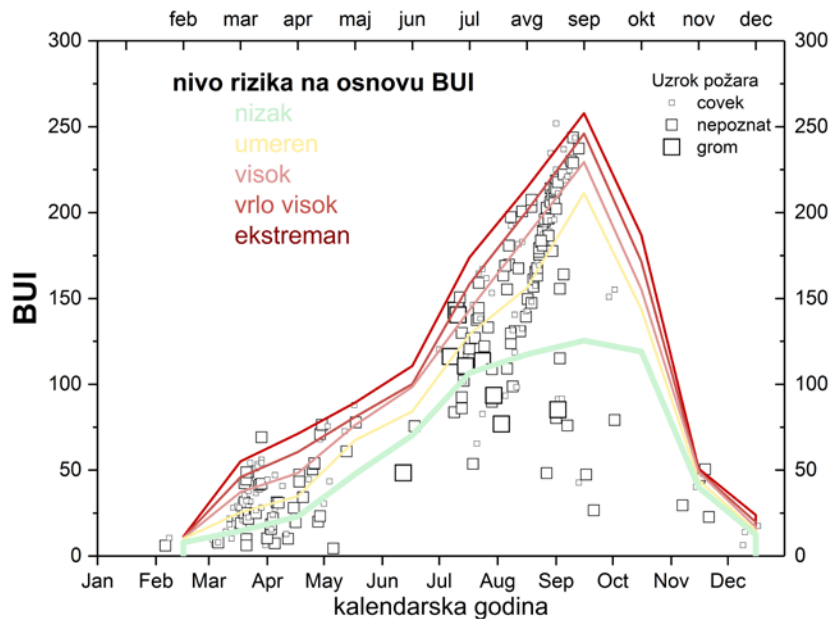
BUI

Grafikon 8. Granične vrednosti BUI po mesecima i vrednosti BUI pojedinačnih požara zabeleženih u periodu 2012. - 2016. godina



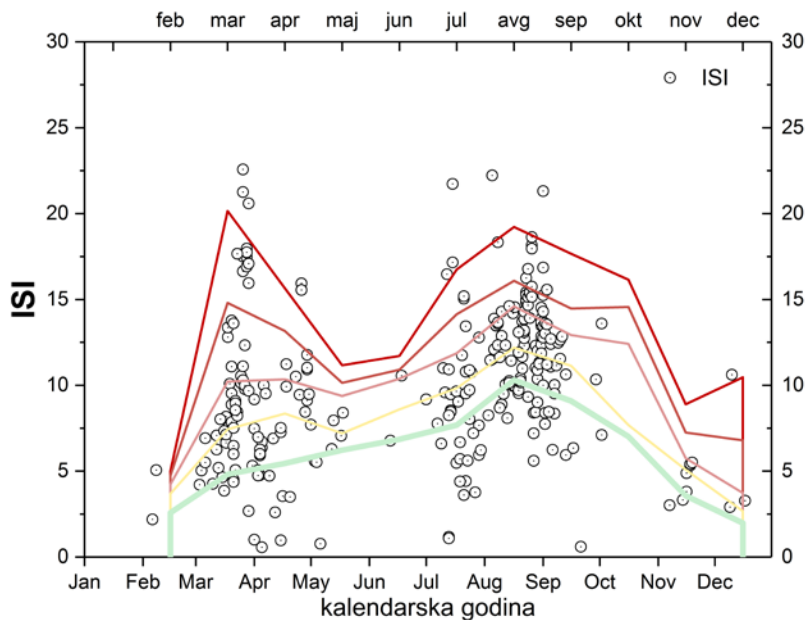
Grafikon 9. Granične vrednosti BUI po mesecima i vrednosti BUI pojedinačnih požara povezanih sa klasama požara zabeleženih u periodu 2012. - 2016. godina



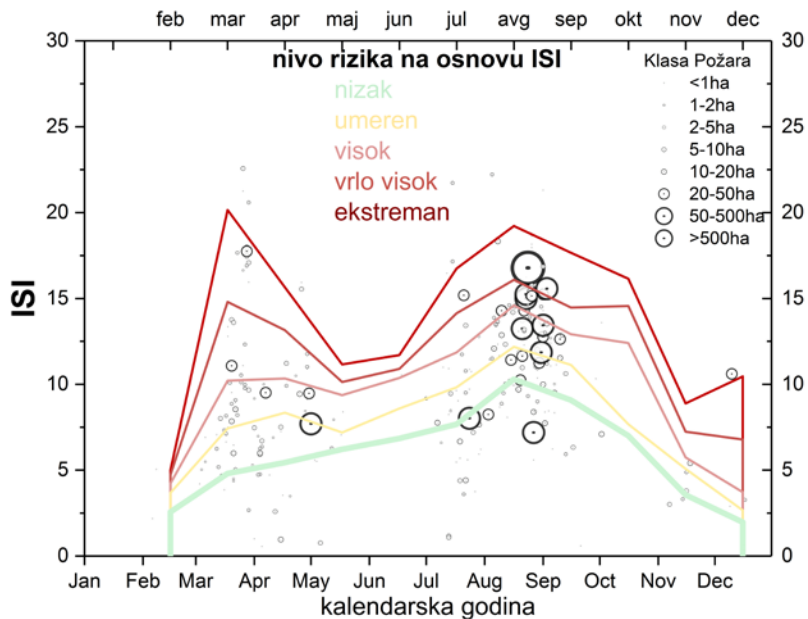


Grafikon 10. Granične vrednosti BUI po mesecima i vrednosti BUI pojedinačnih požara povezanih sa uzročnicima požara zabeleženih u periodu 2012. - 2016. Godina

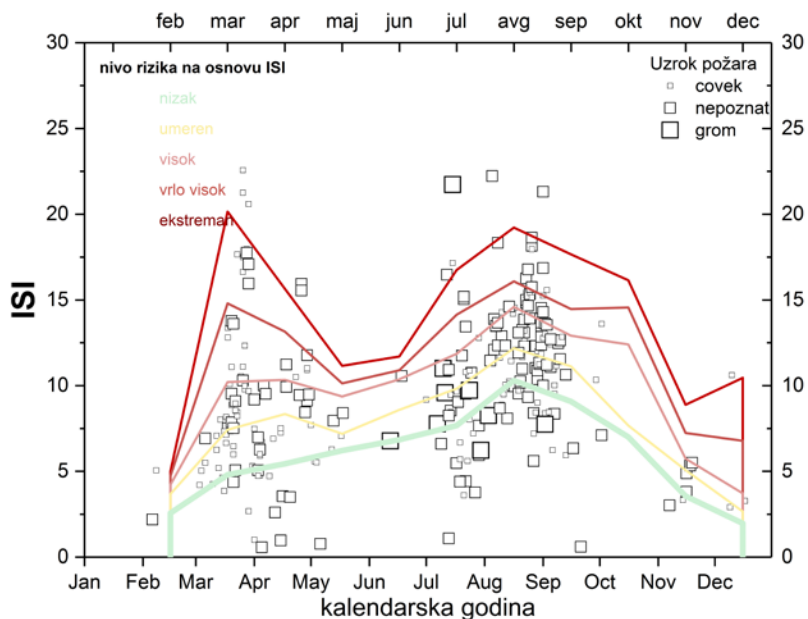
ISI



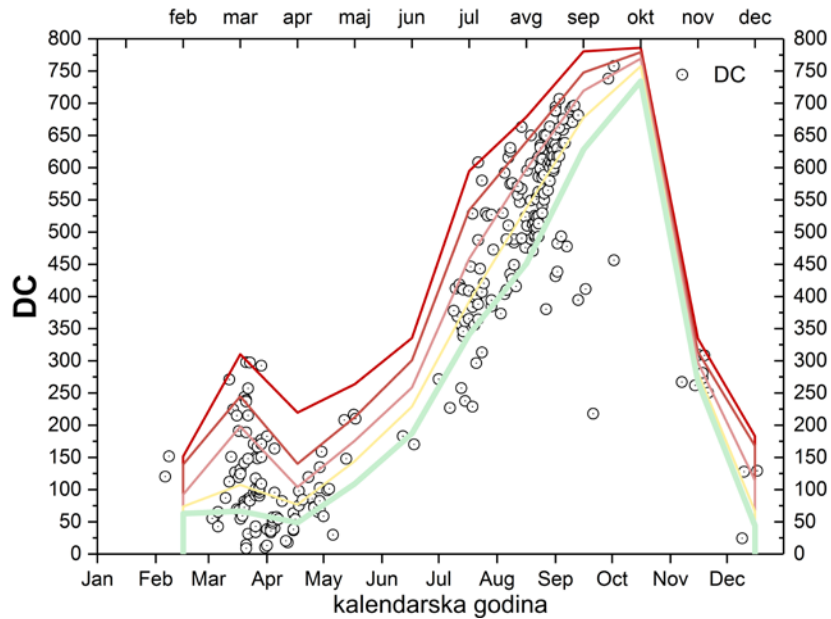
Grafikon 11. Granične vrednosti ISI po mesecima i vrednosti ISI pojedinačnih požara zabeleženih u periodu 2012. - 2016. godine



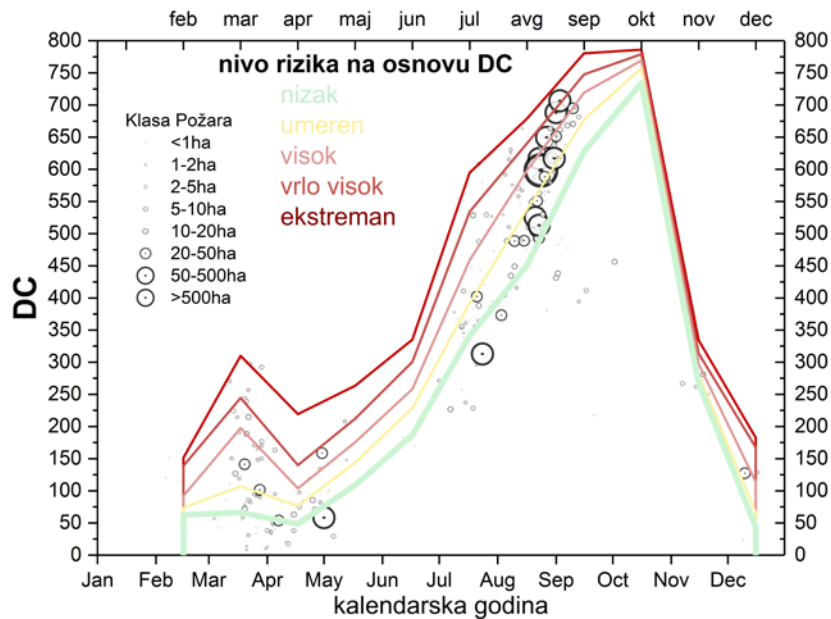
Grafikon 12. Granične vrednosti ISI po mesecima i vrednosti ISI pojedinačnih požara povezanih sa klasama požara zabeleženih u periodu 2012. - 2016. godine



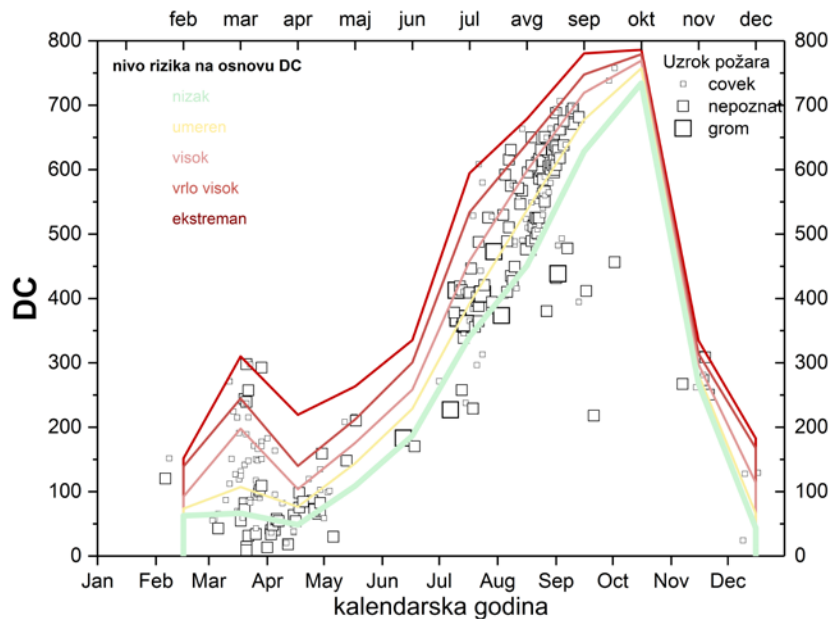
Grafikon 13. Granične vrednosti ISI po mesecima i vrednosti ISI pojedinačnih požara povezanih sa uzročnicima požara zabeleženih u periodu 2012. - 2016. godine



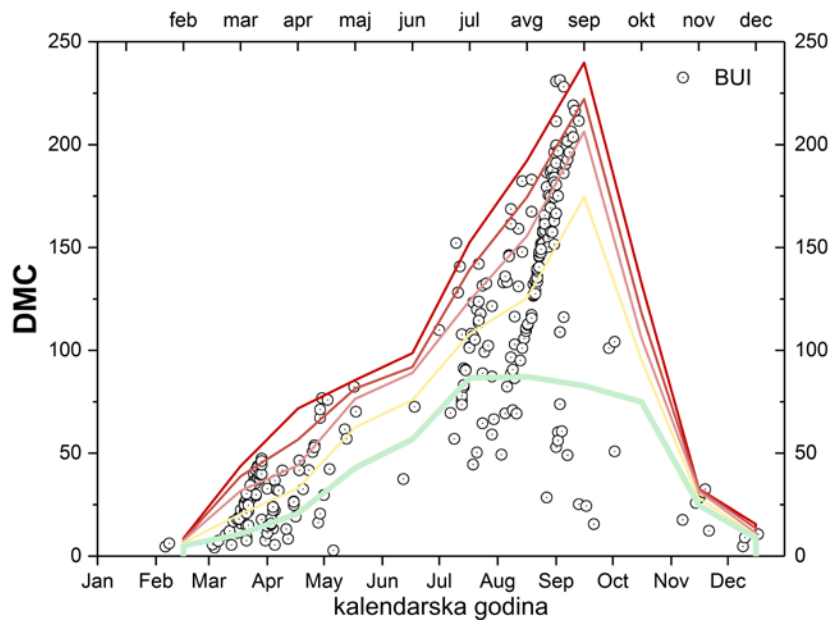
Grafikon 14. Granične vrednosti DC po mesecima i vrednosti DC pojedinačnih požara zabeleženih u periodu 2012. - 2016. Godina



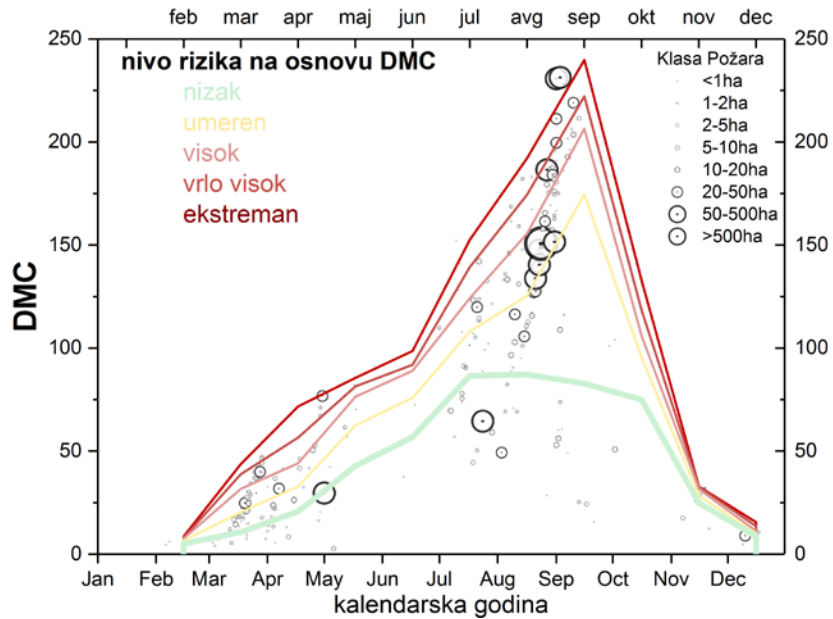
Grafikon 15. Granične vrednosti DC po mesecima i vrednosti DC pojedinačnih požara povezanih sa klasama požara zabeleženih u periodu 2012. - 2016. godina



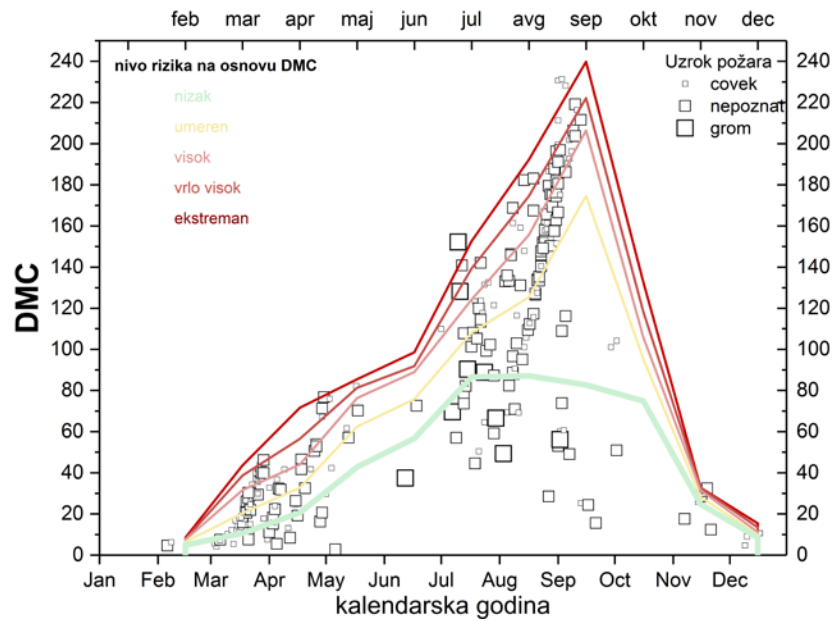
Grafikon 16. Granične vrednosti DC po mesecima i vrednosti DC pojedinačnih požara povezanih sa uzročnicima požara zabeleženih u periodu 2012. - 2016. Godina



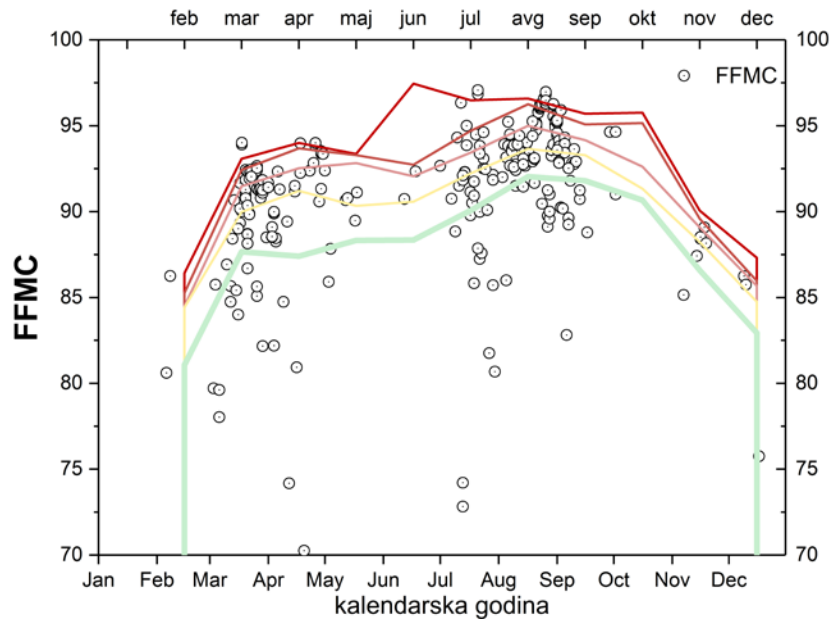
Grafikon 17. Granične vrednosti DMC po mesecima i vrednosti DMC pojedinačnih požara zabeleženih u periodu 2012. - 2016. godina



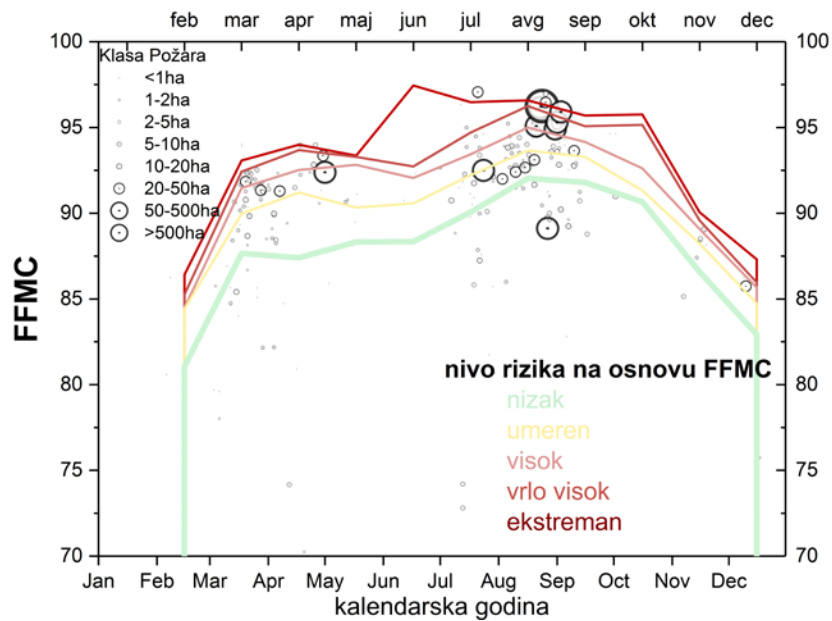
Grafikon 18. Granične vrednosti DMC po mesecima i vrednosti DMC pojedinačnih požara povezanih sa klasama požara zabeleženih u periodu 2012. - 2016. godina



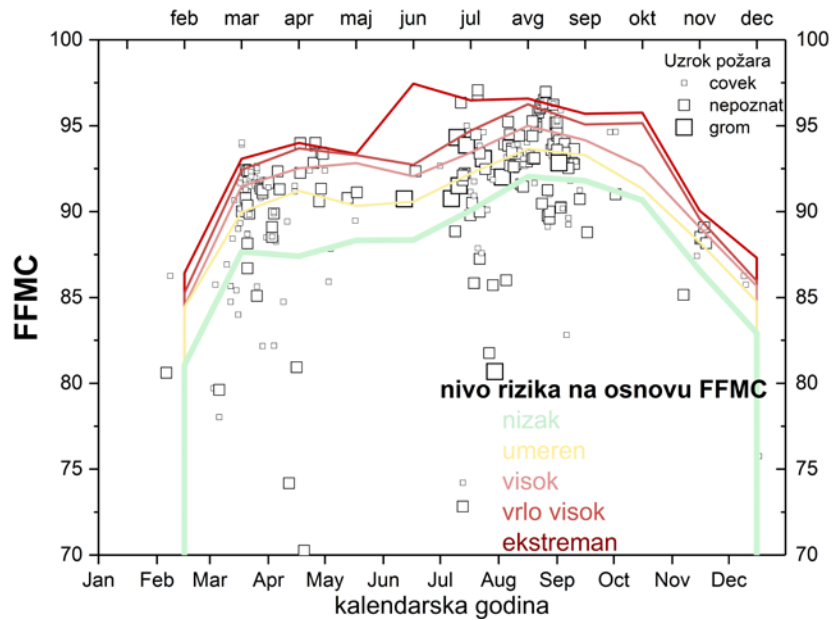
Grafikon 19. Granične vrednosti DMC po mesecima i vrednosti DMC pojedinačnih požara povezanih sa uzročnicima požara zabeleženih u periodu 2012. - 2016. Godina



Grafikon 20. Granične vrednosti FFMC po mesecima i vrednosti FFMC pojedinačnih požara zabeleženih u periodu 2012. - 2016. godina



Grafikon 21. Granične vrednosti FFMC po mesecima i vrednosti FFMC pojedinačnih požara povezanih sa klasama požara zabeleženih u periodu 2012. - 2016. godina



Grafikon 22. Granične vrednosti FFMC po mesecima i vrednosti FFMC pojedinačnih požara povezanih sa uzročnicima požara zabeleženih u periodu 2012. - 2016. Godina

Takođe, imajući u vidu da su indeksi međuzavisni, kao posledica toga što se izvode jedna iz drugog, proverene su korelacije među njima. U tabeli 5 prikazani su neprametrijski koeficijenti korelacija između indeksa, koji ukazuju na visoku međusobnu zavisnost i zajedničko kovariranje na isti način kako je to zabeleženo u ranijim studijama

Tabela 5. Korelacije između indeksa iz FWI sistema

	FWI.svi	ISI.svi	DMC	DC.svi	FFMC.svi
BUI	,697** p = ,000	,428** p = ,000	,746** p = ,000	,726** p = ,000	,424** p = ,000
FWI	1	,718** p = ,000	,572** p = ,000	,575** p = ,000	,645** p = ,000
ISI		1	,423** p = ,000	,354** p = ,000	,704** p = ,000
DMC			1	,524** p = ,000	,413** p = ,000
DC				1	,351** p = ,000
FFMC					1

Pored kalibracije svakog od indeksa spram sezona, na primeru jednog regiona urađena je kalibracija koja bi u obzir uzela kako vremensku tako i prostornu dimenziju. Odabran je Toplički region kao jedan od najugroženijih regiona od šumskih požara kako po učestalosti tako i po veličini opožarene površine.

Projektovana je mreža tačaka 2x2 km (tačkasti sloj), koja se naslanja na mrežu bioindikacijskih tačaka (16x16 km) i koja pokriva celu Srbiju. Bilo je ukupno 644 tačke. Na osnovu ove mreže tačaka, konstruisana je mreža poligona – kvadrata (poligoni sloj) tako da je svaka tačka mreže 2x2 km u preseku dijagonala kvadratne mreže. Iz ova dva sloja izdvojeni su objekti (tačke i poligoni) koji pokrivaju Toplički region.

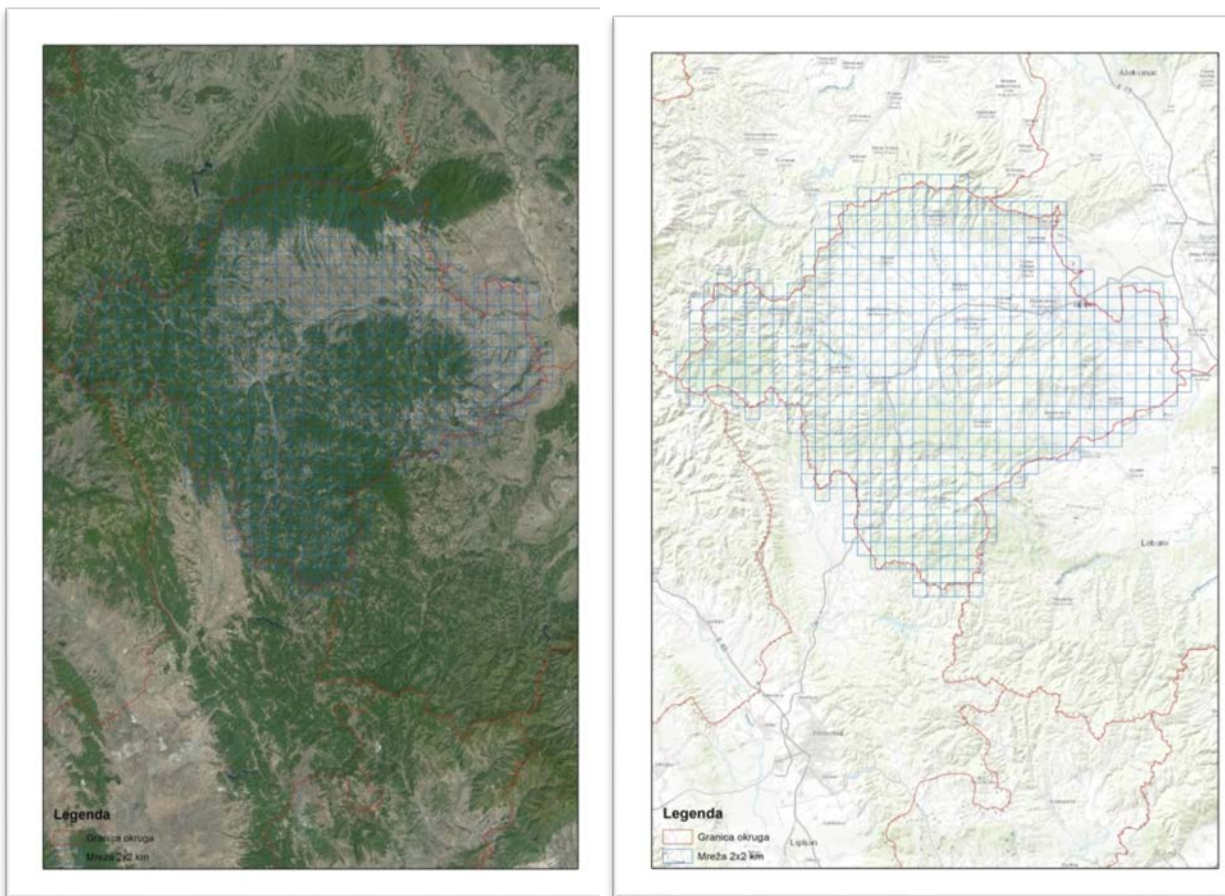
Poligoni sloj – kvadratna mreža preklapana je sa rasterskim slojevima:

- DEM (digitalnim elevacionim modelom)
- Slojem ekspozicija
- Slojem nagiba
- Slojevima prosečnih vrednosti za pet godina (2012-2016) šest komponenti FWI sistema za mesec mart – oktobar

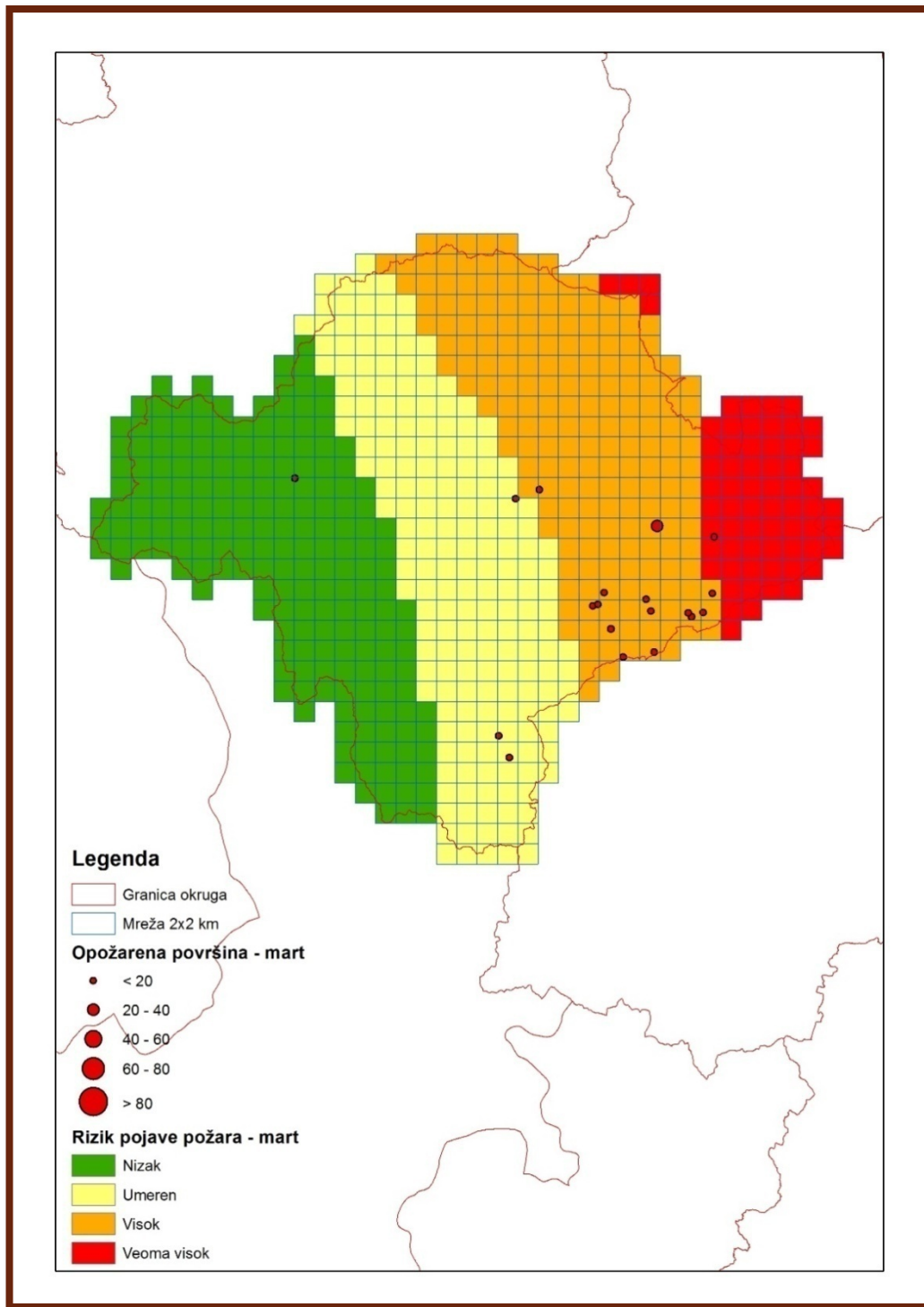
Iz preseka kvadratne mreže sa ovim rasterskim slojevima izvučene su prosečne vrednosti piksela koji padaju u poligon – kvadrat mreže, za svaki od navedenih rasterskih slojeva, na osnovu čega je tabeli atributa poligonog sloja kvadratne mreže pridružena vrednost za prosečnu vrednost nadmorske visine, ekspozicije, nagiba i šest komponenti FWI sistema po mesecima mart – oktobar.

Za svaki kvadrat mreže, na osnovu podataka iz tabela atributa, izračunat je rizik pojave požara na tom poligonu – kvadratu za svaki mesec (mart – oktobar), na osnovu čega je za svaki mesec (mart – oktobar) dobijen po jedan sloj koji predstavlja rizik pojave požara u tom mesecu, a na određenom delu okruga.

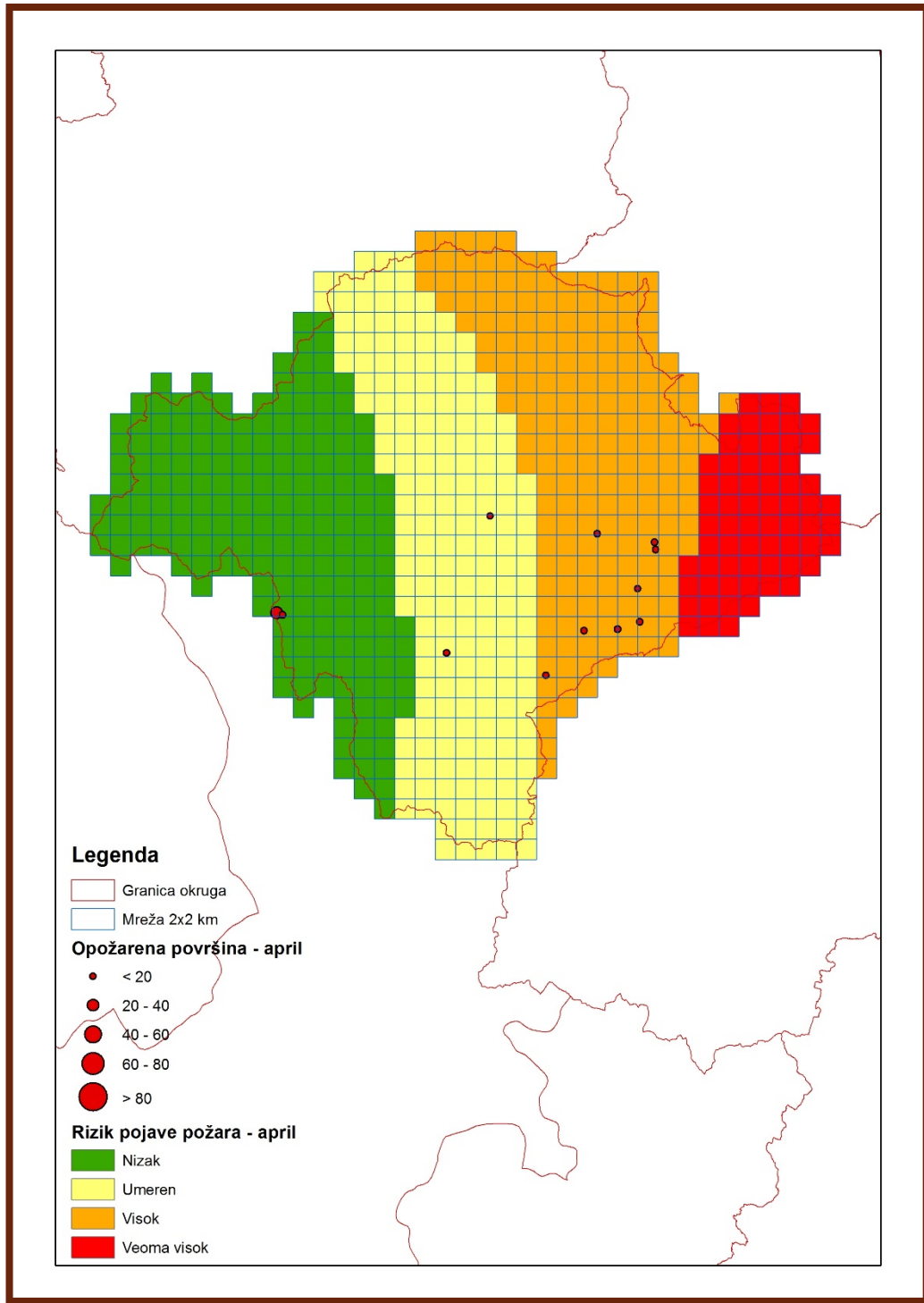
Zatim je ovaj sloj preklopljen sa tačkastim slojem koji predstavlja realne pojave požara u periodu 2012 – 2016.



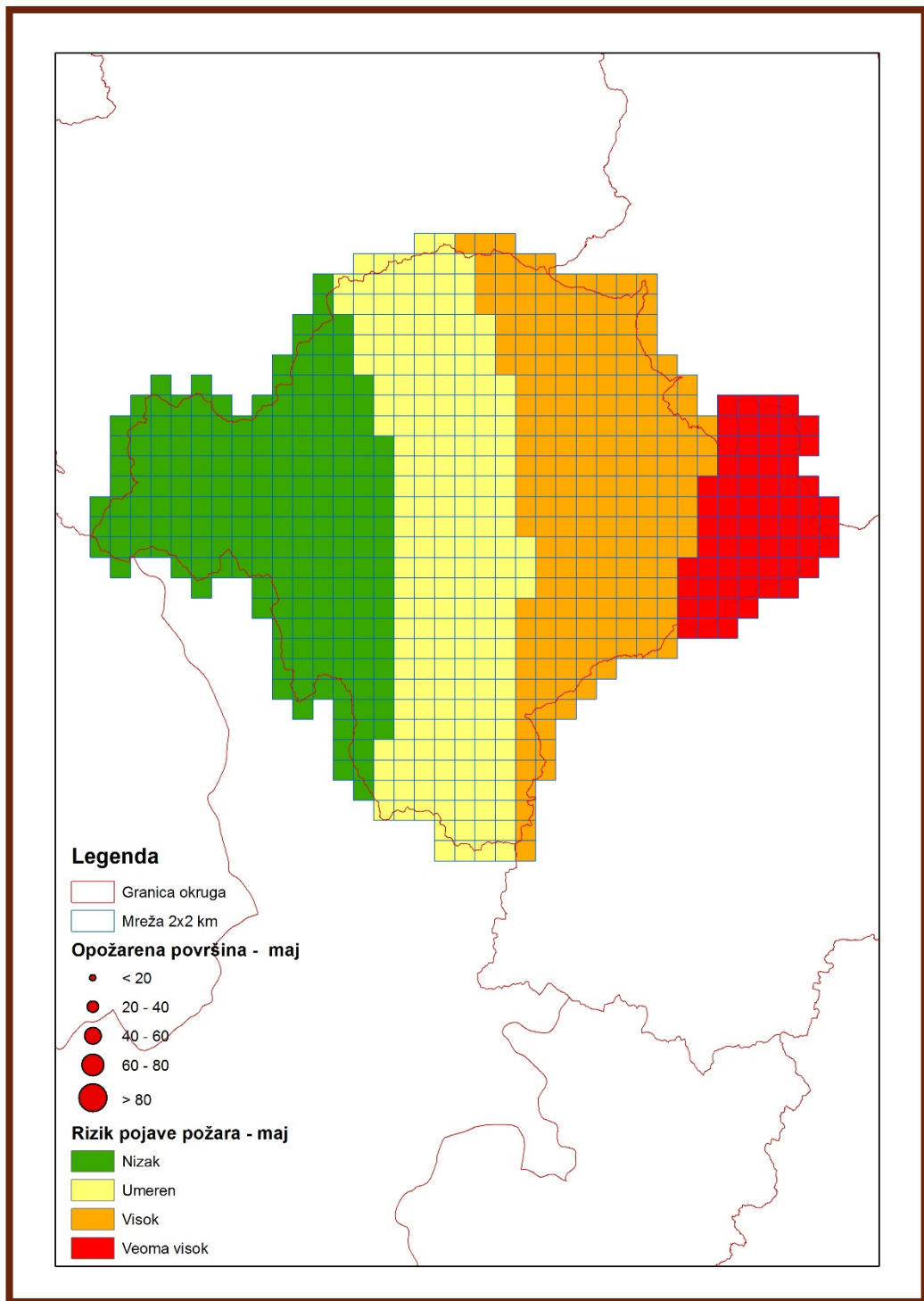
Slika 1. Toplički okrug sa mreža 2x2 km (satelitiski snimak kao podloga –levo, teren kao podloga-desno)



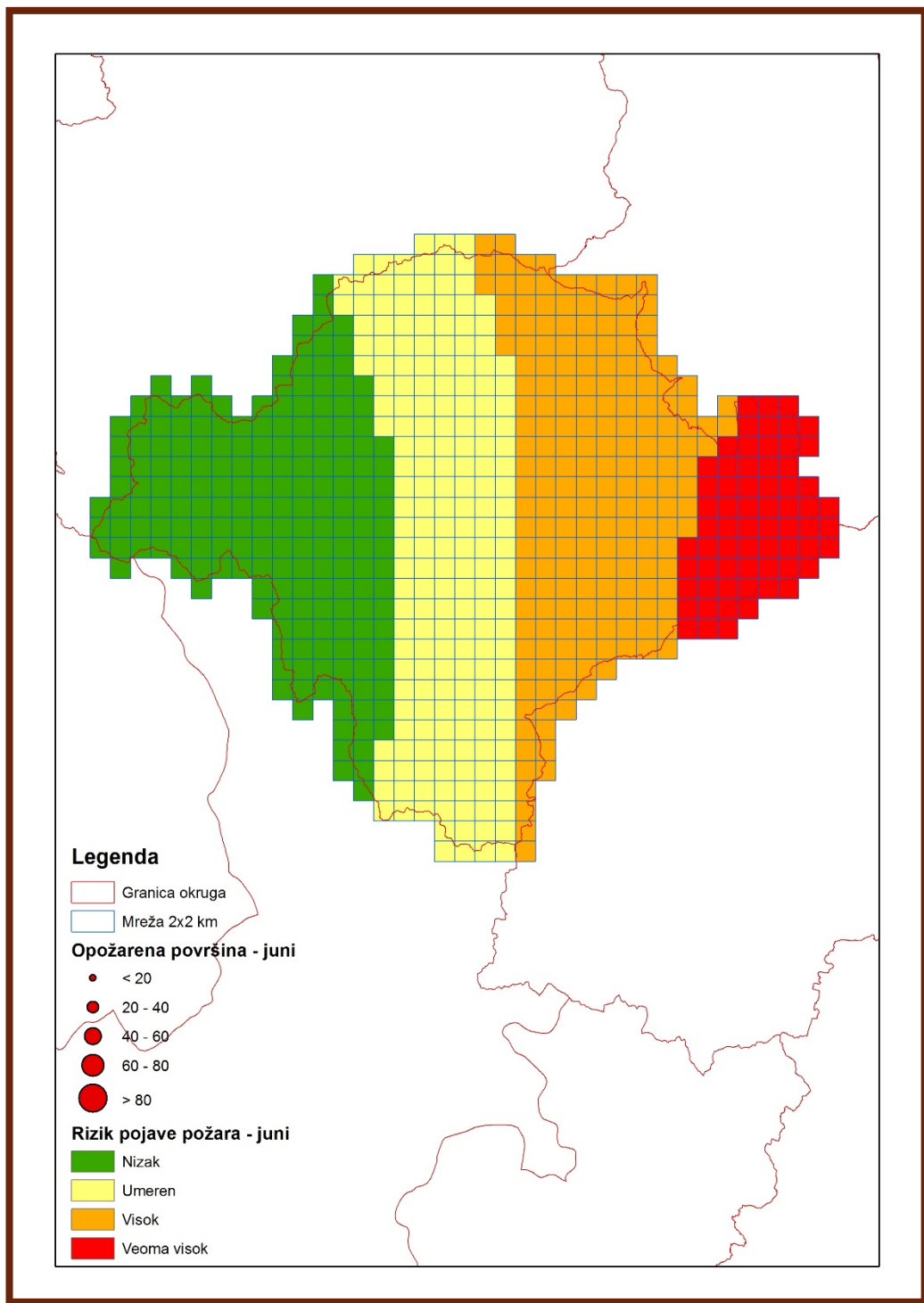
Procena rizika pojave požara za mesec mart u Topličkom okrugu na osnovu usrednjenog FWI indexa u mreži 2 2 km. Prikazana je lokacija i veličina požara koji su se desili u periodu 2012. - 2016. godine.



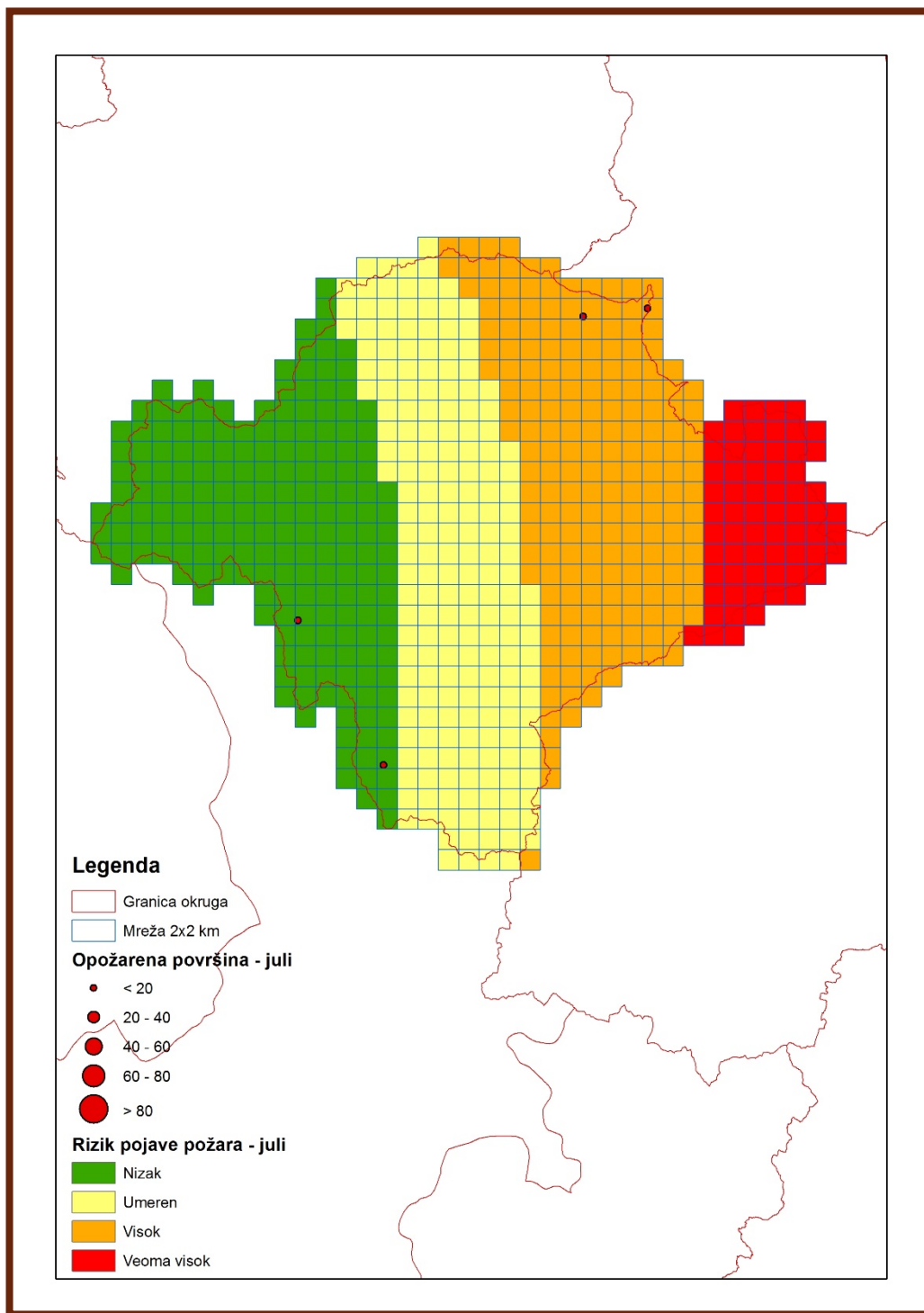
Procena rizika pojave požara za mesec april u Topličkom okrugu na osnovu usrednjenog FWI indexa u mreži 2 2 km. Prikazana je lokacija i veličina požara koji su se desili u periodu 2012. - 2016. godine.



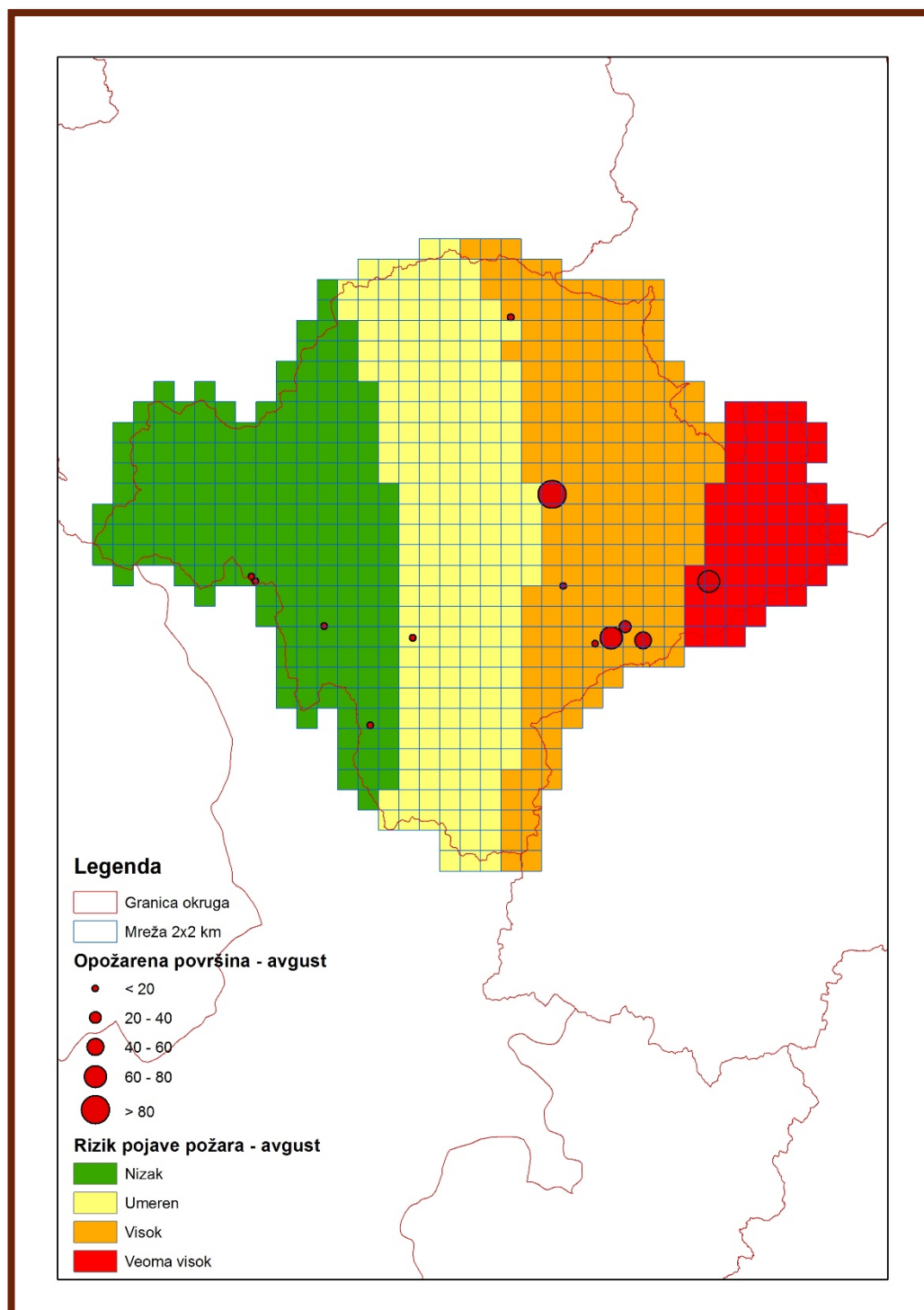
Procena rizika pojave požara za mesec maj u Topličkom okrugu na osnovu usrednjenog FWI indexa u mreži 2 2 km. Prikazana je lokacija i veličina požara koji su se desili u periodu 2012. - 2016. godine.



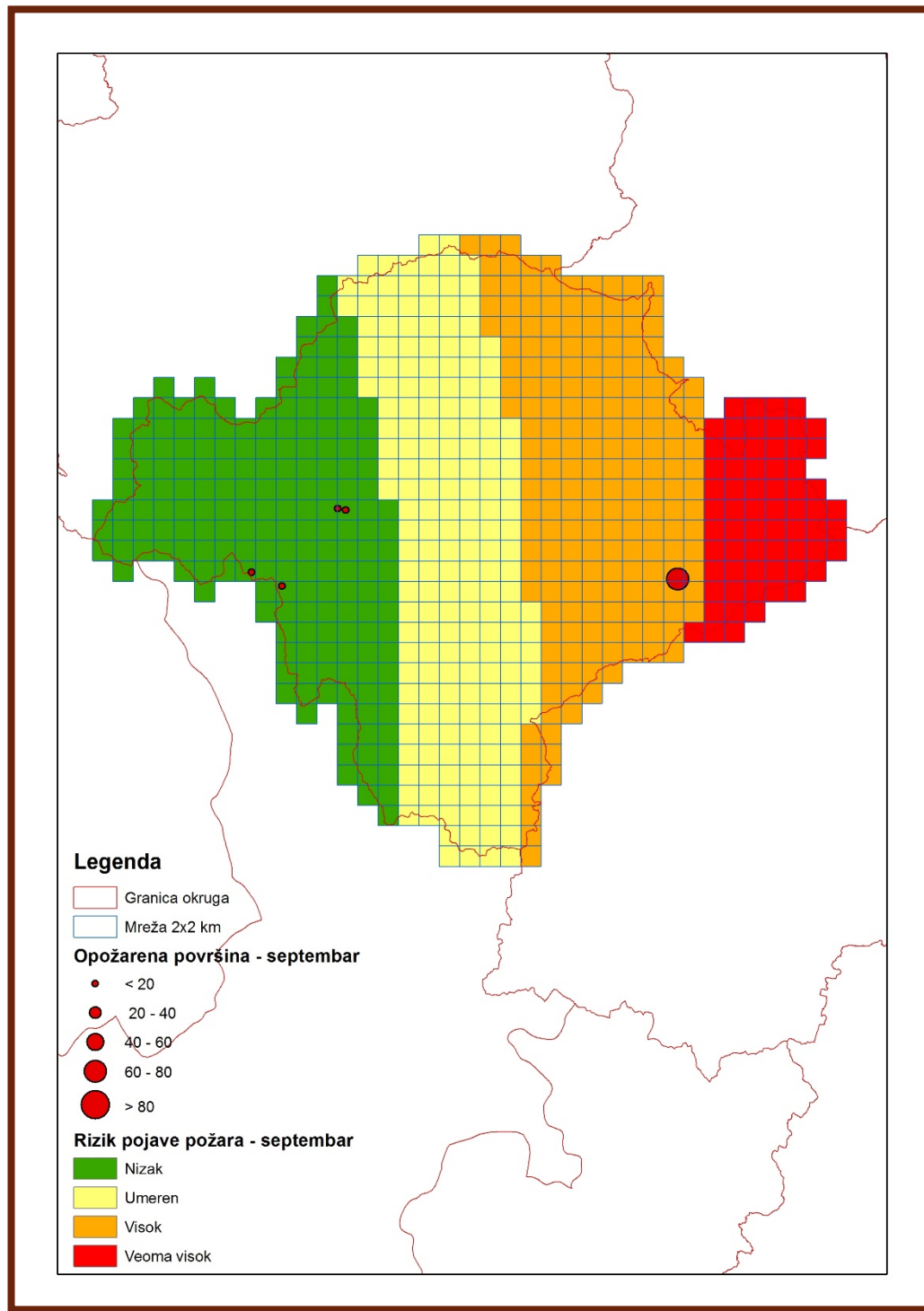
Procena rizika pojave požara za mesec juni u Topličkom okrugu na osnovu usrednjenog FWI indexa u mreži 2 2 km. Prikazana je lokacija i veličina požara koji su se desili u periodo 2012. - 2016. godine.



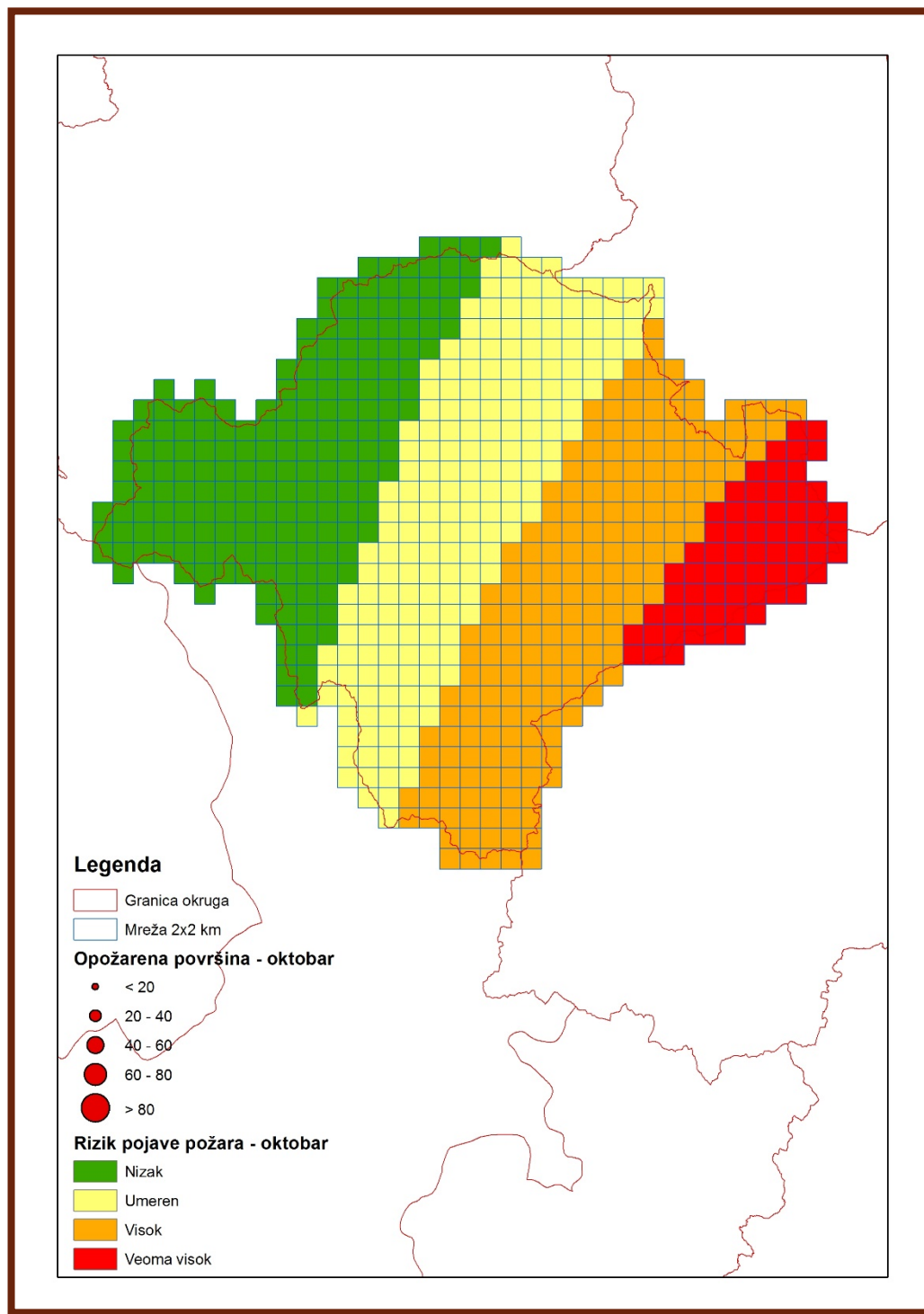
Procena rizika pojave požara za mesec juli u Topličkom okrugu na osnovu usrednjenog FWI indexa u mreži 2 2 km. Prikazana je lokacija i veličina požara koji su se desili u periodu 2012. - 2016. godine.



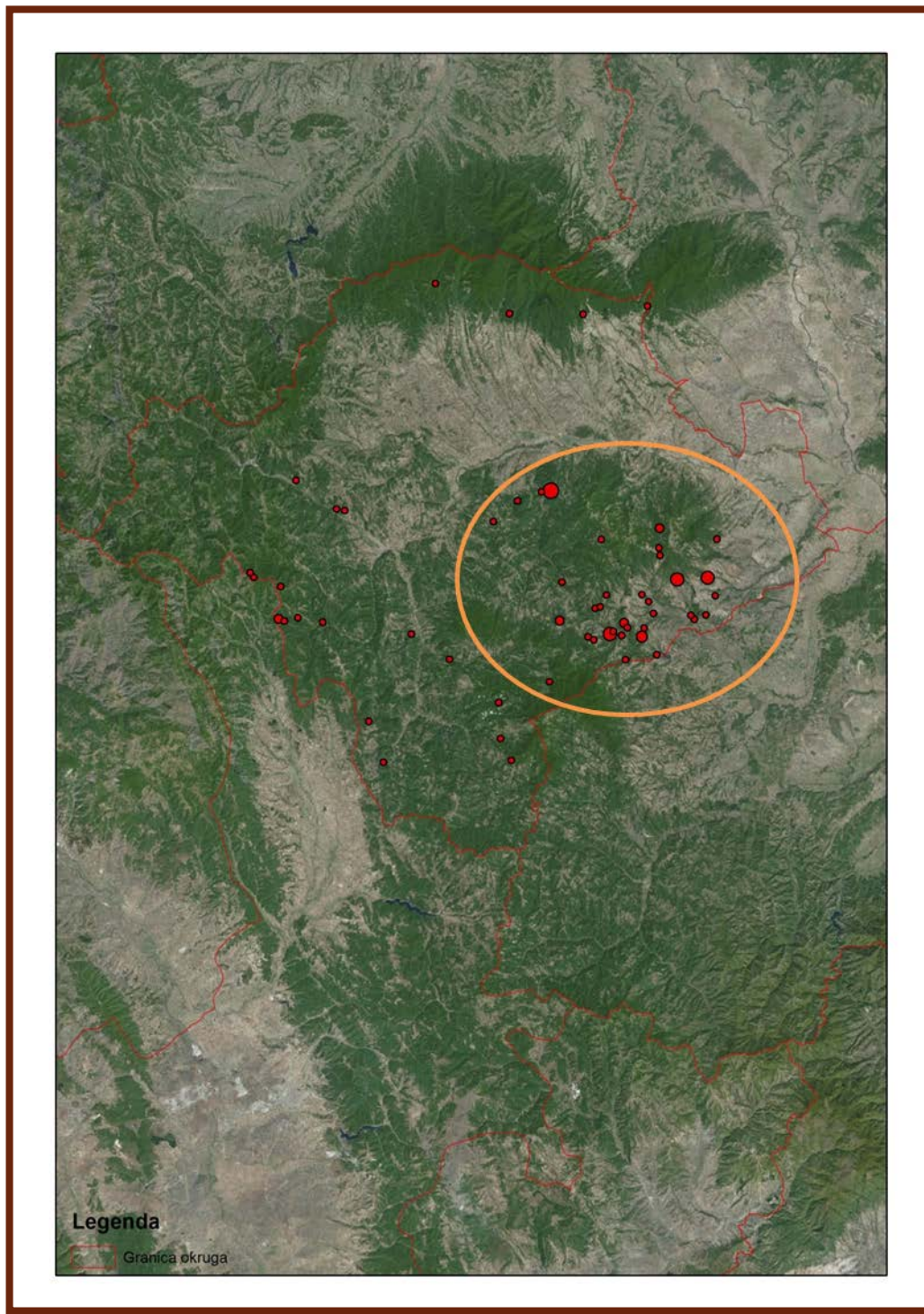
Procena rizika pojave požara za mesec avgust u Topličkom okrugu na osnovu usrednjenog FWI indexa u mreži 2 2 km. Prikazana je lokacija i veličina požara koji su se desili u periodo 2012. - 2016. godine.



Procena rizika pojave požara za mesec septembar u Topličkom okrugu na osnovu usrednjenog FWI indexa u mreži 2 2 km. Prikazana je lokacija i veličina požara koji su se desili u periodu 2012. - 2016. godine.



Procena rizika pojave požara za mesec oktobar u Topličkom okrugu na osnovu usrednjenog FWI indexa u mreži 2 2 km. Prikazana je lokacija i veličina požara koji su se desili u periodo 2012. - 2016. godine.



Analiza odnosa kategorije razika na osnovu kalibrisanog FWI i pojave požara pokazuje da se 85% požara dogodilo u zonama rizika (od umerenog do visokog). Takođe, 95% požara koji su se dogodili u zoni niskog rizika imali su opožarenu površinu manju od 20ha. Konačno ono što se može videti sa prikazanih slika - požari sa najvećom opožarenom površinom događali su se u zoni visokog ili veoma visokog rizika spram FWI kalibracije.

III) RANGIRANJE NAJZNAČAJNIJIH PRIRODNIH I ANTROPOGENIH FAKTORA ZA POJAVU I PONAŠANJE POŽARA

Veliki je broj faktora abiotičke i biotičkog prirode uključujući i uticaj čoveka koji mogu povećati ili smanjiti opasnost od požara. Retrospektivnom analizom požara izdvojeni su najznačajniji faktori koji utiču na pojavu požara i njihovu veličinu. Nakon izdvajanja najznačajnijih faktora utvrđena njihova „težina“, odnosno uticaj svakog od njih pojedinačno na pojavu i ponašanje požara.

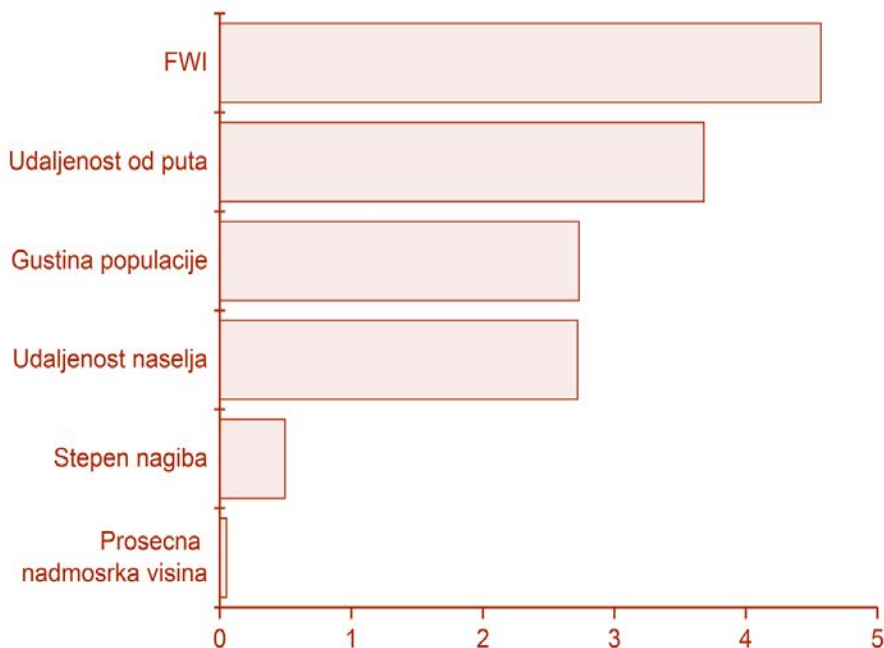
Prediktivni modeli za evaluaciju uticaja različitih faktora na pojavu požara izvedeni su na osnovu podataka o požarima koji su se dogodili u Topličkom regionu u periodu od 2012 do 2017. godine. Metodom uparivanja najbližnjih prostornih tačaka⁴ izdvojeni su parovi tačaka na kojima se dogodio i onih na kojima se nije dogodio požar a koje su ekvivalentne u pogledu pošumljenosti i prosečnog petogodišnjeg FWI. Kao prediktori su testirani udaljenost od puta, udaljenost od naselja, ekspozicija i prosečna nadmorska visina. Ovaj logističko-regresioni model⁵ pokazao je uspešnost predikcije požara od **69.2%**, odnosno tačno je identifikovao **36 od 52 lokacije** na kojima se dogodio požar, dok su se kao najvažniji prediktori izdvojili blizina puta i naselja.

Ipak kako bi se FWI uključio u evaluaciju prediktivne moći i upoređio sa drugim biotičkim i abiotičkim faktorima, testiran je alternativni model. U ovom modelu lokacije su bile ujednačene po udelu različitih tipova vegetacije, a testirao se doprinos udaljenosti puta, gustine populacije, udeljanosti naselja,

⁴Korišćen je metod propensity score matching – ova metoda za svaku lokaciju na kojoj se dogodio požar na osnovu linearnog kompozita ulaznih kriterijuma pronalazi se ekvivalentna lokacija na kojoj se nije dogodio požar, te na taj način omogućava procenu relevantnosti različitih faktora pod hipotetički istim uslovima.

⁵Za procenu relativnog doprinosa pojedinačnih faktor korišćena je logistička regresija - metoda koja omogućava identifikaciju doprinosa svakog od prediktora, kao i izračunavanje tačnosti predikcije binarnih ishoda.

ekspozicije, FWI-a i prosečne nadmorske visine na pojavu požara u Topličkom regionu. Kao rezultat, ovaj model pokazao je uspešnost predikcije pojave požara od **75.0%**, odnosno tačno identifikovanih **39 od ukupno 52 požara**. Kao najrelevantniji faktor izdvoji se FWI, zatim udaljenost od puta, nakon čega slede gustina populacije i udaljenost od naselja i konačno ekspozicija i prosečna nadmorska visina sa relativno skromnim doprinosom (Graf 23).



Grafikon 23. Uticaj pojedinih faktora na pojavu požara u Topličkom okrugu

Za procenu uticaja različitih faktora na veličinu požara korišćeni su podaci o opožarenim površinama sa celokupne teritorije (Beograd, istočna i zapadna Srbija) - a kao metod korišćena je random forest⁶ analiza. Na ovaj način testiran je efekat različite kombinacije faktora na opožarenu površinu (Graf. 23).

Prethodno formirana baza podataka sa svim informacijama o faktorima abiotičke, biotičke prirode i antropogenim uticajima relevantnim za požare korišćena je za statističku obradu koja omogućuje rangiranje prema njihovom uticaju na pojavu i ponašanje požara.

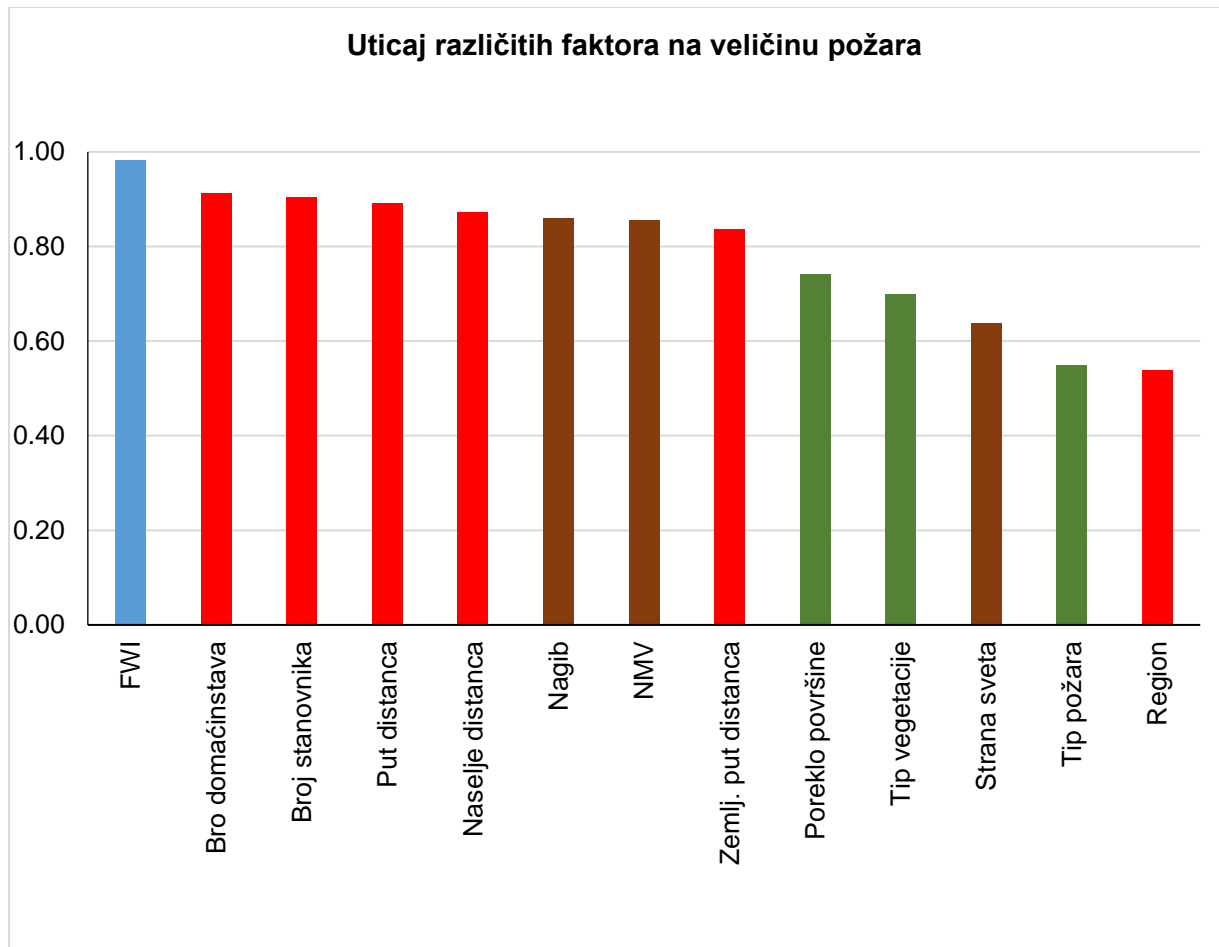
⁶Random forest je varijacija diskriminacione nalaze koja ima zadatak da vrši klasifikaciju na osnovu serije regresionih jednačina koje se formiraju da opišu slučajne podskupove unutar seta podataka. Kao i većina srodnih analiza, omogućava uvid u relativni doprinos pojedinačnih faktora, ali omogućava i učenje algoritma na „trening setu“ (tj. jednom delu podataka) i evaluaciju datog algoritma na „test setu“ kroz veći broj iteracija.

Danas se u te svrhe koristi prediktivna analitika koja obuhvata razne statističke tehnike od prediktivnog modeliranja, mašinskog učenja do „datamaning“ nad podacima kojima analizira činjenice iz prošlosti i sadašnjosti kako bi napravila predviđanje budućih odnosno nepoznatih događaja. Mašinsko učenje je model unošenja sposobnosti mašine da pronađe nove informacije u odnosu na one koje su poznate u trenutku učenja. Ovakav postupak svakako je sličan načinu na koji učimo decu.

Osnovni problem koji mašinsko učenje pokušava da reši je da na osnovu podataka nauči ishod koji bi i čovek dao. Na osnovu trening skup koji nazivamo istorijskom podacima uspostavljaju se pravila koja nad novim podacima mogu predvideti ishod. Postoje dve vrstekategorije predikcije– klasifikacija i regresija. Klasifikacija se odnosi na diskretnu predikciju, odnosno klasifikovanje podataka u definisan, konačan broj klasa. Regresija se, sa druge strane, odnosi na kontinualno predviđanje. Kod regresije, algoritam uči i predviđa kako će se funkcija ponašati u budućnosti, na osnovu istorijskih podataka.

Za procenu uticaja različitih faktora na veličinu požara korišćeni su podaci o opожареним површина са целокупне територије (Београд, источна и западна Србија) - а као метод коришћена је random forest⁷ анализа. Као зависно променљива је коришћена класа пожара према подели коју дају Díaz-Avalos и сар. (2016). У првој фази је изабрано 13 фактора који могу да утичу на величину пожара. Random Forest тест је потом стартован 12 пута при чему је искључиван по један од изабраних фактора у свакој од итерација (Ye *et al.*, 2017). Графички су приказане просечне вредности утицаја сваког од анализираних фактора величину опожарене површине. На овај начин тестиран је ефекат различитих комбинације фактора на опожарену површину (Graf.24).

⁷Random forest je varijacija diskriminacione nalaze koja ima zadatak da vrši klasifikaciju na osnovu serije regresionih jednačina koje se formiraju da opišu slučajne podskupove unutar seta podataka. Kao i većina srodnih analiza, omogućava uvid u relativni doprinos pojedinačnih faktora, ali omogućava i učenje algoritma na „trening setu“ (tj. jednom delu podataka) i evaluaciju datog algoritma na „test setu“ kroz veći broj iteracija.



Grafikon 24. Uticaj različitih faktora na veličinu požara

IV) IZBOR OPTIMALNOG SISTEMA ZA RANU DETEKCIJU POŽARA

Koliko je važna rana detekcija požara možda najbolje ilustruje primer Alkhatib-a, (2014) koji navodi da je nakon jednog minuta za gašenje požara dovoljna jedna čaša vode, nakon 2 potrebno je 10 litara a nakon 10 minuta 1000 litra.

Nakon analize postojećih rešenja u svetu za ranu detekciju požara i sagledavanja postojećih domaćih kapaciteta imajući u vidu „cost-benefit” analizu, koja će se odnositi na odnos preciznosti u detekciji i cene samog sistema, izvršiće se izbor optimalnog sistema ili više njih.

ANALIZA POSTOJEĆIH SISTEMA ZA RANU DETEKCIJU POŽARA

Svi sistemi za ranu detekciju požara se mogu razvrstati na one koji lociraju šumske požare se zemlje i one koji to rade iz vazduha.

SISTEMI ZA DETEKCIJU ŠUMSKIH POŽARA SA ZEMLJE

Lociranje požara sa zemlje se može vršiti sa fiksne tačke (osmatračnica ili neka dominantna kota) od strane obučениh ljudi sa ili bez optičkih pomagala ili u pokretu tokom redovnih aktivnosti uposlenih u šumarskom sektoru (Vasić, 1991). Tokom požarne sezone organizuje se osmatranje 24 časa. Kao i svaki drugi sistem koji se oslanja na ljudski faktor tako i ovaj nije dao zadovoljavajuće rezultate pri lociranju požara mada ima i oprečnih mišljenja.

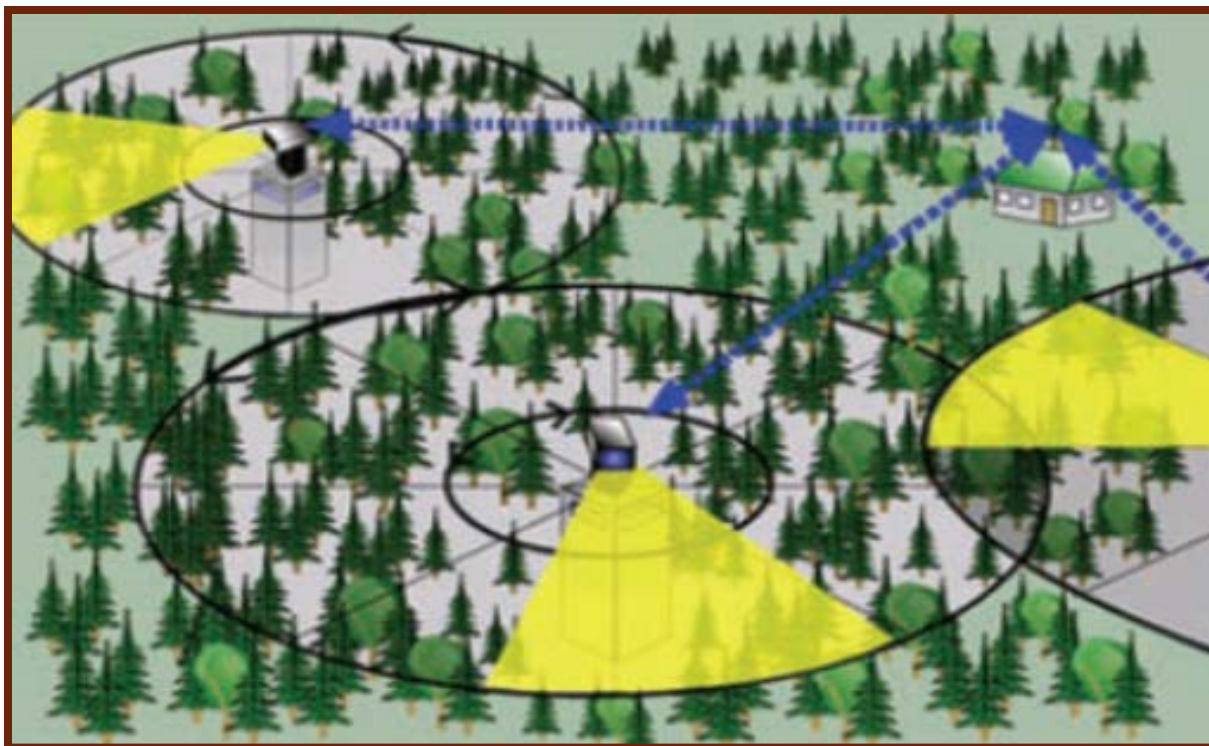
Mnogo bolji rezultati su postignuti korišćenjem automatizovanih sistema za lokaciju požara sa zemlje poput onog koji je u primeni od 2006. godine u Deliblatskoj peščari. O ovakvom i njemu sličnim sistemima će u daljem tekstu biti mnogo više reči.



Slika 2. Različiti tipovi senzora za detekciju požara sa zemlje

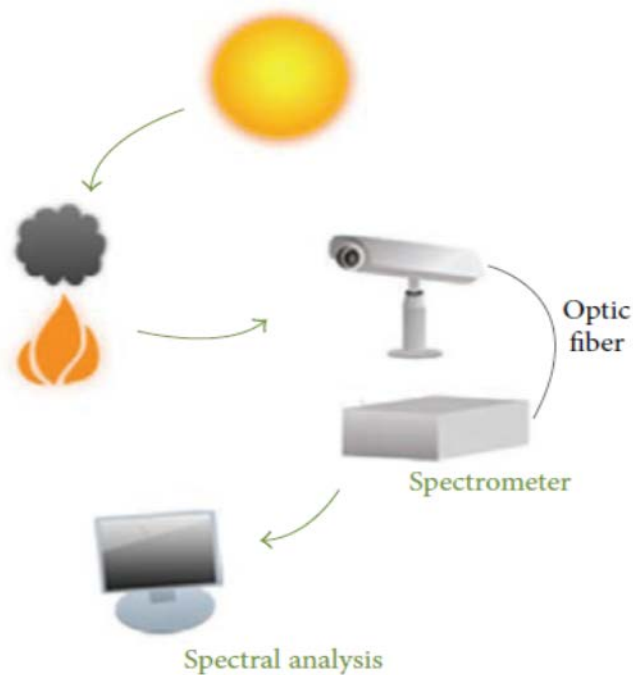
Automatizovani sistemi za ranu detekciju požara sa zemlje koriste različite tipove senzora (Slika 2). Najduže u upotrebi su rotirajuće video kamere koje mogu biti povezane u jedinstven sistem za automatsku detekciju i geopozicioniranje nastalog požara (Fernández-Berni *et al.*, 2008). Sistem funkcioniše tako što kamera snima u pravilnim vremenskim intervalima prostor ispred sebe pri čemu beleži azimut i vreme nastalog snimka koji se čuva na hard disku i do 200 dana. Napredniji sistemi imaju i programe za automatsku vizuelnu detekciju požara. Kada program registruje požar jednom kamerom uvezanom u sistem, ta informacija se proverava i ostalim kamerama. Ako najmanje još jedna kamera detektuje isti požar moguće je na osnovu poznavanja uglova pod kojim je požar registrovan odrediti i njegovu preciznu lokaciju.

Jedan od poznatijih sistem ovog tipa je nemački FireWatch (<http://www.fire-watch.de/>). Trenutno je u funkciji 307 sistema koje opslužuju 82 radne stanice i pokrivaju ukupno 6 040 000 hektara šume širom sveta. FireWatch koristi sistem optičkih senzora koji obave punu rotaciju od 360° za 4-10 minuta u koracima od po 10°. Prikupljeni podaci sa senzora montiranih na tornjevima, koji moraju biti bar 10 metara iznad šume, bežičnom mrežom prenose se do centralnog kompjutera. Automatski detektuje dim tokom dana i noći i može da pokrije površinu od 70000 hektara u idealnim uslovima. Senzori registruju pravac pojave dima i distancu na kojoj se javio.



Slika 3. FireWatch sistem (preuzeto sa <http://www.fire-watch.de/>)

ForestFireFinder (<http://www.ngns-is.com>), analizira koliko je sunčeve svetlosti i na koji način apsorbovano u atmosferi uz pomoć optičkog spektrometra. Kako apsorpcija zavisi od hemijskog sastava atmosfere i menja se usled prisustva dima, sistem može da razlikuje dim organskog porekla, nastao gorenjem vegetacije od industrijskog dima poreklom iz fabrika ili sagorevanjem nekog neorganskog otpada. Sistem detektuje dim rastojanju do 15 km i na osnovu analize sastava dima donosi autonomnu odluku da li da podigne alarm i pošalje informacije o lokaciji požara kontrolnom centru.

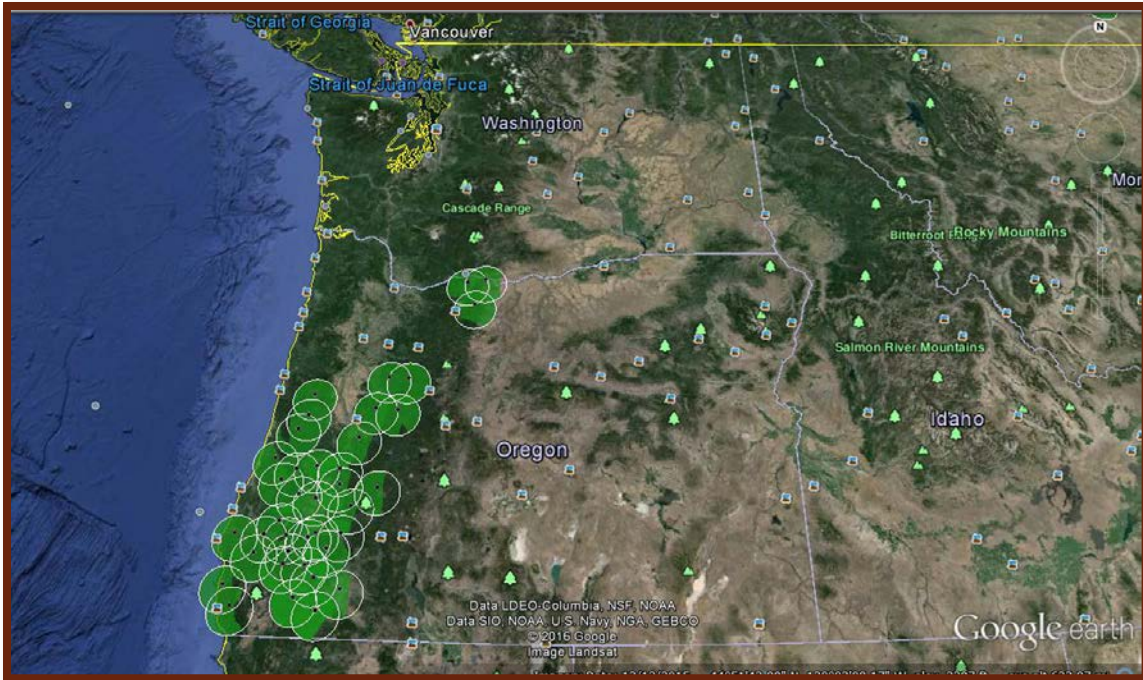


Slika 4. Funkcionisanje ForestFireFinder sistema za ranu detekciju požara (Alkhatib, 2014)

ForestWatch (<http://evsusa.biz/productservices/forestwatch/>), predstavlja automatski sistem za detekciju požara. Sastoji se od kamere, kompjutera za prikupljanje fotografija, komunikacione jedinice i programa za analizu prikupljenih podataka. Sistem radi samostalno 7 dana u nedelji, 24 časa jer ima kameru osetljivosti 0,005 lux-a. Kamera ima mogućnost rotacije od 360° ali i vertikalnog kretanja od +33° do – 83°. Svi prikupljeni podaci sa perifernih jedinica (osmatračkih tornjeva) se prosleđuju do centralnog kompjutera koji ih analizira i uz pomoć sofisticiranog programa izdaje jedno od tri moguća upozorenja:

- 1) novi požar
- 2) stari požar koji je još aktivan
- 3) nedefinisano stanje kada se zahteva intervencija dežurnog operatera

Sistem radi sa digitalnim modelom terena tako da sistem automatski registruje poziciju požara bez triangulacije koju zahtevaju neki drugi sistemi da bi se došlo do GPS koordinata. Sistem može automatski da šalje podatke vatrogasnim jedinicama o lokaciji na kojoj je došlo do požara



Slika 5. Mreža instaliranih ForestWatch sistema u državi Oregon (preuzeto sa <http://evsusa.biz/productsservices/installations/>)

Glavni problem svih sistema za vizuelnu detekciju požara sa zemlje jeste velika učestalost lažnih alarma usled loših vremenskih prilika, kao što su oblaci, kiša, prašina ili usled ljudske aktivnosti. Zato ovi sistemi zahtevaju nadzor čoveka tokom požarne sezone na kome je donošenje finalne odluke o tome da li se radi o lažnom i pravom požaru.

BEŽIČNI MREŽA SENZORA (WIRELESS SENSOR NETWORKS- WSN) ZA DETEKCIJU POŽARA SA ZEMLJE

Poslednjih nekoliko godina sve se veća pažnja posvećuje istraživanju mogućnosti primene mreže senzora za ranu detekciju šumskih požara koji međusobno, a i sa centralnim jedinicama, komuniciraju primenom bežične tehnologije. Ovi uređaji (bežične jedinice- wireless nodes) se sastoje od senzora, mikroprocesora i bežičnog transmitera pri čemu svi koriste istu bateriju kao izvor energije. Senzori mogu da registruju različite fizičke parametre kao što su temperatura, relativna vlaga, vazdušni pritisak ali i hemijske kao što je sadržaj ugljenmonoksida, ugljen dioksida ili azotnog dioksida. Za upravljanje mrežom su razvijeni različiti

protokoli i kompjuterski algoritmi (Bouabdellah et al., 2013) koji imaju za cilj da štede energiju jer većina ovih sistema nema mogućnost dopune baterija nakon instalacije u šumi, mada su u razvoju sistemi koji teoretski mogu da funkcionišu i do 16 godina sa jednom 1 Ah litijumskom baterijom (Lazarescu, 2015). Da bi se štedela energija delovi mreže se uključuju periodično kada šalju redovno prikupljene informacije, zatim na upit koji je takođe poslat bežičnim signalom određenim čvorovima mreže ili automatski ako senzor detektuje dim (Yu et al., 2005). Uređaji se postavljaju na međusobnoj udaljenosti od nekoliko stotina metara do 1 km. Informacije koje prikupljaju senzori mogu se koristiti pored rane detekcije i za prognoziranje opasnosti od požara, kao dopuna drugim sistemima koji operišu na bazi FWI (Hefeeda and Bagheri, 2007). S druge strane, Hartung et al., 2006, predlažu jedan hibridni sistem (FireWxNet) koji mrežu bežičnih senzora nadograđuje veb kamerama koje se po potrebi uključuju kako bi proverile i verifikovale senzorima registrovani požar. Kao kuriozitet navodimo primer sistema bežičnih uređaja „Forest Wizard“, koji detektuju požar na rastojanju do 800 metara a čiji biosenzor (čip za detekciju požara) je kreiran ekstrakcijom DNK insekta *Melanophila acuminata* iz familije *Buprestidae*, vrste koja inače naseljava nagorela stabla. Ovi uređaji imaju i autonomni sistem za napajanje električnom energijom, sa mikro solarnih panela ali i čipa koji konvertuje kinetičku energiju usled vibracije površine tla u električnu energiju. Pored detekcije požara daju informacije i o njegovom intenzitetu i pravcu širenja.

Svi WSN sistemi daju informacije o pojavi požara u inicijalnoj fazi i gotovo u realnom vremenu. Pored rane detekcije, obezbeđuju i informacije o ponašanju požara a mogu imati i primenu za prognoziranje opasnosti. Cena ovih uređaja sa napretkom tehnologije rapidno pada tako da će u budućnosti nalaziti sve veću primenu. U našim uslovima, ovakvi sistemi bi mogli naći primenu kao dopuna optičkim sistemima za ranu detekciju požara u delovima naročito vrednih objekata koji nisu u vidnom polju kamera zbog velike kupiranosti terena.

SISTEMI ZA DETEKCIJU ŠUMSKIH POŽARA IZ VAZDUHA

Pored sistema za ranu detekciju požara sa zemlje, postoji i više tipova sistema za detekciju iz vazduha kao što je korišćenje aviona, satelita i u novije vreme dronova.

Avioni. Jedan od najstarijih sistema za ranu detekciju požara iz vazduha bazira se na planskom osmatranju korišćenjem malih aviona poljoprivredne avijacije tzv. vazdušnim patrolama u vreme požarne sezone. Za te potrebe Vasić (1992) je napravio plan korišćenja 21 aerodroma sa ukupno 53 aviona kojim bi se pokrila teritorija čitave Srbije. Poređenja radi Slovačka, koja je po površini pod šumom slična Srbiji ali sa znatno manjom opasnošću od požara, godišnje troši između 100 000 i 130 000 evra za 400-550 sati planskog osmatranja malim avionima. U našim uslovima, za istu površinu, s obzirom na dužu požarnu sezonu ova suma bi bila svakako višestruko viša. Nedostatak ovog sistema jeste što svaki avion može da obavi nekoliko

letova u toku dana a period između letova od nekoliko časova ostaje nepokriven. Od ovog tipa rane detekcije svakako ne treba potpuno odustati već treba nametnuti obavezu pilotima da izveštavaju o požarima tokom svojih redovnih letova.

Dronovi. Bespilotne letelice (Unmanned Aerial Vehicles, skraćeno UAV) ili dronovi nalaze sve veću primenu pri osmatranju gotovo svih vrsta rizika. Mogu se koristiti za prikupljanje podataka na osnovu kojih se definiše opasnost od požara ali se sve češće koriste za ranu detekciju i osmatranja već nastalih požara (Merino *et al.*, 2012 Allison *et al.*, 2016 Cruz *et al.*, 2016). Dronovi mogu biti opremljeni različitim tipovima senzora. Za registrovanje promena u temperaturi površine koju nadleću koriste se senzori koji reaguju na zračenje iz infracrvenog dela spektra. Njih dalje možemo podeliti na one koji reaguju na duge ili srednje talase sa dužinom od 3–5 μm , koji su najtipičniji za šumske požare. Druga grupa senzora registruje vidljivi plamen na talasnim dužinama ispod 3 μm .

Sateliti. Evropski informacioni sistem za šumske požare (EFFIS) u sebi sadrži modul „Active Fire Detection“ kojim se lociraju novonastali požari na osnovu termalnih anomalija. Kompjuterski algoritam upoređuje temperaturu potencijalnog požara sa temperaturom njegovog neposrednog okruženja. Ukoliko je ta razlika iznad unapred definisanog praga ta lokacija se proglašava aktivnim požarom. Ovaj sloj u okviru EFFIS se preuzima sa NASA platforme FIRMS (Fire Information for Resource Management System).

Informacije o požarima se prikupljaju uz pomoć MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) senzora koji se nalaze na TERRA (EOS AM-1) i ACQUA (EOS PM-1) satelitima. TERRA orbitira oko zemlje u smeru sever i prolazi preko ekvatora ujutru, dok ACQUA orbitira u suprotnom smeru i prolazi preko ekvatora poslepodne. Ovi sateliti snime čitavu površinu Zemlje za 1-2 dana što je njihova vremenska rezolucija dok im je prostorna rezolucija 1 km. Razlika u temperaturi između površine sa požarom i okoline koja ne gori omogućava mapiranje trenutno aktivnih požara. Drugi modul koji EFFIS preuzima od FIRMS-a je VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite) koji koristi sličan algoritam za detekciju požara kao i MODIS ali u prostornoj rezoluciji od 375 metra. VIIRS je sastavni deo NASA/NOAA Suomi National Polar-orbiting Partnership (SNPP).

Informacije prikupljene ovim sensorima se osvežavaju na EFFIS portalu 6 puta dnevno, 2-3 sata nakon preuzimanja i obrade MODIS/VIIRS snimaka. Tačnost lokacije aktivnih požara na portalu je uslovljena prostornom rezolucijom senzora tako da manji požari ili zaklonjeni oblacima ili dimom ostaju neregistrovani. S druge strane sateliti registruju i druge izvore toplote koji nisu povezani sa požarima. Pored lokacije o svakom verifikovanom požaru sistem daje i informacije o tipu vegetacije koji je zahvaćen požarom, geografske koordinate i administrativne podatke o državi, regiji. Da bi se eliminisali lažni alarmi FIRMS sistem koristi algoritme koji uzimaju u obzir tip vegetacije odnosno kategoriju površine je u blizini potencijalnog požara, zatim distancu do naselja i veštačkih površina na osnovu čega definiše nivo

poverenja za svaki požar koji se prikaže na portalu EFFIS-a. Moramo da naglasimo da su ovi servisi besplatni i javno dostupni.

Makedonski sistem za ranu detekciju požara koristi snimke satelita MSG Seviri (kanal od 3900 i 10800 nm) sa prostornom rezolucijom od 3 x 3 km vremenskom rezolucijom od 15minuta, kao i snimci satelita Terra/Aqua-MODIS (kanal od 3900 i 10800 nm) sa prostornom rezolucijom od 1 x 1 km vremenskom rezolucijom od 12časova. Kombinacija podataka sa ova dva satelita predstavlja pokušaj da se nadomeste nedostaci niske prostorne rezolucije snimaka dobijenih sa MSG Seviri i nedostatak niske vremenske rezolucije Terra/Aqua-MODIS.

Minimalna površina požara koju može da se detektuje jeste 1 ha, što predstavlja veći požar prema podeli koju daje Vasić (1992) i za čije gašenje je neophodno angažovati više od 30 ljudi što predstavlja jedan od glavnih nedostatak satelitskog sistema za ranu detekciju požara. Drugi rizik koji nosi oslanjanje na satelitske snimke jeste narušavanje nezavisnosti sistema, jer sa ukidanjem pristupa snimcima čitav sistem ne funkcioniše. Naša iskustva iz prošlosti sa različitim vidovima sankcija i ratnim situacijama, kada nam je bio uskraćen pristup ovakvim vidovima informacija, nam nameću nezavisnost sistema za prognoziranje opasnosti i ranu detekciju od požara kao imperativ.

Ovakav sistem može poslužiti kao prelazno rešenje, dok se ne uspostavi efikasniji sistem za ranu detekciju požara koji bi bio potpuno nezavistan, ili za detektovanje opožarenih površina nakon gašenja požara.

ZAKLJUČNA RAZMATRANJA I PREDLOG

Analiza različitih sistema za ranu detekciju šumskih požara data je u tabeli 6.

Tabela 6. Uporedna analiza sistema za ranu detekciju požara

Vrsta poređenja	Čovek	Optički sistemi	Bežične mreže	Dronovi	Sateliti
Cena	mala	velika	srednja	srednja	Veoma velika
Efikasnost i praktičnost	mala	srednja	velika	velika	mala
Mogućnost lažnih alarma	mala	srednja	srednja	mala	mala
Preciznost lociranja	mala	srednja	velika	velika	srednja
Kašnjenje detekcije	veliko	srednje	mala	mala	Veoma velika
Informacije o ponašanju požara	ne	ne	da	da	da
Korišćenje u druge svrhe	ne	da	da	da	da

Nakon izrade karte opasnosti od pojave požara na nivou države, što treba da bude jedan od budućih zadataka, izdvojiće se i područja sa različitim nivoima potrebnog monitoringa za ranu detekciju požara. Intenzivniji monitoring treba sprovoditi u područjima gde je retrospektivnom analizom ustanovljena veća učestalost pojave požara ali i gde su registrovane veće opožarene površine. Naročitu pažnju treba posvetiti objektima od posebnog značaja kako što su nacionalni parkovi sa dominantnim četinarskim vrstama (Kopaonik, Tara) ali i većim kompleksima četinarskih kultura (Sjenica, Vlasina idr.).

Za ranu detekciju šumskih požara predlažemo hibridni sistem koji bi se sastojao od mreže video kamera i bežičnih mreža senzora koje bi dopunjavale video nadzor onih delova šuma koje nisu u vidnom polju kamera usled velike kupiranosti terena.

PRILOG

BUI

Svi tipovi šuma

BUI	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	8.0	14.8	23.1	47.8	70.3	106.7	117.5	125.5	119.1	40.1	12.4
Umerena	10.3	25.5	34.9	67.5	84.3	129.2	156.2	211.3	143.8	44.3	14.8
Visoka	10.6	37.4	48.4	76.3	98.6	143.5	186.6	229.4	155.4	48.9	16.9
Vrlo visoka	10.9	46.0	60.7	81.1	100.2	158.5	200.9	246.0	171.6	49.7	19.8
Ekstremna	11.4	55.3	71.3	89.4	110.8	174.0	214.5	257.9	186.9	51.0	24.0

Šume lišćara

BUI	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	8.0	16.8	25.7	52.9	72.8	113.5	140.7	131.7	121.3	40.2	13.1
Umerena	10.3	27.7	36.8	71.7	87.9	133.6	169.4	216.3	144.8	45.1	15.3
Visoka	10.6	39.2	50.3	77.4	98.6	147.2	192.3	233.2	157.2	48.9	17.3
Vrlo visoka	11.2	48.2	65.3	81.1	100.8	164.4	205.3	247.2	172.8	49.7	19.8
Ekstremna	11.4	56.7	71.7	90.1	111.3	177.7	219.6	259.6	187.0	51.7	24.6

Šume četinarara

BUI	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	7.6	13.3	19.9	43.7	63.9	98.9	128.4	116.1	115.7	39.1	11.6
Umerena	9.9	22.3	31.6	66.3	75.3	123.4	158.3	204.7	136.8	44.8	14.1
Visoka	10.6	33.0	44.2	75.5	93.7	139.4	183.8	221.6	152.2	48.8	16.6
Vrlo visoka	10.6	42.3	56.3	79.2	99.0	151.0	197.7	241.8	162.2	49.7	21.5
Ekstremna	11.4	49.1	71.3	81.1	109.7	170.1	210.4	256.3	173.7	50.8	24.0

Šikare i šibljadi

BUI	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	8.0	15.0	24.0	48.3	71.1	108.7	135.9	129.8	128.5	30.7	14.3
Umerena	10.3	28.1	36.7	67.6	90.7	132.9	169.6	217.6	150.9	43.3	15.0
Visoka	10.6	39.6	48.4	76.3	98.6	145.8	194.1	236.6	168.5	48.0	16.3
Vrlo visoka	10.6	48.2	56.3	81.1	100.1	158.1	205.7	249.8	182.8	48.9	17.8
Ekstremna	11.0	54.8	71.3	91.1	102.7	172.5	225.6	259.2	194.8	49.9	18.3

Livade i pašnjaci

BUI	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	8.0	13.5	21.1	44.9	70.9	105.7	131.3	118.5	115.5	29.9	12.3
Umerena	10.3	24.8	33.0	67.7	84.4	130.1	165.5	215.7	146.7	43.8	14.5
Visoka	11.2	37.9	47.9	78.6	98.2	143.7	190.6	231.7	155.4	48.0	15.7
Vrlo visoka	11.3	47.8	69.4	82.6	98.7	156.1	202.7	242.3	179.1	49.5	16.0
Ekstremna	11.3	60.0	74.0	95.2	101.9	167.3	210.5	253.5	186.2	49.8	16.7

Mešovite šume

BUI	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	7.1	11.8	19.5	43.9	64.6	90.9	122.7	112.0	117.7	41.2	11.7
Umerena	10.2	19.0	31.0	65.2	72.6	116.0	153.2	202.6	129.8	45.4	14.2
Visoka	10.3	25.5	40.2	73.0	88.8	132.1	183.3	212.5	152.1	49.0	22.2
Vrlo visoka	10.6	32.2	54.0	78.1	88.8	143.1	196.4	218.4	160.5	50.4	23.2
Ekstremna	10.9	45.5	67.9	78.4	89.2	149.2	204.0	227.2	175.3	50.8	23.3

ISI

Svi tipovi šuma

ISI	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	2.6	4.8	5.5	6.2	6.9	7.7	10.8	9.1	7.0	3.6	2.0
Umerena	3.7	7.4	8.4	7.2	8.6	9.8	13.4	11.1	7.7	5.1	2.7
Visoka	4.2	10.2	10.3	9.4	10.4	11.9	18.9	12.9	12.4	5.8	3.7
Vrlo visoka	4.7	14.8	13.2	10.1	10.9	14.1	41.3	14.5	14.6	7.3	6.8
Ekstremna	5.0	20.2	15.7	11.2	11.7	16.8	48.6	17.7	16.2	8.9	10.5

Šume lišćara

ISI	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	2.9	5.4	5.9	6.4	7.1	8.4	10.8	9.7	7.1	3.7	2.0
Umerena	3.7	8.0	8.8	7.4	8.8	10.3	12.5	11.5	7.8	5.2	2.6
Visoka	4.3	10.8	10.5	9.4	10.5	12.2	14.7	13.0	12.5	6.1	3.7
Vrlo visoka	4.8	16.0	13.3	10.3	11.0	14.3	16.2	14.6	14.6	7.3	7.2
Ekstremna	5.1	20.6	15.7	11.2	12.2	17.0	20.1	17.7	15.6	11.0	10.5

Šume četinarara

ISI	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	2.1	4.4	5.0	6.1	6.6	6.6	9.7	8.1	6.8	3.5	1.8
Umerena	3.6	6.8	8.0	7.1	8.1	9.2	11.8	10.8	7.6	5.1	2.7
Visoka	4.2	9.4	10.1	9.2	9.9	11.4	14.2	12.8	12.1	5.8	3.4
Vrlo visoka	4.7	12.8	13.1	9.7	10.6	13.8	16.1	14.5	14.6	7.2	4.0
Ekstremna	5.0	19.2	15.6	11.0	10.9	16.6	18.7	17.6	16.0	7.3	5.2

Šikare i šibljadi

ISI	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	2.9	4.8	5.5	6.3	7.1	8.1	10.5	9.9	7.2	3.4	2.1
Umerena	3.8	7.8	8.0	7.2	8.8	10.2	12.4	11.4	7.7	4.7	2.8
Visoka	4.5	10.4	10.2	9.4	10.6	12.0	14.6	12.8	12.6	5.6	4.3
Vrlo visoka	4.7	16.4	12.8	10.2	10.9	14.3	15.6	14.2	14.4	7.3	6.7
Ekstremna	4.9	20.2	15.3	10.8	11.0	15.6	18.6	16.5	14.8	7.3	10.0

Livade i pašnjaci

ISI	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	2.6	4.4	4.9	5.8	6.3	7.6	10.3	8.7	7.0	3.5	2.1
Umerena	3.6	7.6	8.0	7.2	7.9	10.1	12.1	11.0	7.7	4.9	2.9
Visoka	3.8	10.8	10.2	9.4	10.5	11.9	14.2	12.7	10.9	5.6	6.8
Vrlo visoka	4.5	15.9	13.0	10.3	11.0	13.7	15.4	14.1	14.5	7.3	10.2
Ekstremna	4.7	23.1	15.6	10.7	11.0	15.4	19.0	17.7	14.7	7.3	10.5

Mešovite šume

ISI	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	1.6	4.1	5.4	6.6	5.8	6.6	9.6	8.1	6.9	4.4	2.3
Umerena	4.3	6.4	8.3	7.3	7.8	8.3	11.2	10.4	8.5	5.1	2.6
Visoka	4.8	8.3	10.1	9.4	9.5	10.7	13.1	13.3	13.8	5.6	2.9
Vrlo visoka	4.9	10.9	11.5	9.5	9.8	14.2	17.3	14.6	16.8	6.6	3.4
Ekstremna	5.0	14.0	15.7	10.9	10.5	20.6	18.8	19.0	18.3	6.8	3.5

DC

Svi tipovi šuma

DC	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	62.9	66.7	48.7	109.0	187.0	341.1	451.0	628.2	734.3	267.3	43.6
Umerena	73.8	107.3	76.7	144.4	228.8	392.3	537.1	677.6	757.4	281.3	66.2
Visoka	92.4	197.8	103.9	175.9	258.3	458.6	598.2	719.4	769.4	297.5	114.0
Vrlo visoka	139.1	244.7	140.1	212.4	300.7	534.1	640.4	747.7	779.2	314.1	167.6
Ekstremna	151.6	310.0	219.4	263.6	335.3	594.7	678.8	780.6	786.2	334.5	182.9

Šume lišćara

DC	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	64.5	76.5	56.4	116.2	198.7	360.6	512.2	639.2	736.3	267.3	47.7
Umerena	76.8	122.5	84.7	153.1	232.9	409.4	571.7	691.3	757.8	281.3	76.7
Visoka	102.6	208.2	111.7	184.1	274.3	483.6	620.2	732.4	773.3	299.6	126.3
Vrlo visoka	149.7	263.0	154.4	221.7	313.2	551.7	659.6	760.7	779.2	321.7	180.1
Ekstremna	155.0	326.0	236.7	269.1	344.6	618.6	689.2	789.6	786.2	340.3	184.5

Šume četinarara

DC	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	59.8	54.8	41.0	96.6	180.9	316.5	463.4	614.6	728.5	267.3	37.9
Umerena	70.2	92.8	65.8	129.6	221.0	366.8	527.6	660.6	748.7	284.8	55.6
Visoka	92.0	148.1	95.9	164.1	248.1	421.2	585.8	708.2	757.8	300.3	95.7
Vrlo visoka	115.2	235.4	121.8	188.2	271.7	486.2	621.9	732.7	779.2	308.5	150.8
Ekstremna	139.8	285.9	151.0	221.7	297.2	569.8	657.6	763.2	779.2	316.9	171.9

Šikare i šibljadi

DC	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	64.6	76.6	52.0	113.5	179.0	353.9	498.7	634.2	728.8	261.8	45.9
Umerena	73.2	118.8	88.3	149.1	230.2	396.1	563.2	680.4	757.8	272.8	69.0
Visoka	81.4	210.2	108.5	178.3	257.6	479.1	613.6	713.9	769.8	281.3	89.3
Vrlo visoka	92.1	240.4	159.3	221.0	281.4	543.0	651.1	738.3	779.2	296.4	114.8
Ekstremna	94.4	273.7	220.0	264.5	326.1	590.1	683.5	754.0	779.2	310.6	131.9

Livade i pašnjaci

DC	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	57.9	62.4	43.7	105.8	177.5	337.9	491.7	620.4	728.6	261.8	44.9
Umerena	71.6	94.8	73.8	141.3	226.4	394.1	557.3	672.4	766.2	275.9	70.5
Visoka	81.6	196.7	97.9	172.4	260.3	473.4	608.1	714.9	777.8	284.5	114.6
Vrlo visoka	87.4	221.0	197.5	207.9	308.3	530.2	651.9	746.7	786.2	298.9	117.2
Ekstremna	88.5	241.4	253.2	287.8	314.6	561.0	674.0	762.7	786.2	310.6	126.7

Mešovite šume

DC	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	53.1	38.8	37.3	97.0	222.8	332.2	431.1	613.0	735.5	292.6	33.5
Umerena	63.0	100.0	62.4	120.3	245.5	372.6	494.7	642.4	743.7	300.5	38.8
Visoka	93.7	130.8	77.8	142.1	255.7	417.6	560.7	691.2	750.6	308.5	141.0
Vrlo visoka	110.6	232.7	116.4	180.6	279.8	443.1	595.7	723.8	750.9	312.0	153.6
Ekstremna	112.4	254.4	137.3	206.1	298.2	497.8	628.8	728.9	756.2	316.4	154.1

DMC

Svi tipovi šuma

DMC	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	5.1	10.7	20.8	42.9	56.8	86.6	87.2	82.8	75.0	24.8	8.7
Umerena	6.6	20.5	32.8	62.6	75.8	108.1	125.4	174.6	95.4	28.3	10.0
Visoka	7.6	31.7	44.1	76.4	89.0	124.3	155.7	206.4	105.9	31.5	11.3
Vrlo visoka	7.9	38.8	56.6	81.4	91.9	139.4	174.5	222.2	118.3	32.8	13.5
Ekstremna	8.6	43.7	71.7	85.6	98.6	152.7	192.3	239.9	132.8	32.8	15.5

Šume lišćara

DMC	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	5.5	11.8	22.7	46.0	59.0	92.0	108.7	87.9	76.7	25.3	9.0
Umerena	6.8	21.8	34.4	62.8	77.3	111.4	137.7	181.6	95.8	28.5	10.1
Visoka	7.6	32.9	47.3	76.8	90.0	127.7	162.4	208.9	106.9	31.8	11.5
Vrlo visoka	8.0	39.8	58.6	81.4	94.8	141.9	179.8	224.9	118.3	32.8	13.4
Ekstremna	8.7	44.5	71.7	86.7	98.8	153.9	201.6	241.9	132.9	33.2	16.0

Šume četinarara

DMC	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	4.5	9.7	18.5	41.8	54.4	80.4	98.1	75.4	72.0	23.5	8.2
Umerena	6.0	18.0	30.0	61.2	70.9	103.7	128.4	165.2	90.1	28.3	9.6
Visoka	7.1	30.2	41.8	73.3	84.0	120.1	153.6	199.5	103.5	31.2	11.5
Vrlo visoka	7.6	37.1	56.6	78.6	90.9	134.1	170.1	219.6	111.7	32.5	14.4
Ekstremna	7.7	41.9	71.3	81.4	98.2	151.3	188.7	234.8	122.7	32.8	15.4

Šikare i šiblji

DMC	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	6.1	10.7	21.8	42.3	58.9	87.2	104.5	87.1	81.9	21.7	9.5
Umerena	7.6	21.5	33.7	62.2	81.9	108.8	138.5	190.8	102.1	28.3	10.4
Visoka	7.6	32.1	43.7	76.8	90.0	126.3	164.2	210.7	115.2	31.2	11.2
Vrlo visoka	8.1	39.7	56.6	81.4	90.5	140.5	179.0	223.0	127.1	32.8	12.1
Ekstremna	8.7	43.8	71.7	85.9	95.8	151.7	199.2	235.9	139.0	32.8	12.9

Livade i pašnjaci

DMC	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	6.0	9.5	19.3	41.6	53.8	85.5	99.4	78.9	72.0	20.6	8.0
Umerena	7.6	19.5	32.5	62.4	74.4	108.5	135.4	185.2	97.1	28.3	9.8
Visoka	7.9	31.7	45.1	76.8	89.0	124.1	161.0	203.8	106.8	31.2	10.6
Vrlo visoka	8.3	39.7	58.8	82.3	90.0	136.3	176.0	215.8	126.2	32.8	11.1
Ekstremna	8.5	44.2	71.4	92.1	90.6	145.6	185.5	230.2	132.1	32.8	11.2

Mešovite šume

DMC	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	3.9	9.7	18.3	42.7	56.4	76.3	97.5	73.2	74.3	25.3	9.2
Umerena	6.2	16.2	30.1	61.2	59.3	99.7	127.0	167.1	85.5	28.4	10.7
Visoka	6.2	28.6	38.5	72.2	77.2	116.4	150.8	180.4	104.8	31.1	14.2
Vrlo visoka	6.4	34.8	53.1	77.1	79.2	123.4	162.8	193.2	112.1	32.4	15.0
Ekstremna	6.6	37.4	67.3	77.2	80.4	137.5	171.8	209.4	123.2	32.6	15.2

FFMC

Svi tipovi šuma

DMC	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	81.1	87.7	87.4	88.3	88.4	90.1	92.0	91.8	90.7	86.6	82.9
Umerena	84.4	90.0	91.2	90.3	90.6	92.2	93.7	93.3	91.3	88.2	84.8
Visoka	84.5	91.5	92.5	92.8	92.1	93.4	95.0	94.2	92.6	89.1	85.7
Vrlo visoka	85.3	92.4	93.7	93.3	92.7	94.7	96.3	95.1	95.2	89.6	86.0
Ekstremna	86.4	93.1	94.0	93.4	97.5	96.5	96.6	95.7	95.8	90.1	87.3

Šume lišćara

DMC	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	81.9	88.0	88.3	88.5	88.6	90.7	93.2	92.2	90.8	86.9	83.1
Umerena	84.5	90.2	91.3	90.4	91.0	92.4	93.9	93.4	91.3	88.3	84.8
Visoka	84.8	91.7	92.6	92.9	92.2	93.6	95.3	94.2	93.0	89.1	85.7
Vrlo visoka	86.3	92.5	93.7	93.3	92.9	94.8	96.3	95.1	95.2	89.7	85.8
Ekstremna	86.4	93.1	94.0	93.4	97.7	96.6	96.7	95.8	95.9	90.3	88.0

Šume četinarara

DMC	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	79.3	86.6	86.7	88.4	88.7	89.3	92.7	90.9	90.5	86.6	82.1
Umerena	84.4	89.6	91.1	90.1	90.4	91.9	93.8	93.1	91.0	88.3	84.7
Visoka	84.5	90.9	92.4	92.6	91.5	93.3	95.1	94.1	92.4	89.1	85.5
Vrlo visoka	84.6	92.1	93.7	93.2	92.7	94.6	96.3	95.1	94.9	89.4	85.7
Ekstremna	85.3	92.8	94.0	93.4	96.4	96.1	96.7	95.7	95.7	89.8	86.4

Šikare i šiblji

DMC	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	83.7	86.8	87.1	87.8	88.2	90.4	92.9	92.1	90.8	86.2	76.8
Umerena	84.5	90.1	91.0	90.2	90.4	92.3	93.9	93.5	91.4	88.1	85.2
Visoka	84.5	91.8	92.6	92.9	92.4	93.7	95.2	94.5	94.0	89.1	85.7
Vrlo visoka	85.6	92.6	93.6	93.3	92.6	95.0	96.3	95.1	95.2	89.7	86.2
Ekstremna	86.0	93.2	93.9	93.4	93.5	96.7	96.6	95.4	95.5	90.3	87.6

Livade i pašnjaci

DMC	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	81.7	85.8	85.6	87.8	85.6	89.7	92.7	90.8	90.7	85.5	73.9
Umerena	84.4	89.9	90.8	89.5	89.7	92.1	93.7	93.0	91.3	87.8	85.1
Visoka	85.0	91.5	92.5	92.8	91.8	93.3	95.2	93.9	91.7	89.1	85.8
Vrlo visoka	85.0	92.5	93.7	93.3	92.5	94.6	96.2	94.9	94.9	89.7	87.2
Ekstremna	85.1	93.0	93.9	93.4	92.6	96.1	96.5	95.3	95.4	90.1	87.4

Mešovite šume

DMC	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	79.0	88.0	88.1	89.0	88.3	89.6	92.8	91.1	90.4	86.5	83.6
Umerena	84.5	89.3	91.3	90.1	89.7	92.0	93.8	93.1	90.8	88.5	84.8
Visoka	84.5	90.2	92.5	92.6	91.1	93.2	95.1	94.1	92.6	89.0	85.1
Vrlo visoka	84.6	91.0	93.8	93.1	91.1	94.2	96.3	94.4	94.4	89.0	86.1
Ekstremna	84.7	92.2	94.0	93.1	91.2	95.7	96.5	95.5	94.7	89.1	86.3

KALIBRACIJA SA 4 KATEGORIJE RIZIKA

FWI

Svi tipovi šuma

FWI	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	1.9	5.0	6.9	13.7	18.9	22.6	32.3	25.0	21.8	7.3	1.6
Umerena	4.3	10.9	12.9	18.9	23.1	31.5	39.8	37.5	28.7	11.2	2.6
Visoka	4.6	16.4	19.3	21.7	26.6	37.5	44.2	43.0	33.7	13.4	3.7
Ekstremna	5.5	34.4	31.0	27.1	30.6	46.9	54.8	54.6	49.9	19.5	9.5

Šume lišćara

FWI	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	2.1	5.8	8.2	15.1	20.9	25.2	34.2	27.6	22.5	7.3	1.9
Umerena	4.3	12.3	14.0	19.5	23.6	33.0	40.8	38.6	29.4	11.6	2.6
Visoka	4.6	17.7	19.8	23.1	27.2	38.4	45.2	43.3	34.3	13.8	3.9
Ekstremna	5.6	35.8	31.0	27.7	30.7	47.5	55.3	54.7	49.9	22.7	9.7

Šume četinarara

FWI	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	1.2	4.0	5.9	12.8	16.9	19.5	30.5	22.5	21.6	7.1	1.5
Umerena	4.2	9.1	11.6	18.0	22.5	28.5	37.3	35.9	27.8	11.2	2.6
Visoka	4.5	14.6	18.0	20.9	24.3	35.4	43.2	41.9	32.1	13.2	3.1
Ekstremna	5.2	32.4	31.1	27.0	30.6	46.1	55.6	54.8	49.3	17.2	5.5

Šikare i šibljadi

FWI	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	2.1	5.1	7.2	12.3	21.3	23.1	33.2	25.1	22.4	7.3	1.6
Umerena	4.3	12.2	12.8	18.9	23.5	33.0	40.8	38.6	30.1	10.8	2.8
Visoka	4.6	17.1	19.4	21.5	27.0	38.5	44.7	43.2	35.1	13.0	4.5
Ekstremna	4.9	33.4	31.0	26.7	30.5	46.6	51.3	51.6	48.2	18.4	8.5

Livade i pašnjaci

FWI	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	2.0	4.2	5.7	11.9	17.9	22.1	31.2	22.7	21.0	7.3	1.5
Umerena	4.3	10.8	12.5	18.9	22.3	31.8	39.7	37.3	28.4	10.9	2.7
Visoka	4.8	16.4	19.2	21.2	26.5	37.3	43.4	42.5	33.6	13.2	5.6
Ekstremna	5.1	36.1	30.9	27.1	29.4	48.2	50.6	53.0	45.1	18.3	9.6

Mešovite šume

FWI	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	0.9	3.5	6.5	14.7	16.6	20.0	30.2	22.7	26.4	7.3	1.9
Umerena	4.4	8.1	11.9	17.9	21.3	25.7	35.0	34.3	29.5	12.2	2.4
Visoka	4.5	12.2	15.9	19.5	23.0	33.3	41.4	40.7	37.7	12.8	2.8
Ekstremna	4.7	26.3	30.7	25.9	25.8	44.3	57.0	57.4	54.3	14.4	4.4

BUI

Svi tipovi šuma

BUI	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	7.6	12.2	18.2	43.3	53.7	95.5	94.8	106.5	96.5	29.1	11.6
Umerena	9.9	23.3	32.4	65.2	75.6	125.1	148.6	206.4	140.6	43.4	14.5
Visoka	10.6	34.0	42.5	75.6	96.4	140.4	179.0	225.1	152.2	47.8	16.1
Ekstremna	11.4	55.3	71.3	89.4	110.8	174.0	214.5	257.9	186.9	51.0	24.0

Šume lišćara

BUI	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	7.9	13.5	21.0	44.3	64.4	102.0	129.3	114.9	108.7	29.4	12.3
Umerena	10.3	25.4	34.8	67.5	83.7	129.8	163.5	211.3	141.3	43.4	14.9
Visoka	10.6	36.2	44.6	76.3	98.2	143.2	187.6	228.3	152.2	47.8	16.7
Ekstremna	11.4	56.7	71.7	90.1	111.3	177.7	219.6	259.6	187.0	51.7	24.6

Šume četinarara

BUI	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	6.6	10.4	15.6	40.5	50.3	87.7	111.4	95.1	81.8	28.5	10.2
Umerena	9.9	20.0	29.2	63.4	74.5	118.6	151.8	198.7	132.0	43.3	13.6
Visoka	10.3	29.7	39.0	72.5	88.8	135.2	178.0	217.4	148.9	47.8	15.6
Ekstremna	11.4	49.1	71.3	81.1	109.7	170.1	210.4	256.3	173.7	50.8	24.0

Šikare i šibljadi

BUI	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	8.0	12.6	18.5	43.5	49.1	96.2	123.7	113.7	86.0	29.1	13.2
Umerena	10.0	25.1	34.7	63.1	81.5	126.3	161.9	210.2	149.8	43.3	14.9
Visoka	10.6	37.0	43.7	76.2	98.6	143.2	188.6	230.7	162.7	46.9	15.7
Ekstremna	11.0	54.8	71.3	91.1	102.7	172.5	225.6	259.2	194.8	49.9	18.3

Livade i pašnjaci

BUI	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	8.0	9.6	15.8	41.3	49.1	93.1	115.3	88.0	80.2	28.4	10.8
Umerena	10.0	23.0	31.2	62.3	75.5	124.8	159.5	208.4	144.5	43.3	14.2
Visoka	10.6	35.1	40.8	76.0	98.2	140.8	186.6	226.4	153.9	47.5	15.4
Ekstremna	11.3	60.0	74.0	95.2	101.9	167.3	210.5	253.5	186.2	49.8	16.7

Mešovite šume

BUI	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	6.7	10.7	15.8	41.9	62.9	83.5	106.9	94.3	112.5	29.4	10.7
Umerena	10.1	18.0	29.7	64.8	72.0	109.0	146.9	198.8	126.4	45.1	13.1
Visoka	10.3	23.5	38.4	72.0	86.9	128.8	175.8	211.1	143.2	48.8	16.2
Ekstremna	10.9	45.5	67.9	78.4	89.2	149.2	204.0	227.2	175.3	50.8	23.3

ISI

Svi tipovi šuma

ISI	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	2.1	4.1	4.5	5.7	6.3	6.4	9.8	7.6	6.8	3.2	1.5
Umerena	3.6	6.9	7.7	7.0	8.0	9.4	12.6	10.7	7.6	4.9	2.5
Visoka	4.0	9.2	9.8	8.9	9.9	11.3	15.5	12.5	9.4	5.5	3.2
Ekstremna	5.0	20.2	15.7	11.2	11.7	16.8	48.6	17.7	16.2	8.9	10.5

Šume lišćara

ISI	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	2.4	4.4	4.8	5.9	6.6	7.3	10.0	8.3	6.9	3.2	1.6
Umerena	3.6	7.5	8.1	7.2	8.5	9.8	12.1	11.0	7.6	5.0	2.4
Visoka	4.1	9.7	10.0	9.3	10.2	11.6	14.0	12.7	9.4	5.6	3.1
Ekstremna	5.1	20.6	15.7	11.2	12.2	17.0	20.1	17.7	15.6	11.0	10.5

Šume četinarara

ISI	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	1.3	3.7	3.9	5.5	6.2	5.5	8.9	6.5	6.6	3.1	1.2
Umerena	3.6	6.4	7.2	6.8	7.5	8.8	11.3	10.5	7.4	4.9	2.5
Visoka	4.0	8.5	9.6	8.4	9.7	10.8	13.5	12.3	9.5	5.5	3.0
Ekstremna	5.0	19.2	15.6	11.0	10.9	16.6	18.7	17.6	16.0	7.3	5.2

Šikare i šiblji

ISI	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	2.3	4.1	4.6	5.5	6.3	6.7	9.5	7.5	6.8	3.0	1.6
Umerena	3.7	7.2	7.4	7.0	8.0	9.7	12.0	10.9	7.6	4.4	2.7
Visoka	4.1	9.4	9.8	8.2	10.0	11.7	14.0	12.6	9.8	5.3	3.9
Ekstremna	4.9	20.2	15.3	10.8	11.0	15.6	18.6	16.5	14.8	7.3	10.0

Livade i pašnjaci

ISI	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	2.2	3.7	3.8	4.7	5.8	6.1	9.2	5.8	6.8	2.9	1.8
Umerena	3.5	6.8	7.4	6.8	7.4	9.6	11.8	10.7	7.5	4.5	2.8
Visoka	3.7	9.6	9.8	7.9	10.0	11.4	13.8	12.3	9.2	5.5	5.7
Ekstremna	4.7	23.1	15.6	10.7	11.0	15.4	19.0	17.7	14.7	7.3	10.5

Mešovite šume

ISI	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	1.2	3.6	4.8	6.1	5.6	5.4	9.1	7.2	6.8	3.3	1.6
Umerena	4.2	5.9	7.5	7.1	7.4	8.3	10.7	10.2	8.3	5.1	2.5
Visoka	4.7	7.4	9.7	8.8	9.5	9.9	12.4	12.0	10.6	5.5	2.7
Ekstremna	5.0	14.0	15.7	10.9	10.5	20.6	18.8	19.0	18.3	6.8	3.5

DC

Svi tipovi šuma

DC	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	57.2	53.4	39.4	95.2	171.3	321.4	405.6	591.6	701.8	261.8	38.6
Umerena	71.5	98.8	70.5	135.9	223.5	382.1	521.7	666.9	750.6	275.9	61.4
Visoka	86.6	158.4	97.5	167.3	251.4	434.6	582.4	709.7	769.4	292.8	98.7
Ekstremna	151.6	310.0	219.4	263.6	335.3	594.7	678.8	780.6	786.2	334.5	182.9

Šume liščara

DC	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	59.5	63.1	45.2	105.4	175.9	339.8	486.6	610.1	724.0	261.8	42.3
Umerena	73.5	110.0	78.0	146.3	228.9	398.2	559.8	680.9	757.8	275.9	70.2
Visoka	92.9	179.8	103.0	174.3	258.1	458.6	606.7	719.4	769.4	294.8	113.7
Ekstremna	155.0	326.0	236.7	269.1	344.6	618.6	689.2	789.6	786.2	340.3	184.5

Šume četinar

DC	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	54.9	32.8	31.7	78.3	162.0	292.7	429.7	533.5	479.0	259.0	32.9
Umerena	67.9	84.0	61.0	121.8	216.6	355.7	514.7	651.5	743.7	279.0	49.2
Visoka	86.4	126.8	87.1	153.9	237.3	404.0	570.0	694.8	757.8	294.6	81.3
Ekstremna	139.8	285.9	151.0	221.7	297.2	569.8	657.6	763.2	779.2	316.9	171.9

Šikare i šiblji

DC	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	61.2	61.2	41.2	97.5	167.7	336.0	457.7	595.9	501.1	249.1	43.0
Umerena	70.5	107.5	81.9	144.4	228.3	388.0	552.6	671.4	757.8	270.4	64.2
Visoka	77.5	194.0	101.3	168.4	246.7	451.2	601.9	705.8	769.4	275.9	82.0
Ekstremna	94.4	273.7	220.0	264.5	326.1	590.1	683.5	754.0	779.2	310.6	131.9

Livade i pašnjaci

DC	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	53.5	44.9	35.2	87.8	160.1	319.5	453.3	564.5	438.0	251.0	41.6
Umerena	70.8	86.8	68.4	133.3	218.4	384.9	545.3	662.4	757.8	272.8	62.6
Visoka	77.4	181.5	91.4	164.8	237.2	451.4	593.5	704.9	777.8	281.5	112.2
Ekstremna	88.5	241.4	253.2	287.8	314.6	561.0	674.0	762.7	786.2	310.6	126.7

Mešovite šume

DC	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	46.1	24.4	32.0	71.4	196.9	319.6	414.6	518.4	725.1	280.9	32.5
Umerena	61.6	82.3	58.7	112.5	239.0	366.5	481.2	638.3	739.2	300.5	37.1
Visoka	75.2	123.6	72.9	135.9	253.6	405.8	541.2	674.7	747.7	306.4	63.0
Ekstremna	112.4	254.4	137.3	206.1	298.2	497.8	628.8	728.9	756.2	316.4	154.1

DMC

Svi tipovi šuma

DMC	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	4.5	8.7	16.8	40.3	43.2	77.5	65.6	68.9	59.8	17.6	8.0
Umerena	6.2	17.9	30.5	60.3	73.2	104.9	117.9	166.1	92.6	28.3	9.7
Visoka	7.6	28.7	41.1	73.4	86.5	120.1	147.5	199.9	102.6	31.1	11.0
Ekstremna	8.6	43.7	71.7	85.6	98.6	152.7	192.3	239.9	132.8	32.8	15.5

Šume liščara

DMC	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	4.7	9.7	19.0	41.7	47.5	80.8	97.7	74.8	65.8	17.8	8.5
Umerena	6.6	19.3	32.5	62.4	75.4	107.8	131.8	172.7	93.0	28.3	9.9
Visoka	7.6	29.7	41.8	75.8	88.7	123.0	156.4	203.5	102.8	31.1	11.1
Ekstremna	8.7	44.5	71.7	86.7	98.8	153.9	201.6	241.9	132.9	33.2	16.0

Šume četinarara

DMC	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Niska	3.8	7.5	15.1	36.3	43.2	71.8	80.5	61.9	52.2	17.3	7.1
Umerena	6.0	15.6	27.1	58.4	64.4	98.9	122.9	157.9	85.0	27.8	9.2
Visoka	6.5	26.9	38.2	71.7	79.7	116.1	147.3	187.8	100.3	31.0	11.0
Ekstremna	7.7	41.9	71.3	81.4	98.2	151.3	188.7	234.8	122.7	32.8	15.4

Šikare i šibljadi

DMC	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	4.8	8.7	17.2	40.0	41.8	76.5	93.0	73.3	54.9	17.5	8.9
Umerena	7.6	19.0	32.1	58.7	79.8	105.9	132.7	177.4	100.4	28.2	10.2
Visoka	7.6	29.1	41.5	76.0	88.5	121.8	158.2	206.4	110.9	31.1	11.0
Ekstremna	8.7	43.8	71.7	85.9	95.8	151.7	199.2	235.9	139.0	32.8	12.9

Livade i pašnjaci

DMC	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	4.7	7.4	14.6	39.3	41.8	73.2	83.5	55.3	50.4	17.4	6.8
Umerena	7.1	16.5	29.5	59.5	70.2	104.3	129.5	169.8	95.7	27.9	9.6
Visoka	7.9	27.8	41.2	76.4	88.5	120.2	155.4	200.0	102.2	31.1	10.4
Ekstremna	8.5	44.2	71.4	92.1	90.6	145.6	185.5	230.2	132.1	32.8	11.2

Mešovite šume

DMC	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	3.4	7.7	15.3	35.6	55.7	68.9	75.9	63.0	69.3	17.8	9.0
Umerena	6.2	15.0	29.0	60.3	59.0	94.0	118.8	161.9	82.3	28.3	10.3
Visoka	6.2	25.3	37.5	72.2	76.1	114.0	147.0	176.1	97.1	30.9	11.9
Ekstremna	6.6	37.4	67.3	77.2	80.4	137.5	171.8	209.4	123.2	32.6	15.2

FFMC

Svi tipovi šuma

FFMC	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	79.3	85.0	84.2	87.8	85.4	88.5	89.0	89.7	90.1	85.6	75.1
Umerena	84.4	89.6	90.8	89.8	89.9	91.9	93.5	93.0	91.0	88.0	84.5
Visoka	84.5	91.2	92.3	92.2	91.7	93.2	94.5	93.8	91.5	89.0	85.6
Ekstremna	86.4	93.1	94.0	93.4	97.5	96.5	96.6	95.7	95.8	90.1	87.3

Šume lišćara

FFMC	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	80.5	85.8	85.4	87.8	86.2	89.4	92.6	90.4	90.4	85.7	75.2
Umerena	84.4	89.9	90.9	90.1	90.4	92.2	93.8	93.2	91.2	88.1	84.5
Visoka	84.5	91.3	92.3	92.6	92.0	93.3	94.9	93.9	91.5	89.0	85.6
Ekstremna	86.4	93.1	94.0	93.4	97.7	96.6	96.7	95.8	95.9	90.3	88.0

Šume četinarara

FFMC	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	73.9	84.2	82.1	87.8	83.8	87.5	91.8	89.5	89.8	85.6	75.1
Umerena	84.2	89.2	90.6	89.7	89.9	91.5	93.6	92.9	90.9	88.1	84.5
Visoka	84.5	90.5	92.2	92.1	91.3	92.8	94.7	93.8	91.5	89.0	85.2
Ekstremna	85.3	92.8	94.0	93.4	96.4	96.1	96.7	95.7	95.7	89.8	86.4

Šikare i šibljadi

FFMC	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	79.4	84.5	83.6	86.9	86.2	87.8	92.3	89.5	88.7	85.5	72.9
Umerena	84.5	89.5	90.6	89.9	89.9	92.2	93.8	93.1	91.2	87.9	84.7
Visoka	84.5	91.4	92.3	91.7	91.8	93.3	94.9	94.2	91.5	88.9	85.7
Ekstremna	86.0	93.2	93.9	93.4	93.5	96.7	96.6	95.4	95.5	90.3	87.6

Livade i pašnjaci

FFMC	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Niska	79.1	83.3	79.7	86.8	70.8	86.9	91.7	88.7	88.4	84.4	73.1
Umerena	84.3	89.3	90.0	89.0	88.9	91.8	93.6	92.8	91.2	87.6	84.6
Visoka	84.5	91.2	92.3	90.7	91.5	93.0	94.5	93.8	91.5	88.8	85.7
Ekstremna	85.1	93.0	93.9	93.4	92.6	96.1	96.5	95.3	95.4	90.1	87.4

Mešovite šume

FFMC	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Niska	78.1	85.5	86.1	88.4	86.3	87.8	92.0	90.0	90.4	86.5	76.7
Umerena	84.4	89.1	90.6	89.6	89.3	91.7	93.4	92.9	90.8	88.3	84.8
Visoka	84.5	89.9	92.3	92.4	91.1	92.9	94.7	93.9	92.3	88.8	85.0
Ekstremna	84.7	92.2	94.0	93.1	91.2	95.7	96.5	95.5	94.7	89.1	86.3

LITERATURA

- Alkhatib, A.A.A. (2014) A Review on Forest Fire Detection Techniques. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 10, 597368.
- Allison R.S., Johnston J.M., Craig G., Jennings S. Airborne Optical and Thermal Remote Sensing for Wildfire Detection and Monitoring. *Sensors*. 2016;16:1310
- Bouabdellah, K.; Noureddine, H.; Larbi, S. 2013 Using Wireless Sensor Networks for Reliable Forest Fires Detection. *Procedia Comput. Sci.* , 19, 794–801.
- Bradshaw.L.S..Deeming.J.E.. Burgan, R.E.. Cohen, J.D.. 1983. The 1978 National Fire Danger Rating System: Technical Documentat ion. USDA For. Serv.. Gen. Tech. Rep. INT- 169. Ogden. UT.
- Cruz, H., Eckert, M., Meneses, J. & Martínez, J.-F.(2016) Efficient Forest Fire Detection Index for Application in Unmanned Aerial Systems (UASs). *Sensors*, 16, 893
- De Angelis, A., Ricotta, C., Conedera, M., & Pezzatti, G. B. (2015).Modelling the meteorological forest fire niche in heterogeneous pyrologic conditions. *PLoS ONE*, 10(2), 1–17. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0116875>
- de Groot, W.J. 1987. Interpreting the Canadian Forest Fire Weather Index (FWI) System.Pages 3-14 in *Proceedings: Fourth Central Regional Fire Weather Committee Scientific and Technical Seminar*.April 2, 1987, Winnipeg, Manitoba.Canadian Forestry Service, Northern Forestry Centre, Edmonton, Alberta.
- de Groot, W.J.; Wotton, B.M.; Flannigan, M.D. 2015. Wildland fire danger rating and early warning systems. Pages 207-228 in *Hazards and Disasters Series: Wildfire Hazards, Risks and Disasters*.(Chapter 11). Douglas Paton, volume editor. Amsterdam, Netherlands.
- De Jong, M. C., Wooster, M. J., Kitchen, K., Manley, C., Gazzard, R., & McCall, F. F. (2016). Calibration and evaluation of the Canadian Forest Fire Weather Index (FWI) System for improved wildland fire danger rating in the United Kingdom. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 16(5), 1217–1237. <http://doi.org/10.5194/nhess-16-1217-2016>
- Díaz-Avalos, C., Juan, P., & Serra-Saurina, L. (2016). Modeling fire size of wildfires in Castellon (Spain), using spatiotemporal marked point processes. *Forest Ecology and Management*, 381, 360–369. <http://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.09.013>
- Dimitrakopoulos, A. P., Bemmerzouk, A. M., & Mitsopoulos, I. D. (2011).Evaluation of the Canadian fire weather index system in an eastern Mediterranean environment. *Meteorological Applications*, 18(1), 83–93. <http://doi.org/10.1002/met.214>

- Fernández-Berni J, Carmona-Galán R, Carranza-González L (2008) A vision-based monitoring system for very early automatic detection of forest fires. In 'First International Conference on Modelling, Monitoring and Management of Forest Fires', 17–19 September 2008, Toledo, Spain. (Eds J de las Heras, CA Brebbia, D Viegas, V Leone) pp. 161–170. (WITPress: Southampton, UK)
- Groisman.P.Y..Shcrstyukov.B.G..Razuvaev.V.N..Knight.R.W..Enloe.J.G..Stroumentova.N.S..Whitfield.P.H.. Forland, E..Hannscn-Bauer.I.. Tuomenvina, H.. Aleksandersson.H.. Mescherskaya. A.V.. Karl. T.R.. 2007. Potential forest fire danger over nonhern Eurasia: changes during the 20th century. *Glob.Planet.Change* 56.371-386.
- Hartung C., Han R., Seielstad C., and Holbrook S., 2006. "FireWxNet: A multi-tiered portable wireless system for monitoring weather conditions in wildland fire environments," in Proceedings of the 4th International Conference on Mobile Systems, Applications and Services (MobiSys '06), pp. 28–41, ACM, Uppsala, Sweden,
- Keetch, J.J. and Byram, G.M. 1968. A drought index for forest fire control.U.S.D.A. Forest Service, Research Paper SE-38. 32pp.
- Lazarescu, M. (2015) Design and Field Test of a WSN Platform Prototype for Long-Term Environmental Monitoring. *Sensors*, 15, 9481.
- Merino, L., Caballero, F., Martínez-de-Dios, J.R. et al. (2012) An Unmanned Aircraft System for Automatic Forest Fire Monitoring and Measurement, *Journal of Intelligent & Robotic Systems* 65: 533–548
- Noble, I.R., Bary, G.A.V., Gill.A.M.. 1980. McArthur's fire-danger meters expressed as equations. *Aust. J. Ecol.* 5. 201-203.
- Romero, R., Mestre, A., & Botey, R. (2014).A new calibration for Fire Weather Index in Spain (AEMET).A New Calibration for Fire Weather Index in Spain (AEMET). Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra.
- Turner, J.A.; Lawson, B.D. 1978 Weather in the Canadian forest fire danger rating system.A user guide to national standards and practices.Fisheries and Environment Canada, Canadian Forest Service, Pacific Forest Research Centre, Victoria, BC.Information Report BC-X-177.40 p.
- Vasić, M. 1992, Šumski požari, Šuamrski fakultet Univerziteta u Beogradu.p. 105. Beograd
- Wang, Y.; Anderson, K.R.; Suddaby, R.M. 2015 Updated source code for calculating fire danger indices in the Canadian Forest Fire Weather Index System. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Northern Forestry Centre, Edmonton, Alberta. Information Report NOR-X-424. 26 p.

Yeo, C., Kepert, J.D., Hicks, R. 2014. Fire danger indices: current limitations and a pathway to better indices. Bushfire and Natural Hazards CRC

Yu, L.Y.; Wang, N.; Meng, X.Q. Real-time forest fire detection with wireless sensor networks. 2005 International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing Proceedings, Wuhan, China; 2005; 1-2, pp. 1214–1217.

Napomena: Istrživanja koja se odnose na Toplički okrug nisu bila planirana projektnim aktivnostima ali je tim istraživača želeo da demonstrira svoj istraživački potencijal. Nadamo se da će Uprava za šume prepoznati potrebu da se rezultati ovih istrživanja primene na teritoriju čitave država za prognoziranje opasnosti od požara.

Rukovodilac projekta

dr Slobodan Milanović, docent

Dekan Šumarskog fakulteta
Univerziteta u Beogradu

dr Ratko Ristić, red. prof.