

BIOLOŠKI PARAMETRI PRIKLADNI ZA POBOLJŠANJE INDEKSA OPASNOSTI OD ŠUMSKIH POŽARA

BIOLOGICAL PARAMETERS SUITABLE FOR IMPROVING THE FOREST FIRE DANGER INDEX

Tomislav DIMITROV*

SAŽETAK: Mjerenja zapaljivosti i gorivosti mediteranskih biljnih vrsta vršena su na eksperimentalnom području Dom kod Bormes les Mimosas na jugoistoku Francuske. Laboratorijski testovi vršeni su na električnom grijalu (epiradiateru) radi dobivanja određenih parametara živog šumskog goriva travnatih, grmolikih i drvenastih vrsta. Na temelju tih parametara sačinjena je klasifikacija vrsta prema odgodi zapaljivosti i predviđena šumarima radi intervencije u očuvanju i zaštiti šuma od požara.

Istovremeno, analogno sjeverno-američkim metodama u izračunavanju indeksa opasnosti od šumskih požara, mjereno je sušenje i vlaženje mrtvog šumskog goriva na dvije lokacije: na otvorenom i pod sklopom mediteranske makije. Te su promjene praćene u odnosu na promjene meteoroloških elemenata u svrhu poboljšanja gore spomenutih metoda.

Ključne riječi: zapaljivost, gorivost, električno grijalo, mediteranska vegetacija, rizik od požara.

UVOD

Usavršavanje metoda prevencije i borbe protiv šumskih požara omogućuje bitno smanjenje prosječno spaljenih šumskih površina. Duga razdoblja bez oborina, visokih dnevnih temperatura i niske relativne vlage zraka uz jak vjetar djeluju na stanja mrtvih i živih šumskih goriva. Dok su promjene na mrtvom gorivu posljedica fizičkih procesa, živa šumska goriva podložna su fiziološkim prilagodbama.

Dobro poznavanje mehanizma koji prethodi izbijanju vatre kao i potrebnih uvjeta za početno širenje i preobrazbu u požar veoma je korisno za usmjeravanje i vođenje preventivnih akcija u mediteranskim šumama radi sprečavanja pojave šumskih požara. Jedna od poznatih preventivnih mjera korištenjem kontrolirane vatre radi sprečavanja šumskih požara također zahtijeva dobro poznavanje mehanizma vatre kao i obilježju šumskih goriva, u prvom redu njihove zapaljivosti i gorivosti. Cilj je istraživanja koja se već dulje provode na području zapaljivosti i gorivosti živih i mrtvih šumskih goriva na jugu Francuske analizirati odnos zapaljivosti živih šumskih goriva u odnosu na pluviometrijski režim s jedne i odnos između zapaljivosti i sadržaja

vlage (vode) u mrtvom gorivom materijalu s druge strane. Također se analiziraju njihova kolebanja po razdobljima (proljeće, sredina ljeta, jesen), kao i po područjima (od jednog lokaliteta do drugog).

Cilj je tih istraživanja na eksperimentalnom području Ruscas (pokrajina VAR) sljedeći:

1. Šumarima staviti na raspolaganje listu izuzetno zapaljivih vrsta, kako bi se ograničilo njihovo širenje ili nastojalo da se oni uklone, kao i listu slabo zapaljivih vrsta koje treba favorizirati tijekom različitih šumarskih radova (održavanje, pošumljavanje, krčenje).

2. Upozoriti protupožarne snage za borbu protiv šumskih požara na lokalitete na kojima je vjerojatnost izbijanja vatre najviša, uspoređivanjem biljnog inventara s podacima o zapaljivosti.

3. Uvesti u indeks opasnosti od šumskih požara koji izdaje Hidrometeorološka služba, a koje koriste protupožarne snage, specifične zapaljivosti biljnih vrsta, koje su kadre poboljšati preciznost tih indeksa u razdobljima naglih oscilacija.

* Tomislav Dimitrov, dipl. ing., Državni hidrometeorološki zavod RH, Zagreb, Grič 3.

PODRUČJE MJERENJA

Eksperimentalno područje Ruscas smješteno je u pokrajini VAR u općini Bormes les Mimosas u šumi Dom u srcu masiva Maure na jugoistoku Francuske. Masiv se sastoji od škriljasto-kristalastih stijena, a tla su prilično duboka te imaju dobru moć upijanja i задрžavanja vode. Vegetacija se sastoji od:

- sloja drveća listača i četinjača: (*Quercus ruber*, *Quercus lanuginosa*, *Castanea sativa*, *Pinus pinaster*, *Pinus pinea*) i dr.
- sloja makije bogatog vrijesom: (*Erica arborea*, *Arbutus unedo*, *Calluna vulgaris*, *Erica scoparia*, *Cistus monspeliensis*, *Cistus salviaefolius*), i dr., te
- tratinje travnjaka u kojima prevladavaju porodice trava.

Klima je tipično mediteranska, lokalno modificirana s visinom: topla i suha ljeta, prilično hladne i vlažne zime, veoma sunčano u svim sezonom. Prosječna je ljetna temperatura od 20 do 22°C, a zimska od 4 do 6°C. Prosječna godišnja količina oborina je oko 1000 mm. Vjetar sa sjeverozapada (maestral) suh je i jak, a vjetrovi s istoka-jugoistoka vlažni su i blagi.

Na eksperimentalnom području nalaze se automatska i klimatološka postaja za prikupljanje, obradu, pohranjivanje i prijenos meteoroloških ili klimatoloških podataka. U laboratorijskom prostoru u kome se spašljuje biljni materijal nalaze se meteorološki instrumenti za mjerjenje temperature i relativne vlagu zraka.

INDEKSI OPASNOSTI OD ŠUMSKIH POŽARA

Indeksi ili sustavi procjene opasnosti od šumskih požara koji se koriste u više zemalja svijeta imaju polazište u različitim podacima kao što su meteorološki, topografski, biološki i dr. Oni se prikupljaju svaki dan (obično počinju s proljeća, a završavaju kad prestane opasnost od požara), a ishodišne se informacije dostavljaju službama za borbu protiv šumskih požara. Indeks opasnosti za pojavu šumskih požara je, dakle, sredstvo predviđanja (prevencije) koje omogućuje da protupožarne službe budu pripravne i prilagođene trenutačnoj situaciji.

Više je tih sustava u svijetu, a najpoznatiji je kanadski (CFFDRS) začet 1925., a dovršen 1970. god. Njegov podsustav FWI (za kompjutersku uporabu dovršen 1984.) odnosi se na standardnu borovu šumu, a njime se služi i hidrometeorološka služba Hrvatske. U pripremi je korištenje i drugog podsustava FBP (za kompjutersku uporabu dovršen 1992.) s predviđanjem ponasanja šumskog požara u pojedinim tipovima goriva, s više izlaznih informacija.

Američki nacionalni sustav procjene opasnosti od šumskih požara (NFDRS) izrađen je 1972., a poboljšan 1988. godine. Sustav zahtijeva osim određenih meteo-

Autor je ovog članka sredinom 1990. godine bio na specijalizaciji u Nacionalnom institutu za istraživanja u agronomiji (INRA), odjel za šumarska istraživanja, na eksperimentalnom području Ruscas (Bormes-les-Mimosas) i ovdje prenosi sva njihova i svoja iskustva o spomenutoj problematiki.

U toj su godini u kampanji protupožarnih mjera proučavane promjene pokazatelja zapaljivosti biljnih vrsta, kako bi se mogli usporediti s klimatskim ili meteorološkim pokazateljima i to: planika (*Arbutus unedo L.*), drvenasti vrijes (*Erica arborea L.*), ljepljivi bušin (*Cistus monspeliensis*), koje su veoma karakteristične za visoku makiju Sredozemlja, te primorski bor (*Pinus pinaster*).

Istraživanja su usredotočena na poboljšanju indeksa opasnosti od šumskih požara u sljedećim smjerovima:

- uvođenjem činitelja koji su povezani s mrtvim šumskim gorivom, analogno kanadskim i američkim sustavima,
- proučavanjem ponašanja živog goriva, jer je sloj žbunja (makije) veoma važan u šumama mediteranskih zemalja,
- promatranjem meteoroloških uvjeta koji vladaju pod zatvorenim šumskim sklopom.

INDEKSI OPASNOSTI OD ŠUMSKIH POŽARA

roloških podataka i različite modele goriva, opasnosti koje uzrokuju ljudi i reljef.

Klasifikaciju goriva u NFDRS-u dali su Deeming i dr. (1978):

- a) mrtva goriva klasirana prema brzini kojom sadržaj vlažnosti svake vrste goriva reagira na vjetar, oborine, relativnu vlagu zraka, temperaturu zraka, i
- b) živa goriva, čiji sadržaj vode ovisi o vitalnim procesima, a klasificirana su prema sloju kojem pripadaju:

- travnati sloj koji sadrži jednogodišnje biljke plitkog korijenja, i koje suša prve napada,
- sloj trajnog bilja (žbunja) koje ima duboko korijenje, i
- sloj drveća čije grane i lišće vatru posljednja napada.

U Europi, s obzirom na klimatske, vegetacijske i ostale razlike u odnosu na sjevernu Ameriku, postoji više metoda i gotovo bi se moglo reći da je svaka zemlja razvila svoju metodu za procjenu opasnosti od šumskih požara. Tako je poznata metoda WBKZ

(Waldbrand – Kennziffern) iz bivše istočne Njemačke, kojom se i sada koristi hidrometeorološka služba Slovenije. Osim meteoroloških podataka spomenuta metoda koristi se i razvojnim fazama biljaka (fenofaze).

U Francuskoj postoji nekoliko metoda, a nacionalne meteorološke službe koriste se mješovitim indeksom koji regrupira prednosti metoda CARREGA i DROUET. Indeksi se krajnjim korisnicima prenose putem Teletela jugoistočne interregionalne meteorološke direkcije za petnaest departmana Entente.

Spomenuti, i ostali sustavi procjene opasnosti od šumskih požara omogućuju uspostavu globalne metode procjene opasnosti određene regije. S istraživanjima

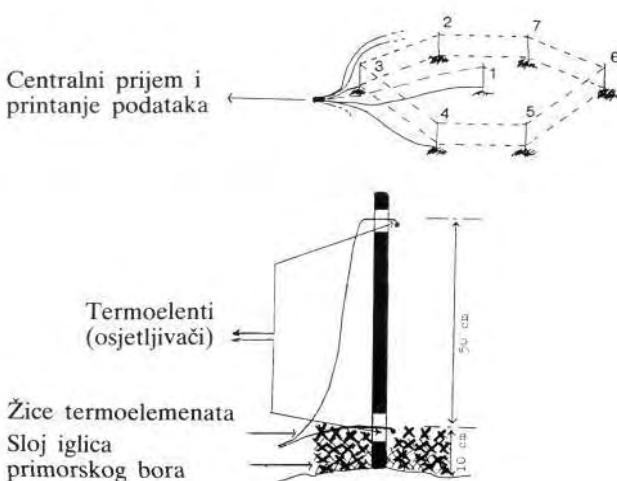
»bioloških vrijednosti prikladnih za poboljšanje indeksa opasnosti od šumskih požara« želi se analizirati odnos citiranih indeksa ili sustava koji se već koriste u nekoliko mediteranskih zemalja, i vrijednosti koje obično Nacionalna meteorološka služba ne prikuplja i/ili ne distribuira, i to:

- mikroklimatske (temperature tla, temperature i vlage zraka ispod pokrova šume),
- fizičke (izmjena vlage između zraka i mrtvog goriva ispod pokrova šume),
- biološke (sadržaj vode u biljkama i zapaljivost vegetacije za one biljne formacije na kojima se razvijaju požari).

METODE MJERENJA I ODVIJANJE POKUSA

Mikroklimatska mjerenja mrtvog goriva

Na dvije lokacije, na otvorenom i pod sklopom visoke mediteranske makije, razmještena su dva sloja iglica primorskoga bora (*Pinus pinaster*). Svaki sloj ima površinu od 4.5 m^2 (1 kg iglica/m²) iznad kojeg je pomicana mreža, kako vjetar ne bi raznio iglice (Slika 1). Na razini sloja iglica na sedam točaka na kutovima heksagona, sa stranicama od 3 metra, kao i u njegovoj sredini, nalaze se termoelementi (sonde od platine). Na istim točkama nalaze se i termoelementi na visini od 50 cm od sloja iglica. Ovdje je riječ o psihrometrijskim mjerjenjima zraka na razini sloja i na visini od 50 cm na otvorenom i pod sklopom makije. Ti se podaci skupljaju od početka lipnja do konca rujna i obrađuju računalom. Cilj je dnevno praćenje sadržaja vlage sloja mrtvih borovih iglica na otvorenom i pod sklopom, te određivanje njihova fizičkog odnosa prema meteorološkim vrijednostima zraka iznad sloja iglica svakog sata ili svakih pola sata.



Slika 1: Eksperimentalno područje s termoelementima

Analiza je pokazala da je srednja dekadna vrijednost sadržaja vlage u mrvom gorivu na otvorenom varirala od 2.8% na početku kolovoza, do 6.7% pod konac rujna (S. Layec), a za isto razdoblje srednja je vrijednost sadržaja vlage pod sklopom gусте makije varirala od 7.5% do 15.1%. Prognozeri šumskih požara koji koriste metode s meteorološkim ulaznim vrijednostima moraju to imati na umu, jer su meteorološki elementi prikupljeni iz mreže meteoroloških postaja na otvorenom prostoru, dok je velik dio mrvoga šumskog goriva smješten pod sklopom šume.

Uporaba pojma zapaljivosti živog goriva

Sadržaj vode u biljkama i zapaljivost vegetacije proučavani su zato da bi se mogli usporediti s klimatološkim ili meteorološkim vrijednostima.

Zapaljivost biljnog uzorka karakterizira:

- odgoda u paljenju, a to je potrebno vrijeme od početka izlaganja toplinskog izvora do pojave plameна, i
- trajanje goreњa, a to je potrebno vrijeme od pojave plameна do njegova gašenja, odnosno potpunog sagorijevanja.

Praksa i opažanja za požara pokazuju da u sklopu šumskog goriva postoje kolebanja među vrstama i sastavnim dijelovima goriva (lišće, grane, grančice, debla) određene biljne vrste. Ta zapaljivost također varira tijekom godine ovisno o stanju u kojem je biljna materija.

Testiranja zapaljivosti biljaka na pokusnom području trebaju biti obavljena na glavnim vrstama biljaka koje čine slojevi trave, grmlja i drveća. Također se mogu provoditi potrebne kampanje na vrstama koje odaberu šumarski genetičari.

Analiza kolebanja zapaljivosti usredotočena je na:

- praćenje razvoja opasnosti od izbijanja požara kod određene šumske vrste, vodeći računa o mjestu što ga zauzima u biljnoj formaciji,

- hijerarhiju među pojedinim vrstama,
- uspostave karata različitih zona polazeći od karta vegetacije koje ne opisuju samo sloj drveća nego i slojeve grmlja i trava,
- poduzimanje šumskih preventivnih zahvata, odnosno, prostorno ograničena iskorjenjivanja najopasnijih biljnih vrsta te uvodenja manje opasnih vrsta,
- uređivanje prostora pazeći na višestruku namjeru mediteranskih šuma.

Preprena biljnih uzoraka

Biljna materija izučavanje vrste uzima se u zonama u kojima je ta vrsta veoma rasprostranjena i na pojedinim biljkama koje su reprezentativne za cijelu populaciju. Od trenutka uzimanja uzorka s pokusnih površina do obavljanja mjerena u laboratoriju, uzorci se čuvaju u zatvorenim plastičnim kutijama i u hladnjaku. Time se sprečavaju promjene u karakteristikama biljne materije nekoliko sati poslije uzimanja uzorka, kako bi uzorak bio najbliže prirodnom stanju.

Kako bi se izbjeglo uvlačenje naknadnih faktora heterogenosti, iglice ili grančice s lišćem klasiraju se prema dobu njihova tkiva:

- tkivo tijekom rasta
- zrelo tkivo ovogodišnje vegetacije (N)
- tkivo iz prošlogodišnje vegetacije (N-1)
- tkivo iz predprošlogodišnje vegetacije (N-2)

Kod pripreme biljke za test skidaju se svi cvjetovi, plodovi, suho lišće, kao i čašice u podnožju borovih iglica.

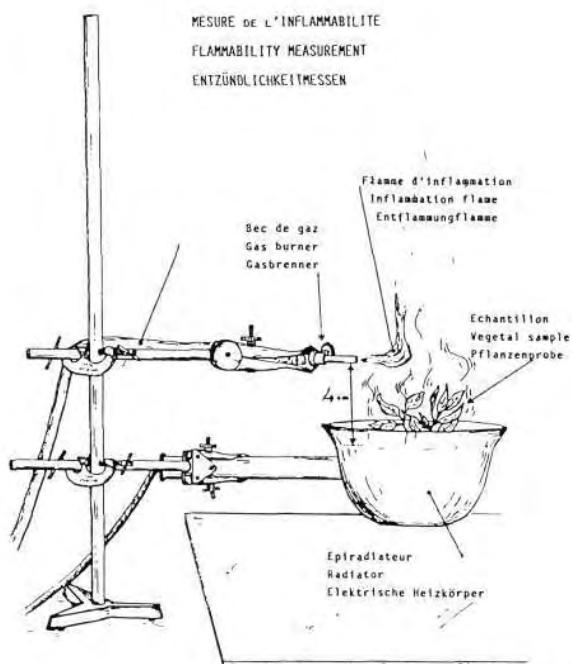
Za kišnih dana ne mjeri se zapaljivost. U prvom bezkišnom danu testiranje zapaljivosti proučavane vrste vrši se normalno.

Odvijanje postupka

Mjerena se obavljuju pomoću epiradiateura (laboratorijsko električno grijalo) snage 500 W, koje se sastoji od metalnih spirala koje su smještene u disk od čistog silicija promjera 100 mm (Sl. 2). Takav električni otpor daje infracrveno zračenje od 3μ (3×10^{-6}) uz 7.5 W (7.5 J/s) po cm^2 . Energetski protok – snaga dobivena povezanošću površine diska koji isijava infracrveno zračenje – s paralelnom površinom ploče za spaljivanje biljnog uzorka smještene na 30 mm razmaka, je 3 W cm^{-2} .

Radi izbjegavanja pada napona, epiradiater je spojen s mrežnim naponom preko stabilizatora. Tako energija kojom je izložena biljna materija biva postojana. Energija koju emitira disk za spaljivanje prenosi se u biljnu materiju uglavnom zračenjem i konvekcijom, a manji se dio širi provođenjem na razini točaka dodira između biljne materije i diska za spaljivanje.

Žižak (plamenik) na butan plin smješten je 4 cm iznad diska za spaljivanje u stupcu konvekcije i omogućuje namjerno paljenje hlapljivih plinova, te ne sudjeluje ni na kakav način u toplinskom razlaganju



Slika 2: Laboratorijsko električno grijalo

biljne materije. Bez tog žižka hlapljivi plinovi u stubu konvekcije »praskaju« i time remete stup konvekcije. Taj je sklop smješten u zatvorenu kabinu od plexi stakla s manjim otvorom za manipulaciju, kako bi se izbjeglo da kretanje okolnog zraka deformira stubac konvekcije, a time i poremećaj u procesu mjerena.

Pokusi počinju tek kad grijalo dostigne svoj režim ravnoteže na cijeloj površini, a to se postiže oko 15 minuta poslije uključivanja grijala. Nakon toga se upali plamenik iznad grijala.

Parametri zapaljivosti

Gaudet (1989), Layec (1989) i Valette (1990) opširno su opisali metode mjerene i osobitosti u analizama zapaljivosti biljaka. Rimet (1990) je uveo intenzitet gorenja kao jedan dopunski parametar zapaljivosti. Kako bi se dobile reprezentativne srednje vrijednosti po svakom pokusu potrebno je ostvariti 50 testova. Taj broj testova dopušta statističku i grafičku obradu dobivenih podataka. Parametri zapaljivosti su:

- Frekvencija ili učestalost zapaljivosti FI (fréquence d'inflammation)
- FI se dobiva kao broj testova tijekom kojih je opaženo zapaljenje, a izražava se u pedesetinama (od 0 do 50). Test se smatra negativnim ako se plamen ne pojavi poslije 60 sekundi.
- Odgoda zapaljivosti DI (délai d'inflammation)
- DI je aritmetički srednjak odgoda zapaljivosti, mjenjenih za vrijeme testiranja u kojih je opaženo zapaljenje. Izražava se u desetinama sekunde.
- Srednjak trajanje gorenja DC (durée moyenne de combustion)

DC je aritmetički srednjak trajanja gorenja mjerenih tijekom testiranja tijekom kojih je opaženo gorenje. Izražava se u desetinama sekunde.

– Intenzitet gorenja IC (intensité de la combustion)

Za testiranja u kojima je opaženo gorenje, provodi se kvalitativna procjena gorenja prema sljedećoj skali:

ocjena 1: gorenje vrlo slabog intenziteta uz pojavu vrlo malog plamena

ocjena 2: gorenje slabog intenziteta uz pojavu malog plamena

ocjena 3: gorenje srednjeg intenziteta

ocjena 4: gorenje jakog intenziteta uz pojavu velikog plamena

ocjena 5: gorenje vrlo jakog intenziteta uz pojavu vrlo velikog plamena.

– Indeks suhoće IS (indice de siccité)

IS se računa iz svježe težine (PF) i suhe težine (PS) biljnog uzorka:

$$IS = 200 \frac{(PS/PF)}{PF} - 100$$

Uzeta je vrijednost aritmetički srednjak četiriju dobivenih vrijednosti (rezultata) tijekom mjerjenja. Jedan primjer mjerjenja sadržaja vode (vlage) biljke je kako slijedi:

$$TH = \frac{PF - PS}{PF}$$

TH = sadržaj vode (vlage)

PF = težina svježeg uzorka

PS = težina suhog uzorka

TH = srednjak sadržaja vode (vlage)

IS = srednjak indeksa suhoće

	I	II	III	IV
PF	8.245	8.153	8.279	8.352
PS	3.345	3.311	3.354	3.423
TH	59.4	59.4	59.5	59.0
IS	-18.8	-18.8	-19.0	-18.0

$$\overline{TH} = 59.3\% \quad (24 \text{ sata u komori za sušenje})$$

$$\overline{IS} = -18.7$$

Mjerjenja zapaljivosti

Mjerjenje zapaljivosti i gorivosti biljne materije odvija se prema sljedećem redoslijedu:

– Odlazak na lokaciju gdje se ubere cca 1 kg biljnog materijala i stavlja u dobro zatvorene plastične kutije. Ubiru se samo vrškovi biljke u istom fenološkom stadiju. Za pojedine biljke (*Cistus monspeliensis*) na teren se nosi i ručni hladionik.

– Na povratku prije ulaska u laboratorij, na klimatološkoj postaji očitaju se vrijednosti suhog i mokrog termometra.

– U laboratoriju se popunjava lista testiranja – dokument o zapaljivosti – u kojoj se tekstom i na temelju određenih šifri upisuju svi relevantni podaci o biljnog uzorku, meteorološki podaci i, vrijeme početka i završetka teksta, oznaka lokacije gdje je uzet uzorak itd.

– Od donesenog se materijala za prvu seriju mjerjenja odsijecaju vrhovi biljke duljine do 8 cm (dijametar grijala je 10 cm), i u 25 plastičnih čaša stavljuju biljni uzorci težine cca 1 g.* U jednu vatrostalnu (pyrex) čašu stavlja se cca 8 g uzorka radi mjerjenja sadržaja vode (vlage) biljke. Višak materijala stavlja se u plastičnu kutiju i pohranjuje u hladionik.

– Čaša s uzorkom od cca 8 g stavlja se odmah u sušionik na konstantnoj temperaturi od 60°C (u USA 65°C) i počinje serija mjerjenja od 25 uzorka na električnom grijalu. Za svaki pokus bilježi se vrijeme trajanja od trenutka stavljanja biljnog uzorka na grijalo od pojave plamena, kao i vrijeme trajanja od pojave plamena do njegova gašenja u sekundama. Vrijeme se mjeri stopericom, a vrijednosti se odmah unose u računalno.

– Nakon prve serije mjerjenja, na računalu se, prema izrađenom programu, izračunavaju srednjaci odgode paljenja i trajanja gorenja.

– Za drugu seriju mjerjenja iz hladionika se vadi preostala vegetacija i ponavlja postupak vaganja 25 uzorka težine cca 1 g, te jedne pyrex čaše s cca 8 g uzorka koja se odmah stavlja u sušionik. Preostala se vegetacija u plastičnoj kutiji ponovno stavlja u hladionik.

– Nakon druge serije mjerjenja u dvije se pyrex čaše stavlja po cca 8 g biljnog uzorka (ostatak biljnog materijala se baca) i odmah stavljuju u sušionik. Sada je u sušioniku ukupno 4 pyrex čaše sa po cca 8 g uzorka radi utvrđivanja sadržaja vode (vlage) testirane biljke. Ponavlja se postupak izračunavanja odgode paljenja i trajanja gorenja. Na kompjutoru slijedi grafička i statistička obrada dobivenih vrijednosti (standardne devijacije, koeficijent korelacije itd.), te memoriranje podataka.

– Ako se mjeri samo jedna serija od 25 uzorka (obično dio biljke od N-1, N-2 i N-3 godine), onda se za utvrđivanje sadržaja vode u biljci u sušionik na početku mjerjenja stavljuju dvije čaše sa po cca 8 g uzorka i dvije čaše na završetku serije. Biljni uzorci u pyrex čašama ostaju 24 sata i to je minimum za ovakvo testiranje. Ako se mjeri točan sadržaj vode biljnog uzorka, postupak je drukčiji i mjerjenje traje 4 dana.

* Težina uzorka mora biti u granicama od 0.95 do 1.05 grama. Uzorak se mjeri na preciznim vagama osjetljivosti 0.001 grama. U Republici Sloveniji proizvođač tih vaga je TEHTNICA Železniki, a tip vase je EB-300 M.

Ocjena zapaljivosti

Prema priloženoj tablici (slika 3) daju se ocjene za svaku vrstu biljke. Ocjena se u rasponu od 6 razina određuje na temelju čestina pozitivnih testova FI (fréquence d inflammation) i srednje odgode zapaljivosti DI (Délai moyen d'inflammation) u sekundama.

Slika 3: Tablica ocjene zapaljivosti

DI	32.5	27.5	22.5	17.5	12.5	FI
	0	0	0	1	1	2
	0	0	1	1	2	2
	0	0	1	2	2	3
	0	1	2	2	3	3
	1	1	2	3	3	4
	1	2	3	3	4	5
FI	<25	25–38	39–41	42–44	45–47	48–50

DI = prosječna odgoda zapaljivosti u sekundama

FI = čestina pozitivnih testova (0 do 50)

Ocjene: 0 – slabo zapaljiv 1 – malo zapaljiv
2 – srednje zapaljiv 3 – zapaljiv
4 – veoma zapaljiv 5 – krajnje zapaljiv

U sklopu skupne kvalifikacije zapaljivosti pojedine biljne vrste zapaljivost se smatra slabom kod ocjena 0 i 1, srednjom kod ocjena 2 i 3, a jaka kod ocjena 4 i 5.

Nakon svake serije dvotjednih mjerjenja zapaljivosti u Francuskoj objavljuje se informativni bilten i upućuje ovim institucijama:

- direkciji ruralnog prostora i šuma pri ministarstvu poljoprivrede,
- regionalnom klimatološkom uredu,
- međuregionalnom centru koordinacije akcija Civilne zaštite,
- delegaciji za zaštitu mediteranskih šuma.

KORIŠTENJE REZULTATA

Studija se sastoji od opisa razvoja vrijednosti mjerjenih u tijeku sezone, te klimatskih vrijednosti koje karakteriziraju trenutak mjerjenja ili razdoblje prije toga. Mjerena su obavljana na glavnim vrstama biljaka koje čine slojeve trave, grmlja i drveća na pokusnom terenu Vapnenačke i Kristalinske provanse od 1978. do 1990. god. Također su provedene posebne kampanje na vrstama koje su odabrali šumarski genetičari.

Zbog veoma opsežnog materijala u ovom se članku daju samo najkarakterističnije vrste biljaka gore spomenutih slojeva, kako bi čitatelj imao uvid u svrhu istraživanja bioloških parametara.

Opća pravila

Od pupanja do zrenja i otpadanja lišća, strukturalne i fizičko-kemijske promjene lisnatog tkiva uzrokuju promjenu vrijednosti zapaljivosti. Frekvencija zapaljivosti na nuli je za pupanja i ostaje veoma slabom sve dok je sadržaj vode na razini od 150 do 200 u odnosu na suhu materiju. Srednja odgoda zapaljivosti, ako se može izračunati, uvijek je veoma visoka. Dok je srednje trajanje gorenja veoma slabo, zapaljivost je iznimno kratkotrajna. Isti se fenomen zapaža kad se osjetno poveća sadržaj vode nakon obilnih kiša, ili pošto biljke razvijaju drugo pupanje. Čim sadržaj vode padne sa 150 na 100, ili 80, frekvencija zapaljivosti brzo raste, dok se srednja odgoda zapaljivosti značajno smanjuje i korelativno povećava srednje trajanje gorenja. Međutim, kod tog sadržaja vode u biljci, mjerena što služe za izračunavanje srednjih vrijednosti (osobito pojedinačnih odgoda) pokazuju veliku disperziju koju ni povećani broj testova ne može reducirati.

Nakon zrenja sadržaj vode ustaljuje se općenito na razini između 120 i 80. Konačno, kod mrtvih lisnatih

tkiva ili četina koja odumiru u raznim vremenima, što ovisi o biljnoj vrsti i doživljenom »hidričkom stresu« (poremećaj fotosinteze i respiracije za suše), vrijednosti zapaljivosti izravno ovise o njihovu sadržaju vode, koji pak ovise o lokalnim meteorološkim uvjetima.

Travni sloj

Brachipodium ramosum L.: (granata bracipoda)

Ova vrsta koja je veoma česta u degradiranim formacijama i tratinama gradi prave neprekinute sagove. Također je tjesno izmiješana s *Quercus coccifera* (oštikar). Dio te trajnice koja raste iznad zemlje nosi na svojoj osnovi čak i za optimalna rasta, suhe elemente (grane) iz prijašnjih godina, pa zapaljivost tog saga nikada nije na nultoj razini. Čim nastane suša, dio biljke koji raste iznad zemlje progresivno se suši i to od donjeg dijela prema vršku. Stoga su lokaliteti na kojima raste ta biljna vrsta od početka ljeta osobito prikladni za izbijanje požara koji se veoma lako šire. Međutim, ti požari nisu osobito intenzivni zbog slabe fitomase koja rijetko premašuje 1000 kg/ha, fitovolumen nikada nije viši od 40 cm i toplina gorenja nije veća od 10 do 12 kJ/g.

Zbog prilagodljivosti suši, ta se biljna vrsta koristi kao vrsta prvog alarma, pazeci na izgled i sadržaj njenih dijelova koji rastu iznad zemlje.

Nasuprot tome, *Aphyllantes monspeliensis* donosi veoma malu opasnost od požara, iako njena zapaljivost nema ocjenu 0. To je zato što ta vrsta nikada ne čini neprekinut sag i što usred sušne sezone ne stvara suhi dio koji raste iznad zemlje.

Sag trajnih trava, koji je također suh zimi, čini lokalitete na kojima se prostire veoma pogodnima za

izbijanje požara. Ti su požari rijetko katastrofalni u to doba godine, ali mogu opustošiti značajne površine.

Sloj grmlja

Arbutus unedo: (planika)

Uzorci grančica tipa A susreću se od mjeseca svibnja do srpnja i njihova je zapaljivost veoma slaba. Početkom razdoblja na nuli je zbog velike vlažnosti tkiva, a s padom sadržaja vode zapaljivost postupno raste. Zapaljivost grančica tipa B promjenjiva je i ima ocjenu 1 i 2 kad je sadržaj vode između 130 i 150. Ocjena 3 se općenito pridodaje tijekom dugih razdoblja suše, kad sadržaj vode oscilira oko 110. Ocjena 4 veoma se rijetko dodaje, samo u iznimnim dugotrajnim uvjetima suše.

Zapaljivost grančica tipa C uvijek je veća od zapaljivosti grančica tipa B. To dopušta korištenje ove vrste kao oznake za opasna razdoblja u slučaju nastanka šumskog požara. Kad u danom području planika postane krajnje zapaljiva, tada opasnost od katastrofalnog požara postaje realnom. Pokazali su to E. Gaudet (1988) i S. Layec (1989).

Erica arborea L.: (drvenasti vrijes)

Razlika između grančica tipa A i B s jedne strane i grančica tipa B i C s druge može se uočiti samo na početku razdoblja rasta. Zapaljivost grančica tipa A je slaba do srednja. Nasuprot tome, zapaljivost grančice tipa B i C veoma je jaka, s time da na nju veoma malo utječe vremenske promjene. Ta jaka zapaljivost udružena s veoma velikom toplinom gorenja (više od 20 kJ/g) veoma je karakteristična za ovu vrstu koja gradi neprohodnu makiju, čija srednja visina izdanaka doseže od 4 do 5 m. Tu vrstu treba smatrati veoma opasnom, pa to svojstvo upućuje na tretiranje drvenastog vrijesa kao najboljeg indikatora za nastanak šumskih požara. Čak i nakon prestanka oborina zapaljivost te vrste ostaje još visokom, bez obzira na smanjenje meteorološkog indeksa opasnosti od požara. Značajno smanjenje potencijalne opasnosti od požara koju u sebi nosi ova vrsta, može se dogoditi jedino dok je drvenasti vrijes u cvatu.

Kod *Calycotoma spinosa* važno je to da se tijekom požara grane ispunjene vrućim zrakom i zapaljivim plinom otkidaju od stabljika i podižući se visoko unutar stupa konvekcije padaju daleko ispred fronte požara u stanju usijane žeravice, gdje stvaraju nova žarišta vatre. Njeno, uklanjanje ili uništavanje kemijskim sredstvima, kao i uklanjanje *Erica scoparia* koja je zapaljiva od drvenastog vrijesa, uporno traže stručnjaci za borbu protiv požara.

Sloj drveća

Pinus halepensis Mill.: (alepski bor)

Igllice grančica u rastu A slaba su opasnost, dok su iglice grančica tipa B, a još više tipa C, veoma

zapaljive, neovisno o meteorološkim uvjetima koji na njih malo djeluju. Zapaljivost te vrste dodatno raste sa starim iglicama koje ostaju petnaestak dana na drvetu prije nego što se posve osuše i opadnu. Otpad što ga čine suhe iglice veoma je zapaljiv, te jako goriv jer je obilan, što je povezano s priličnom veličinom iglica i njihovom mekoćom. Taj je otpad odličan prijenosnik požara, ali i dragocjen pomoćnik u izvođenju namjernih požara radi uklanjanja mrtvog goriva materijala pod šumom.

Formacija koju čini alepski bor u sloju drveća, (*Quercus coccifera*) u sloju grmlja, te *Brachypodium ramosum* u travnatom sloju, jedna je od najzapaljivijih koje postoje. Problem je u tome što sloj drveća nikada nije dovoljno gust da smanji snagu rasta grmlja i trava, koji svoju najveću zapaljivost dosežu u istom razdoblju. Rizik se povećava i zbog toga jer grane oštikara zadržavaju suhe iglice alepskog bora.

Qurcus ilex L.: (česmina)

Suprotno nekim zamislima o zamjeni četinjača listićama, pokusi i terenska promatranja pokazali su da je lišće grančica tipa B i C česmine jako zapaljivo za ljetnog razdoblja. Ta se jaka zapaljivost malo smanjuje zbog razvoja novih izdanaka, ali s obzirom na njihovu malu masu, utjecaj im je slab. Suhu je lišće veoma zapaljivo, ali ono ne gradi guste i neprekinute sagove. U čistim i gustim formacijama, česmina smanjuje snagu sloja niskog rašča, ali na većini lokacija otvorene formacije omogućuju niskim slojevima da se razviju na periferiji, kao i pod pokrovom pojedinih stabala. U sloju ispod alepskog bora, ova vrsta nipošto ne smanjuje zapaljivost formacije. Prema tome, suprotstavljanje lisnatog drveća četinjačama na osnovi zapaljivosti njihovog išča, predstavlja besmislicu.

Pinus pinaster (primorski bor)

Igllice primorskog bora u ljetnom su razdoblju manje zapaljive od iglica alepskog bora, zbog kraćeg zadržavanja na granama drveća. Ovogodišnje iglice (tip A) zasigurno su manje zapaljive jer su mlade i vlažne. Iglice zrelih grančica (tip B), zatim godine n-1 (tip C) i n-2 (tip D), srednje su zapaljive. One čak i u vrijeme najžešćih suša nisu doble ocjene 4 i 5. Otpad suhih iglica svakako je zapaljiv, s time da njegova snaga gorenja ovisi o veličini fitomase. Krutost iglica povećava kompaktnost tog sloja, a time i njegovu gorivost.

Vrste koje su izabrali šumarski genetičari

Šumarski genetičari izabrali su odredene vrste biljaka koje su nakon testiranja zbog njihove prikladnosti, prezentirali šumarskim službama radi uklanjanja zapaljivih i uvođenja manje zapaljivih vrsta: *Abies cephalonica*, *Acacia melanoxylon*, *Alnus subcordata*, *Eucalyptus dalrympleana*, *Eucalyptus MacArthurii* i *Hakea saligna*.

KLASIFIKACIJSKA VRSTA PREMA ODGODI ZAPALJIVOSTI

Specifična analiza zapaljivosti pokazuje da ona varira ovisno o fenološkom stadiju i obilježjima tkiva u pojedinu stadiju, što bitno mijenja reakciju vegetativne materije na toplinu. Niže navedena tablica sazima in-

formacije o zapaljivosti uvezši u obzir srednje fiziološko stanje u kojem se biljke nalaze tijekom ljetnog razdoblja.

Vapnenačka provansa	Kristalinska provansa	Vrsta za uvodenje
SLABA		
<i>Aphyllantes monspeliensis</i>	<i>Calycotoma spinosa</i>	
<i>Buxus sempervirens</i>	<i>Cistus albidus</i>	
	<i>Cistus salvaefolius</i>	
	<i>Cistus monspeliensis*</i>	
	<i>Cytisus triflorus</i>	
<i>Cedrus atlantica</i>		<i>Albies cephalonica</i>
SREDNJA		
<i>Brachypodium pinnatum</i>	<i>Arbutus unedo</i>	
<i>Quercus coccifera</i>		
<i>Rosmarinus officinalis</i>	<i>Pinus pinaster</i>	
<i>Cupressus arizonica</i>	<i>Castanea sativa</i>	
<i>Cupressus sempervirens</i>		
JAKA		
<i>Brachypodium ramosum</i>		
<i>Molinia coerulea</i>	<i>Erica arborea</i>	
<i>Phyllirea latifolia</i>	<i>Erica scoparia</i>	
<i>Thymus vulgaris</i>	<i>Cistus monspeliensis*</i>	
<i>Ulex parviflours</i>	<i>Calluna vulgaris</i>	
<i>Pinus halepensis</i>	<i>Quercus suber</i>	<i>Eucalyptus dalrymplean</i>
<i>Quercus ilex</i>	<i>Acacia delbata</i>	<i>Eucalyptus macarthurii</i>
<i>Quercus pubescens</i>		

Podatke iz ove tablice valja koristiti, uz napomenu da stanje u kojem se nalazi proučavani biljni materijal može varirati od jednog do drugog ljeta, od jednog do drugog lokaliteta, pa čak i u istom ljetu gdje se zapaljivost može pomaknuti od razine **slaba** na razinu **jaka**, što se može vidjeti na primjeru *Cistus monspeliensis* (ljeplivi bušin).

Zapaljivost od srednje do jake razine velikog broja biljnih vrsta čini mediteranske šumske formacije veoma gorivim. Radi smanjenja opasnosti od šumskih požara, šumarski stručnjaci trebaju intervenirati stvaranjem prosjeka u šumskom gorivu ili uvođenjem manje zapaljivih nasada.

Podizanje nasada *Cedrus atlantica* (cedar) ili *Abies cephalonica* (grčka jela) može bitno smanjiti opasnost od požara. Izdanci tih dviju vrsta imaju malu zapaljivost.

vost, a odrasli nasadi zatvoren sklop koji ne dopušta, za razliku od *Pinus halepensis* (alepskog bora), razvoj jakog sloja grmlja.

Uvođenje zimzelenog hrasta (*Quercus ilex*) na mjesto bora ne rješava problem obrane tih formacija od požara, dok uvođenje *Cupressus arizonica* (čempresa iz Arizone), stabla s vodoravnim granama, jest trajna mjera smanjivanja opasnosti od požara. U očuvanju šuma od požara prednost se može dati vrstama grmlja od male do srednje zapaljivosti kao što je *Arbutus unedo* (planika), umjesto opasnih vrsta kao što su *Calluna vulgaris* (vrišt) i različite vrste vrijesa.

Opasne vrste mogu se ukloniti lokalnom primjenom sistemskih herbicida triclopyr ili glyphosate, što se pokazalo veoma učinkovitim. Kontrolirano paljenje ili ispaša u uklanjanju ili selekciji opasnih vrsta nije se pokazalo djelotvornim.

* prema razini hidričkog stresa koji je biljka doživjela

ZAKLJUČAK

Istraživanja provedena na mediteranskim šumskim vrstama dovela su nas do novih spoznaja:

– veću zapaljivost određenih listača kao što su *Quercus suber*, *Quercus pubescens* i *Quercus ilex*, u odnosu na pojedine četinjače kao što su *Pinus pinaster*, *Cedrus atlantica* i *Abies cephalonica*;

– povećana opasnost od požara koja dolazi od formacija bogatih *Erica arborea* u usporedbi s formacijama na bazi *Arbutus unedo*, kako u razdobljima suša, tako i u razdobljima minimalnog rizika.

Istraživanja su također pokazala da su u cijelokupnom godišnjem ciklusu, promjene u sadržaju vode usko korelirane s parametrima zapaljivosti. Mjerena na eksperimentalnom području Ruscas, omogućila su izradu karata vegetacije iz kojih su izvedene karte potencijalne opasnosti od požara i to:

– karte zapaljivosti vegetacijskih formacija, i

– karte gorivosti (biovolumen vegetacije nije istovjetan biomasi), u mjerilu 1 : 20.000 s kodiranim opisom svake vegetacijske formacije.

Na temelju spoznaja o specifičnoj zapaljivosti, analizirani su odnosi između podataka koje je emitirao satelit NOAA (temperatura površine, hidrički stres vegetacije, požar vegetacije) i određenih bioloških parametara kao što je zapaljivost. Prerano je donositi zaključke, ali se ti parametri razvijaju i planirane su nove kampanje u tom pravcu.

Opisana metoda bit će primijenjena u Hrvatskoj u mjerenuj zapaljivosti i gorivosti submediteranske vegetacije, nakon uspostave eksperimentalnog poligona u Makarskoj (Dalmacija). Ta će istraživačka jedinica proučavati šumske vrste budućnosti, kako bi šumarima priskrbila dodatne kriterije pri izboru vrsta za uvođenje u šume priobalnog dijela Jadrana.

LITERATURA LITERATURE CITED

- Alexyndrian, D.: Estimation de l'inflammabilité et de la combustibilité de la végétation, CEMAGRAF, BI No 288, Aix-en-Provence, 1982
- Bertović, S., Dimitrov, T., Jurčec, V. i dr.: Osnove zaštite šuma od požara, CIP, Zagreb, 1987
- Caramelle, P., Clement, A.: Inflammabilité et combustibilité de la végétation méditerranéenne, Avignon, 1978.
- Deemig, J., Burgan, R., Cohen, J. D.: The national Fire-Danger Rating System, USDA Forest Service General Technical Report INT-39, Ogden, UTAH, 1978.
- Dimitrov, T.: Specijalizacija u INRA Avignon, Odio za šumarska istraživanja Ruscas (Bormes-les-Mimosas) svibanj 1990. g. (rukopis)
- Jovanović, Dendrologija, IŠRO, Beograd, 1982.
- Layec, S.: Des paramètres biologiques susceptibles d'améliorer l'indice de risques d'incendies de forêts, DAA, Rennes, 1989.
- Lawson, B. D.: Fire Weather Index, Canadian Forestry Service, BC-P-17, Victoria B. C., 1977.
- Roux, D., Sol, B.: La prévision météo, une alliée contre les incendies, La recherche Environnement, supplément au No. 234 de la Recherche, str. 898–900, 1991.
- Sol, B.: Etat de la recherche en France et prévisions météorologiques pour les incendies de forêts dans le Sud-Est de la France, Meteorologie et incendies de forêts, p. 251–261, Geneve, 1992.
- Sol, B.: Teneur en eau d'une litière d'aiguilles de pin maritime: influence des conditions météorologiques, Direction de la Meteorologie Nationale, Note de travail SMIR/SE No. 6, Septembre 1991.
- Sol, B.: Risque numérique météorologique d'incendies de Forêts en zone méditerranéenne, Meteorologie Nationale, Note de travail SMIR/SE No. 1, Mai, 1989.
- Sol, B.: Température d'une litière en terrain découvert: modélisation physique et comparaison avec les mesures, Meteorologie Nationale, Note de travail SMIR/SE No. 2, Août 1989.
- Valette, J. C.: Evolution temporelle des paramètres d'inflammabilité et des données satellites de juin à septembre 1990, Meteorologie et incendies de juin à septembre 1990, Meteorologie et incendies de forêts, p. 262–275, Genève, 1992.
- Valette, J. C., Moro, C.: Inflammabilités des espèces forestières en région méditerranéenne française, INRA, Recherches forestières, Avignon, 1990.
- Valette, J. C.: Risques présents par L'Arbusier et la bruyère arborescente, INRA, Recherches forestières, Avignon, 1989.
- Valette, J. C.: Inflammabilité, teneur en eau et turgescence relative de quatre espèces forestières méditerranéennes. Seminario sobre métodos y equipos para la prevención de incendios forestales, ECE/ILO/FAO, Valencia, Espana, 1986.
- Valette, J. C., Clement, A., Delabraise, P.: Inflammabilité d'espèces méditerranéenne. Tests rapides. Campagne été 1978, INRA, Avignon, 1978.

SUMMARY: Flammability and combustibility measurements for Mediterranean vegetation were made at the experimental area Dom near Bormes les Mimosas, southeastern France. Laboratory tests were produced with an electric radiator (*épiradiateur*) to achieve certain parameters for living fuels from grassy, shrubby and treelike kinds. Based on these parameters a classification was made related to the flammability lag and it was presented to forest service for intervening in preserving and protecting forests against fires.

Simultaneously, by analogy to the North American methods in calculating Forest Fire Danger Index, drying and wetting the dead forest fuel was measured at two locations: in open land and under Mediterranean shrubbery. These changes were observed in relation to the changes of meteorological elements to improve the mentioned methods.

Key words: flammability, combustibility, electric radiator, mediterranean vegetation, fire-risk.