



**Hrvatsko agrometeorološko društvo**

**ZBORNİK RADOVA**

**3. agrometeorološka radionica  
AGROMETEOROLOGIJA  
U SLUŽBI KORISNIKA**

**Zaštita okoliša i  
šumski požari**

Dubrovnik, 24. ožujka 2014.

Hrvatsko agrometeorološko društvo

**ZBORNİK RADOVA**  
**3. agrometeorološka radionica**  
**AGROMETEOROLOGIJA U SLUŽBI KORISNIKA**  
**Zaštita okoliša i šumski požari**



Dubrovnik, 2014.

## **Pokrovitelj**

Hrvatska vatrogasna zajednica

## **Suorganizatori**

Grad Dubrovnik

Geofizički odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu  
Državni hidrometeorološki zavod  
Dubrovačko-neretvanska županija  
Sveučilište u Dubrovniku  
Javna ustanova za upravljanje zaštićenim prirodnim vrijednostima na području DNŽ  
Javna ustanova Nacionalni park Mljet  
Javna ustanova Rezervat Lokrum  
Vatrogasna zajednica Dubrovačko-neretvanske županije  
Vatrogasna zajednica Grada Dubrovnika  
Javna vatrogasna postrojba "Dubrovački vatrogasci"  
Hrvatske šume d.o.o., Uprava šuma Podružnica Split

## **Novčana potpora – Natječaj zaštita okoliša i prirode**



Grad  
Dubrovnik  
City of  
Dubrovnik

Grad Dubrovnik

## **Donatori**

Vatrogasna zajednica Grada Dubrovnika  
Geofizički odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu  
Dubrovačko-neretvanska županija  
Javna ustanova za upravljanje zaštićenim prirodnim vrijednostima na području DNŽ  
Javna ustanova Nacionalni park Mljet  
Javna ustanova Rezervat Lokrum

## **Glavna urednica**

dr. sc. Višnja Vučetić

## **Tehnička urednica**

Vesna Đuričić, dipl. ing. fiz.

## **Predsjednica Organizacijskog odbora**

Marijana Miljas, mag. ing. silv.

## **Zamjenica predsjednice Organizacijskog odbora**

Vesna Đuričić, dipl. ing. fiz.

## **Članovi Organizacijskog odbora**

Jelena Ferina, dipl. ing. fiz.  
Ivana Tomašević, dipl. ing. fiz.  
Ivana Gašparović, mag.ing.prosp.arch.  
Petra Jakovčić, mag. ing. fiz.  
Ivo Đuračić, mag. ing. silv.  
Lovro Kalin, dipl. ing. fiz.  
Tomislav Bašić, dipl. ing. fiz.  
Tea Blažević, dipl. ing. fiz.

# PROSLOV

Hrvatsko agrometeorološko društvo je znanstvenostručna udruga meteorologa, agronoma i šumara koja potiče i promovira sve grane agrometeorološke znanosti predavanjima na agrometeorološkim seminarima i radionicama. Dubrovačko-neretvanska županija prepoznata je kao područje s velikim brojem izravnih i neizravnih korisnika agrometeorologije i to prioritarno skupinom korisnika koji se odnose na zaštitu šuma od požara. Budući da ona spada u najugroženija područja s obzirom na šumske požare, želja nam je objektivno informirati dobrovoljne i profesionalne vatrogasce i šumare o vremenskim situacijama koje uzrokuju katastrofalne požare, te o klimatskim promjenama i potencijalnoj opasnosti od šumskih požara na području Županije. To bi poboljšalo i unaprijedilo metode prevencije i očuvanje sredozemne šume i makije. No, pomoglo bi i u donošenju strateških planova u zaštiti šuma od požara i razvoju poljoprivrede jer nisu ugrožene samo šume već je nužno zaštititi i maslinike i vinograde od požara raslinja. Svakako je potrebno očuvati zelenilo, šume i poljoprivredne površine, te mikroklimu južne Dalmacije, posebice otoka, zbog lokalnog stanovništva, ali i zbog raznolikosti turističke ponude. Normalno da svako sprječavanje šumskih požara ili ublažavanje njegovih posljedica, te ublažavanje posljedica od ekstremnih vremenskih prilika dovodi do ušteda u gradskim i županijskom, ali i državnom proračunu.

Upravo iz tog razloga Hrvatsko agrometeorološko društvo (HAgMD) je pokrenulo projekt *Agrometeorologija u službi korisnika*. U okviru projekta organizirana je već 3. agrometeorološka radionica s temom *Zaštita okoliša i šumski požari* u Dubrovniku 24. ožujka 2014. Hrvatska vatrogasna zajednica je pokrovitelj, a najveću novčanu potporu dao je Grad Dubrovnik u okviru natječaja Zaštita okoliša i prirode na čemu smo im posebno zahvalni. Bez vrijednih suorganizatora i donatora ne bismo bili u mogućnosti organizirati radionicu jer svak nam je pomogao na svoj način.

Program popularizacije agrometeorologije se širi na sve veći broj korisnika od učenika i studenata, agronoma, šumara, poljoprivrednika, vatrogasaca do novinara i donositelja političkih odluka. Ovim se projektom potiče veća pokretljivost znanstvenika i stručnjaka prema gospodarstvu i akademskom poduzetništvu. Odgovornim pristupanjem svakog predavača, koji, po međunarodnim standardima, prezentira najnovije rezultate agrometeoroloških istraživanja kod nas, zadovoljava se i kriterij izvrsnosti. Projekt odiše entuzijazmom, volonterstvom i iskustvom, jer su predavači iz HAgMD ugledni sveučilišni profesori i znanstvenici, ali i mladošću, jer mladi stručnjaci žele naći svoje mjesto u agrometeorologiji. U svakom slučaju nalazimo se pred izazovom da pokrenemo nešto kvalitetno za dobrobit Dubrovačko-neretvanske upanije, ali i Hrvatske.

dr. sc. Višnja Vučetić  
predsjednica HAgMD

# PROGRAM 3. AGROMETEOROLOŠKE RADIONICE

## AGROMETEOROLOGIJA U SLUŽBI KORISNIKA

### Zaštita okoliša i šumski požari

Dubrovnik, 24. ožujka 2014.

| Sati  | Teme predavanja                                                                                     | Predavači                                                                           | Ustanova u kojoj radi predavač                                                |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 8.30  | <b>Otvaranje</b> – voditelj Lovro Kalin, dipl. ing.                                                 |                                                                                     |                                                                               |
| 9.00  | Utjecaj klimatskih promjena na potencijalnu opasnost od šumskih požara                              | dr. sc. Višnja Vučetić                                                              | Državni hidrometeorološki zavod                                               |
| 9.30  | Pauza za kavu                                                                                       |                                                                                     |                                                                               |
| 10.00 | Meteorologija i šumski požari                                                                       | Marko Vučetić, dipl. ing.                                                           | Državni hidrometeorološki zavod                                               |
| 10.30 | Vremenske situacije za vrijeme velikih šumskih požara                                               | dr. sc. Višnja Vučetić<br>Boris Mifka, dipl. ing.                                   | Državni hidrometeorološki zavod                                               |
| 10.50 | Analiza vertikalne strukture atmosfere za vrijeme katastrofalnih šumskih požara                     | Ivana Tomašević, dipl.ing.                                                          | Državni hidrometeorološki zavod                                               |
| 11.10 | <b>Rasprava</b> – voditelj Marko Vučetić, dipl. ing.                                                |                                                                                     |                                                                               |
| 11.25 | Pauza                                                                                               |                                                                                     |                                                                               |
| 11.40 | Definiranje ugroženih područja za potrebe šumskih požara na otoku Korčuli                           | Boris Mifka, dipl. ing.<br>dr. sc. Maja Žuvela-Aloise                               | Austrijski zavod za meteorologiju i geomagnetizam, Beč                        |
| 12.10 | Opažene promjene sušnih razdoblja u Hrvatskoj                                                       | mr. sc. Ksenija Cindrić                                                             | Državni hidrometeorološki zavod                                               |
| 12.30 | Evapotranspiracija i zaliha vode u tlu                                                              | Jelena Ferina, dipl. ing.<br>Tomislav Bašić, dipl. ing.                             | Državni hidrometeorološki zavod<br>Meteo-centar d.o.o.                        |
| 12.50 | Atmosferska cirkulacija na Jadranu u sezoni zaštite od požara raslinja                              | Marija Mokorić, dipl. ing.<br>Lovro Kalin, dipl. ing.                               | Državni hidrometeorološki zavod                                               |
| 13:10 | Sezonske prognoze i potencijalna opasnost od šumskih požara                                         | Lovro Kalin, dipl. ing.                                                             | Državni hidrometeorološki zavod                                               |
| 13.30 | <b>Rasprava</b> – voditelj Boris Mifka, dipl. ing.                                                  |                                                                                     |                                                                               |
| 13.45 | Pauza za ručak                                                                                      |                                                                                     |                                                                               |
| 15.00 | Ekološki i sociološki aspekti šumskih požara                                                        | prof. dr. sc. Željko Španjol<br>Marko Vučetić, dipl. ing.                           | Šumarski fakultet<br>Sveučilišta u Zagrebu<br>Državni hidrometeorološki zavod |
| 15.30 | Gospodarenje i obnova mediteranskih šuma u problematici šumskih požara                              | prof. dr. sc. Damir Barčić<br>prof. dr. sc. Željko Španjol                          | Šumarski fakultet<br>Sveučilišta u Zagrebu                                    |
| 15.50 | Osnovna obilježja šumskog goriva kod požara                                                         | dr. sc. Roman Rosavec<br>prof. dr. sc. Željko Španjol<br>prof. dr. sc. Damir Barčić | Šumarski fakultet<br>Sveučilišta u Zagrebu                                    |
| 16.10 | Mogućnosti šumskog poljodjelstva u Hrvatskoj                                                        | prof. dr. sc. Željko Španjol<br>prof. dr. sc. Damir Barčić<br>dr. sc. Roman Rosavec | Šumarski fakultet<br>Sveučilišta u Zagrebu                                    |
| 16.30 | <b>Rasprava</b> – voditelj prof. dr. sc. Željko Španjol                                             |                                                                                     |                                                                               |
| 16.45 | <b>Zaključne napomene</b> – voditeljica dr. sc. Višnja Vučetić i izjaviteljica Petra Jakovčić, mag. |                                                                                     |                                                                               |
| 17.00 | Zatvaranje                                                                                          |                                                                                     |                                                                               |

## Utjecaj klimatskih promjena na potencijalnu opasnost od šumskih požara

Višnja Vučetić

Državni hidrometeorološki zavod, Grič 3, 10000 Zagreb, visnja.vucetic@cirus.dhz.hr

### 1. UVOD

Šumski požari se često puta povezuju sa sušom, pa tako jedna elementarna nepogoda uzrokuje drugu. Međutim, vatra, osim što stvara velike štete na raslinju, dovodi i do kemijsko-fizikalnih promjena u sastavu tla. Ogoljelo tlo nakon šumskog požara podložno je jakoj eroziji uzrokovanoj ili vjetrom ili bujicama oborinske vode. To sve pokazuje kolika je povezanost atmosferskih procesa, šumskih požara i procesa koji se odvijaju u tlu, posebice nakon katastrofalnih požara.

Dalmacija je najugroženije područje od požara raslinja u Hrvatskoj, a posebice se izdvajaju srednjodalmatinski otoci (Vučetić, 1987, 1992, 2001, 2002). Razlog tome su lako zapaljivi biljni pokrov (sredozemna vegetacija) i dugotrajna sušna razdoblja. Tu potencijalnu opasnost povećava i ljudski čimbenik zbog povećanog broja turista ljeti. Požarna razaranja često puta znaju poprimiti katastrofalne razmjere, te osim šuma stradavaju i poljoprivredne kulture, a ugrožena su i naseljena mjesta kao i ljudski životi. Stoga je u požarnoj problematici potrebno sustavno pratiti klimatske i vremenske uvjete i povezati ih s ponašanjem požara sa svrhom poduzimanja što djelotvornijih preventivnih mjera u sprječavanju nastanka šumskih požara. Zbog toga se u Državnom hidrometeorološkom zavodu već 33 godine izrađuju procjene opasnosti od izbijanja i širenja šumskih požara za jadransko područje, a posljedično dvije požarne sezone i za cijelu Hrvatsku. Cilj ovoga rada je da se ustanovi postoje li značajnije promjene u potencijalnoj opasnosti od šumskih požara posljednjih desetljeća.

### 2. PODACI I METODE

Procjena potencijalne opasnosti od šumskih požara zasnovana je na kanadskoj metodi određivanja meteorološkog indeksa opasnosti od šumskih požara (*Fire Weather Index*, FWI; Van Wagner i Pickett, 1985). Općenito, meteorološki indeks opasnosti od šumskih požara je način procjene zapaljivosti goriva koji uvažava učinke prošlih i trenutnih vremenskih prilika na tri vrste mrtvog šumskog gorivog materijala na tlu: fino, srednje i krupno gorivo. Iz pojedinačnih indeksa gorivog materijala koji pokazuju sadržaj vlage za svako od ovih tipova goriva, određuje se indeks BUI (*Build-Up Index*). BUI pokazuje suhoću ukupnog šumskog goriva i njegovo stanje za prihvrat vatre. Širenje vatre nakon zapaljenja goriva standardnog tipa (kanadski bor) dano je s indeksom početnog širenja požara ISI (*Initial Spread Index*). Pomoću svih tih indeksa izračunava se meteorološki indeks opasnosti od požara (FWI) prema relaciji:

$$FWI = 0.1 ISI f(D)$$

gdje je  $f(D)$  = eksponencijalna funkcija koja u sebi sadrži BUI.

Konačno se dobiva dnevna procjena žestine (ocjena potencijalne opasnosti) prema relaciji:

$$DSR = 0.0272 (FWI)^{1.77}$$

DSR je dnevna procjena žestine (*Daily Severity Rating*) iz koje se izračunava srednja mjesečna MSR (*Monthly Severity Rating*) ili srednja sezonska SSR (*Seasonal Severity Rating*) procjena žestine u požarnoj sezoni od lipnja do rujna na Jadranu. Općenito, vrijednosti SSR iznad 7 znače vrlo veliku potencijalnu opasnost, vrijednosti između 3 i 7 veliku, između 1 i 3 čine umjerenu, a vrijednosti manje od 1 znače malu potencijalnu opasnost (Dimitrov, 1998). Procjena žestine (DSR, MSR i SSR) u sebi sadrži meteorološke uvjete preko vremenskih elemenata temperature i vlažnosti zraka, brzine vjetra i količine oborine te stanja vlažnosti mrtvog šumskog gorivnog materijala. Zbog toga MSR i SSR predstavljaju klimatološko-požarni prikaz prosječnog stanja na nekom području. Dnevne vrijednosti DSR mogu poslužiti kao pokazatelj promjene stanja iz sata u sat i shodno tome za brzo djelovanje i razmještaj postrojba na ugroženim područjima.

Za analizu sekularnih varijacija MSR rabljeni su dugogodišnji vremenski nizovi meteorološke postaja Crikvenica i Hvar (1901.–2010.) te odabranih postaja duž Jadrana u razdoblju 1951.–2010.

### 3. REZULTATI I ZAKLJUČNE NAPOMENE

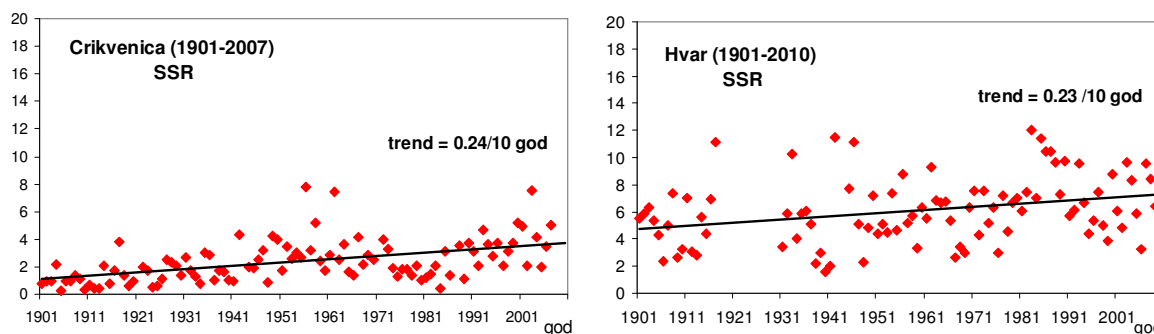
Općenito se može reći da u ljetnom razdoblju broj požara i spaljena površina rastu od sjevera prema jugu tj. od unutrašnjosti prema obali i otocima. To je u skladu sa smanjenjem količine oborine od sjevera prema jugu. U prosjeku se godišnje u Hrvatskoj javlja 450 požara sa spaljenom površinom oko 9000 ha. U posljednjih 10-ak godina najveći broj šumskih požara, njih 730, zabilježeno je 2000. godine kada je izgorjelo 27400 ha. I u ekstremno toplim i suhim godinama 1998, 2003. i 2007. zabilježen je iznadprosječan broj šumskih požara na jadranskom području.

Da bi se utvrdilo moguće povećanje opasnosti od šumskih požara na Jadranu, analizirani su linearni trendovi za MSR i SSR za Crikvenicu i Hvar u sezoni od svibnja do listopada u razdoblju 1901.–2010. (tablica 1). Signifikantno povećanje potencijalne opasnosti zamijećeno je u Crikvenici u svim mjesecima požarne sezone, osim u rujnu, a u Hvaru u svibnju, srpnju i listopadu. To ukazuje na raniji početak požarne sezone s početkom u svibnju i produljenje do listopada. Progresivni test (Sneyers, 1990) pokazuje početak povećanja MSR u ranim 1980-tim, a trendovi postaju signifikantni početkom 21. stoljeća (Vučetić i dr., 2006). Pozitivni linearni trend sezone SSR u Crikvenici u požarnoj sezoni (lipanj–rujan) ukazuje na širenje područja s povećanom potencijalnom opasnošću od srednjeg prema sjevernom Jadranu prema podacima posljednjih 110 godina (Barešić, 2011).

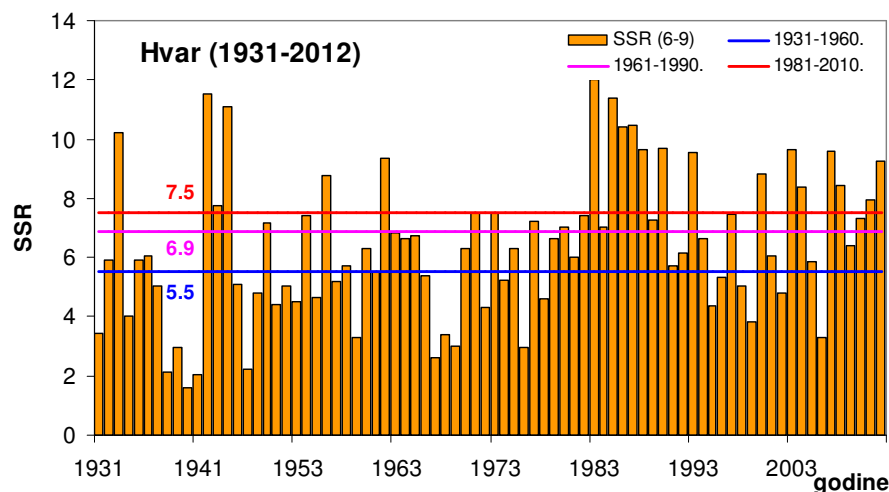
Kako bi se vidjelo koliko su dobiveni rezultati s dvije jadranske postaje reprezentativni za pojedina područja, analizirani su linearni trendovi MSR i SSR za još pet postaja za koje postoje meteorološki podaci u kraćem razdoblju 1951.–2010. Postaje Lastovo i Knin, koje se nalaze u Dalmaciji, pokazuju daleko najviše vrijednosti linearnih trendova MSR i SSR koje su uglavnom i statistički signifikantne. Tako Lastovo ima najveći porast SSR od promatranih postaja (2.0/10 god), dok on u Kninu iznosi 1.0/10 god. Na postaji Lastovo su ostvareni i najveći trendovi MSR (u srpnju 3.0/10 god i kolovozu 2.3/10 god). Tako visoke vrijednosti spomenutih veličina na tim postajama potvrđuju činjenicu do koje smo već došli prilikom analize postaje Hvar. Naime, dalmatinsko područje u proteklih 60-ak godina pokazuje vrlo visok porast opasnosti od požara raslinja, ali i produljenje požarne sezone.

Tablica 1 .Linearni trendovi mjesečne (MSR) i sezone (SSR) žestine za odabrane postaje u Hrvatskoj u razdobljima 1901.–2010. i 1951.–2010. Signifikantni linearni trendovi na razini  $\leq 0.05$  su podebljani.

| Mjeseci            | Svibanj     | Lipanj      | Srpanj      | Kolovoz     | Rujan       | Listopad    | SSR lip–ruj |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>1901.–2010.</b> | <b>MSR</b>  |             |             |             |             |             |             |
| <b>Crikvenica</b>  | <b>0.14</b> | <b>0.18</b> | <b>0.38</b> | <b>0.34</b> | 0.06        | <b>0.07</b> | <b>0.24</b> |
| <b>Hvar</b>        | <b>0.10</b> | 0.14        | <b>0.42</b> | 0.28        | 0.09        | <b>0.14</b> | <b>0.23</b> |
| <b>1951.–2010.</b> |             |             |             |             |             |             |             |
| <b>Rovinj</b>      | <b>0.32</b> | <b>0.55</b> | <b>1.02</b> | <b>0.87</b> | <b>0.46</b> | 0.15        | <b>0.67</b> |
| <b>Rijeka</b>      | 0.19        | <b>0.30</b> | <b>0.66</b> | <b>0.67</b> | -0.17       | -0.18       | <b>0.36</b> |
| <b>Crikvenica</b>  | 0.08        | 0.25        | 0.41        | 0.24        | -0.55       | -0.21       | 0.09        |
| <b>Šibenik</b>     | -0.03       | 0.26        | <b>1.06</b> | 0.56        | -0.25       | -0.36       | 0.41        |
| <b>Knin</b>        | 0.35        | <b>0.72</b> | <b>1.73</b> | <b>1.44</b> | 0.09        | -0.08       | <b>0.99</b> |
| <b>Hvar</b>        | 0.00        | 0.24        | 0.72        | <b>0.21</b> | 0.20        | -0.02       | <b>0.41</b> |
| <b>Lastovo</b>     | <b>0.74</b> | <b>1.43</b> | <b>2.95</b> | <b>2.29</b> | <b>1.42</b> | 0.44        | <b>2.02</b> |



Slika 1. Vremenski nizovi sezone žestine (SSR, crveno točkasto) i linearni trendovi (crna crta) za postaje Crikvenica i Hvar u razdoblju 1901–2010.



Slika 2. Sezonska žestina (SSR) za požarne sezone od lipnja do rujna za Hvar u razdoblju 1931–2012.

Povoljni vremenski uvjeti za nastanak velikih požara su ako je SSR veći od 7. Srednja sezonska žestina u Hvaru iz razdoblja 1981.–2010. je za 2 veća u odnosu na srednjak iz 1931.–1960. i za 0.6 veća prema razdoblju 1961.–1990. (slika 2). To ukazuje na povećanje potencijalne opasnosti od požara raslinja posljednja tri desetljeća. SSR veći od 7 pojavio se u 19 požarnih sezona u posljednje 32 godine u odnosu na 12 sezona prethodnih 50 godina. Dalmatinsko područje pokazuje visok porast opasnosti od požara raslinja, ali i produljenje požarne sezone. Međutim, posljednjih 60 godina primijećen je statistički signifikantan trend u unutrašnjosti Hrvatske (Lika i istočna Hrvatska). S time požarna problematika nije više vezana isključivo za jadransku obalu i otoke nego i za druge dijelove Hrvatske. Istaknimo da se rezultati istraživanja na području Hrvatske uvelike podudaraju s onima drugih zemalja. Tako se požarni režim u našoj zemlji dobro uklapa u širu sliku povećanja područja velike ugroženosti od šumskih požara na Sredozemlju i u istočnoj Europi u ljetnim mjesecima (Camia i dr., 2008).

#### 4. LITERATURA

- Barešić, D, 2011: Utjecaj klimatskih promjena na opasnost od požara raslinja u Hrvatskoj. Geofizički odsjek PMF, Sveučilište u Zagrebu, 56 str.
- Camia, A., G. Amatulli and J. San-Miguel-Ayanz, 2008: Past and future trends of forest fire danger in Europe. *JRC Scientific and Technical Reports*, 6 pp.
- Dimitrov, T. 1998: Gorenje globalne biomase. *Šumarski list*, **9-10**, Hrvatsko šumarsko društvo, Zagreb, 443-455.
- Sneyers, R., 1990: On the Statistical analysis of series of observations. *WMO Tech. Note*, **143**, 1–15.
- Van Wagner C.E. and T.L.Pickett, 1985: Equations and Fortran Program for the Canadian Forest Fire Weather Index Sistem. Canadian Forestry Service, Government of Canada, *Forestry Technical Report*, **33**, 18 pp.
- Vučetić, M, 1987: Meteorološka analiza katastrofalnog šumskog požara na Korčuli 1985. *Rasprave-Papers*, **22**, 67–72.
- Vučetić, M, 1992: Vremenske prilike tijekom šumskog požara na otoku Hvaru od 13. do 31.7.1990. *Hrvatski meteorološki časopis*, **27**, 69–76.
- Vučetić, M, 2001: Vremenske prilike i šumski požari na hrvatskom priobalju tijekom 2000. *Šumarski list*, **7-8/2001**, 367–378.
- Vučetić, M, 2002: Vremenske prilike i usporedba sezone zaštite šuma od požara 2001. u odnosu na višegodišnji prosjek. *Šumarski list*, **11-12/2002**, 563–574.
- Vučetić, M., V. Vučetić, Ž. Španjol, D. Barčić, R. Rosavec and A. Mandić, 2006: Secular variations of monthly severity rating on the Croatian Adriatic coast during the forest fire season. *Forest Ecology and Management*, **234**, supplement 1 (abstract).



## Meteorologija i šumski požari

Marko Vučetić

Državni hidrometeorološki zavod, Grič 3, 10000 Zagreb, mvucetic@cirus.dhz.hr

### 1. UVOD

Klima i vrijeme nekog kraja od presudne su važnosti za razumijevanje nastanka i širenja šumskih požara odnosno požara raslinja. Klima ima dugoročni utjecaj na stvaranje određenog biljnog pokrova što je preduvjet povoljne/nepovoljne potencijalne opasnosti od požara. Za razliku od klime, vrijeme u znatno kraćem vremenskom razdoblju u danu, mjesecu ili sezoni stvara povoljne/nepovoljne uvjete za nastanak i širenje šumskog požara.

Kako se meteorologija kao znanost o fizici atmosfere bavi i vremenom i klimom tako se i meteorolozi bave jednim segmentom meteorologije za potrebe zaštite šuma (raslinja) od požara. U suradnji s drugim stručnjacima prvenstveno šumarske struke, a na osnovu klimatskih i vremenskih utjecaja razvijeni su i mnogi računalni modeli uz pomoć kojih se može predvidjeti potencijalna opasnost od izbijanja i širenja šumskih požara te ponašanje vatre. Svakako najpoznatiji model, a koji se operativno upotrebljava i u Hrvatskoj (u DHMZ-u) je kanadski model Canadian Forest Fire Danger Rating System (CFFWIS, popularno skraćeno nazvan FWI, Meteorološki indeks opasnosti od požara), (Van Wagner, 1987). Uz korištenje modela meteorolozi obavljaju i analize vremenskih situacija uglavnom za vrijeme velikih šumskih požara te se tako istražuje utjecaj vremenskih zbivanja koja su doprinijela neobuzdanom širenju vatre. Prvi znanstveni rad u Hrvatskoj koji je povezao vremenske prilike i ne/povoljne uvjete za nastanak i širenje šumskih požara objavili su T. Dimitrov i V. Jurčec 1984. (Dimitrov i Jurčec, 1984.), a prvu vremensku analizu za vrijeme požara objavio je 1987. M. Vučetić (Vučetić, 1987).

### 2. PODACI I METODE

Meteorologija pruža tri vida pomoći pri obavljanju zaštite šuma od požara. Obradom arhivskih, klimatskih podataka pruža se mogućnost uočavanja utjecaja klime ili klimatskih promjena na povećanje ili smanjenje opasnosti od požara. Također, moguće je odrediti eventualni trend tih promjena te na osnovu toga poduzeti strateške korake i dovoljno rano se pripremiti za veće izazove. S druge strane rezultati meteoroloških prognostičkih modela daju mogućnost pripreme i djelovanja pri intervencijama odnosno gašenju vatre. I jedan i drugi vid pomoći meteorologije je neophodan želi li se učinkovito gospodariti požarima.

Treći vid meteorološke pomoći u zaštiti šuma od požara jesu promptna mjerenja i korištenje podataka koji u realnom vremenu daju stvarno stanje na terenu. U ovome slučaju neophodna je mreža automatskih meteoroloških postaja s kojih će se kontinuirano dobivati podaci u sabirnom centru gdje će se koristiti za daljnje proračune i izradu priopćenja za javnost ali i upozorenja za gasitelje.

Mreža postaja mora biti racionalno popunjena uvažavajući konfiguraciju terena, vrijednost potencijalno ugroženog područja, gustoću naseljenosti, pejzažno-biološku vrijednost biljnog i životinjskog svijeta itd. Osnovni meteorološki parametri neophodni u zaštiti šuma od požara, a koje bi trebala mjeriti meteorološka postaja jesu brzina i smjer vjetera, temperatura zraka, relativna vlažnost zraka, količina oborine, suhoća/vlažnost etalonskog štapića te temperatura tla barem na jednoj dubini (obično na 5 cm dubine). Osim ovih osnovnih mjerenja također korisno bi bilo raspolagati mjerenjima globalnog Sunčevog zračenja i tlaka zraka. Neovisno o ovim mjerenjima i brojač atmosferskog pražnjenja (udara groma) od neprocjenjive je važnosti.

Izmjerene meteorološke veličine koriste se u proračunima kanadskog modela za zaštitu šuma od požara. Općenito, meteorološki indeks opasnosti od šumskih požara FWI (Fire Weather Index) je način procjene zapaljivosti mrtvog šumskog goriva koji uvažava učinke prošlih i trenutnih vremenskih prilika na tri vrste pokrivača šumskog tla. U njemu su sadržane brojčane veličine koje daju mjeru sadržaja vlage za svako od ovih goriva.

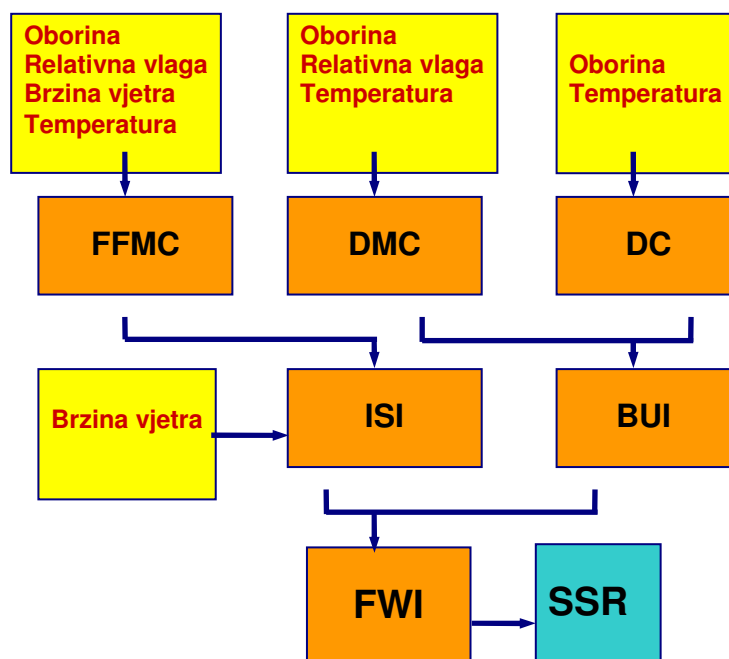
Da bi se proračun mogao obaviti, meteorološka motrenja i mjerenja moraju se obavljati u najtoplijem dijelu dana, a najbliži meteorološki termin motrenja je onaj u 13 sati SEV (ljetno vrijeme 14 sati). Izmjereni meteorološki parametri temperatura i relativna vlažnost zraka, brzina vjetera i 24 satna količina oborine,

predstavljaju ulazne podatke u program pomoću kojih se dobiju pokazatelji stanja vlažnosti mrtvog gorivog materijala. Metoda razlikuje tri veličine gorivog materijala, fino (FFMC), srednje (DMC) i krupno (DC). Za sva tri pokazatelja vlažnosti vrijedi da kada vrijednost pokazatelja vlažnosti goriva raste, sadržaj vlage u gorivu se smanjuje. Uz to, model koristi tako proračunat sadržaje vlage u gorivima, brzinu vjetra, indeks početnog širenja (ISI) i indeks ukupnog goriva (BUI) za računanje konačnih brojčanih veličina meteorološkog indeksa opasnosti od požara (FWI) te procjenu dnevne ili sezoneke žestine (DSR, SSR).

FFMC – Pokazatelj vlažnosti finog goriva (Fine Fuel Moisture Code)

DMC – Pokazatelj vlažnosti srednjeg krupnog goriva (Duff Moisture Code)

DC – Pokazatelj vlažnosti krupnog goriva (Drought Code)



Slika 1. Shematski prikaz modela Canadian Forest Fire Weather Index System

### 3. REZULTATI I ZAKLJUČNE NAPOMENE

Različite su mogućnosti gdje meteorologija može pomoći u zaštiti od požara općenito na otvorenom prostoru, a napose u zaštiti šuma (raslinja). Klimatologija analizirajući arhivske podatke ukazuje na vremenske čimbenike koji dugoročno djeluju na nekom području stvarajući ne/povoljne prilike za nastanak i širenje šumskih požara. Time omogućuje strateška djelovanja i pripreme. Prognoza vremena ima svoju neprocjenjivu ulogu u zaštiti od šumskih požara prvenstveno pri samom gašenju vatre. I klimatološka istraživanja kao i prognoza vremena ovise o meteorološkim mjerenjima koja uz to za učinkovitu zaštitu šuma od požara moraju biti dostupna u „realnom vremenu“ donositeljima odluka. Također, izmjerene vrijednosti su ulazni podaci za modele kojima se procjenjuje potencijalna opasnost od izbijanja i širenja šumskog požara (požara raslinja).

### 4. LITERATURA

Dimitrov, T. i V. Jurčec, 1984: Utjecaj vremenskih prilika na pojavu šumskih požara na području priobalnog krša tijekom 1983 godine. *Šumarski list*, **108**, 427–445.

Van Wagner, C.E., 1987: Development and Structure of the Canadian Forest Fire Weather Index System. Canadian Forest Service, *Forestry Tehnical Report* **35**, Ottawa, 46 pp.

Vučetić, M., 1987: Meteorološka analiza katastrofalnog požara na Korčuli 1985. *Rasprave-Papers*, **22**, Zagreb, 67–72.

## Vremenske situacije za vrijeme velikih šumskih požara

Višnja Vučetić  
Državni hidrometeorološki zavod, Grič 3, 10000 Zagreb, visnja.vucetic@cirus.dhz.hr

Boris Mifka  
borismfk1@gmail.com

### 1. UVOD

U većini požara na otvorenom vremenski uvjeti imaju odlučujuću ulogu u njihovom razvoju, širenju i ponašanju. Meteorološki elementi koji najviše utječu na pojavu i širenje požara su Sunčevo zračenje, temperatura zraka, relativna vlažnost zraka, količina oborine, brzina i smjer vjetra, ali isto tako je važna i vertikalna struktura atmosfere (Viegas, 1998). Nestabilno stratificirana atmosfera, kad se topliji zrak nalazi u prizemnim slojevima atmosfere, posebno je opasna za širenje požara zbog povoljnih uvjeta za razvoj jakih uzlaznih struja. Također se smatra da postoji zona kritične brzine vjetra u kojoj jačina vjetra kontrolira žestinu požara (Byram, 1954). U slučaju da je brzina vjetra velika, vjetar utječe na ponašanje požara tj. kontrolira smjer i brzinu širenja požara. Stoga su prizemne i visinske analize vremenskih situacija za vrijeme velikih požara osobito važne radi spoznaje u kojim meteorološkim uvjetima najčešće nastaju i kako se ponašaju da bi se preventivno moglo djelovati u njihovu suzbijanju. Prva analiza vertikalnih profila brzine i smjera vjetra bila je simulirana numeričkim mezoskalnim atmosferskim modelom na ograničenom području središnje Europe ALADIN/LACE u različitim vremenskim situacijama tijekom tri šumska požara: na otoku Hvaru od 29. do 30. lipnja 1997. s jakim jugom i od 27. srpnja do 5. kolovoza 1997. s umjerenom jakim NW vjetrom, te na Pelješcu od 5. do 8. kolovoza 1998. s jakom burom. U sve tri situacije, dakle neovisno o smjeru vjetra, pojavio se maksimum brzine veći od 12 m/s na visini 250–900 m nad morem u vrijeme početka šumskog požara (Vučetić i Vučetić, 1999a i 1999b). Ostalo je otvoreno pitanje postoji li uzročno-posljedična veza početka nastanka požara s tim maksimumom brzine u donjoj troposferi u slučaju kada je samom požaru prethodilo dulje sušno razdoblje. Detaljna analiza kornatskog požara od 30. kolovoza 2007. (Vučetić i sur., 2007), a poslije i bračkog požara od 14. do 17. srpnja 2011. (Mifka i Vučetić, 2012) dala je odgovor na to pitanje.

### 2. PODACI I METODE

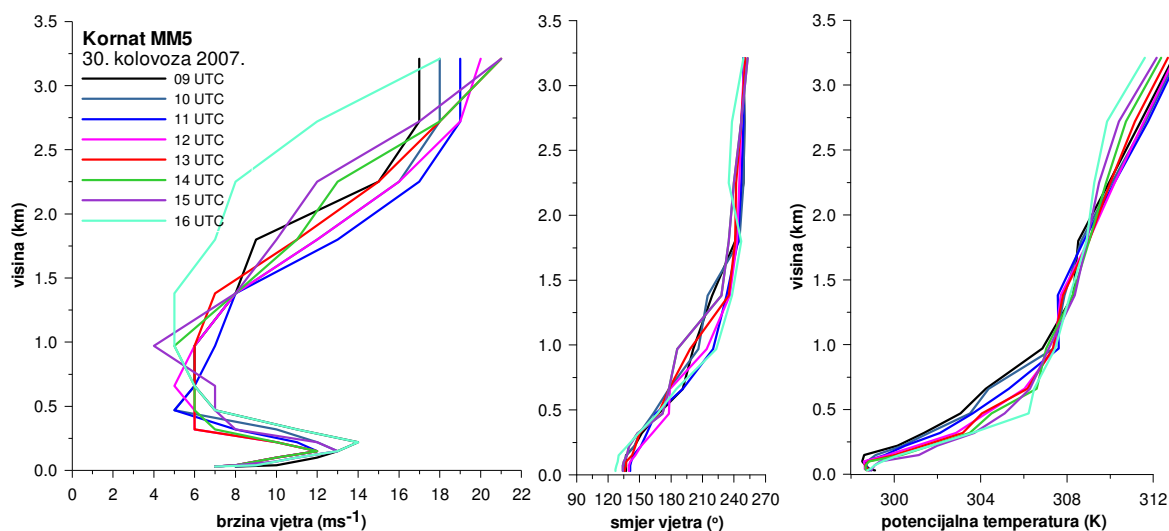
Za analizu vertikalne strukture atmosfere primijenjen je numerički prognostički model za ograničeno područje ALADIN/HR, a kod kornatskog požara i numerički nehidrostatski mezomodel MM5. Simulirani vertikalni profili brzine i smjera vjetra, te temperature zraka i statičke stabilnosti atmosfere uspoređeni su i s radiosondažnim podacima postaje Zadar-aerodrom kraj Zemunika. Za procjenu potencijalne opasnosti od šumskih požara rabljeni su podaci s najbližih meteoroloških postaja Zadar i Split-Marjan.

### 3. REZULTATI I ZAKLJUČNE NAPOMENE

#### 3.1 Kornatski požar

Analiza meteoroloških prilika za vrijeme pogubnog kornatskog požara pokazala je da su vrijednosti indeksa opasnosti od šumskog požara (FWI) i indeksa početnog širenja vatre (ISI) prema kanadskoj metodi upravo tog dana postigle najveće vrijednosti u Zadru (66.6 i 31.8 redosljedom) u cijelom ljetu (Vučetić i Vučetić, 2011). Tako visoke vrijednosti ISI mogu imati za posljedicu stvaranje požara s najgorim učinkom što se tog dana i dogodilo. Stradalo je 13 vatrogasaca od kojih 12 smrtno. U prizemnom sloju prevladavalo je sparno (maksimalna temperatura zraka bila je 29 °C), djelomično oblačno vrijeme s jakim jugom zbog utjecaja ciklone sa zapadnog Sredozemlja, ali i plitke mezociklone nad širim zadarskim područjem. Našim područjima se približavala hladna fronta, koja je sljedećeg dana dala obilnu kišu.

Simulacije MM5 svaki sat u vrijeme trajanja požara pokazuju da je SE vjetar jačao s visinom uglavnom do 150 m visine s jakim vertikalnim smicanjem (porast brzine vjetra iznosio je 3–4 m/s po 100 m visine, slika 1). U sloju od razine maksimuma brzine vjetra do 470 m visine porasla je temperatura zraka odnosno pojavila se temperaturna inverzija i stabilni sloj zraka. To je uzrokovalo slabljenje vjetra i okretanje od SE na S smjer do približno 1 km visine. Za vrijeme požara maksimalna se brzina vjetra u donjem sloju troposfere mijenjala između 12 m/s i 14 m/s što odgovara definiciji niske mlazne struje. Visinska analiza



Slika 1. Vertikalni profili brzine vjetra (m/s), smjera vjetra (°) i potencijalne temperature zraka (K) za područje Kornata do 3 km visine određeno pomoću numeričkog modela MM5 za 30. kolovoza 2007.

pokazala je da su vremenske prilike s jakim vjetrom iz SE smjera i uzlaznim gibanjima u donjem sloju troposfere pogodovale širenju požara na Kornatu 30. kolovoza 2007. između 11 h i 18 h.

### 3.2 Brački požar

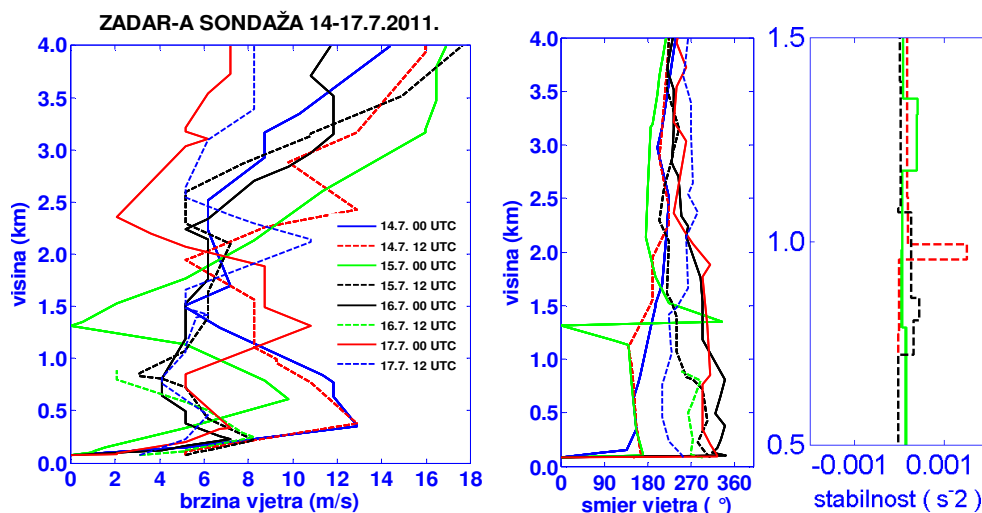
Procjena indeksa opasnosti od požara raslinja FWI pokazala je vrlo veliku opasnost na početku izbijanja požara prema podacima meteorološke postaje Split-Marjan 14. srpnja 2011. u 14 h po ljetnom vremenu. Glavna karakteristika požara je bila da se širio velikom brzinom iz uvale Blaće, a ukupno je izgorjelo 5600 ha na zapadnom dijelu otoka Brača, najviše u posljednjih 30-ak godina.

Vrijeme je tijekom trajanja požara bilo vedro te iznimno vruće (Bol 35.0 °C, Sutivan 36.2 °C na početku požara). Prvi dan požara bilo je izuzetno suho unatoč tome što je puhalo umjereno do jako jugo, koje je tijekom sljedeće noći i do podneva prestalo, te je zpuhao maestral iz sjeverozapadnog (NW) povremeno i zapadnog (W) smjera koji se održao do gašenja požara (Mifka i Vučetić, 2012).

Dnevni hod relativne vlažnosti zraka bio je poremećen u odnosu na uobičajeni. Relativna vlažnost zraka izmjerena na postaji Bol u 15 h po ljetnom vremenu iznosila je 38 %, a tijekom dana nije se puno mijenjala. Nad Jadranom se nalazila suha hladna fronta, vezana uz ciklonu nad središnjom Europom. Sjeverno od te fronte zabilježena je advekcija toplog zraka, koja je zahvaćala i središnju Dalmaciju.

Radiosondažna mjerenja na postaji Zadar-aerodrom ukazala su na izraženu inverziju od 3.6 °C/100 m na visini 955 m iznad tla debljine 39 m (slika 2). Vertikalni profil brzine vjetra pokazao je jako smicanje vjetra (2.6 m/s po 100 m) ispod sloja inverzije odnosno između tla i maksimuma brzine od 12.9 m/s na visini oko 380 m u 14 h prvog dana požara. Budući da je najveća brzina vjetra bila veća od 12 m/s, smatra se da je postojala niska mlazna struja.

Procjene modela ALADIN/HR za navedene profile podbacile su vrijednost maksimuma niske mlazne struje na postaji Zadar-aerodrom, a temperaturna inverzija je bila samo slabo naznačena. Modelirani vertikalni profil brzine vjetra za Bol u istom terminu, sličan je zadarskoj sondaži, osim što je maksimum brzine vjetra u donjoj troposferi nešto manji (oko 9 m/s). Jačanjem azorske anticiklone u zapadnom Sredozemlju, uz postojeću Karachi depresiju, te slabljenjem ciklone na središnjom Europom drugog dana požara, došlo je do promjene smjera vjetra s juga (SE) na maestral (NW). To je uvjetovalo promjenu smjera širenja šumskog požara. Međutim, za bolju poveznicu između vremenskih prilika i ponašanja šumskog požara nužne su informacije s terena, koje bi osobito pomogle u predviđanju nastanka požara raslinja i njegovom ponašanju na Jadranu.



Slika 2. Vertikalni profili brzine vjetra (m/s), smjera vjetra (°) i statičke stabilnosti (kvadrat Brunt-Väisäläove frekvencije, s<sup>-2</sup>) za Zadar-aerodrom do 3 km visine prema radiosondažnim podacima od 14. do 17. srpnja 2011.

Detaljne vremenske analize ovih požara ukazale su i na one vremenske pokazatelje koji bi mogli upozoriti na početak nastanka i mogućnost izvanrednog ponašanja požara raslinja. To su pojava niske mlazne struje kada je maksimalna brzina vjetra u donjoj troposferi veća od 12 m/s i približavanje hladne fronte.

#### 4. LITERATURA

Byram, G.M., 1954: Atmospheric conditions related to blowup fires. A Publication of the National Wildfire Group, PMS 815-NFES 2239, Forest Experiment Station Asheville, *Station Paper*, **35**, 29 pp.

Mifka, B. i V. Vučetić, 2012: Vremenska analiza katastrofalnog šumskog požara na otoku Braču od 14. do 17. srpnja 2011. *Vatrogastvo i upravljanje požarima*, **3**, 13–25.

Viegas, D.X., 1998: Weather, fuel status and fire occurrence. Predicting a large forest fires (ed. J. M. Moreno), Backhuys Publishers, Leiden, 31–48.

Vučetić M. i V. Vučetić, 1999a: Different types of the forest fires on the Croatian coast. Symposium Forest Fires: Needs and Innovations, DELFI99, Athens, Greece, 17–20 November 1999, 365–369.

Vučetić M. i V. Vučetić, 1999b: Požari u različitim vremenskim situacijama. *Vatrogasni vjesnik*, **12/99**, 12 -14.

Vučetić, M. i V. Vučetić, 2011: Analiza opasnosti od požara za vrijeme kornatskog požara 30. kolovoza 2007, *Vatrogastvo i upravljanje požarima*, **1**, 12–25.

Vučetić, V., S. Ivatek-Šahdan, M. Tudor, L. Kraljević, B. Ivančan-Picek i N. Strelec Mahović, 2007: Analiza vremenske situacije tijekom kornatskog požara 30. kolovoza 2007. *Hrvatski meteorološki časopis*, **42**, 41–66.

## Analiza vertikalne strukture atmosfere za vrijeme katastrofalnih šumskih požara

Ivana Tomašević

Državni hidrometeorološki zavod, Grič 3, 10000 Zagreb, ivana.tomasevic@cirrus.dhz.hr

### 1. UVOD

Požari na jadranskoj obali ponekad mogu biti katastrofalni te nerijetko iznenaditi svojom žestinom i brzim širenjem. Vremenske prilike i požari raslinja su usko povezani kao uzročno-posljedična veza vremena, ljudske aktivnosti i stanja gorivog materijala u kraćem vremenskom razdoblju (Vučetić, 2009). Vrlo važan meteorološki element, koji utječe na nastanak i širenje požara raslinja, je vjetar. Osim što odnosi vlažan zrak i ubrzava sušenje šumskog goriva, on potpomaže sagorijevanje dovođenjem kisika (Vučetić, 2002). Vjetar utječe i na širenje vatre noseći toplinu i goreće čestice na nova goriva, a njegov smjer određuje i smjer širenja vatrene fronte. Zbog toga plan kontrole gašenja požara treba temeljiti na prognozi brzine i smjera vjetra. Prema već ranije određenim kriterijima, ukoliko maksimum brzine vjetra u donjoj troposferi prijeđe  $12 \text{ ms}^{-1}$ , klasificira se kao niska mlazna struja (Bonner, 1968). Ona može imati važan utjecaj na dinamičke procese u atmosferi i često prethodi prolasku hladne fronte, a između ostalog, može znatno utjecati i na početak, te širenje požara raslinja (Barad, 1961). U ranijim istraživanjima u SAD-u uočeno je da se ponekad neposredno prije prolaska hladne fronte može razviti požar s turbulentnim ponašanjem, tj. s kratkotrajnim zračnim vrtlozima i jakim uzlaznim strujanjem (Byram, 1954). U Hrvatskoj je tek analizom kornatskog požara iz 2007. po prvi puta ukazano na ova dva vremenska pokazatelja koji bi mogli upozoriti na izvanredno ponašanje požara (Vučetić i sur., 2007; Vučetić i Vučetić, 2011). Dobro prognozirano vrijeme njenog prolaska preko Jadrana i simuliranje vertikalnih profila moglo bi biti od velike pomoći pri procjeni opasnosti nastanka velikih i katastrofalnih šumskih požara. Stoga je cilj ovog rada bio istražiti povezanost hladne fronte, u sinoptičkim razmjerima, i niske mlazne struje, u mezorazmjerima, s početkom nastanka i širenja požara raslinja u situacijama s velikim šumskim požarima na Jadranu.

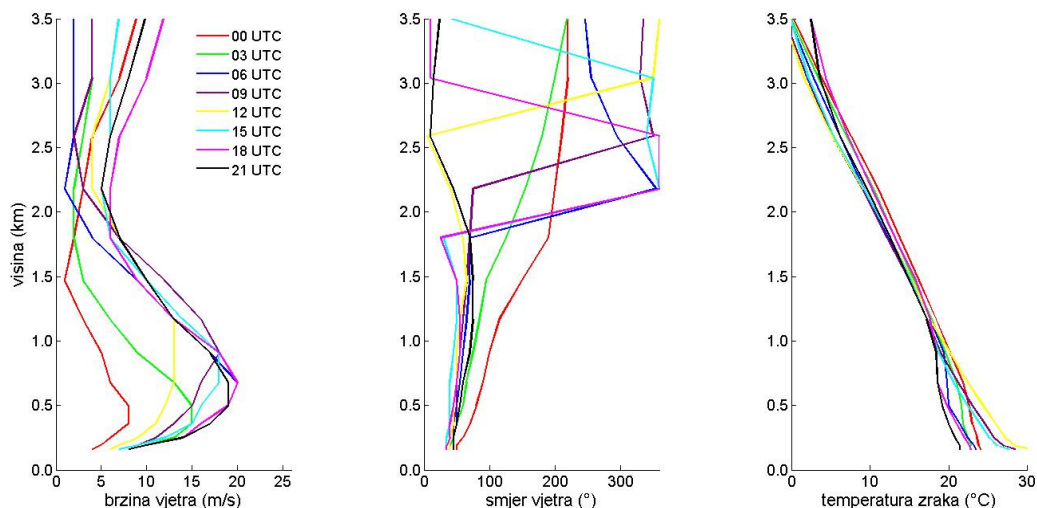
### 2. PODACI I METODE

U radu su korištene sinoptičke karte Njemačke meteorološke službe (DWD), a za analizu vertikalne strukture atmosfere modelirani vertikalni profili osnovnih meteoroloških veličina i parametara. Za svako su područje požara raslinja simulirani vertikalni profili atmosfere numeričkim modelom ALADIN/HR, koji se nazivaju pseudotempovi, za svaka tri sata. Odabrane su one točke mreže koje su bile najbliže lokaciji velikog šumskog požara. Niska mlazna struja je definirana kao signifikantni maksimum brzine vjetra  $\geq 12 \text{ ms}^{-1}$  u nižoj troposferi (Blackadar, 1957). Nižim slojem troposfere se smatra prvih 1500 m, ali su zbog preglednosti vertikalni profili vjetra prikazani do visine od 3500 m. Za povezivanje određenih vertikalnih profila s početkom požara, odabrani su veliki požari raslinja na području Jadrana u razdoblju 2001.–2010. iz Vatrogasnih vjesnika. Kriterij za odabir požara raslinja je bila spaljena površina veća od 500 ha i da je vatra istodobno gorjela na više lokacija. To je ukazivalo da su postojali povoljni vremenski uvjeti za nastanak te izvanredno širenje požara. U konačnici je izabrano pet vremenskih situacija tijekom kojih je bilo aktivno osam velikih šumskih požara.

### 3. REZULTATI I ZAKLJUČNE NAPOMENE

U pregledu broja požara i izgorene površine tijekom požarnih sezona 2001.–2010. ističe se 2003. koja je bila ekstremno topla i sušna godina. Osim toga, može se istaknuti veliki broj požara zabilježen i u kolovozu 2001. Tada je od 10902 ha opožarene površine čak 5700 ha izgorjelo u velikim požarima pokraj Omiša, u Dubrovačkom primorju te na otoku Braču, koji su se odvijali istodobno. Najteži dan za gasitelje je prema evidencijama bio 11. kolovoza 2001, a požari su se brzo širili potpomognuti vjetrom (Grum, 2001). Posebna pozornost je usmjerena na analizu sinoptičke situacije i vertikalnih profila na južnom i srednjem Jadranu u razdoblju od 11. do 13. kolovoza 2001. Analizom sinoptičke situacije utvrđeno je da je zbog velikog gradijenta tlaka između grebena visokog tlaka i doline niskog tlaka, koja je prolazila srednjim Jadranom 11. kolovoza 2001. zapuhala jaka bura na sjevernom i dijelu srednjeg Jadrana, a do kraja dana se proširila i na ostatak obale. Frontalni sustav se prostirao od juga Apeninskog poluotoka do krajnjeg sjeveroistoka kontinenta, a njemu pripadajuća hladna fronta prošla je preko Jadrana 11/12. kolovoza 2001. Umjerena do jaka bura, mjestimice i s olujnim udarima, na Jadranu je puhala do 13. kolovoza 2001. Požar je na dubrovačkom primorju





Slika 1. Vertikalni profili brzine vjetra ( $\text{ms}^{-1}$ ), smjera vjetra ( $^{\circ}$ ) i temperature zraka ( $^{\circ}\text{C}$ ), za sve termine 12. kolovoza 2001. za Dubrovnik određeno pomoću numeričkog modela ALADIN/HR.

započeo u ranim jutarnjim satima 12. kolovoza 2001. Točka mreže modela, koja je najbliža lokaciji požara je Dubrovnik-aerodrom, a modelirani su vertikalni profili određenih meteoroloških elemenata (slika 1).

Na vertikalnom profilu brzine vjetra može se uočiti da nakon ponoći 12. kolovoza 2001. vjetar naglo jača te već u 3 UTC postiže brzinu od  $15 \text{ ms}^{-1}$  u sloju između 360 i 500 m. Time je zadovoljen kriterij niske mlazne struje i pri tome smjer vjetra od E–ENE prelazi u NE smjer, odnosno buru. Tog dana maksimum brzine vjetra iznosio je  $20 \text{ ms}^{-1}$ , a nalazio se na 680 m visine u terminima 6 i 18 UTC. Slični rezultati su dobiveni i za područje Split-Marjana i Sutivana, gdje je maksimalna brzina do čak  $25 \text{ ms}^{-1}$  postignuta u ranim jutarnjim satima 12. kolovoza 2001, točnije u 6 UTC.

Analiza velikih šumskih požara na Jadranu u razdoblju od 2001.–2010. ukazala je na vremenske pokazatelje koji bi mogli upozoriti na mogućnost izvanrednog ponašanja požara, a to su približavanje hladne fronte i pojava niske mlazne struje. Dakle, za ekstremno ponašanje požara na priobalju uglavnom je odgovorna niska mlazna struja odnosno jaka turbulencija ispod nje. Ovakav oblik vertikalnih profila brzine vjetra u donjoj troposferi prethode pojavi brzog požara s jakim uzlaznim i silaznim gibanjima u blizini čeonog dijela fronte požara. Može se zaključiti da su veliki požari na priobalju i otocima posljedica posebnog vjetrovnog režima. Oni su povezani s jakom turbulencijom ispod niske mlazne struje, a njihov početak je uoči prolaza hladne fronte. Stoga bi, u situacijama kada postoji vrlo velika opasnost za požare raslinja na Jadranu, dodatni kriterij za upozorenje bilo točno prognoziranje vrijeme prolaza hladne fronte, te pomoću modeliranih vertikalnih profila brzine vjetra definiran maksimum brzine, odnosno niska mlazna struja u atmosferskom graničnom sloju. Sigurno da bi prepoznavanje ovih dodatnih kritičnih vremenskih uvjeta za požare raslinja, bilo od velike pomoći pri upozoravanju vatrogasnih službi na pripravnost. Time bi bilo moguće smanjiti štete od požara raslinja, zaštititi prirodna i materijalna bogatstva, a ponajviše spasiti ljudske živote.

#### 4. LITERATURA

Barad, M.L, 1961: Low-Altitude Jet Streams. *Scientific American*, **205**, 120–131.

Blackadar, A.K, 1957: Boundary Layer Wind Maxima and Their Significance for the Growth of Nocturnal Inversions. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **38**, 283–290.

Bonner, W.D, 1968: Climatology of the Low Level Jet. *Monthly Weather Review*, **96**, 833–850.

Byram, G.M, 1954: Atmospheric conditions related to blowup fires. *A Publication of the National Wildlife Coordinating Group*, 1–30.

Grum, Đ, 2001: Požari i intervencije, *Vatrogasni vjesnik*, **7–8/2001**, 9.

Vučetić, M, 2002: Meteorologija i šumski požari. *Vatrogasni vjesnik*, **4/2002**, 25–26.

Vučetić, M, 2009: Meteorološke spoznaje o požarima raslinja (1). *Vatrogasni vjesnik*, **5/2009**, 10–12.

Vučetić, M. i V. Vučetić, 2011: Analiza opasnosti od požara za vrijeme kornatskog požara 30. kolovoza 2007. *Vatrogastvo i upravljanje požarima*, **1**, 12–25.

Vučetić, V, S. Ivatek-Šahdan, M. Tudor, L. Kraljević, B. Ivančan-Picek i N. Strelec Mahović, 2007: Analiza vremenske situacije tijekom kornatskog požara 30. kolovoza 2007. *Hrvatski meteorološki časopis*, **42**, 41–66.



## Definiranje ugroženih područja za potrebe šumskih požara na otoku Korčuli

Boris Mifka  
borismfk1@gmail.com

Maja Žuvela-Aloise  
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, 1190 Wien, Hohe Warte 38, Austria,  
maja.zuvela-aloise@zamg.ac.at

### 1. UVOD

Poljoprivredna proizvodnja u semi-aridnim mediteranskim područjima izuzetno je osjetljiva na utjecaje globalnih klimatskih promjena, posebice na prekomjerno zagrijavanje i pojavu suša. Procjena klimatskih trendova potrebna je za razvoj dugoročnih strategija u priobalnim područjima kao što su srednjedalmatinski otoci. S obzirom da se radi o područjima koja su premala da bi na kvalitetan način bila razlučena pomoću regionalnih klimatskih modela, uvedena je nova metoda za dobivanje klimatske informacije na finijoj prostornoj skali. Pomoću mikroskalnog klimatskog modela MUKLIMO\_3 razvijenog u sklopu njemačke meteorološke službe (DWD), provedene su numeričke simulacije atmosferskih uvjeta za tri srednjedalmatinska otoka: Hvar, Korčulu i Brač. U kombinaciji sa tzv. "Kuboidnom metodom" i pomoću podataka sa nekoliko meteoroloških postaja sa promatranog područja, izračunati su klimatski indeksi kao što je srednji godišnji broj toplih ( $T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$ ) i vrućih dana ( $T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$ ) za klimatološki period 1981.–2010. Dodatno, napravljene su idealizirane simulacije vremenskih uvjeta prema karakterističnim lokalnim vjetrovima. Usporedbom klimatskih indeksa dobivenih iz mjerenih podataka sa 6 lokalnih postaja i simuliranih vrijednosti istih dobiveno je zadovoljavajuće slaganje od preko 84 % na većini postaja i čak 97.5 % na 3 postaje. Rezultati modela, prikazani pomoću karti toplinskog opterećenja u ljetnom periodu ukazuju na kritična područja za poljoprivredu i potencijalni nastanak šumskih požara. Te karte imaju praktičnu namjenu prilikom budućeg planiranja navodnjavanja i zaštite od šumskih požara.

Da bi se napravila detaljnija validacija modela koja bi uključila prostorne gradijente temperature i relativne vlažnosti zraka uzrokovanih prostornim promjenama zbog orografije i korištenja tla, provedena su mjerenja na otocima Hvaru i Korčuli od 7. do 14. kolovoza 2013.

### 2. PODACI I METODE

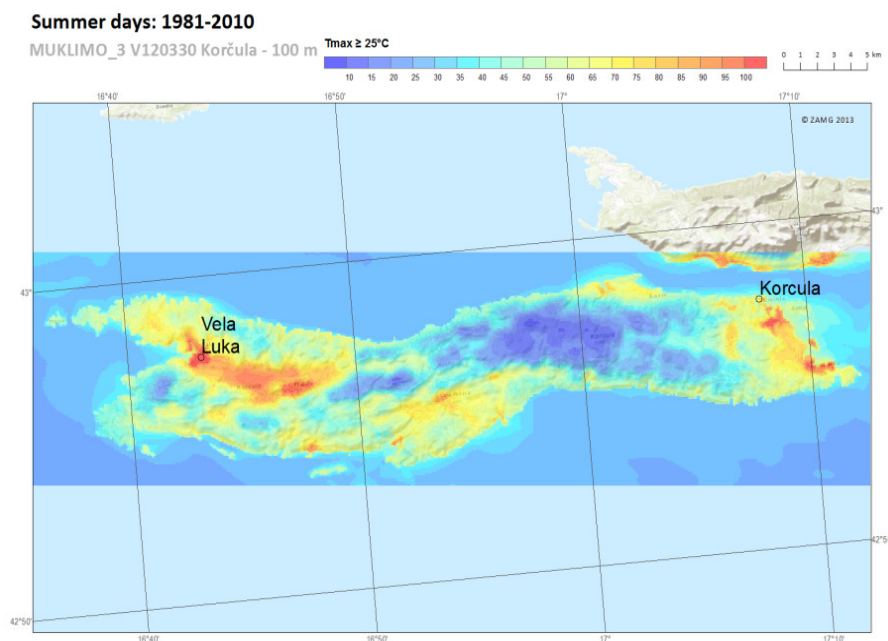
MUKLIMO\_3 model namijenjen je za potrebe urbane klimatologije, prvenstveno za određivanja područja urbanih toplinskih otoka. Osnovna verzija modela bazira se na rješavanju Navier-Stokesovih jednačbi za strujanje fluida (Sievers and Zdunkowski, 1986; Sievers, 1990; 1995). On simulira idealizirane atmosferske uvjete uzimajući u obzir svojstva korištenja tla te interakciju između vegetacije, tla, zgrada i atmosfere. Model koristi mrežu točaka na rezoluciji od 100 i 300 metara te CORINE podatke o korištenju tla i ASTERGDM podatke za orografiju. Za procjenu utjecaja klimatskih promjena na toplinsko opterećenje potrebni su nizovi podataka u duljini od 30 godina. Za izračun simulacija baziranih na tako dugim nizovima, bili bi potrebni ogromni računalni resursi. Umjesto toga, uvodi se tzv. "Kuboidna metoda" (Früh et al., 2010) gdje se simulira set karakterističnih meteoroloških uvjeta, a aktualna vremenska situacija za određeni dan izvodi se njihovom interpolacijom. Podaci 30-godišnjih nizova za temperaturu i relativnu vlažnost zraka u periodu 1981.-2010., te za brzinu i smjer vjetra dobiveni su s meteoroloških postaja: Bol, Hvar i Korčula. Na temelju tih podataka izračunati su klimatski indeksi koji uključuju srednji godišnji broj dana sa maksimalnom dnevnom temperaturom zraka većom od  $25^{\circ}\text{C}$  (topli dani) i  $30^{\circ}\text{C}$  (vrući dani), minimalnom dnevnom temperaturom ispod  $17^{\circ}\text{C}$  (ljetne noći) i  $20^{\circ}\text{C}$  (tope noći). Modelirani klimatski indeksi su uspoređeni s mjernim podacima na trima referentnim postajama te dodatno na postajama Sutivan, Jelsa i Vela Luka. Idealizirane simulacije predstavljaju polja temperature i relativne vlažnosti zraka, te smjera i brzine vjetra na području srednjedalmatinskih otoka, a provedene su da bi se prikazale varijacije radi lokalnih vjetrova i prilikom situacija ekstremne vlažnosti.

Validacija modela s obzirom na prostorne gradijente temperature i relativne vlažnosti zraka napravljena je pomoću podataka izmjerenih tijekom ljetne mjerne kampanje. Pri tome je MUKLIMO\_3 model inicijaliziran vertikalnim profilima modela ALADIN\_HR (Stanešić, 2011). Stacionarna i mobilna mjerenja obavljena su

korištenjem nekoliko različitih tipova senzora za temperaturu i relativnu vlažnost zraka i nekoliko tipova GPS uređaja. Korištena su tri tipa uređaja: Arduino (samogradnja sa solarnim napajanjem) sa sensorima Sensirion SHT 21 i AOSONG 2315, Onset Hobo UX100-03 i Lascar EL-USB-2-LCD s nekoliko vrsta zaštite od zračenja za senzore relativne vlažnosti i temperature zraka: Onset radiation shield, obična kartonska tuba te zaštita izrađena na institutu BOKU u Beču. Instrumenti tipa Lascar korišteni su bez zaštite od zračenja. Frekvencija uzorkovanja instrumenata bila je 1 podatak po sekundi, osim za instrumente Lascar kada je bila 1 podatak u 10 sekundi. Da bi se sakupili podaci u najtoplijem dijelu dana kao nosioci instrumenata korišteni su bicikli, motocikl i automobil u periodu između 15 i 17 sati prema ljetnom ukaznom vremenu. Ovisno o danu mjerenja, korišteno je 4 do 5 vozila i 5 do 7 senzora po mjenom parametru.

### 3. REZULTATI I ZAKLJUČNE NAPOMENE

Glavni rezultati su klimatološke karte visoke rezolucije dobivene pomoću modela MUKLIMO\_3 i "Kuboidne metode" koje prikazuju prekoračenja temperaturnih pragova na srednjedalmatinskim otocima Braču, Hvaru i Korčuli. Validacija modela napravljena je usporedbom simuliranih klimatskih indeksa i indeksa dobivenih sa otočkih meteoroloških postaja. Budući da su lokacije postaja različite od točaka mreže modela, korištena je srednja vrijednost simuliranih rezultata u točkama koje su u radijusu od maksimalno dva prostorna koraka mreže od postaje. Pritom su isključene točke mreže koje se nalaze iznad morske površine. Analiza rezultata bila je fokusirana na srednji godišnji broj toplih dana (slika 1). Razlika između modeliranih i mjerenih indeksa u eksperimentu s mrežom modela od 300 m horizontalne rezolucije, koja se odnosi na područje sva tri otoka, manja je od 8 % za 4 od 6 postaja, a manja od 4 % za 3 od 6 postaja. Najveće odstupanje (model je podcijenio mjerenja za 34.5 %) zabilježeno je na postaji Korčula, koja je smještena blizu mora, što može biti uzrokovano lošim razlučivanjem modela između kopna i mora na mreži od 300 m horizontalne rezolucije.

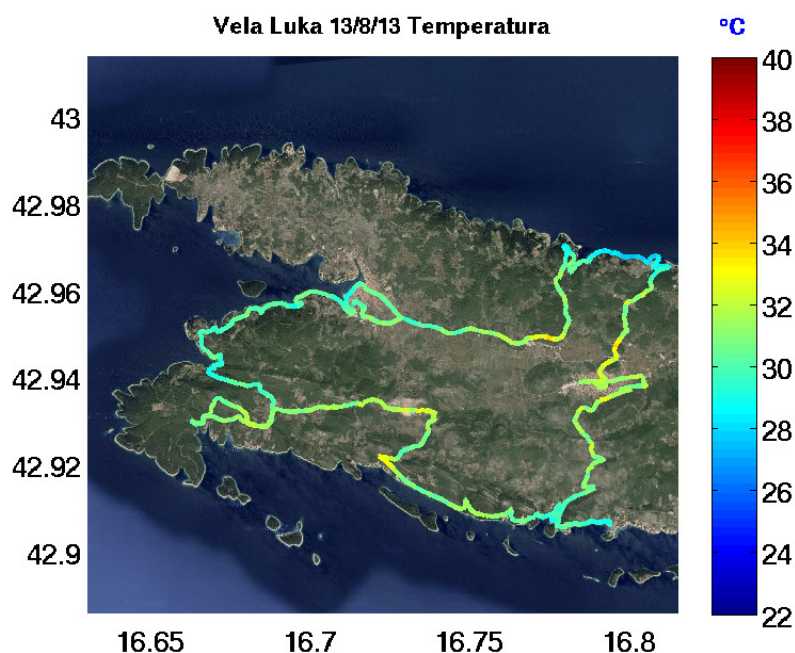


Slika 1. Srednji godišnji broj toplih dana u periodu 1981.-2010.

Na mreži od 100 m horizontalne rezolucije (3 domene posebno za svaki otok), model je dao najbolju aproksimaciju na postaji Vela Luka sa 3.1 % devijacije od mjerene vrijednosti, ali za 3 postaje odstupanje je bilo veće od 30 % i čak 47.7 % na postaji Sutivan. Prema tome, bolji rezultati su dobiveni na mreži od 300 m rezolucije nego na onoj od 100 m, što je vjerojatno posljedica bolje reprezentacije polja vjetera na većoj skali nego na ograničenom području pojedinog otoka. Daljna adaptacija postavki modela s obzirom na točniju reprezentaciju obalne cirkulacije, te podešavanje početnih i rubnih uvjeta može dati bolje rezultate čak i uz veću horizontalnu rezoluciju. Za ostale klimatske indekse, model je dao kvalitativno dobre rezultate (noćne temperature su veće u obalnom području nego u unutrašnjosti otoka), međutim

odstupanja za sve indekse veća su od 50 %. Pобољшanje tih rezultata moglo bi se realizirati prilagodbom kuboidne metode na procjenu pojedinačnog indeksa. Nadalje, ista metoda bi se mogla primijeniti na procjenu određenog agrometeorološkog indeksa s obzirom na biološke parametre određene poljoprivredne kulture kao što su npr. maslina ili vinova loza. Reprеzentacija temperature površine mora je od posebne važnosti za indekse u koje su uračunate noćne temperature (tople i tropske noći), a ona je u modelu konstantna. Rezultati modela ukazuju na velike toplinske horizontalne gradijente između obalnih područja i unutrašnjosti otoka, što se može dovesti u vezu s utjecajem nadmorske visine, ali i s konvergencijom vjеtra iznad otoka. Validacija rezultata modela s obzirom na razdiobu poljoprivrednih površina ukazala je na nekoliko kritičnih zona s obzirom na prekomjerno zagrijavanje, što se naročito odnosi na područja u unutrašnjosti otoka sa niskom nadmorskom visinom (npr. Starigradsko polje). Nažalost sve meteorološke postaje na otocima nalaze se u priobalnom području, pa je teško napraviti validaciju modela s obzirom na temperaturne gradijente u unutrašnjosti i na većim nadmorskim visinama prema podacima s tih postaja.

Radi bolje validacije rezultata modela, provedena su mobilna mjerenja od 7. do 14. kolovoza 2013. na otocima Hvar i Korčula (slika 2), pri čemu je prikupljeno preko 150.000 podataka temperature i relativne vlažnosti zraka.



Slika 2. Temperature zraka u 15 h zabilježena tijekom mobilnih mjerenja 13.8.2013.

Tijekom kampanje vrijeme je bilo vruće, suho i sunčano. Prema podacima s loggера, maksimalna izmjerena temperatura tijekom kampanje mjerenja bila je 40.8 °C na otoku Hvaru, a minimalna temperatura od 27 °C bila je na otoku Korčuli. Maksimalna vrijednost relativne vlažnosti od 78 % zabilježena je na otoku Korčuli, a minimalna od 15.6 % na otoku Hvaru. Da bi se napravila što točnija usporedba vrijednosti modela s mjerenim vrijednostima tijekom najtoplijeg dijela dana, podaci su reducirani prema vrijednostima postaje Hvar u 15 sati prema ljetnom ukaznom vremenu. Također su vrijednosti mjerenja reducirane s obzirom na sistematske pogreške instrumenata određene kalibracijom na ZAMG-u u Beču. Za potrebe validacije modela, napravljene su simulacije za tri dana mjerenja na otocima. Korištena je mreža horizontalne rezolucije 100 m pojedinačno za svaki otok. MUKLIMO\_3 model inicijaliziran je s prognostičkim vertikalnim profilima modela ALADIN\_HR za svaki dan mjerne kampanje na lokacijama mjernih postaja na otocima. Da bi se provela validacija izračunate su srednje vrijednosti parametara u blizini pojedine točke mreže, te su oduzete od rezultata modela u toj točki, što je učinjeno za sve mjerene podatke. Validacija je pokazala da je model podcijenio mjerne vrijednosti za oba analizirana parametra. Najveća razlika između vrijednosti modela i mjerenja je  $-3.9 \pm 1.7$  °C za temperaturu zraka i  $-18.4 \pm 9.9$  % za relativnu vlažnost zraka 13. kolovoza 2013 na otoku Korčuli. Mogući razlog za toliko odstupanje je da su ALADIN\_HR vertikalni profili koji su korišteni za inicijalizaciju modela podcijenili realne vrijednosti parametara. Također, preniska temperatura mora zadana u modelu mogla bi

biti uzrok takvom odstupanju. Stoga je potrebno istražiti ovaj problem i napraviti nove simulacije.

Daljni znanstveni interes postoji u vidu analiziranja atmosfere dinamičke vezane uz vertikalne profile i pojavu niske mlazne struje (Vučetić, M. i V. Vučetić, 1999) tijekom mnogih požara u jadranskom priobalju i na otocima.

#### 4. LITERATURA

Früh, B., P. Becker, T. Deutschländer, J-D. Hessel, M. Kossmann, I. Mieskes, J. Namyslo, M. Roos, U. Sievers, T. Steigerwald, H. Turau and U. Wienert, 2010: Estimation of Climate-Change Impacts on the Urban Heat Load Using an Urban Climate Model and Regional Climate Projections. *Journal of Applied Meteorology & Climatology*, **50**, Issue 1, 18pp. 4 Diagrams, 8 Charts, 7 Graphs. 167–184.

Sievers, U. and W. Zdunkowski, 1986: A microscale urban climate model. *Contr. Phys. Atmosph.*, **59**, 13-40.

Sievers, U., 1990: Dreidimensionale Simulationen in Stadtgebieten. *Umwelt-meteorologie*, Schriftenreihe Band **15**: Sitzung des Hauptausschusses II am 7. und 8. Juni in Lahnstein. Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN, Düsseldorf. S. 92–105.

Sievers, U., 1995: Verallgemeinerung der Stromfunktionsmethode auf drei Dimensionen (Generalization of the streamfunction- vorticity method to three dimension). *Meteorologische Zeitschrift*, **3**, 3–15.

Stanešić, A., 2011: Asimilacijski sustav u DHMZ-u: Razvoj i prvi rezultati verifikacije. *Hrvatski meteorološki časopis*, **44/45**, 3–17.

Vučetić, M. i V. Vučetić, 1999: Požari u različitim vremenskim situacijama. *Vatrogasni vjesnik*, **12/99**, 12 -14.

## Opazene promjene sušnih razdoblja u Hrvatskoj

Ksenija Cindrić

Državni hidrometeorološki zavod, Grič 3, 10000 Zagreb, ksenija.cindric@cirus.dhz.hr

### 1. UVOD

U radu su prikazane prostorne i vremenske promjene sušnih razdoblja u Hrvatskoj. Opažena maksimalna trajanja tih razdoblja, s dnevnom količinom oborine manjom od 1 mm, pripadaju skupu indeksa oborinskih ekstrema koje je definirala Zajednička radna grupa za utvrđivanje klimatskih promjena Komisije za klimatologiju Svjetske meteorološke organizacije (WMO-CCL) i Istraživačkog programa o klimatskoj varijabilnosti i prediktabilnosti (CLIVAR) (ETCCDI, Peterson i sur. 2001). Na području Hrvatske, Cindrić i sur. (2010) su analizirali prostorno vremenske karakteristike sušnih razdoblja u razdoblju 1961.–2000. Međutim, evidentno je da je prva dekada 21. stoljeća bila dekada ekstremnih događaja u Europi, uključujući i suše (WMO, 2013). Stoga je cilj ovoga rada istražiti vremenske trendove sljedova sušnih dana u posljednjem 50-godišnjem razdoblju (1961.–2010.).

### 2. PODACI I METODE

Vremenske promjene sušnih razdoblja u Hrvatskoj prikazane su pomoću godišnjeg i sezonskog trenda njihovih maksimalnih trajanja. Sušno razdoblje je definirano kao uzastopni slijed dana s dnevnom količinom oborine manjom od određenog praga: 1 mm i 10 mm. Te kategorije će u ovom tekstu biti označene s CDD1 i CDD10 za sušna razdoblja (od engl. *consecutive dry days*). Razdoblja koja počinju u jednoj sezoni, a nastavljaju se u drugu, pridružena su onoj sezoni u kojoj su započela. Analiza je provedena za 137 meteoroloških postaja u Hrvatskoj. Trend je procijenjen metodom linearne regresije, a neparametarski Mann-Kendallov test (Gilbert, 1987) primijenjen je za procjenu statističke značajnosti trendova na 95 % razini značajnosti. Trend je izražen kao odstupanje po dekadi u odnosu na srednjak iz klimatološkog razdoblja 1961.–1990. (%/10god).

### 3. REZULTATI I ZAKLJUČNE NAPOMENE

Prema rezultatima trenda (slika 1) najizraženije su promjene sušnih razdoblja u jesenskim mjesecima (SON) kada je u cijeloj Hrvatskoj uočen statistički značajan negativan trend. To smanjenje se kreće od -14 %/10god do -1 %/10god za kategoriju CDD1 odnosno od -11 %/10god do 5 %/10god za CDD10. U ostalim sezonama je trend sušnih razdoblja za obje kategorije slabije izražen od jesenskog. Ipak, uočava se produljenje sušnih razdoblja u proljeće (MAM) na sjevernom Jadranu (od 7 %/10god do 12 %/10god), dok se ljeti takva tendencija uočava i duž južne jadranske obale dosežući vrijednosti do 24 %/10god. Ljeti se uočava statistički značajan trend sušnih razdoblja prve kategorije (CDD1) i u istočnoj Slavoniji (od 4 %/10god do 7 %/10god). Zimi nema značajnog prostornog trenda, ali se uočava tendencija povećanja CDD1 u cijeloj Hrvatskoj, osim u Gorskom kotaru i Lici gdje prevladava negativan trend, te smanjenje CDD10 u kontinentalnom dijelu Hrvatske. Godišnje duljine sušnih razdoblja prve kategorije (CDD1) pokazuju tendenciju smanjenja u južnom dijelu kontinentalne Hrvatske i na sjevernom Jadranu, te statistički značajan porast na južnom Jadranu. S druge strane, sušna razdoblja kategorije CDD10 imaju tendenciju povećanja duž Jadrana i u gorju, a smanjenja u unutrašnjosti, osobito u istočnoj Slavoniji. Takav predznak trenda CDD10 može se povezati s uočenim porastom vrlo vlažnih dana (R95) u unutrašnjosti odnosno smanjenjem u gorju i na Jadranu (Gajić-Čapka i sur. 2013).

### 4. LITERATURA

Cindrić K., Z. Pasarić and M. Gajić-Čapka, 2010: Spatial and temporal analysis of dry spells in Croatia. *Theoretical and Applied Climatology*, **102**, 171–184.

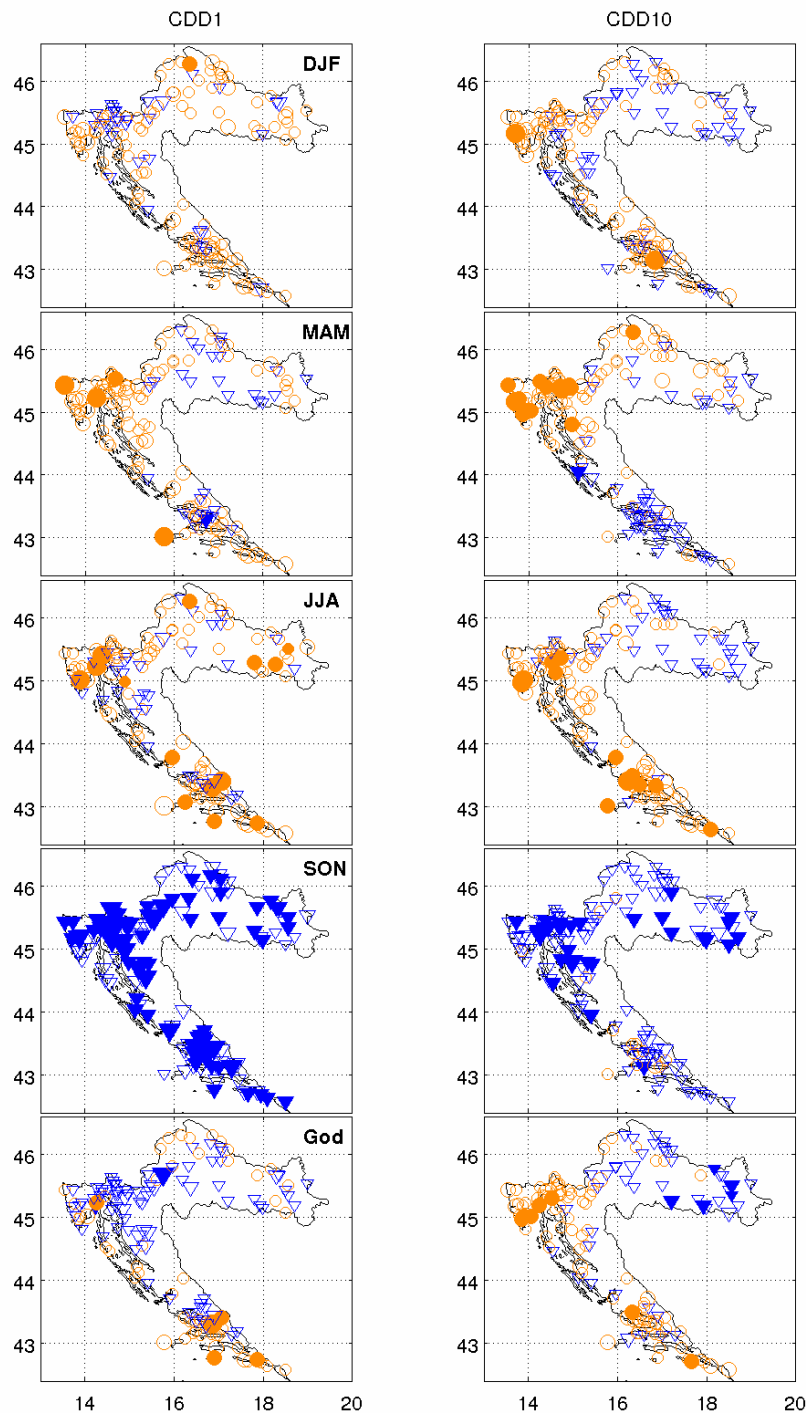
Gajić-Čapka M., K. Cindrić and Z. Pasarić, 2013: Trends in indices of precipitation extremes in Croatia, 1961–2010. *Theoretical and Applied Climatology*, (prihvaćeno)

Gilbert, R.O., 1987: Statistical methods for environmental pollution monitoring. John Wiley & Sons, Inc., New York.



Peterson, T.C., C. Folland, G. Gruza, W. Hogg, A. Mokssit and N. Plummer, 2001: Report on the activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs 1998–2001. *World Meteorological Organization Rep. WMO-TD No 1071, WCDMP-No 47*, Geneva, Switzerland.

WMO, 2013: The global climate 2001–2010: a decade of climate extremes, *Summary repor.*, WMO-No 1119.



Slika 1. Dekadni trendovi (%/10god) maksimalnih sušnih razdoblja za kategorije 1 mm i 10 mm (CDD1, CDD10), po sezonama i za godinu u razdoblju 1961.–2010. Krugovi označavaju pozitivan trend, trokuti negativan, a popunjeni znakovi označavaju statistički značajan trend. Četiri veličine znakova su proporcionalne relativnim vrijednostima promjena na desetljeće u odnosu na odgovarajući srednjak iz razdoblja 1961.–1990: <5 %, 5–10 %, 10–30 % i >30 %.

## Evapotranspiracija i zaliha vode u tlu

Jelena Ferina

Državni hidrometeorološki zavod, Grič 3, Zagreb, jenafer@yahoo.com

### 1. UVOD

Na sve napućenijoj i zagađenoj Zemlji vrlo je važno iskoristiti svaku kap vode ne samo u poljoprivredi nego i u ostalim granama gospodarstva (opskrba vodom/vodoprivreda, vatrogastvo, turizam). Stoga je nužno procijeniti trenutno stanje, ali i buduće, kako bi se pravovremeno reagiralo i smanjilo negativne posljedice na gospodarstvo.

Evapotranspiracija je proces isparavanja vode s površine tla te s biljaka i životinja. Potrebno je razlikovati potencijalnu (PET) i stvarnu evapotranspiraciju (ET). PET je procjena najveće moguće evapotranspiracije a jednaka je količini vode koja bi mogla ispariti kada bi u tlu i biljkama bilo dovoljno vlage. ET je jednaka PET kada ima dovoljno vode za isparavanje ili manja od PET kada nema dovoljno vode.

Cilj rada je dati prostorni prikaz evapotranspiracije te ispitati je li je došlo do njenih promjena posljednjih desetljeća na području Hrvatske.

### 2. PODACI I METODE

Za računanje evapotranspiracije korišteni su podaci Državnog hidrometeorološkog zavoda i to: srednje mjesečne temperature i relativne vlažnosti zraka, te mjesečne količine oborine s meteoroloških postaja u Hrvatskoj. Za prostorni prikaz evapotranspiracije korišteni su podaci s 82 postaje u razdoblju 1981–2009., podaci s 14 postaja novijeg razdoblja 1981.–2010. su uspoređivani sa standardnim klimatološkim razdobljem 1961.–1990., a za procjenu trenda korišteni su podaci s 4 postaja s nizom od 1901.–2010.

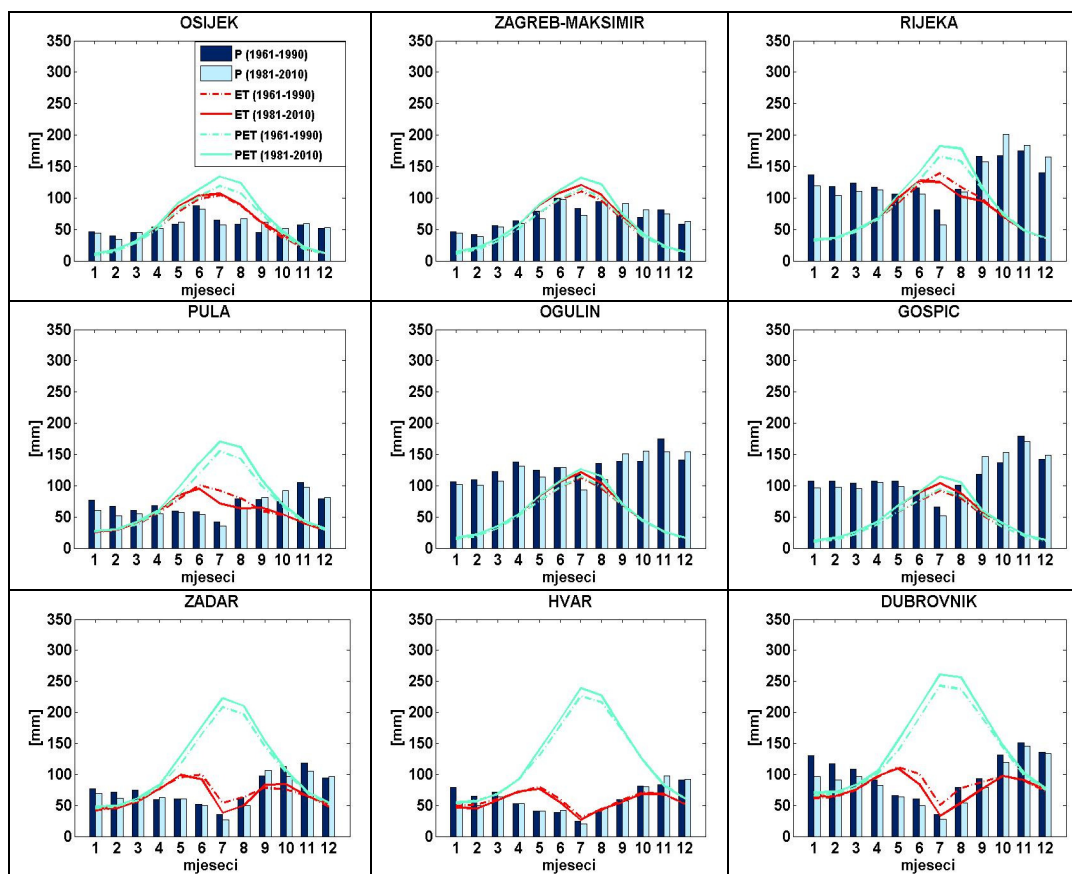
PET je računat koristeći modificiranu Egelmanovu formulu koja uz podatke o temperaturi zraka i relativnoj vlažnosti uzima u obzir i brzinu vjetra te geografski položaj postaje. ET je računat koristeći Palmerovu metodu (Palmer, 1965) koja uz podatke o PET i oborini uzima i procijenjene pedološke podatke odnosno maksimalne kapacitete tla u površinskom sloju do 20 cm i dubljem sloju do 1 m.

### 3. REZULTATI I ZAKLJUČNE NAPOMENE

PET najvećim dijelom ovisi o klimatskim elementima a ET poprilično ovisi i o geografskom položaju i geološkoj podlozi. Vrijednosti PET, te ukoliko ima dovoljno oborine i ET, najviše su u toplijem dijelu godine kada su i temperature najviše.

Prostorno gledajući na godišnjoj skali, evapotranspiracija je najviša u primorskoj Hrvatskoj, zatim u nizinskoj a najmanja u gorskoj. Analizano razdoblje 1981.–2010. ukazuje na više temperature zraka i manje količine oborine u odnosu na standardno klimatsko razdoblje 1961.–1990. što nepovoljno utječe na ET u područjima s nedovoljnom količinom oborine (primorska Hrvatska i istočna Hrvatska). Na osnovi 109-godišnjeg niza podataka s četiri postaje Osijek, Zagreb-Grič, Crikvenica i Hvar izračunat je sekularni trend koji pokazuje signifikantan porast temperature a samim time i trend porasta PET, te trend smanjenja oborine i relativne vlažnosti zraka.

Komponente vodne ravnoteže za četiri promatrane postaje u razdoblju 1901.-2010. su testirane Mann-Kendallovim rang testom. Dobiveni rezultati ukazuju na signifikantan porast godišnjih vrijednosti temperature zraka i potencijalne evapotranspiracije na promatranim postajama. Signifikantno smanjenje se zapaža kod godišnjih vrijednosti količine oborine, relativne vlažnosti zraka, otjecanje (RO) i zaliha vode u tlu (S). Primjena proračuna komponenti vodne ravnoteže moguća je i bitna u racionalnom gospodarenju s vodom, u poljoprivredi i vodnom gospodarstvu.



Slika 1. Usporedba mjesečne količine oborine, potencijalne evapotranspiracije i stvarne evapotranspiracije (mm) razdoblja 1981.–2010. sa standardnim klimatskim razdobljem 1961.–1990. za odabrane postaje u Hrvatskoj.

#### 4. LITERATURA

- Palmer, C.W., 1965: Meteorological drought. *Research paper*, **45**, U.S. Department of Commerce Weather Bureau, Washington, D.C., 58 pp.
- Pandžić K., 1985: Bilanca vode na istočnom primorju Jadrana. *Rasprave*, **20**, 21–29.
- Penzar I. i B. Penzar, 2000: Agrometeorologija. Školska knjiga, Zagreb, 83–144.
- Vučetić M. i V. Vučetić, 1994: Istraživanje evapotranspiracije u nizinskom dijelu Hrvatske. *Zbornik radova „Poljoprivreda i gospodarenje vodama“*, Bizovačke Toplice, 17–19. studenog, 477–486.
- Vučetić M. i V. Vučetić, 1996a: Evapotranspiration in the mountain area of Croatia. *Zbornik radova „24. međunarodna konferencija za alpsku meteorologiju“*, Bled, Slovenija, 9–13. rujna, 401–408.
- Vučetić, V. i M. Vučetić, 1996b: Determination of evapotranspiration in Croatia. *Biometeorology*, **14**, 141–148.
- Zaninović K. i M. Gajić-Čapka, 1999: Changes in components of the water balance in the Croatian lowlands. *Theoretical and Applied Climatology*, **65**, 111–117.



## Atmosferska cirkulacija na Jadranu u sezoni zaštite od požara raslinja

Marija Mokorić

Državni hidrometeorološki zavod, Grič 3, 10000 Zagreb, mokoric@cirus.dhz.hr

Lovro Kalin

Državni hidrometeorološki zavod, Grič 3, 10000 Zagreb, kalin@cirus.dhz.hr

### 1. UVOD

Klimatske i vremenske prilike uvelike utječu na svakodnevni život i društvene aktivnosti, pa ih je stoga važno proučavati kako bi ih se eventualno moglo predvidjeti, te izbjeći ili što je vjerojatnije ublažiti njihov nepovoljan utjecaj. To je još važnije budući da smo posljednjih godina, a može se reći i desetljeća, svjedoci sve učestalijih ekstremnih vremenskih pojava i prilika. Primjerice, prošle i ove godine u Hrvatskoj je bilo razdoblja dugotrajne kiše koja je uz nagli porast temperature zraka i topljenje snijega uzrokovala poplave u mnogim područjima. Nasuprot tome, 2003. i 2012. je gotovo cijele godine oborine bilo manje od uobičajenog višegodišnjeg prosjeka. Suša je tih godina uzrokovala velike štete u poljoprivredi, bilo je problema u vodoopskrbi, a kao posljedica sušnih prilika znatno je povećan broj šumskih požara. Iako su u Hrvatskoj požari raslinja najčešći na Jadranu u ljetnim mjesecima, proteklih godina je primijećena njihova povećana učestalost u lipnju i rujnu, te povećani rizici nastanka požara i u ostalim dijelovima zemlje.

Budući da su vremenske, a time i klimatske prilike povezane sa sinoptičkim situacijama, odnosno strujanjima atmosfere, napravljena je njihova analiza. Analiza je rađena za ljetne mjesecima od 1981. do 2010. godine za Jadran na osnovi srednjeg mjesečnog strujanja na visini oko 5.5 km, da bi se izbjegao utjecaj orografije, te da bi se odredilo prevladavajuće strujanje.

### 2. PODACI I METODE

Analiza srednjeg mjesečnog strujanja rađena je na osnovi strujanja na AT 500 hPa (5.5 km visine) za područje Jadrana za lipanj, srpanj, kolovoz i rujnu od 1981. do 2010. godine. Za analizu su korištene srednje mjesečne visinske sinoptičke karte AT500 hPa za sjevernu hemisferu u 12 UTC Njemačke meteorološke službe (DWD) i Europskog centra za srednjoročnu prognozu vremena (ECMWF, Reading, Velika Britanija). Visinsko atmosfersko strujanje ima 7 osnovnih tipova: visinski greben, odnosno termobarički greben (G), bezgradijentno polje (Bp), prednja strana visinskog grebena (Gnw), visinska dolina (Dol), prednja strana visinske doline ili jugozapadno visinsko strujanje (SWs), zapadno visinsko strujanje (Ws) i stražnja strana visinske doline ili sjeverozapadno strujanje (NWs).

Prva tri tipa strujanja su povezana s najmanje kiše, ljeti s vrlo toplim vremenom. Nasuprot tome, visinska dolina i jugozapadno strujanje donose vrijeme s više oborine. Zapadno visinsko strujanje donosi manje količine oborine i umjerene temperature zraka, može se reći uobičajene za doba godine, dok sjeverozapadno visinsko strujanje u prosjeku donosi malo niže temperature zraka, te općenito ne previše oborine. Tipovi se tako mogu svrstati u dvije kategorije: „mokri“ (Dol, SWs, Ws) i „suhi“ (G, Bp, Gnw, NWs).

Određivanje tipova strujanja je rađeno subjektivno, odnosno manualno.

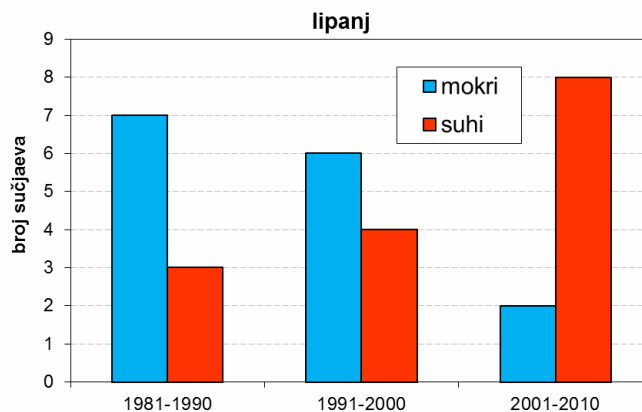
### 3. REZULTATI I ZAKLJUČNE NAPOMENE

Najčešći tipovi su zapadno visinsko strujanje (Ws) i sjeverozapadno visinsko strujanje (NWs), te bezgradijentno polje (BP) i visinski greben (G) s relativnom frekvencijom oko 25 %. Visinski greben je najčešći u srpnju i kolovozu, a vrlo je rijedak u rujnu. Učestalost visinske doline (Dol) je oko 15 %, a najčešća je u rujnu, dok jugozapadno strujanje (SWs), koje je također najčešće u rujnu, ima nešto manju relativnu frekvenciju. Ovakva raspodjela srednjeg mjesečnog strujanja je i očekivana.

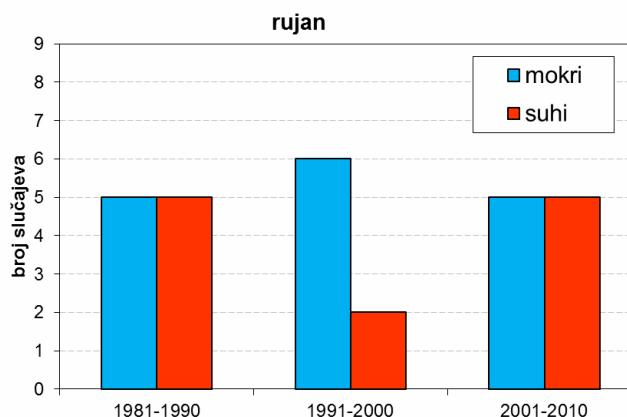
Međutim, daljnja analiza pokazuje da u navedenom tridesetogodišnjem razdoblju u srpnju i kolovozu nije primijećeno značajno odstupanje srednjeg mjesečnog visinskog strujanja, dok se u lipnju i rujnu mogu

uočiti promjene. Naime u lipnju se od 1991. pojavljuju Bp i G, te Gnw od 2001. godine, dok Ws izostaje. Rujan je zanimljiv jer se od 2000. godine ponovno pojavljuje Bp i češće NWs.

Na osnovi analize može se zaključiti da je u lipnju, a dijelom i u rujnu povećana učestalost srednjih mjesečnih strujanja koji donose manje oborine, a u toplom dijelu godine i više temperature zraka. S ovom promjenom visinske cirkulacije na Jadranu u toplom dijelu godine, osobito od 2000.-tih godina povezan je manjak oborine, odnosno dulja sušna razdoblja, te moguće i veća učestalost i žestina požara raslinja.



Slika 1. Učestalost tipova srednjeg mjesečnog strujanja (AT 500 hPa) u lipnju na Jadranu od 1981. do 2010.



Slika 2. Učestalost tipova srednjeg mjesečnog strujanja (AT 500 hPa) u rujnu na Jadranu od 1981. do 2010.

#### 4. LITERATURA

Bischoff S.A. and W.M. Vargas, 2003: The 500 and 1000 hPa weather type circulations and their relationship with some extreme climatic conditions over southern South America. *Internationa Journal of Climatology*, **23**, 541–555.

Lončar, E. i A. Bajić, 1993: Tipovi vremena u Hrvatskoj. *Hrvatski meteorološki časopis*, **29**, 31–45.

Mokorić, M., 1998: The Weather Types on Adriatic Coast of Croatia during the Season of Forest Fire Protection. *Proceedings of III International Conference on Forest Fire Research*, Coimbra-Luso, 1, 1305 -1309.

## Sezonske prognoze i potencijalna opasnost od šumskih požara

Lovro Kalin

Državni hidrometeorološki zavod, Grič 3, Zagreb, lovro.kalin@cirus.dhz.hr

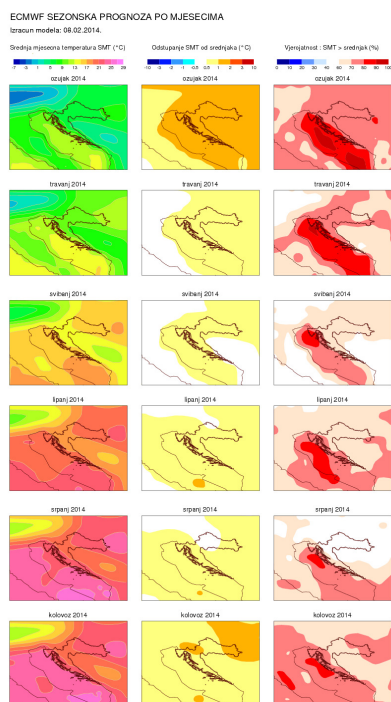
### 1. UVOD

Kod šumskih požara meteorološki su uvjeti vrlo važni. Posebno je to naglašeno u posljednja dva desetljeća, kada su, zbog klimatskih promjena, sve učestalije dugotrajne suše i ekstremno tople sezone, pogotovo ljetne. To dovodi do sve veće opasnosti za nastanak i širenje šumskih požara. Osim pojave katastrofalnih velikih požara, zamijećeno je i da su požari sve češći i na krajevima sezone (u lipnju i rujnu), kao i da nerijetko nastaju u unutrašnjosti, što dosad nije bilo uobičajeno.

Vremenska prognoza je stoga važan proizvod za sve čimbenike uključene u zaštitu od požara. Osim standardnih srednjoročnih (desetodnevni), u novije vrijeme velik je interes za dugoročnim (mjesečnim i sezonskim) prognozama. Njihova je pouzdanost zasad ograničena, no u posljednjih desetak godina, koliko su u upotrebi, ubrzano se razvijaju. Pouzdana informacija o mogućem razvoju sezone koja predstoji omogućila bi još bolje planiranje protupožarne sezone.

### 2. PODACI I METODE

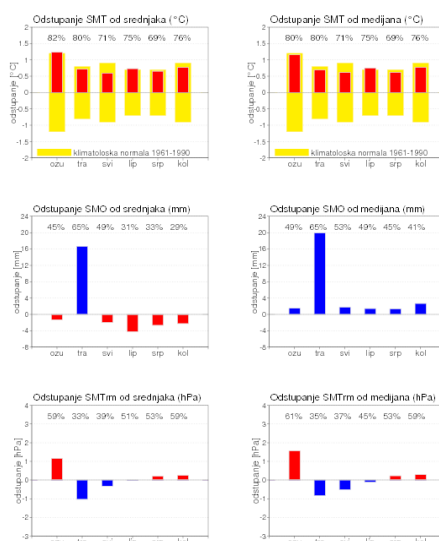
U Državnom hidrometeorološkom zavodu se redovno, jednom mjesečno, izdaje sezonska prognoza. Ona sadrži informaciju o vremenskom razvoju za sljedeća tri mjeseca, i to za dijelove Hrvatske s karakterističnim klimatskim prilikama (središnja Hrvatska, Slavonija, gorska Hrvatska, sjeverni Jadran, Dalmacija – slika 1). Važna je osobitost dugoročne prognoze da ne prognozira vrijeme za pojedine dane ili kraće intervale, nego ukupno odstupanje nekog klimatološkog elementa (npr. temperature ili oborine) u čitavom prognoziranom razdoblju, uz pripadajuću vjerojatnost ostvarivanja tog događaja. Stoga je i za krajnjeg korisnika vrlo važno da razumije način interpretiranja dugoročnih prognoza, koji se uvelike razlikuje od kratkoročnih i srednjoročnih prognoza.



ECMWF sezonska prognoza za Dalmaciju

Odstupanja prognoza od klimatologije modela po mjesecima

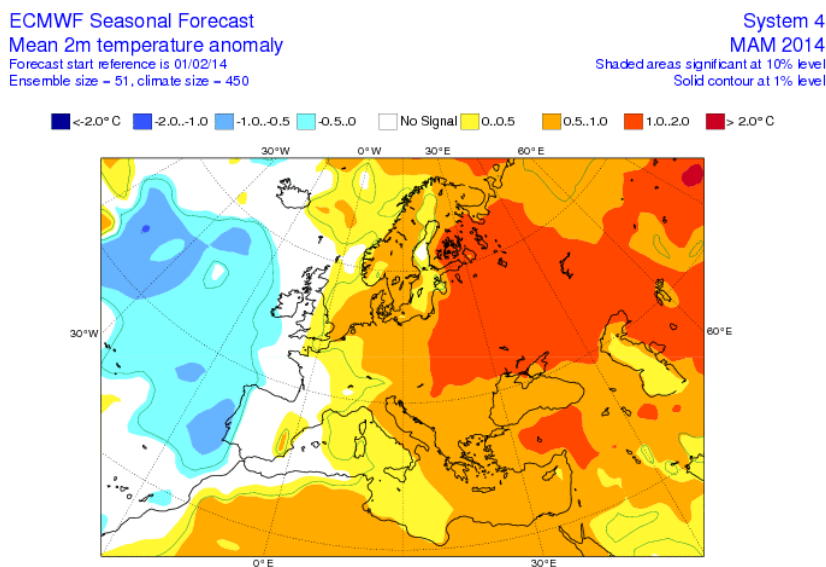
Izračun modela: 08.02.2014.



Slika 1. Primjer vizualizacije sezonske (šestomjesečne) prognoze ECMWF-a za Hrvatsku (lijevo), kao i izvod elemenata za pojedine regije, npr. Dalmaciju (desno)

Glavni izvor u dugogročnim prognozama DHMZ-a je sezonska (šestomjesečna) prognoza Europskog centra za srednjoročnu prognozu vremena (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) u Readingu u Velikoj Britaniji (slika 2). Ona sadrži prognozu odstupanja srednjaka glavnih elemenata (srednja temperatura, ukupna količina oborine i tlak) od klimatološkog prosjeka.

Dugoročne prognoze u pravilu su tzv. ansambl prognoze, po uzoru na srednjoročne ansambl prognoze koje su se u numeričkog prognozi vremena pojavile osamdesetih godina prošlog stoljeća. Tako se na početne uvjete primjenjuju neznatne promjene (perturbacije) koje vremenom rezultiraju različitim rješenjima prognostičkog modela. Korištenjem svih rješenja, bilo upotrebom srednjaka ili pak udruživanjem u grozdove (cluster), dobija se uvid u vjerojatnost ostvarivanja nekog (najizglednijeg) scenarija, ali i u mogućnost ostvarenja alternativnih scenarija.



Slika 2. Primjer sezonske (tromjesečne) prognoze ECMWF-a za ožujak, travanj i svibanj 2014. Prikazana je prognoza odstupanja srednje temperature, u odnosu na klimatološki srednjak.

### 3. REZULTATI I ZAKLJUČNE NAPOMENE

Na Zavodu se sezonske prognoze redovno verificiraju. Rezultati verifikacije u pravilu ukazuju na pojavu tzv. "slabog signala", odnosno prognozu anomalije koja je vrlo često mala u usporedbi sa stvarno izmjerenom. To se posebno odnosi na prognozu anomalije temperature, čija je varijanca čak za red veličine manja od stvarne. Osim toga, prognoze su u prosjeku hladnije od stvarnih temperatura, što u praksi znači da se ekstremno tople sezone, koje su u posljednja dva desetljeća bile česte, ne prognoziraju dovoljnim intenzitetom.

Ipak, ostvarena je stanovita vještina, a ona se očituje npr. u relativno pouzdanom prepoznavanju vjerojatnosti za pojavu iznadprosječno tople ili hladne sezone. Zbog svega se nameće potreba, umjesto korištenja srednjaka (medijana) ansambla, da se na osnovu članova ansambla računa vjerojatnost pojavljivanja nekog (ekstremnog) događaja. Prognoza oborine općenito se smatra još manje pouzdanom.

Meteorološki su uvjeti vrlo važni kod šumskih požara, posebno zbog sve češćih vrlo toplih i suhih sezona, koji pogoršavaju uvjete za nastanak i širenje požara. Zbog toga je sve veći interes za dugoročnim vremenskim prognozama, koje se redovito izdaju na Državnom hidrometeorološkom zavodu. Njihova pouzdanost postupno raste, no za krajnjeg je korisnika vrlo važno da upozna njihove karakteristike i pravilno ih tumači, što će mu omogućiti bolje planiranje protupožarne sezone.

## Gospodarenje i obnova mediteranskih šuma u problematici šumskih požara

Damir Barčić

Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, damir.barcic@zg.htnet.hr

Željko Španjol

Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, spanjol@sumfak.hr

### 1. UVOD

Razumijevanje utjecaja vatre i širenja šumskih požara zahtijeva shvaćanje prirodnih zakonitosti i strukturnih karakteristika prostora. Naime, poremećaji uzrokovani požarima mogu se sagledavati kroz vanjska obilježja (krajobraz) i unutarnja obilježja (ekološki procesi). U tom smislu intenzivne promjene javljaju se u sredozemnom području (Baker i dr., 1991; Dansereau i Bergeron, 1993; Vázquez i Moreno, 2001) gdje se vatra može smatrati i sastavnim dijelom sredozemnih šumskih ekoloških sustava (Španjol i sur., 2008). Površina šuma na cijelom Sredozemlju se smanjila, a i različiti oblici gospodarenja kroz povijest degradirali su šumske ekološke sustave (Pérez i Moreno, 1998). Danas su šume u Sredozemlju pod jakim utjecajem biotskih (čovjek) i abiotskih čimbenika (klima) što je uvjetovalo promjene u strukturi i rasprostranjenosti šuma (Leone i Lovreglio, 2004). Površina šuma pokriva 9,4 % ukupnog mediteranskog područja (M'Hirit, 1999). Požari su ovdje bitan čimbenik jer se u zadnja četiri desetljeća u sredozemnim zemljama Europske Unije broj požara značajno povećao, a smanjuje se površina klimatogene listopadne vegetacije (Calvo i sur., 1991, 1999). U tom kontekstu opravdano se pokušava različitim melioracijskim mjerama i šumsko-uzgojnim zahvatima obnoviti šumsku vegetaciju. Proces obnovne usmjereni su prema pionirskoj vegetaciji koja treba omogućiti postupnu obnovu klimatogene vegetacije listača. Stoga se kod radova na pošumljivanju najviše koriste vrste iz roda *Pinus*. Borove šume pokrivaju oko 5 % ukupne površine sredozemnog bazena, ali obuhvaćaju 25 % šumskog područja u Sredozemlju (Barbero i sur., 1999). Uloga borovih šuma je sve značajnija u ekološkom, zaštitnom smislu, te sve važnija u ekonomskom smislu radi drvnih sortimenata, celuloze, smole i drugih proizvoda od drva (Richardson i Rundel, 1998).

Cilj rada je ukazati na potrebu provođenja radova na njezi i obnovi sredozemnih šuma jer se na taj način mogu umanjiti negativne posljedice nakon šumskih požara.

### 2. PODACI I METODE

U radu su primijenjene metode analize i sinteze i metoda kompilacije.

### 3. REZULTATI I ZAKLJUČNE NAPOMENE

U tablici 1. navedena je klimatogena šumska vegetacija koja je najviše ugrožena, a obuhvaća mediteransko-litoralni i mediteransko-montanski vegetacijski pojas. U njemu su najznačajnije sljedeće šumske zajednice:

šuma hrasta crnike i crnoga jasena (*Fraxino orni-Quercetum ilicis* H-ić/1956/1958),

šuma hrasta medunca i bijeloga graba (*Quercu-Carpinetum orientalis* H-ić 1939),

šuma hrasta medunca i crnoga graba (*Ostryo-Quercetum pubescentis* Ht. 1938),

šuma crnoga bora i crnoga graba (*Ostryo-Pinetum nigrae* Trinajstić Ht. 1999),

šuma dalmatinskoga crnoga bora s resikom (*Erico manipuliflorae-Pinetum dalmaticae* Trinajstić 1986),

šuma alepskog bora i hrasta crnike (*Quercu ilici-Pinetum halepensis* Loisel 1971).

Osim klimatogene vegetacije šumski požari u Hrvatskoj su učestali u šumskim borovim kulturama (kulture alepskog bora, crnoga bora, primorskog bora, brucijskog bora i pinije). Nažalost, dosadašnja iskustva pokazala su izostanak radova na njezi i obnovi upravo u navedenim šumskim kulturama što za posljedicu ima veće štete i smanjenu prirodnu obnovu.

Tablica 1. Prirodni uvjeti za nastanak šumskih požara prema Bertoviću i Lovriću (1987).

|             | Pojasi, potpojasi i bioklimati                                                                                | Šumska vegetacija                                                                                                                                      |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| vrlo slabi  | nizinski (ravničarski)<br>dolinski                                                                            | poluvlažne i vlažne šume i šikare u različitim vegetacijskim područjima (šume hrasta lužnjaka, poljskog jasena, vrbici, topolici, jošici i dr.)        |
| slabi       | šumskostepski, brdski (kontinentski)<br>niskogorski i niži pretplaninski<br>visokogorski i viši pretplaninski | šumostepa, različite mezofilne i mezotermne šume hrastova kitnjaka, sladuna i cera; bukove i ostale bjelogorične šume i šikare                         |
| umjereni    | visokogorski i viši pretplaninski                                                                             | različite jelove, smrekove, borove (bijeli bor, munjika, molika, krivulj) ariševe i ostale crnogorične šume i šikare                                   |
| veliki      | <b>brdski (submediteranski)</b>                                                                               | <b>različite termofilne šume, šikare i šibljaci listopadnih šuma (hrastovi medunac i dub, crni grab, bjelograbić i dr.) i četinjače (borovi i dr.)</b> |
| vrlo veliki | <b>brdski (eumediteranski, stenomediteranski)</b>                                                             | <b>različite kserofilne šume, makije i garizi vazdazelenih listača (hrast crnika i dr.) i četinjače (borovi, čempresi, borovice i dr.)</b>             |

Radovi biološke obnove šuma koji se određuju šumskogospodarskim planovima, propisani su Pravilnikom o uređivanju šuma (NN 111/06) i između ostalog obuhvaćaju:

- pripremu staništa za prirodno pomlađivanje sastojina predviđenih za prirodnu obnovu, uređenje donje etaže, čišćenje tla od korova, rahljenje tla, površinsko odvodnjavanje;
- popunjavanje, njegu i čišćenje u prvom dobnom razredu jednodobnih, te prebornim i raznodobnim sastojinama, popunjavanje šuma i šumskog zemljišta šumskim reprodukcijским materijalom, njega pod zastorom stare sastojine, njega podmlatka, njega mladika, čišćenje sastojina;
- prorjeđivanje sastojina do starosti trećine određene ophodnje u njegovanim sastojinama, a u starijim ako je to prijeko potrebno radi uzgajivačkih razloga;
- rekonstrukciju i konverziju šuma panjača, makija, šikara i šibljaka, pripremni radovi, sjetva i sadnja šumskoga reprodukcijskog materijala, njega sastojina do 1/5 ophodnje;
- pošumljivanje neobraslog šumskog zemljišta i podizanje plantaža brzorastućih vrsta drveća na novim površinama, sjetva i sadnja šumskoga reprodukcijskog materijala, popunjavanje;
- pripremu staništa, njegu novopodignutih sastojina i kultura, njega sastojina do 1/5 ophodnje;
- zaštitu od štetnih organizama i požara, osmatračka protupožarna služba, izrada osmatračkih objekata, održavanje osmatračkih objekata, izrada protupožarnih prosjeka, održavanje protupožarnih prosjeka, postavljanje znakova upozorenja, orezivanje donjih grana u kulturama crnogorice, radovi na suzbijanju požara, održavanje izvora, bunara i cisterni.

Temeljne zakonitosti u obnovi sredozemnih šumskih kultura usmjeravaju radove u sljedeće dvije skupine:

1. Šumsko-uzgojni radovi na njezi kultura

- ❖ zaštita od različitih štetnika i drugih nepovoljnih ekoloških čimbenika
- ❖ obrada i gnojidba tla
- ❖ popunjavanje šumskih kultura
- ❖ čišćenje i prorjeđivanje
- ❖ primjena drugih mjera koje će povećati kvalitetu i proizvodnju šumske kulture (rezanje grana, formiranje krošanja i dr.);

2. Šumsko-uzgojni radovi na obnovi kultura.

Obnova ili pomlađivanje (prirodno ili umjetno) zrelih šumskih kultura obuhvaća zahvate koji imaju cilj zamijeniti na istoj površini staru kulturu s mladom sastojinom ili kulturom. Bitno je istaknuti da provođenje

zahvata njege istovremeno priprema kulturu za obnovu. Na taj način pripremljena šumska kultura biti će spremna za zahvate obnove jer je i stanište spremno za obnovu.

Istraživanja na obnovi šuma i šumskih staništa ukazala su na osnovne razlike između obnove listopadne i vazdazelene šumske vegetacije, te crnogorične šumske vegetacije (Calvo i sur., 2003). Ovdje se pojavljuju i mnogobrojni objektivni problemi jer je obnova šuma u mediteranskim uvjetima vrlo složen proces koji mora integrirati različite modele, metode i bioklimatske značajke (Loff i sur., 2008). Istovremeno taj proces je neophodan radi poražavajućih statističkih podataka. Prema Martínez i sur. (2009) svake godine samo u sredozemnim zemljama Europske Unije zabilježi se između trideset i šezdeset tisuća šumskih požara, a u razdoblju od posljednjih 25 godina izgorjelo je 12,3 milijuna hektara šuma i šumskog zemljišta (Schmuck i sur., 2006).

#### 4. LITERATURA

Baker, W.L., S.L. Egbert and G.F. Frazier, 1991: A spatial model for studying the effects of climatic change on the structure of landscapes subject to large disturbances. *Ecol. Modelling* **56**, 109–125.

Barbero, M., R. Loisel, P. Quezel, D.M. Richardson and F. Romane, 1999: Pines of the Mediterranean Basin. In: Richardson D.M. (ed.), *Ecology and Biogeography of Pinus*. Cambridge University Press, Cambridge, 153–171.

Bertović, S. i A.Ž. Lovrić, 1987: Vegetacija i kategorije njezine prirodne ugroženosti od požara. *Osnove zaštite šuma od požara*, CiP, Zagreb, 121–134.

Calvo, L., R. Tarrega and E. Luis, 1991: Regeneration in *Quercus pyrenaica* ecosystems after surface fires. *Int. J. Wildland Fire*, **1**, 205–210.

Calvo, L., R. Tarrega and E. Luis, 1999: Post-fire succession in two *Quercus pyrenaica* communities with different disturbance histories. *Ann. For. Sci.*, **56**, 441–447.

Calvo, L., S. Santalla, E. Marcos, L. Valbuena, R. Tarrega and E. Luis, 2003: Regeneration after wildfire in communities dominated by *Pinus pinaster*, an obligate seeder, and in others dominated by *Quercus pyrenaica*, a typical resprouter. *For. Ecol. Management*, **184**, 209–223.

Dansereau, P.R. and Y. Bergeron, 1993: Fire history in the southern boreal forest of northwestern Quebec. *Can. J. For. Res.*, **23**, 25–32.

Loff, J.F., M. Palahi, A.O. Falcao, H. Martins and J.G. Borges, 2008: Addressing sustainability concerns in Mediterranean forest ecosystem management. MEDFOREX Program, Forest Technology Centre of Catalonia, 1–9.

Leone V. and R. Lovreglio, 2004: Conservation of Mediterranean pine woodlands: scenarios and legislative tools. *Plant Ecology*, **171**: 221–235.

Martínez, J., C. Vega-García and E. Chuvieco, 2009: Human-caused wildfire risk rating for prevention planning in Spain. *Journal of Environmental Management*, **90**: 1241–1252.

M'Hirit, O. 1999: Mediterranean forests: ecological space and economic and community wealth. *Unasylva*, **197** (50/2): 3–15.

Pérez, B. and J.M. Moreno, 1998: Fire-type and forestry management effects on the early postfire vegetation dynamics of a *Pinus pinaster* woodland. *Plant Ecol.*, **134**, 27–41.

Pravilnik o uređivanju šuma (Narodne Novine 111/06)

Richardson, D.M. and P.W. Rundel, 1999: Pine ecology and biogeography – An introduction. In: Richardson D.M. (ed.), *Ecology and Biogeography of Pinus*. Cambridge University Press, Cambridge, 3–49.

Schmuck, G., J. San-Miguel-Ayanz, P. Barbosa, A. Camia, J. Kucera, G. Liberta, E. Schulte, L. Colletti, H. Martin and M. Toussaint, 2006: Forest Fires in Europe 2005. Available at: European Commission <http://effis.jrc.it/documents/2006/ForestFiresInEurope2005.pdf>.

Španjol, Ž., K. Biljaković, R. Rosavec, D. Dominko, D. Barčić i D. Starešinić, 2008: Šumski požari i fizikalni modeli. *Šumarski list*, **5-6**: 259–267.

Vázquez, A. and J.M. Moreno, 2001: Spatial distribution of forest fires in Sierra de Gredos (Central Spain). *For. Ecol. Management*, **147**: 55–65.



## Osnovna obilježja šumskog goriva kod požara

Roman Rosavec

Šumarski fakultet, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, rosavec@sumfak.hr

Željko Španjol

Šumarski fakultet, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, spanjol@sumfak.hr

Damir Barčić

Šumarski fakultet, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, damir.barcic@zg.htnet.hr

### 1. UVOD

Šumsko gorivo predstavlja sav materijal koji se nalazi iznad mineralnog dijela tla, a ono može biti živo ili odumrlo (Bilandžija, 1992). Tu se ubraja prizemni gorivi sloj, sloj otpadnog materijala, sloj posjećenog materijala, travna vegetacija, grmlje, drveće, suharci, lišće, češeri i drugo. Prema krupnoći šumsko se gorivo dijeli na fino (do 5 mm u promjeru), srednje (od 5 mm do 2 cm u promjeru) i veliko (preko 2 cm u promjeru). To se gorivo međusobno razlikuje po mogućnosti zapaljenja i brzini gorenja u određenim vremenskim uvjetima (Bilandžija, 1995), a utjecaj na razvitak i tijek požara ima prostorni horizontalni i vertikalni slijed goriva (Bilandžija i Lindić, 1993). Poznavanje obilježja šumskih goriva jedan je od najvažnijih faktora (Rosavec, 2010). U prvom redu, najznačajnija obilježja su zapaljivost i, kako ističe Dimitrakopoulos (2001), klasifikacija s obzirom na zapaljivost, te gorivost. Brzina širenja šumskog požara ovisi o količini goriva, njegovim karakteristikama i klimatskim prilikama.

Glavni cilj rada jest (I) definirati parametre temeljnih obilježja šumskog goriva kod požara, odnosno parametre zapaljivosti i gorivosti te njihovu ovisnost o meteorološkim čimbenicima i (II) ukazati na mogućnost primjene dobivenih parametara u praktičnom smislu.

### 2. PODACI I METODE

Istraživanja su provedena na otoku Rabu, na Nastavno pokusnom šumskom objektu Rab te u eksperimentalnom laboratoriju za zaštitu šuma od požara u Makarskoj koji je izgrađen u sklopu Glavne meteorološke postaje Makarska. Testiranja zapaljivosti i gorivosti obavljena su u mjesečnim intervalima u razdoblju od lipnja 2007. do lipnja 2009. godine. Istraživanja su provedena na slijedećim vrstama: hrast crnika (*Quercus ilex* L.), lemprika (*Viburnum tinus* L.), obična planika (*Arbutus unedo* L.), obična mirta (*Myrtus communis* L.), tršlja (*Pistacia lentiscus* L.), širokolisna zelenika (*Phillyrea latifolia* L.), šmrika (*Juniperus oxycedrus* L.), veliki vrijes (*Erica arborea* L.), alepski bor (*Pinus halepensis* Mill.) i primorski bor (*Pinus pinaster* Aiton). Za utvrđivanje parametara zapaljivosti i gorivosti korišten je epiradijator (elektično laboratorijsko grijalo), sukladno metodologiji koju je propisao Valette (1990). Tijekom cijelog razdoblja istraživanja meteorološki podaci sakupljeni su na glavnoj meteorološkoj postaji Makarska, odnosno meteorološkoj postaji Rab.

Dobiveni rezultati su statistički obrađeni pri čemu su korišteni softverski paketi SAS i Statistica 7.1 (Clausen, 1998; SAS Institute Inc., 1999; StatSoft, Inc., 2007) te su prikazani grafički i tabelarno.

### 3. REZULTATI I ZAKLJUČNE NAPOMENE

Od pupanja do sazrijevanja i otpadanja lišća događaju se strukturalne i fizičko-kemijske promjene lisnog tkiva. Navedeni faktori uzrokuju velik raspon zapaljivosti i gorivosti, što je naročito izraženo kod nekih vrsta (tablica 1).

Iz rezultata zapaljivosti je razvidno da su testirane vrste, koje su uglavnom predstavnici mediteranske vegetacije makije, vrlo ili ekstremno zapaljive. Tu činjenicu u svojim istraživanjima potvrđuju i mnogi autori (Chandler et al., 1983; Whelan, 1995; Dimitrakopoulos i Papaioannou, 2001).



Tablica 1. Raspon zapaljivosti i gorivosti testiranih vrsta

| Vrsta                                                    | Zapaljivost (s) |             | Gorivost (s) |             |
|----------------------------------------------------------|-----------------|-------------|--------------|-------------|
|                                                          | Makarska        | Rab         | Makarska     | Rab         |
| Alepški bor<br>( <i>Pinus halepensis</i> Mill.)          | 9.69-16.34      | 10.22-16.75 | 7.12-13.36   | 6.38-13.79  |
| Primorski bor<br>( <i>Pinus pinaster</i> Aiton)          | 14.68-23.50     | 13.44-21.59 | 10.86-16.67  | 10.46-15.95 |
| Hrast crnika<br>( <i>Quercus ilex</i> L.)                | 5.29-9.59       | 6.05-9.27   | 10.22-14.67  | 9.64-13.94  |
| Širokolisna zelenika<br>( <i>Phillyrea latifolia</i> L.) | 4.53-9.49       | 5.03-11.21  | 9.32-16.54   | 9.25-13.52  |
| Lemprika<br>( <i>Viburnum tinus</i> L.)                  | 5.94-14.00      | 9.06-18.17  | 7.17-12.66   | 5.95-12.26  |
| Obična planika<br>( <i>Arbutus unedo</i> L.)             | 10.60-15.47     | 13.13-19.02 | 7.88-13.71   | 6.06-12.69  |
| Tršlja<br>( <i>Pistacia lentiscus</i> L.)                | 11.30-17.17     | 12.03-21.32 | 7.32-11.27   | 5.33-11.54  |
| Obična mirta<br>( <i>Myrtus communis</i> L.)             | 10.00-16.44     | 10.49-17.44 | 4.51-9.23    | 8.11-14.55  |
| Veliki vrijes<br>( <i>Erica arborea</i> L.)              | 3.88-8.81       | 4.52-8.89   | 6.27-16.47   | 7.01-15.72  |
| Šmrika<br>( <i>Juniperus oxycedrus</i> L.)               | 4.48-10.91      | 4.87-12.89  | 7.62-15.35   | 5.85-14.96  |

Tablica 2. Rezultati regresijske analize zapaljivosti kao zavisne varijable

|                             | DF | SS           | MS           | F      | Pr > F  | R <sup>2</sup> | Parc.R <sup>2</sup> | Koef. Var. | RMSE    |
|-----------------------------|----|--------------|--------------|--------|---------|----------------|---------------------|------------|---------|
| model                       | 6  | 6854.06746   | 1142.34458   | 215.05 | <.0001  | 0.7235         | 0.7202              | 19.86661   | 2.30476 |
| Varijabla                   | DF | Proc. Param. | Stand. Pogr. | t      | Pr >  t |                |                     |            |         |
| Intercept                   | 1  | 2.32402      | 1.83583      | 1.27   | 0.2061  |                |                     |            |         |
| LFMC                        | 1  | 0.10285      | 0.00300      | 34.30  | <.0001  |                |                     |            |         |
| Sred. mj. vlažnost zraka    | 1  | 0.01386      | 0.02213      | 0.63   | 0.5316  |                |                     |            |         |
| Sred. mj. temperatura zraka | 1  | 1.35726      | 0.41942      | 3.24   | 0.0013  |                |                     |            |         |
| Sred. max. mj. temperatura  | 1  | -0.95952     | 0.26848      | -3.5   | 0.0004  |                |                     |            |         |
| Sred. min. mj. temperatura  | 1  | -0.42588     | 0.30193      | -1.41  | 0.1590  |                |                     |            |         |
| Sred. mj. količina oborine  | 1  | -0.00342     | 0.00223      | -1.53  | 0.1259  |                |                     |            |         |

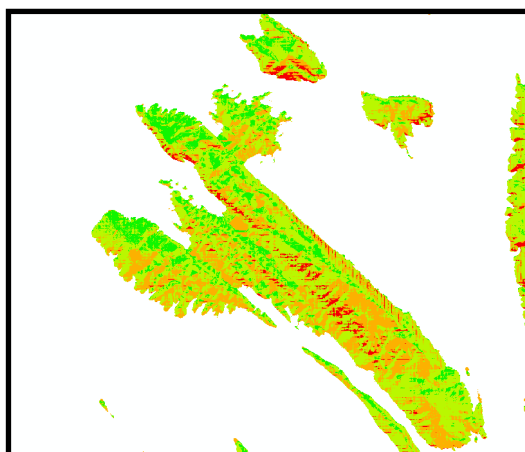
Tablica 3. Rezultati stepwise procedure regresijske analize za odgodu zapaljivosti (DI) kao zavisne varijable

| Varijabla                   | Proc. Param. | Stand. Pogr. | Tip II SS  | F       | Pr > F | Parc. R <sup>2</sup> |
|-----------------------------|--------------|--------------|------------|---------|--------|----------------------|
| Intercept                   | 3.97688      | 0.87894      | 108.74652  | 20.47   | <.0001 |                      |
| LFMC                        | 0.10246      | 0.00298      | 6294.74681 | 1194.56 | <.0001 | 0.7058               |
| Sred. mj. temperatura zraka | 0.93858      | 0.28280      | 58.50925   | 9.54    | 0.0021 | 0.0101               |
| Sred. max. mj. temperatura  | -0.93241     | 0.26037      | 68.12250   | 17.66   | <.0001 | 0.0054               |
| Sred. mj. količina oborine  | -0.00308     | 0.00211      | 11.37766   | 2.14    | 0.1440 | 0.0012               |

Tablica 4. Rezultati regresijske analize gorivosti kao zavisne varijable

|                            | DF | SS           | MS           | F     | Pr > F  | R <sup>2</sup> | Parc.R <sup>2</sup> | Koef. Var. | RMSE    |
|----------------------------|----|--------------|--------------|-------|---------|----------------|---------------------|------------|---------|
| model                      | 6  | 40.08362     | 6.68060      | 1.07  | 0.3821  | 0.0128         | 0.0008              | 23.45538   | 2.50374 |
| Varijabla                  | DF | Proc. Param. | Stand. Pogr. | t     | Pr >  t |                |                     |            |         |
| Intercept                  | 1  | 9.40378      | 1.99433      | 4.72  | <.0001  |                |                     |            |         |
| LFMC                       | 1  | -0.00547     | 0.00326      | -1.68 | 0.0935  |                |                     |            |         |
| Sred. mj. vlažnost zraka   | 1  | 0.03581      | 0.02405      | 1.49  | 0.1370  |                |                     |            |         |
| Sred. mj. temperatura      | 1  | -0.02533     | 0.45563      | -0.06 | 0.9557  |                |                     |            |         |
| Sred. max. mj. temperatura | 1  | -0.04408     | 0.29166      | -0.15 | 0.8799  |                |                     |            |         |
| Sred. min. mj. temperatura | 1  | 0.08632      | 0.32799      | 0.26  | 0.7925  |                |                     |            |         |
| Sred. mj. količina oborine | 1  | -0.00230     | 0.00243      | -0.95 | 0.3435  |                |                     |            |         |

Rezultati gorivosti nisu u značajnoj mjeri pokazali statistički značajnu ovisnost i povezanost sa korištenim meteorološkim varijablama. Za gorivost mnogi istraživači ističu značaj kemijskog sastava, kao što je voda (Trabaud, 1976; Alessio i dr. 2008a), lignin (Mackinnon, 1987), ugljikohidrati (Nimour Nour, 1997) i minerali (Mutch i Philpot, 1970). Ormeno i dr. (2009) ističu važnost terpena. To su nezasićeni ugljikovodici koji pripadaju skupini prirodnih proizvoda nastalih od sekundarnog metabolizma biljaka pohranjeni u specijalizirane strukture, kao što su žlijezde, šupljine, provodni kanali ili smolne cijevi kod četinjača.



Slika 1. Pilot model potencijalne ugroženosti od požara administrativnog područja otoka Raba

Dobiveni rezultati osiguravaju mogućnost izrade nekih neophodnih stvari u protupožarnoj aktivnosti, kao što je kartografski prikaz ugroženosti. Osim toga, dobiveni rezultati mogu poslužiti kao baza za prilagodbu različitih modela i simulatora širenja požara te izračun različitih procjena ugroženosti. Time bi se znatno pridonijelo očuvanju biološke i krajobrazne raznolikosti uz načelo održivog razvoja prirodnih ekosustava.

#### 4. LITERATURA

Alessio, G.A., J. Penuelas, M. De Lillis and J. Llusia, 2008: Implications of foliar terpene content and hydration on leaf flammability of *Quercus ilex* and *Pinus halepensis* plant. *Ecology*, **10**, 123–128.

Bilandžija, J., 1992: Prirodno opterećenje sastojina alepskog, primorskog i crnog bora šumskim gorivima. *Radovi*, **27**, br. 2, Jastrebarsko, 105–113.

Bilandžija, J., 1995: Struktura goriva, vjerojatnost pojave i razvoj požara u sastojinama primorskog i crnog bora na Biokovu. Prirodoslovna istraživanja Biokovskog područja, *Ekološke monografije*, **4**, HED, Zagreb, 293–297.

- Bilandžija, J. i V. Lindić, 1993: Utjecaj strukture šumskog goriva na vjerojatnost pojave i razvoja požara u sastojinama alepskog bora. *Radovi*, **28**, br. 1-2, Jastrebarsko, 215–224.
- Chandler, C., P. Cheney, P. Thomas, L. Trabaud and D. Williams, 1983: *Fire in Forestry*, John Wiley & Sons. Inc., Vol. I, 450 pp.
- Clausen, S.E., 1998: *Applied Correspondence Analysis: An Introduction*, Sage Publication Inc.
- Dimitrakopoulos, A.P., 2001: A statistical classification of Mediterranean species based on their flammability components. *Int. J. Wild. Fire*, **10**, 113–118.
- Dimitrakopoulos, A.P. and K.K. Papaioannou, 2001: Flammability Assessment of Mediterranean Forest Fuels. *Fire Technol.*, **37**, 143–152.
- Mackinnon, A.J., 1987: *The Effect of the Composition of Wood on its Thermal Degradation*. Strathclyde University, Glasgow (United Kingdom).
- Mutch, R.W. and C.W. Philpot, 1970: Relation of silica content to flammability in grasses. *Forest Sci.*, **16**, 64–65.
- Nimour Nour, E., 1997: *Inflammabilité de la végétation méditerranéenne*. Thesis report. Aix-Marseille University, Marseille, France.
- Ormeno, E., B. Cespedes, I.A. Sanchez, A. Velasco-Garcia, J.M. Moreno, C. Fernandez and V. Baldy, 2009: The relationship between terpenes and flammability of leaf litter. *For. Ecol. Manage.*, **257**, 471–482.
- Rosavec, R., 2010: *Odnos čimbenika klime i zapaljivosti nekih mediteranskih vrsta kod šumskih požara*. Disertacija, Šumarski fakultet Zagreb, 175 str.
- SAS Institute Inc., 1999: Cary, NC, USA: SAS Online Doc; <http://v8doc.sas.com/sashtml/> .
- StatSoft, Inc., 2007: *Electronic Statistics Textbook (Electronic Version)*: Tulsa, OK: StatSoft. WEB: <http://www.statsoft.com/textbook/stathome.html>.
- Trabaud, L., 1976: Inflammabilité et combustibilité des principales espèces des garrigues de la région méditerranéenne. *Ecologia plantarum*, **11**, 117–136.
- Whelan, R.J., 1995: *The ecology of fire*. Cambridge, Cambridge University Press, UK.

## Mogućnosti šumskog poljodjelstva (agrošumarstva) u Hrvatskoj

Željko Španjol

Šumarski fakultet Sveučilište u Zagrebu, Svetošimunska 25, Zagreb, spanjol@sumfak.hr

Damir Barčić

Šumarski fakultet Sveučilište u Zagrebu, Svetošimunska 25, Zagreb, damir.barcic@zg.htnet.hr

Roman Rosavec

Šumarski fakultet Sveučilište u Zagrebu, Svetošimunska 25, Zagreb, rrosavec@sumfak.hr

### 1. UVOD

Agrošumarstvo ili šumsko poljodjelstvo (eng. "agroforestry") obuhvaća tehnologije koje se primjenjuju u šumarstvu i poljoprivredi s ciljem stvaranja veće proizvodnosti, ekonomske opravdanosti, ekološke prihvatljivosti i održivog korištenja zemljišta. Osnovni sustavi u agrošumarstvu prema Nairu i ICRAF-u (1991) su: Agrosilvikultura (poljoprivredna kultura – ratarska + šumska kultura), Podizanje šumskih kultura i plantaža uz stočarsku namjenu i Agrosilvikultura uz stočarstvo (poljoprivredne kulture i pašnjačke površine ili osnivanje šumske kulture uz animalne vrste – stoka ili divljač).

Cilj rada je ukazati ne samo na mogućnosti koje su prikazane prema Jarvis-u (1991), već i na dosadašnju primjenu agrošumarstva u Hrvatskoj (Vukelić, 2001).

### 2. PODACI I METODE

U radu su primijenjene metode analize i sinteze i metoda kompilacije.

### 3. REZULTATI I ZAKLJUČNE NAPOMENE

Agrošumarstvo u svijetu se primjenjuje na poljoprivrednom i šumskom zemljištu; uključujući područja s narušenim stanišnim uvjetima (erodibilna područja, ekonomski slabo vrednovana devastirana i degradirana područja).

Prema Rogošiću (2000) agrošumarstvo je poseban pristup gospodarenju mediteranskim ekosustavima. U svojoj osnovi poljsko-šumsko gospodarenje povezuje biljnu (šuma i pašnjak) i životinjsku komponentu ekosustava u jednu cjelinu. Upravo je narušena ravnoteža između biljne i životinjske komponente ekosustava rezultirala degradacijom mediteranske vegetacije tijekom cijelog povijesnog razdoblja.

Agrošumarski sustavi trebali bi zadovoljavati sljedeće uvjete:

- Postojanje cilja proizvodnje: upravljanje i osiguravanje zajedničke proizvodnosti šumskih drvenastih vrsta, poljoprivrednih kultura i/ili stočarstva kao jedinstvene gospodarske cjeline.
- Intenzivnost: potrebno je upravljanje s ciljem osiguranja proizvodne i zaštitne uloge, jer sustav obuhvaća radove kao što su kultivacija, gnojidba i dr.
- Interaktivnost: ostvarivanje učinkovitog međudjelovanja poljoprivrede i šumarstva s ciljem ekonomske isplativosti uz očuvanje staništa i zaštitne uloge.
- Integriranost: podizanje šumskih i poljoprivrednih kultura i/ili moguću primjenu stočarstva što predstavlja gospodarsku cjelinu. Na taj način iskorištava se u većoj mjeri proizvodna sposobnost zemljišta, ali istovremeno postiže i ravnoteža između ekonomske opravdanosti i zaštite staništa na temeljima potrajnosti ili održivog razvoja.

Agrošumarstvo jest sustav koji uz svoje prednosti i nedostatke treba putem pokusa pokazati svoju primjenjivost u našim uvjetima s obzirom na različite oblike i podjele, ali i na različite potrebe. Bitno je istaknuti kako su neki elementi iz agrošumarstva zabilježeni kroz povijest na obalnom i priobalnom području naše zemlje. Prije svega obrada i kultiviranje zemljišta na terasama koje su korištene za podizanje višegodišnjih nasada; maslinika, vinograda, različitih voćaka i mogle su se ograničeno koristiti za stočarstvo. Vrdoljak i Topić (1990) ističu da bi sa stajališta nacionalnog gospodarstva bilo neopravdano da prostrane degradirane površine koje neće u dogledno vrijeme biti privedene šumskoj proizvodnji ostanu neiskorištene, kada je na vrijeme moguće proizvesti znatne količine mesa, mlijeka i vune.

Tablica 1. Osnovni sustavi u agrošumarstvu prema ICRAF-u (Međunarodno vijeće za agrošumarska istraživanja)

### A – AGROSILVIKULTURA

|                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Šumske plantaže                                              | zasađena šumska plantaža i zatim se prelazi na sjetvu neke od žitarica između redova drveća                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 2. Taungya                                                      | istovremeno osnivanje šumske i poljoprivredne kulture; primjerice u Argentini se na površinama od 3 do 25 ha sadi <i>Pinus elliottii</i> ili <i>Araucaria angustifolia</i> u kratkim ophodnjama s malom gustoćom sadnica (1250 sadnica/ha), uz sjetvu u prve tri godine neke od poljoprivrednih kultura (soja, duhan, kukuruz, grah); nakon treće godine koristi se površina za pašnjačko-stočarsku proizvodnju |
| 3. Međuredni usjevi                                             | šumske drvenaste vrste imaju zaštitnu ulogu, odjeljuju u redove neke poljoprivredne kulture (najčešće žitarica); koristi se na bonitetno dobrim tlima (s obzirom na fizikalno-kemijska svojstva), ali i u pogoršanim stanišnim uvjetima, na tlima koja se lako degradiraju uslijed erozije                                                                                                                      |
| 4. Mješovite kulture na manjim površinama                       | osnivaju se mješovite kulture različite gustoće na bonitetno dobrim staništima, ali u područjima s jakim antropogenim utjecajem                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 5. Višenamjenska uloga šumske kulture uz poljoprivredne kulture | brzorastuće vrste šumskih drvenastih vrsta uz kulture voćaka                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 6. Osnivanje mješovitih plantaža                                | svojestven način za tropska područja gdje se osnivaju plantaže kakaovca, kokosa, kave, agruma                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 7. Zaštitni vrtovi                                              | moguća primjena u svim ekološkim zonama, osobito u područjima veće gustoće naseljenosti, prevladavaju drvenaste vrste posebno voćke                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 8. Osnivanje kultura s ciljem zaštite tala                      | korištenje na degradiranim staništima, pjeskovitim terenima (s ciljem melioracije pijesaka); osnovane kulture su višenamjenske (npr. kulture voćaka) i podižu se s ciljem zaštite tala i očuvanja proizvodnosti                                                                                                                                                                                                 |
| 9. Vjetrozaštitni pojasevi i žive ograde                        | podižu se u područjima s jakim i učestalim vjetrovima, najčešće oko poljoprivrednih gospodarstava i plodnih polja                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 10. Proizvodnja ogrjevnog drva                                  | sastoji se od podizanja šumskih pojaseva na ili oko poljoprivrednih površina (u obzir dolaze i panjače); koristi se u svim klimatskim područjima uz veći broj vrsta koje se koriste za ogrjev (potrebna kalorična vrijednost)                                                                                                                                                                                   |

### B – PODIZANJE ŠUMSKIH KULTURA I PLANTAŽA UZ STOČARSKU NAMJENU

|                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Šumska kultura na pašnjacima     | šumska kultura se podiže sadnjom po nekom pravilnom rasporedu (shemi) ili, što je češće, nepravilnom rasporedu po površini, na taj način površina ima višenamjensku iskoristivost; šumska kultura četinjača ili listača uz stočarstvo (ili divljač ili pčelarstvo) |
| 2. Šumske kulture za krmivo         | intenzivna proizvodnja krmiva za stoku na pašnjacima (farmama) osnivanjem kultura listača                                                                                                                                                                          |
| 3. Podizanje plantaža na pašnjacima | taj način agrošumarstva primjenjuje se u jugoistočnoj Aziji gdje se ispod plantaža kokosa uzgaja stoka                                                                                                                                                             |

### C – AGROSILVIKULTURA UZ STOČARSTVO

|                                       |                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Šumsko-poljoprivredna gospodarstva | primjenjivo u većini ekoloških zona, moguće je podizanje šumske ili poljoprivredne kulture (voćaka) i ratarske kulture uz stočarstvo                                                      |
| 2. Višenamjenske živice               | primjenjivo na brežuljkastim i strmim terenima, koriste se brzorastuće vrsta grmlja i drveća s ciljem zaštite tla, a ograđene površine koriste se za stočarsku proizvodnju                |
| 3. Šumske kulture za pčelarstvo       | podižu se kulture ovisno o klimatskoj zoni (bagrema, lipe, kestena, sofore ili mješovite kulture drugih vrsta) za proizvodnju meda                                                        |
| 4. Šumske kulture višenamjenske uloge | postojanje gospodarske uloge kulture (pilansko drvo, celuloza, biomasa i dr.), zaštitne (u prvom redu zaštite i očuvanja proizvodne sposobnosti tla) i ograničena mogućnost za stočarstvo |

Autori predviđaju ponovni porast stoke na kršu. Oni isključuju intenzivna stočarenja na tradicionalnom, ekstenzivnom načinu korištenja šumskih površina (pustopašica, polunomadsko i nomadsko pašarenje i brst). Prema njima stočarstvo na području degradiranog krša moguće je stoga unaprijediti jedino na novoj, suvremenoj osnovi koju treba prvenstveno temeljiti na:

- načinu i intenzitetu korištenja šumskih površina, kojima se neće ugroziti stanje u kome se nalaze, nego će se ono i poboljšati
- povećanju proizvodnje stočne hrane na šumskim i naročito oraničnim površinama (pašnjačnim op.a.)
- poboljšanje pasminskog sastava stoke.

Takvo rješenje ove problematike moguće je jedino uz integralni pristup koji uključuje šumarsku, poljoprivrednu i veterinarsku struku.

Povećanje proizvodnje stočne hrane i poboljšavanje njenog kvaliteta na degradiranim krškim površinama moguće je, uglavnom, na slijedeće načine prema Vrdoljaku i Topiću (1990):

- melioracijom pašnjačkih terena (kamenjara) gnojenjem, dosijavanjem kvalitetnijih vrsta trave, regeneracijom travnog pokrova, zabranom paše za određeno vrijeme i uvođanjem turnusa, te čišćenjem nepoželjne vegetacije
- izborom najpovoljnijih oblika, ophodnje, te vremena i načina korištenja pojedinih tipova degradiranih šuma
- podizanjem kultura grmolikih krmnih vrsta.

Rogošić (2000) ističe da iako loše gospodarenje ovcima, a pogotovo kozama uzrokuje devastaciju mediteranskog šumskog pokrova, ipak kontrolirana ispaša može biti korisna. Koristi mogu biti ekološkog, šumsko-uzgojnog i ekonomskog karaktera. Posebno se to odnosi na smanjenje šumske biomase na tlu čime se ubrzava razgradnja i smanjuje opasnost od požara. O ulozi ispaše stoke (ovce, koze i goveda) u prevenciji od šumskih požara mnogo je istraživano u mediteranskim zemljama.

Šimpraga i dr. (2005) ističu da krško područje Hrvatske predstavlja izvanrednu prirodnu osnovu za razvoj ekološkog stočarstva u Hrvatskoj. Prvi dio tog osnova čine krški pašnjaci koji desetljećima nisu dovoljno iskorištavani i nisu zagađeni agrokemikalijama, što je jedan od osnovnih preduvjeta ekološke proizvodnje. Drugi dio tog osnova čine domaće pasmine ovaca i koza koje već stoljećima nastanjuju ova područja i izvanredno su im prilagođena.



Foto: R. Burdon

Slika 1. Primjena agrošumarstva - šumska kultura na pašnjacima

U posljednjih desetak godina država je zakonski omogućila prenamjenu šumskog zemljišta i to krajnje degradacijskih stadija šuma na mediteranskom kršu (pašnjaci, garig, šikara) u trajne nasade voća (maslina, vinova loza, badem, smokva i dr.). Iako to možemo pozdraviti s određenog ekonomskog, socijalnog i opće društvenog aspekta, šumarska struka nije najbolje prihvatila ovaj model razvoja poljoprivrede na kršu (voćarstva) prvenstveno zbog trajnog gubitka šumskog obraslog zemljišta dok su stotine tisuća hektara zapuštenog i neiskorištenog poljoprivrednog zemljišta (uglavnom privatnog vlasništva) na obalnom dijelu i napose na otocima prepušteni prirodnoj sukcesiji šumske vegetacije (alepski bor, autohtone listače).



Također se pokazalo nekoliko godina nakon podizanja trajnih nasada posebice na većim površinama od nekoliko desetina hektara u komadu, da se problem javio u brzom gubitku hranjiva zbog debelog sloja (20-50 cm) izdrobljenog i usitnjenog kamenog supstrata. Isto tako na površinama koje su bile većeg nagiba, nakon skidanja šumske vegetacije, usitnjavanja gornjeg sloja tla i kamena te sadnje malih sadnica vinove loze ili maslina koje nisu mogle povezati tlo, pojavili su se erozijski procesi, ispiranje gornjeg sloja, jaruženje a na pojedinim lokacijama i klizanje tla.

Rješenje je svakako u jednom sustavnijem pristupu ovakvim projektima gdje puno više informacija i uputa mora dati agronomska i šumarska znanost i praksa.



Foto: D. Barčić

Slika 2. Masline, vinova loza i smokva na terasama u okolici Šibenika (predjel Stari gaj)

Drugi primjeri vezani su za krška polja (npr. Čepić polje, Sinjsko polje). U njima je potrebno koristiti vjetrozaštitne pojaseve s ciljem zaštite plodnih polja (Tomašević, 1996). Njihova je uloga mehanička i biološka. U prvom redu ublažavaju udare i brzinu vjetra, osobito bure koja često zna biti i olujne jačine te na taj način ublažavaju eolsku eroziju. Smanjuju opasnost od mehaničkih oštećenja i pozitivno utječu na temperaturu i relativnu vlažnost zraka što osobito dolazi do izražaja kod pojave kasnih proljetnih mrazeva. Izvrstan primjer za suzbijanje erozijskih procesa putem bioloških i tehničkih melioracijskih radova je pokusna ploha Klačine u blizini Sinja (Topić, 1982). Fitomelioracijama, tj. sadnjom i sjetvom šumskih drvnatih vrsta uz sadnju voćaka na terasama i ispod konturnih rovova postignuti su značajni rezultati u osiguravanju plodnosti tla i proizvodne sposobnosti staništa. Uz navedeno, u Hrvatskoj se može navesti primjer šumskih plantaža i intenzivnih kultura četinjača. Na prostoru krša nije ih mnogo podizano, ali izdvojen je primjer u Lici (predjeli Medak i Žitnik) gdje je u razdoblju od 1964. do 1968. godine podignuto 1217,14 ha plantaža i intenzivnih kultura četinjača (Vukelić, 2001). U plantažama su do 4. godine uzgajane poljoprivredne međukulture s ciljem meliorativnog utjecaja na tlo. Sađen je obični bor (*P. silvestris*) – 40 % i američki borovac (*P. strobus*) 60 %. Sadnice su bile starosti 4 godine (2+2) s minimalnom visinom od 40 cm. Kao poljoprivredna međukultura u plodoredu je sađena raž prve godine, zob druge godine, djetelina i travne smjese 3. i 4. godine. Ophodnja šumskih vrsta drveća bila je predviđena na 25 godina, a poljoprivredne međukulture samo u prve četiri godine. Na istom predjelu osnovane su i intenzivne kulture četinjača s razmakom sadnje 2,5 x 2,5 m (1.600 sadnica/ha) i 2 x 2 m (2.500 sadnica/ha) slijedećim vrstama: *Pseudotsuga menziesii* (obična duglazija), *Larix decidua* (europski ariš), *Pinus strobus* (američki borovac), *Pinus silvestris* (obični bor) i *Picea abies* (obična smreka).

Mogućnosti agrošumarstva u Hrvatskoj mogu se sažeti iz Tablice 1. i podjele osnovnih sustava.

Za naše uvjete potrebno je utvrditi prednosti i nedostatke izabranog sustava (oblika) putem pokusa na manjim površinama. Na taj način jasnim planiranjem radova i određivanjem cilja moguće je ispravno procijeniti gospodarski učinak (agrosilvikultura ili podizanje monokulture) uz uvažavanje zaštitne uloge. Stoga i Stevani (1988) navodi kako koristi, ali i štete sustava mogu biti mnogostruke ukoliko se ne razradi (putem studija) ekološki i socijalni učinak te na taj način zaključi o vrijednosti primjene i mogućnosti konkurencije s drugim sustavima u kvalitativnom i kvantitativnom pogledu.

Prema Lauriću i dr. (2002) za Hrvatske uvjete poljoprivreda i šumarstvo mogu značajnije pozitivno utjecati na gospodarski razvoj, ali istovremeno i temeljiti taj razvoj na načelima održivog razvoja ili potrajnog gospodarenja. Danas je takav pristup potreban, osobito na području kontinentalnog i mediteranskog krša Hrvatske uz ispunjavanje ekološke, socijalne i gospodarske uloge.

Tablica 2. Izdvojeni sustavi za primjenu agrošumarstva u Hrvatskoj

### A – AGROSILVIKULTURA

|                                          |                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9. Vjetrozaštitni pojasevi i žive ograde | podižu se u područjima s jakim i učestalim vjetrom, najčešće oko poljoprivrednih gospodarstava i plodnih polja                                                                                                                |
| 10. Proizvodnja ogrjevnog drva           | sastoji se od podizanja šumskih pojaseva na ili oko poljoprivrednih površina (u obzir dolaze i panjače); koristi se u svim klimatskim područjima uz veći broj vrsta koje se koriste za ogrjev (potrebna kalorična vrijednost) |

### B – PODIZANJE ŠUMSKIH KULTURA I PLANTAŽA UZ STOČARSKU NAMJENU

|                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Šumska kultura na pašnjacima | šumska kultura se podiže sadnjom po nekom pravilnom rasporedu (shemi) ili, što je češće, nepravilnom rasporedu po površini, na taj način površina ima višenamjensku iskoristivost; šumska kultura četinjača ili listača uz stočarstvo (ili divljač ili pčelarstvo) |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### C – AGROSILVIKULTURA UZ STOČARSTVO

|                                       |                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Šumsko-poljoprivredna gospodarstva | primjenjivo u većini ekoloških zona, moguće je podizanje šumske ili poljoprivredne kulture (voćaka) i ratarske kulture uz stočarstvo                                                      |
| 3. Šumske kulture za pčelarstvo       | podižu se kulture ovisno o klimatskoj zoni (bagrema, lipe, kestena, sofore ili mješovite kulture drugih vrsta) za proizvodnju meda                                                        |
| 4. Šumske kulture višenamjenske uloge | postojanje gospodarske uloge kulture (pilansko drvo, celuloza, biomasa i dr.), zaštitne (u prvom redu zaštite i očuvanja proizvodne sposobnosti tla) i ograničena mogućnost za stočarstvo |



Foto: D. Barčić

Slika 3. Osnivanje trajnih nasada ili prenamjena šumskog u poljoprivredno zemljište je učestala pojava (na slici makarsko primorje)

U Uredbi Vijeća Europske Unije (2005) o potpori ruralnom razvoju od strane Europskog poljoprivrednog fonda za ruralni razvoj (EPFRR) definiraju se mjere usmjerene održivom korištenju šumskog zemljišta kroz sedam oblika potpore između kojih je i uspostava poljoprivredno šumarskih sustava (agroforestry) na poljoprivrednom zemljištu.

## 4. LITERATURA

Jarvis, P.J., 1991: *Forest Ecology and Management*. **45**, Elsevier, Amsterdam, 1–3.

Laurić, V., Ž. Španjol i D. Barčić, 2002: Integracija šumarske i poljoprivredne proizvodnje – iskustva Argentine i Hrvatske. *Ekoinženjerstvo* (knjiga sažetaka), Plitvička jezera.



Nair, P.K.R., 1991: State of the art of agroforestry systems. *Forest Ecology and Management*, **45**. Elsevier, Amsterdam, 5–29.

Official Journal of the European Union Council Regulation (EC) No. 1698/2005 of 20. September 2005-On support for rural development by the European Agricultural Fund for Rural Development (EAFRD).

Rogošić, J., 2000: Gospodarenje mediteranskim prirodnim resursima. Školska naklada, Mostar, 351 str.

Stevani, R., 1988: Las necesidades de la organización y coordinación de la edición Agro-forestal en Argentina. (Potreba organizacije i koordinacije Agro-šumarskih tema u Argentini), **2**; 784–785.

Šimpraga, M. i dr., 2005: Mogućnosti ekološkog stočarstva na krškim područjima Hrvatske. *Hrvatski krš i gospodarski razvoj*, Centar za krš, Zagreb, 91–101.

Tomašević, A., 1996: Vjetrozaštita Sinjskog polja. *Šumarski list*, br. **1–2**, CXX, Zagreb, 19–34.

Topić, V., 1982: Efekti biološko-tehničkih melioracijskih mjera na pokusnoj plohi Klačine. *Šumarski list*, br. **1–3**, CVI, Zagreb, 11–19.

Vrdoljak, Ž. i V. Topić, 1990: Korištenje degradiranih šumskih površina na kršu za potrebe stočarstva. *Šumarski list*, br. **1–2**, CXIV, Zagreb, 71–85.

Vukelić, M., 2001: Osvrt na intenzivne kulture crnogorice u Lici. *Šumarski list*, br. **3–4**, CXXV, Zagreb, 185–196.