

# Analiza meteoroloških uvjeta tijekom šumskih požara na poluotoku Pelješcu u srpnju 2015.

## *Weather condition analysis during wildfires on the Pelješac Peninsula in July 2015*

Branimir Omazić, mag. phys–geophys.  
dr. sc. Višnja Vučetić

---

### SAŽETAK

U ovom radu analizirana je vremenska situacija za vrijeme dvaju šumskih požara na poluotoku Pelješcu. Požari su namjerno izazvani u noći s 20. na 21. srpanj 2015. Cilj je rada proučiti vremensku situaciju koja je, uz ljudski čimbenik, dovela do početka požara. Analizirani meteorološki podaci s najbliže glavne meteorološke postaje Ploče pokazali su da je srpanj 2015. bio najtopliji mjesec u razdoblju 1981.–2014. U srpnju je bilo 30 vrućih dana što je dvostruko više od prosjeka. Izostanak oborina i ekstremno topao srpanj pridonijeli su dolasku najgoreg mogućeg požara - požara krošnji. Produkti modela ALADIN za vrijeme šumskog požara su pokazali malo sniženi tlak zraka nad južnim Jadranom, a topao zrak se protezao sve do 1 km u vis. Vrijeme je bilo pretežno vedro, na sam dan izbijanja požara izmjerena je u Kuni i apsolutna vrijednost temperature 38.8 °C, a i idućih se dana maksimalna temperatura nije spuštala ispod 30°C na Pelješcu. Relativna vlažnost zraka tijekom dana najčešće je iznosila oko 40%. U noći kada su požari podmetnuti vjetar je bio slab. Indeks meteorološke opasnosti od šumskog požara *FWI* tijekom svih dana požara bio je vrlo velik, ali to je i očekivano za vrijeme sezone požara. Dugotrajno suho i vrlo vruće vrijeme koje je prethodilo šumskim požarima te vrlo strmi teren poluotoka Pelješca su pogodovali vrlo brzom širenju požara, otežavali gašenje požara što je ugrozilo ljudske živote i stambene objekte.

Ključne riječi: vruće i sušno razdoblje, kanadska metoda opasnosti od šumski požar

## Summary

*This paper analyses the weather conditions during two forest fires that were intentionally set on the Pelješac Peninsula on the night of 20/21 July 2015. The aim of this study was to examine the weather conditions that led, with the help of the human factor, to the start of a wildfire. The data from nearest weather station at Ploče showed that July 2015 was the warmest month in the period 1981–2014. In July 2015, there were 30 hot days, which is twice the average. The lack of precipitation and extremely hot weather in July caused the worst possible forest fire – a crown fire. During the forest fire, the ALADIN weather model showed that slightly lower air pressure prevailed in the southern Adriatic, with warm air up to 1 km in height. The weather was mostly sunny, and on the day the wildfire started, the air temperature at 2 m height reached 38.8°C and the relative humidity was around 40% during the day. Over the following days, the air temperature on the Pelješac Peninsula was always over 30°C. On the first night of the wildfire, the wind was weak. The Canadian forest fire weather index (FWI) showed a high risk of wildfire until 26 July 2015, though this is normal for the time of year. Extremely hot and dry weather conditions in the days before fire, and the very steep and inaccessible terrain hampered fire-fighting efforts, which endangered human lives and residential buildings.*

*Keywords: hot and dry spell, Canadian method of Fire Weather Index*

## UVOD

### Introduction

Šume i šumska zemljišta zauzimaju 2,49 milijuna hektara ili 44% kopnenog dijela Hrvatske. Prema podacima Državne uprave za zaštitu i spašavanje, u posljednjih 10 godina nastalo je 10 039 požara raslinja u kojima je spaljeno 77 073 ha šuma i šumskog zemljišta (<http://www.duzs.hr/page.aspx?PageID=515>). Samo u 2015. godini buknuo je 1888 požara u kojima je spaljeno 13496 ha šuma i šumskog zemljišta. Požarima se, osim šuma, u opasnost dovode i životinjska staništa, poljoprivredne kulture, naselja, ljudski životi te se stvara velika materijalna šteta. Zbog svega toga od velike nam je važnosti osvijestiti ljudima moguće posljedice neopreznog rukovanja vatrom. Ali kada se požar raslinja dogodi, od velike nam je važnosti predvidjeti ponašanje požara. Prvenstveno se tu misli na smjer i brzinu širenja vatre, a tu veliku ulogu imaju klimatske značajke i vremenski uvjeti na određenom području.

Vatrogasne službe trebaju znati kada moraju biti u stadiju pojačane pripravnosti, odnosno kada je opasnost od požara veća nego uobičajeno. Za to je potrebno dobro poznavanje vremenske situacije koja može dovesti do požara. Stoga već godinama meteorolozi proučavaju vremenske uvjete koji su prevladavali tijekom nekih od naših

velikih šumskih požara poput onih na otocima Korčuli 1985. godine (Vučetić, 1987), Hvaru 1990. godine (Vučetić, 1992) te Braču 2011. godine (Mifka, 2011). Pokazalo se da je od velike važnosti i vertikalna struktura atmosfere te su prvi puta primijenjeni prognostički produkti mezoskopskog modela ALADIN/LACE za analizu visinskih profila vjetera, temperature zraka i stabilnosti zraka tijekom velikih požara raslinja na Hvaru 1997. godine i Pelješcu 1998. godine (Vučetić i Vučetić, 1999). Najveće zanimanje javnosti za vremensku situaciju za vrijeme požara bilo je nakon kornatske tragedije u kolovozu 2007. godine, kada se tražio odgovor na pitanje što je uzrok požara raslinja i može li se na vrijeme upozoriti vatrogasnu službu te takve tragedije na vrijeme spriječiti. Tada je vrlo detaljno analizirana vremenska situacija (Vučetić i sur., 2007) u kojoj se ustanovilo da je izvanredno ponašanje požara usko vezano s niskom mlaznom strujom (maksimum brzine vjetera u donjoj troposferi veći od 12 m/s, Blackadar, 1957; Bonner, 1968) ispod stabilnog sloja temperaturne inverzije koja se javila uoči prolaza hladne fronte nad tim područjem. U ovom radu analizirat će se meteorološki uvjeti za vrijeme šumskih požara na područjima Trstenika i Ponikvi na poluotoku Pelješcu, koji su se dogodili u srpnju 2015.

Borovu šumu i ostalo raslinje zahvatio je najgori oblik požara tzv. požar krošnji (slika 1), a nakon požara Hrvatske šume su provele sanaciju terena (slika 2), ali ne i



Slika 1. Fotografije za vrijeme šumskog požara pokraj Trstenika na poluotoku Pelješcu (Izvor: <http://www.jabuka.tv/veliki-pozar-na-peljescu-evakuiran-trstenik/> (lijevo) i snimio Pero Poljanić 21. srpnja 2015. <http://www.portaloko.hr/clanak/peljesac-odsjecen-od-kopna-novi-pozar-kraj-stona-vjetar-puse-ovo-moze-samo-na-gore/0/76145/> (desno)).

*Figure 1. Photos during the wildfire near Trstenik on the Pelješac Peninsula (Source: <http://www.jabuka.tv/veliki-pozar-na-peljescu-evakuiran-trstenik/> (left) and taken by Pero Poljanić on 21. July 2015. <http://www.portaloko.hr/clanak/peljesac-odsjecen-od-kopna-novi-pozar-kraj-stona-vjetar-puse-ovo-moze-samo-na-gore/0/76145/> (right)).*

svi privatni vlasnici šuma. U požarima je spaljeno oko 2400 hektara borove šume, makije i niskog raslinja (HVZ, 2015) što je oko petina ukupne spaljene površine u 2015. godini. Kada su počeli pelješki požari, na otoku Korčuli je već trajao požar raslinja. To je svakako utjecalo na gašenje požara na Pelješcu zbog nedostatka vatrogasnih snaga. Na sreću, trud i pravovremena intervencija vatrogasaca spriječili su još veću katastrofu i obranili obližnje kuće i ljudske živote, ali u požaru je izgorio jedan poslovni objekt. Cilj rada je istražiti prizemne i visinske vremenske uvjete, koji su uz ljudski čimbenik (požari su namjerno izazvani), dovela do rasplamsavanja vatre i širenje požara, te vidjeti jesu li vremenske značajke koje su bile prisutne i u ostalim analiziranim požarima na hrvatskom priobalju prisutne i kod ovih požara.

### MATERIJALI I METODE – *Materials and methods*

Za vremensku analizu dvaju šumskih požara kod Trstenika i Ponikava na poluotoku Pelješcu, koji su buknuili u noći sa 20. na 21. srpnja 2015., korišteni su podaci glavne meteorološke postaje Ploče i klimatoloških postaja Kuna i Ston na Pelješcu od 20. do 26. srpnja 2015. Za analizu vremenskih situacija tijekom tih požara promatrane su: temperatura zraka na visinama 5 cm i 2 m iznad tla, koli-



Slika 2. Spaljena borova šuma pokraj Trsteniku (snimio Pero Poljanić 25. srpnja 2015. <http://www.portaloko.hr/clanak/i-dalje-plamti-ali-situacija-na-peljescu-veceras-je-bila-stabilnija/0/76235/>, lijevo) i sanacija terena nakon požara (Izvor: snimio Marko Vučetić, 13. ožujka 2016., privatna zbirka).

*Figure 2. Photo of burned pine forest near Trstenik (photo: Pero Poljanić, 25 July, 2015, <http://www.portaloko.hr/clanak/i-dalje-plamti-ali-situacija-na-peljescu-veceras-je-bila-stabilnija/0/76235/>, left) and recovery of terrain after fire (photo: Marko Vučetić, 13. March 2016, private collection).*

čina oborine, prizemni tlak zraka, relativna vlažnost zraka te smjer i brzina/jačina vjetra na sve tri postaje. Na postaji Ploče mjerenja se obavljaju svaki sat, osim za brzinu i smjer vjetra gdje postoje 10-minutni podaci. Na postajama Kuna i Ston mjerenja se obavljaju u tri termina 7, 14, 21 h po srednjoeuropskom vremenu (SEV). Također se raspolože s minimalnim temperaturama zraka izmjerenim u 7 SEV i maksimalnim izmjerenim u 21 SEV. Za postaju Ploče za razdoblje 1981.–2014. promatrane su i srednje mjesečne temperature zraka, apsolutne maksimalne i minimalne temperature, temperature tla na dubinama 2, 5, 10 i 20 cm, srednje mjesečne količine oborine, te maksimalne dnevne količine oborine, srednji broj toplih i vrućih dana i dana s toplim noćima. Svi ovi podaci pomogli su u klimatološkoj analizi srpnja 2015., kao i same situacije u mjesecima koji su prethodili požaru.

Pomoću kanadske metode indeksa meteorološke opasnosti od požara (*Canadian Forest Fire Weather Index System*, CFFWIS) ili skraćeno *Fire Weather Index* (FWI) (Van Wagner i Pickett, 1985) procijenjena je potencijalna opasnost od šumskih požara za Ploče, Kuna i Ston u vrijeme peljeških požara. Ulazni podaci su temperatura i relativna vlažnost zraka, te brzine vjetra koji su izmjereni u 14 SEV, kao i količine oborine izmjerene u 7 SEV. U Državnom hidrometeorološkom zavodu ta se metoda primjenjuje od 1981. za jadransko područje, a od 2013. za cijelu Hrvatsku. Primjenom numeričkog modela ALADIN/HR analizirana su prizemna polja temperature zraka te brzine i smjera vjetra kao i vertikalna struktura atmosfere s horizontalnom razlučivosti od 8 km i 2 km svaka tri sata.

### Opis šumskih požara - *Description of forest fires*

## REZULTATI

### Results

Šumski požar na području Trstenika na poluotoku Pelešcu izbio je 20. srpnja 2015. oko 22:30 h po ljetnom ukažnom vremenu (odnosno u 21:30 SEV; HVZ, 2015). Požar je gašen sa zemlje i iz zraka, a prvi dan bilo je mobilizirano 63 vatrogasaca i 27 vozila. Samo nekoliko sati kasnije, 21. srpnja 2015. oko 2:30 h (1:30 SEV), buknuo je novi požar kod Ponikava. Požarom je taj dan bilo zahvaćeno više od 100 ha borove šume, makije i niskog raslinja. Vatrogasne snage po potrebi su premještane s požara kod Trstenika na požar kod Ponikava. Gašenje požara uvelike je otežao nepristupačan teren. Požar kod Trstenika stavljen je pod nadzor vatrogasaca 22. srpnja 2015. U gašenju požara sudjelovala su ukupno 193 vatrogasaca i 40 vatrogasnih vo-





Slika 3. Prikaz spaljenog područja na poluotoku Pelješcu u srpnju 2015., (izvor: HVZ, 2015).

Figure 3. Burned area of the Pelješac Peninsula in July 2015 (Source: HVZ, 2015).

zila. Najteža je situacija bila kod mjesta Ponikve gdje su vatrogasci branili i kuće. Dana 24. srpnja 2015. ponovno je aktiviran požar kod mjesta Trstenik, i to na nepristupačnom i vrlo strmom terenu. Tog dana požar kod mjesta Ponikve i dalje se aktivno gasio. Idućeg dana stanje na požarištu kod mjesta Trstenik bilo je nepovoljno, vatrogasci su sanirali rub požara. Istog dana požar kod Ponikve stavljen je pod nadzor vatrogasaca. Od 26. srpnja 2015. stanje na oba požarišta sve je povoljnije pa se i vatrogasne snage reduciraju. Požar kod mjesta Trstenik ugašen je 11. kolovoza u 21:00 h, a požar kod mjesta Ponikve ugašen je 17. kolovoza u 7:00 h. Kod mjesta Trstenik spaljeno je više od 800 ha borove šume, makije i niskog raslinja, poljoprivrednih kultura (vinogradi, maslinici), kao i nekoliko gospodarskih objekata. Kod mjesta Ponikve spaljeno je 1400 ha borove šume, makije i niskog raslinja te poljoprivrednih kultura.

### **Meteorološka analiza opasnosti od šumskog požara - Meteorological risk analysis of forest fires**

Najbliža glavna meteorološka postaja poluotoku Pelješcu je u Pločama, a na samom poluotoku se nalaze klimatološke postaje Kuna i Ston. Indeksi opasnosti od požara tijekom trajanja peljeških požara pokazuju vrlo veliku opasnost (tablica 1). To je bilo i za očekivati jer je srpanj 2015. bio izrazito topao, a vrlo malo kiše je palo u Stonu i Kuni 23., odnosno 24. srpnja 2015. *FWI* u danima izbijanja požara bio je vrlo visok, posebice u prva tri dana.

Tome su najviše pridonosili niska relativna vlažnost i visoka temperatura zraka. Također, u sve dane trajanja požara, indeks ukupnog goriva *BUI* je imao vrijednosti iznad 120 što govori da je mrtvi gorivi materijal bio dovoljno suh da prihvati vatru koja se dalje vrlo brzo širila.

Indeks početnog širenja vatre *ISI* na dan izbijanja požara je bio veći od 18, u Pločama i Stonu veći i od 25. To govori da je početna brzina širenja požara bila vrlo velika. Došlo je do najgoreg mogućeg oblika šumskog požara, požara krošnji kojeg nije bilo moguće staviti pod kontrolu. Analizom ovih indeksa može se zaključiti da su postojali vrlo povoljni uvjeti za nastanak šumskog požara jer je, osim finog gorivog materijala, i srednje krupno i krupno gorivo bilo vrlo suho. Razlog tomu su bile iznadprosječno visoka temperature zraka za cijeli srpanj 2015. (i veće od 35 °C za vrijeme požara) i bezoborinsko razdoblje koje je trajalo od 26. lipnja do 23. srpnja 2015. što će biti prikazano u sljedećim poglavljima. U takvim uvjetima vatra je zahvatila i srednje krupno i krupno gorivo pa je požar bilo vrlo teško ugasiti. Na dan izbijanja požara visok je bio i indeks početnog širenja vatre, kao što je već napomenuto, što ukazuje na vrlo brzo rasplamsavanje i širenje požara.

Tablica 1. Indeks meteorološke opasnosti od požara *FWI* za postaje Ploče, Kuna i Ston za 14 SEV u razdoblju 20.–26. srpnja 2015. *T* je temperatura zraka na visini 2 m iznad tla (°C), *RV* relativna vlažnost zraka (%), *v* brzina vjetra (m/s), a *P* količina oborine (mm) u 12 UTC. *FFMC* je pokazatelj vlažnosti finog goriva, *DMC* pokazatelj vlažnosti srednje krupnog goriva, *DC* pokazatelj vlažnosti krupnog goriva, *ISI* indeks početnog širenja vatre i *BUI* indeks ukupnog goriva.

Table 1. Fire Weather Index (*FWI*) for Ploče, Kuna and Ston at 14 SEV in the period 20–26 July 2015. Legend: *T* - air temperature 2 m above the ground (°C), *RV* - relative air humidity (%), *v* - wind speed (m/s), *P* - amount of precipitation (mm) at 12 UTC, *FFMC* - Fine Fuel Moisture Code, *DMC* - Duff Moisture Code, *DC* - Drought Code, *ISI* - Initial Spread Index, *BUI* - Buildup Index.

Datum	Meteorološke veličine				Indeksi opasnosti od požara						Opasnost
	T (°C)	RV (%)	v (m/s)	P (mm)	FFMC	DMC	DC	ISI	BUI	FWI	
Ploče											
20.7.	34,7	35	4	0,0	94,2	162,7	385,3	25,9	162,6	68,0	Vrlo velika
21.7.	37,5	31	3	0,0	94,3	168,9	395,8	17,0	168,8	53,1	Vrlo velika
22.7.	36,3	31	3	0,0	94,3	175,0	406,0	17,2	174,8	53,7	Vrlo velika
23.7.	35,0	40	2	0,0	93,4	180,1	416,0	10,6	179,9	39,7	Vrlo velika
24.7.	34,5	33	2	0,0	93,5	185,7	425,9	10,7	185,5	40,1	Vrlo velika
25.7.	32,0	49	2	0,0	91,4	189,6	435,4	8,0	189,4	33,3	Vrlo velika

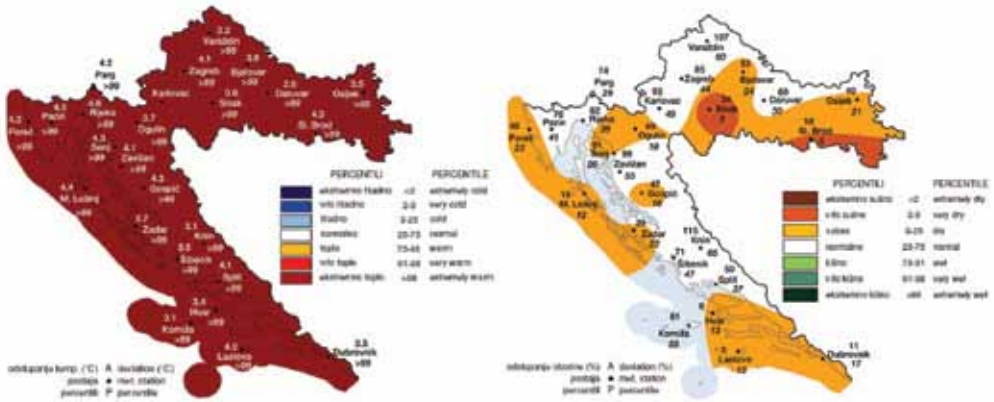
26.7.	32,0	54	3	0,0	90,4	193,2	444,9	9,9	193,0	38,3	Vrlo velika
Kuna											
20.7.	37,4	27	3	0,0	94,7	139,5	464,4	18,1	159,3	54,4	Vrlo velika
21.7.	36,7	36	2	0,0	94,4	145,1	474,8	12,1	164,5	42,5	Vrlo velika
22.7.	34,7	41	1	0,0	93,3	150,1	484,7	7,9	169,2	32,3	Vrlo velika
23.7.	32,6	70	5	0,0	87,7	152,5	494,3	16,6	172,2	52,4	Vrlo velika
24.7.	32,0	46	2	2,4	84,9	114,0	503,7	3,2	145,6	16,3	Velika
25.7.	28,9	30	2	0,0	91,7	119,0	512,6	8,4	150,6	32,7	Vrlo velika
26.7.	30,8	37	1	0,0	91,8	123,7	521,9	6,4	155,3	27,5	Velika
Ston											
20.7.	37,4	30	4	0,0	94,1	153,1	543,8	25,4	179,7	68,5	Vrlo velika
21.7.	37,2	34	4	0,0	94,1	159,0	554,2	25,6	185,2	69,1	Vrlo velika
22.7.	35,1	39	4	0,0	93,5	164,2	564,3	23,6	190,1	66,0	Vrlo velika
23.7.	31,8	44	4	5,2	85,0	87,0	549,8	7,0	124,7	27,3	Velika
24.7.	32,1	31	4	0,0	92,6	92,4	559,3	20,7	130,8	55,9	Vrlo velika
25.7.	31,4	55	4	0,0	90,2	95,8	568,7	14,6	134,9	45,5	Vrlo velika
26.7.	33,2	46	4	0,0	90,3	100,2	578,4	14,9	139,8	46,6	Vrlo velika

### Klimatska ocjena srpnja 2015. - *Climatological estimation of July 2015*

Kako bi se utvrdilo koliko su vremenske prilike u srpnju 2015. odstupale od višegodišnjeg prosjeka 1961.–1990., s mrežne stranice DHMZ-a (<http://meteo.hr>) je preuzeta klimatska ocjena temperature zraka i količine oborine za taj mjesec (slika 5). Na području cijele Hrvatske je vladalo ekstremno toplo vrijeme, a na području Pelješca bilo je i sušno. No, i u lipnju 2015. je bilo također ekstremno toplo u južnoj Hrvatskoj što je pogodovalo kasnijem nastanku velikih požara.

Za najbližu glavnu meteorološku postaju poluotoku Pelješcu, Ploče, uspoređene su srednje ( $t_{\text{sred}}$ ) i maksimalne ( $t_{\text{maks}}$ ) temperature zraka, broj toplih i vrućih dana kada je maksimalna dnevna temperatura zraka veća od 25°C odnosno 30°C, broj dana s toplim noćima kada je dnevna minimalna temperatura zraka veća od 20°C, temperatura tla na dubini od 10 cm kao i količina oborine za srpanj 2015. s višegodišnjim prosjekom srpnja u razdoblju 1981.–2014. (tablica 2). U srpnju 2015. srednja mjesečna temperatura zraka iznosila je 28,0 °C što je za 2,4 °C veće od višegodišnje vrijednosti. U cijelom promatranom 34-godišnjem razdoblju nije zabilježena tako visoka sred-





Slika 4. Mjesečna odstupanja temperature zraka (lijevo) i količine oborine (desno) za srpanj 2015. od višegodišnjeg prosjeka (Izvor: [http://klima.hr/ocjene\\_arhiva.php](http://klima.hr/ocjene_arhiva.php)).

Figure 4. Monthly anomalies of air temperature (left) and precipitation (right) in July 2015 compared with the multi-annual average (source: [http://klima.hr/ocjene\\_arhiva.php](http://klima.hr/ocjene_arhiva.php)).

nja mjesečna temperatura u srpnju. Još jedan dobar pokazatelj koliko je srpanj 2015. bio ekstremno topao jest i broj vrućih dana kojih je bilo 30 (samo 1. srpnja 2015. nije bio vrući dan). To je gotovo dvostruko više od prosjeka (6,6 dana) pa se do kraja mjeseca maksimalna dnevna temperatura zraka nije spuštala ispod 32 °C. Međutim, u danima koji su prethodili požaru i u prvih nekoliko dana požara, tj. u razdoblju 16.–23. srpnja 2015., maksimalna dnevna temperatura zraka je bila veća od 35 °C. U srpnju 2015. je bilo 25 toplih noći, u kojima minimalna temperatura zraka nije pala ispod 20 °C.

Srednja mjesečna temperatura tla u srpnju 2015. bila je na svim dubinama veća za 1,5–2,0°C od višegodišnjeg prosjeka 1999.–2014. Najveće odstupanje zabilježeno je na dubini od 10 cm gdje je temperatura iznosila 30,9 °C što je za 2,0 °C veće od srednje višegodišnje temperature. Navedene temperature tla u srpnju 2015. nisu ujedno bile i najviše srednje temperature tla u Pločama jer su u srpnju 2012. bile veće za nekoliko desetinki °C. No, vrlo su visoke i pogodovale su nastanku šumskih požara na Pelješcu.

Srednja mjesečna količina oborine u srpnju iznosi 28 mm, a u srpnju 2015. kiša je izostala. Bezoborinski srpanj dogodio se još 1986. i 2000. godine u promatranom razdoblju. Tome da je požar zahvatio i krupno gorivo svakako je pridonio i suh kraj lipnja 2015.

Tablica 2. Vrijednosti meteoroloških elementa za Ploče u srpnju 2015. i višegodišnji prosjek za srpanj 1981.–2014. osim za temperature tla u razdoblju 1999.–2014.

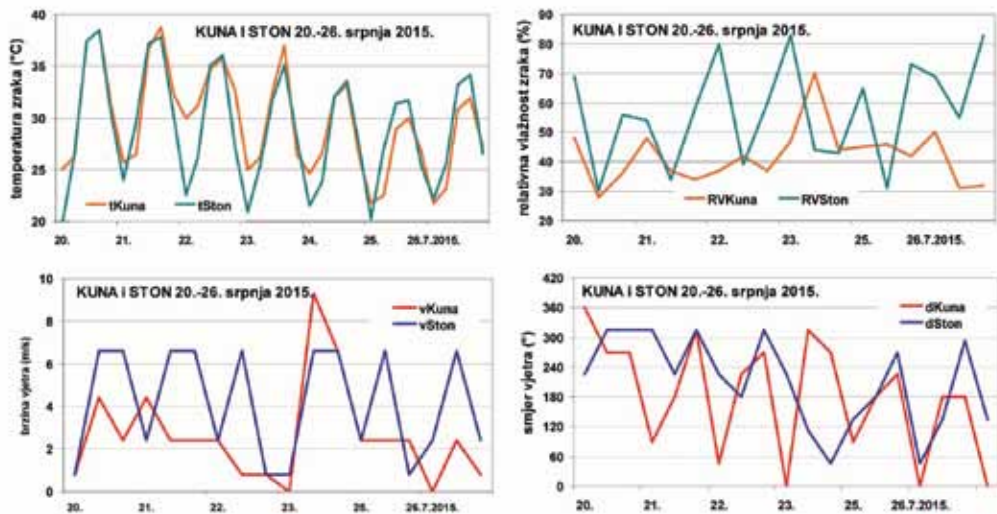
Table 2. Weather elements at the Ploče station and the multi-annual average for July 1981–2014, except soil temperature which is shown for the period 1999–2014.

Ploče		srpanj 2015.	srpanj 1981.–2014.
Temperatura zraka (°C)	$t_{\text{sred}}$	28,0	25,6
	$t_{\text{maks}}$	37,5 (21,7.)	38,8 (2007.)
Broj dana	Topli dani	31	30,1
	Vrući dani	30	16,6
	Dani s toplim noćima	25	17,4
Temperatura tla (°C)	$t_{\text{tlo } 2 \text{ cm}}$	32,0	30,3
	$t_{\text{tlo } 5 \text{ cm}}$	31,0	29,4
	$t_{\text{tlo } 10 \text{ cm}}$	30,9	28,9
	$t_{\text{tlo } 20 \text{ cm}}$	29,9	28,0
	$t_{\text{tlo } 30 \text{ cm}}$	29,0	27,3
Oborina	$P_{\text{sred}}$	0,0	28,0

Svi analizirani meteorološki podaci ukazuju na to da su na pelješkom području u srpnju 2015. vladali vrlo nepovoljni vremenski uvjeti. Vrlo vruće i sušno vrijeme je isušilo, ne samo fini gorivi materijal (npr. borove iglice na tlu), već i mrtvo srednje krupno te krupno gorivo (grane i debla na tlu kao i panjeve) što je pogodovalo nastanku i vrlo brzom širenju požara raslinja.

### Prizemna prostorna i vremenska mezoanaliza - *Surface spatial and time mezoanalysis*

Za analizu dnevnih hodova temperature, relativne vlažnosti zraka i brzine/jačine i smjera vjetra korišteni su podaci glavne meteorološke postaje Ploče i klimatoloških postaja Kuna i Ston. Na slici 5. prikazane su dnevne minimalne i maksimalne temperature zraka kao i temperatura zraka u 7, 14 i 21 SEV za Kunu i Ston, te relativna vlažnost zraka za vrijeme trajanja požara. Na dan izbijanja prvog požara kraj Trstenika 20. srpnja 2015., maksimalna dnevna temperatura zraka u Kuni i Stonu je iznosila 38,5 °C. To je ujedno bila i najviša izmjerena temperatura u Stonu u 2015., a u Kuni je dosegla 38,8 °C sljedećeg dana što je i apsolutni maksimum na toj postaji. Mjerenja temperature zraka najbliža trenutku izbijanja šumskog požara kraj Trstenika u 21 SEV pokazuju da se ona tada nije spustila ispod 30°C na obje promatrane postaje. Taj dan relativna vlažnost zraka u 14 SEV iznosila je 30% na obje postaje. Međutim, u Kuni koja je smještena na sredini poluotoka



Slika 5. Dnevni hodovi temperature zraka (lijevo gore), relativne vlažnosti zraka (gore desno), brzine vjetra (m/s) proračunate iz opažanja jačine vjetra u Bf (dolje lijevo) i smjera vjetra (dolje desno) za Kunu i Ston u razdoblju 20.–26. srpnja 2015.

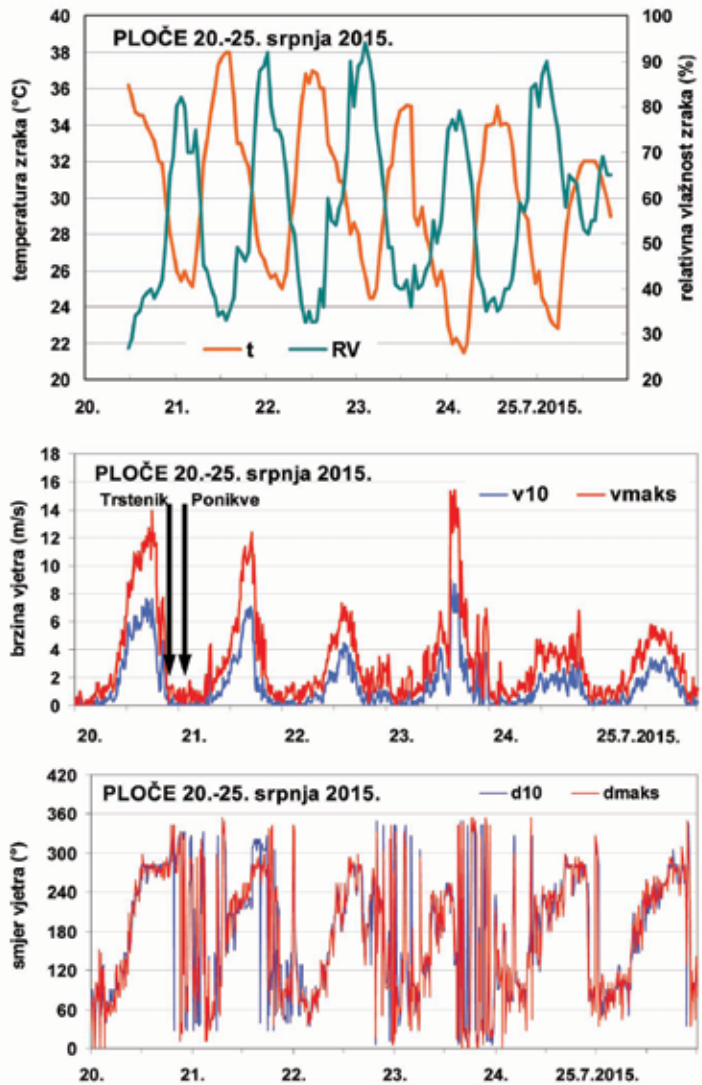
Fig. 5. Daily cycles of air temperature (top left), relative air humidity (top right), wind speed (m/s) calculated from observed wind strength in Bf (lower left) and wind direction (lower right) for Kuna and Ston in the period 20–26 July 2015.

Pelješca do izražaja je došao veći utjecaj kopna, a u Stonu mora jer se postaja nalazi uz samu obalu. Stoga je tijekom prva dva dana požara u Kuni dnevni hod relativne vlažnosti bio poremećen jer je i noću relativna vlažnost bila niska oko 40 % dok je istovremeno u Stonu bila oko 80%. Tijekom noći 22. srpnja 2015. temperatura zraka se u Kuni nije spuštala ispod 30°C. Takve noći se nazivaju tropske noći i prvi puta je zabilježena u Kuni od kada postoje mjerenja od 1981. Dana 24. srpnja 2015. maksimalna se dnevna temperatura spustila ispod 35 °C na obje postaje. Ova analiza ukazuje na izvanredne vremenske prilike koje su vladale u prvim danima požara.

Za usporedbu, prikazani su i dnevni hodovi temperature i relativne vlažnosti zraka u Pločama (slika 6) dobiveni iz satnih vrijednosti temperature i relativne vlažnosti zraka. U prva tri dana požara je povećanje dnevnih temperatura zraka i maksimum od 38.0 °C dostiže 21. srpnja 2015. kao i u Stonu. Nakon toga postoji smanjenje maksimalne dnevne temperature zraka baš kao i na Pelješcu. Najniža relativna vlažnost zraka od 27% je zabilježena 20. srpnja 2015. u 12 SEV. Maksimalne dnevne vrijednosti relativne vlažnosti zraka svaki dan, osim 24. srpnja 2015. prelazile su 80% u noćnim satima, te imaju očekivani dnevni hod.

Slika 6. Dnevni hodovi temperature (narančasta crta) i relativne vlažnosti zraka (zeleno crta) srednje 10-minutne brzine vjetra (plava crta) i maksimalni udari vjetra (crvena crta) i smjera vjetra za Ploče u razdoblju 20.–25. srpnja 2015.

Figure 6. Daily cycles of air temperature (orange line) and relative air humidity (green line), 10-minute mean wind speed (blue line) and maximal wind gusts (red line) and wind direction for Ploče for the period 20–25 July 2015.



Za razumijevanje širenja požara od velike nam je važnosti promatrati brzinu i smjer vjetra. U Kuni i Stonu raspolaže se samo s opažanjima jačine vjetra prema Beaufortovoj ljestvici i smjera vjetra pomoću vjetrovke u tri termina na dan. Stoga je jačina vjetra iz Bf pretvorena u brzinu vjetra u m/s (slika 5). Svaki dan u popodnevnim i večernjim satima u Stonu se primjećuje puhanje umjereno jakog vjetra od 4 Bf što odgovara srednjoj brzini vjetra od 6,6 m/s. U terminu mjerenja neposredno prije požara i prvog dana u večernjem terminu također je opažena jednaka jačina vjetra. Ostale dane u 7 SEV i 21 SEV jačina vjetra u Stonu nije prelazila 2 Bf odnosno 3 m/s. Za razliku od Sto-

na, opažanja u Kuni pokazuju da je samo 23. srpnja 2015. zapuhao umjereno jak vjetar od 5 Bf odnosno 9,4 m/s u 14 SEV i 4 Bf u 21 SEV. U ostalim terminima vjetar je bio slab ili je bila tišina. U popodnevним satima vjetar uglavnom ima NW komponentu što je poznati vjetar s mora maestral u sklopu obalne cirkulacije.

Za glavnu meteorološku postaju Ploče analizirani su dnevni hodovi srednje 10-minutne brzine vjetra i maksimalnih udara vjetra kao i njima pripadajući smjerovi u vrijeme trajanja šumskih požara na Pelješcu (slika 6). Primjećuje se uobičajeni dnevni hod brzine vjetra, maksimalna brzina sredinom dana, a minimalna noću, zbog izražene dnevne faze obalne cirkulacije. Takav hod je zadržan u sve dane požara. Kako su oba požara započela noću 20. odnosno 21. srpnja 2015., i brzina vjetra je bila najmanja u to vrijeme. Međutim, širenje požara danju je potpomognuo i maestral čija je srednja 10-minutna brzina bila do 7,1 m/s, a udari vjetra i do 12,8 m/s prvog dana požara. Dana 23. srpnja 2015. maestral je pojačao i dosegao 9,1 m/s kada je zabilježen i najveći udar vjetra od 15,4 m/s u promatranoj situaciji. U večernjim satima je N-NE vjetar puhao s kopna na more poznat kao kopnenjak. Trećeg dana požara i noćni vjetar je stvarao velike probleme prilikom gašenja požara prema izjavama vatrogasaca jer je pojačao i prešao u burin. Dakle, smjer vjetra se je mijenjao tijekom dana sve dane požara, ali kao što je pokazano u popodnevним satima, puhao je NW smjera odnosno maestral kada je dosegao i najveće brzine.

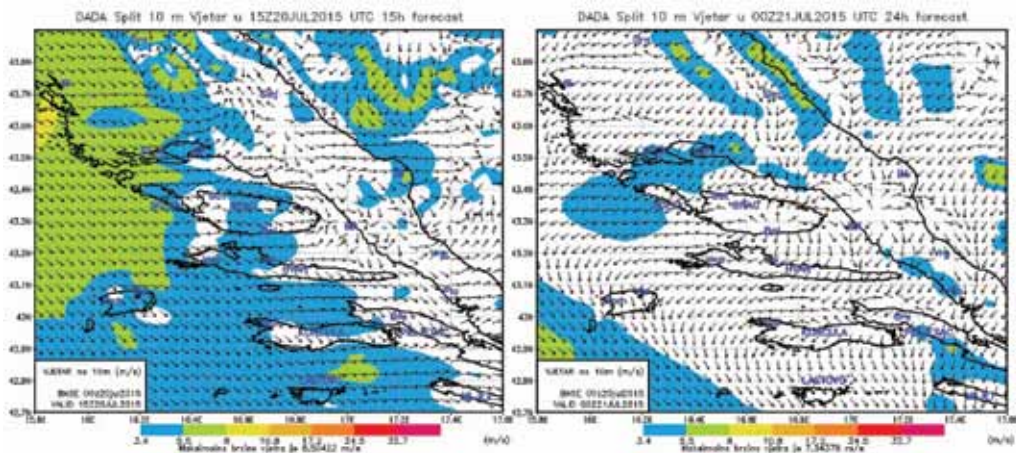
### **Analiza produkata numeričkog modela ALADIN/HR - *Analysis of products from numerical ALADIN/HR model***

Horizontalna razlučivost modela ALADIN/HR za prizemna polja tlaka, temperature i relativne vlažnosti zraka je 8 km nad Hrvatskom i brzine te smjera vjetra, 2 km nad srednjim Jadranom svaka tri sata. Najbliži termin početku prvog požara za simulirana polja je 20. srpnja 2015. u 21 UTC, a za drugi požar 21. srpnja 2015. u 0 UTC. UTC je koordinirano svjetsko vrijeme koje određuje prema nul-tom meridijanu koji prolazi kroz Greenwich u Engleskoj). Kod nas je SEV = UTC + 1 h.









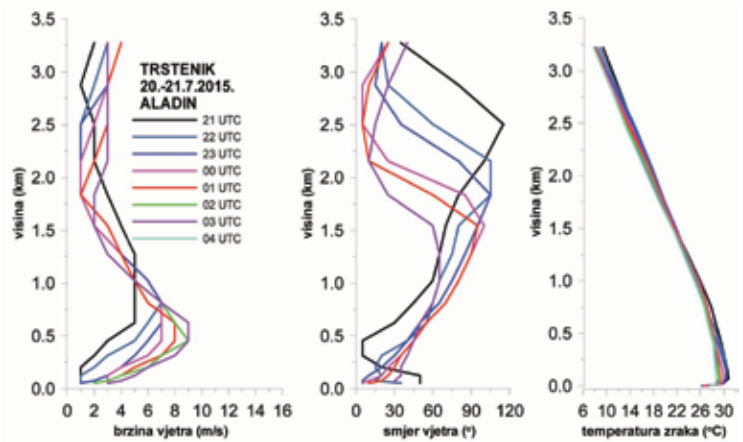
Slika 8. Prizemno polje brzine i smjera vjeta nad srednjim Jadranom za 20. srpnja 2015. u 15 UTC (lijevo) i za 21. srpnja 2015. u 0 UTC (desno) dobiveno modelom ALADIN/HR.

Figure 8. Surface field of wind speed and direction above the mid-Adriatic for 20 July 2015 at 15 UTC (left) and 21 July 2015 at 0 UTC (right) produced by the model ALADIN/HR.

To pokazuje da je toplinski val zahvatio velik dio Hrvatske što je uzrokovalo vrlo povoljne uvjete za nastanak požara raslinja.

Prizemno polje vjeta pokazuje slabo NW strujanje zraka na otvorenom moru južnog Jadrana i vrlo slabo W strujanje uz obalu u popodnevним satima (slika 8). Na južnoj strani Pelješca vjeter je okrenuo na SW, a na sjevernoj strani je prevladavao NW. U sklopu obalne cirkulacije noću je puhao slab NE vjeter s kopna prema moru koji je mogao lokalno pojačati zbog strmog terena ili kanaliziranog učinka u usjecima.

Primjenom modela ALADIN/HR simulirani su vertikalni profili brzine i smjera vjeta te temperature zraka svaki sat na početku požara od 21 UTC 20. srpnja 2015. do u 4 UTC 21. srpnja 2015. (slika 9). Iako je brzina vjeta na oko 500 m tijekom noći postupno rasla od 4 m/s na 9 m/s, nije se pojavila niska mlazna struja brzina jer donji kriterij od 12 m/s nije bio zadovoljen. U večernjim satima u prvih 300 m visine zrak je bio vruć, a do 1 km topao. Jedino se u prizemlju tijekom noći pojavila temperaturna inverzija, tj. temperatura zraka je bila oko 26°C, a danju model ALADIN je davao gotovo neutralno stratificiranu atmosferu (slika nije prikazana). Takva vertikalna struktura atmosfere pogodovala je brzom dizanju (konveciji) toplog zraka, koje je bilo još potpomognuto vrlo strmim terenom i ubrzalo je širenje požara.



Slika 9. Vertikalni profili brzine vjetra (lijevo), smjera vjetra (sredina) i temperature zraka (desno) za Trstenik za 20.–21. srpnja 2015. od 21 do 4 UTC dobivenih modelom ALADIN/HR.

Figure 9. Vertical profiles of wind speed (left), wind direction (middle) and air temperature (right) for Trstenik in the period 10–21 July 2015 from 21 to 4 UTC according to the ALADIN/HR model.

## ZAKLJUČAK

### Conclusion

U noći 20. na 21. srpanj 2015. na poluotoku Pelješcu namjerno su izazvana dva požara raslinja u kojima je spaljeno oko 2400 ha borove šume, makije i niskog raslinja. Cilj je bio utvrditi vremenske prilike koje su dovelo do brzog širenja ovih požara. Srpanj 2015. je bio najtopliji mjesec prema podacima najbliže glavne meteorološke postaje Ploče u razdoblju 1981.–2014. Srednja mjesečna temperatura zraka je iznosila 28,0°C što je za 2,4°C više od prosjeka u promatranom razdoblju. U srpnju 2015. zabilježeno je 30 vrućih dana, odnosno dana s maksimalnom dnevnom temperaturom zraka većom ili jednakom 30 °C. Od 12. srpnja 2015. do kraja mjeseca maksimalna dnevna temperatura zraka nije se spuštala ispod 32°C. Također srednje mjesečne temperature tla na svim dubinama u srpnju 2015. bile su 1,5–2,0°C više od prosjeka promatranog razdoblja. Uz sve to izostala je i oborina u srpnju 2015. Na klimatološkim postajama Kuna i Ston na poluotoku Pelješac je izmjereno 38,5°C i relativna vlažnost zraka od 30% uoči požara. Dan poslije u Kuni je temperatura zraka dostigla apsolutni maksimum od 38,8°C. Iako vjetar u noćnim satima 20. na 21. srpnja 2015. bio slab, a u donjem sloju troposfere nije se pojavila niska mlazna struja,

vrlo vruće i suho vrijeme je pogodovalo nastanku najgorog mogućeg oblika požara raslinja – požara krošnji. Tome je najviše doprinijelo brzo dizanje vrućeg zraka uz strmu prepreku. Tako da su ovi veliki pelješki požari pokazali da njihov početak ne mora biti uvijek povezan s niskom mlažnom strujom kao što je bilo uočeno na ostalim velikim jadranskim požarima (npr. Mifka i Vučetić, 2012).

Indeks meteorološke opasnosti od požara (*FWI*) je za vrijeme trajanja požara ukazivao na vrlo veliku opasnost. Na sam dan početka požara i indeks početnog širenja vatre (*ISI*) poprimio je vrijednost od 25,9 što je znatno iznad vrijednosti 18, kada nastaje požar krošnji. Stoga se požar vrlo brzo širio i jako teško ga je bilo kontrolirati. Tijekom dana je puhao umjeren NW vjetar s mora poznat kao maestral, a trećeg dana požara pojačao je i noćni N-NE vjetar kopnenjak koji je prešao u burin. To je još više otežalo gašenje požara raslinja.

Može se zaključiti da su, iako namjerno izazvani požari raslinja na Pelješcu, brzom širenju vatre, koja je u kratkom vremenu zahvatila veliki dio poluotoka, pogodovali vrlo suh mrtvi gorivi materijal i brzo dizanje vrućeg zraka pospješeno vrlo strmim terenom. Gašenje požara otežalo je i to što je nekoliko dana prije na Korčuli buknuo još jedan požar pa su se vatrogasne postrojbe morale raspodijeliti na više žarišta. Sve je to doprinijelo tome da je požar u Trsteniku u potpunosti ugašen tek 11. kolovoza 2015., a u Ponikvama šest dana poslije. Ljudska nebriga dovela je do toga da su ugroženi bili i ljudski životi, a na sreću nijedan nije izgubljen, a i stambeni objekti su spašeni. Ipak izgorio je jedan poslovni objekt, a i sanacija terena trajat će mjesecima, ako ne i godinama. Požari su izazvali veliki gospodarski gubitak, a još je veća prirodna šteta jer su borove šume i vinogradi plavca malog, iz kojeg se proizvodi vrhunsko vino dingač, i maslinici možda zauvijek izgubljeni.

## LITERATURA

### References

1. Blackadar, A. K. (1957): *Boundary layer wind maximum and their significance for the growth nocturnal inversion*, *Bulletin American Meteorological Society*, 38, 283–290.
2. Bonner, W. D. (1968): *Climatology of the low level jet*, *Monthly Weather Review*, 96, 833–850
3. HVZ (2015): *Katastrofalni požari na otoku Korčuli i poluotoku Pelješcu*. *Vatrogasni vjesnik*
4. Mifka, B. (2011): *Velika analiza katastrofalnog požara na Braču od 14. do 17. srpnja 2011*. *Diplomski rad*. Zagreb, *Prirodoslovno-matematički fakultet*, 2011.

5. Mifka, B., Vučetić, V. (2012): *Vremenska analiza katastrofalnog požara na otoku Braču od 14. do 17. srpnja 2011, Vatrogastvo i upravljanje požarima*, 3, 13–25.
6. Van Wagner, C.E., Pickett, T.L. (1985): *Equations and fortran program for the canadian forest fire weather index system*, Canadian forestry service, Government of Canada, *Forestry tehncial report* 33, 18 str.
7. Vučetić, M., Vučetić, V. (1999): *Požari u različitim vremenskim situacijama*, *Vatrogasni vjesnik* 12/99, 12–14.
8. Vučetić, M. (1987): *Meteorološka analiza katastrofalnog šumskog požara na Korčuli 1985.*, *Rasprave* 22, 67–72.
9. Vučetić, M. (1992): *Vremenske prilike tijekom šumskog požara na otoku Hvaru od 13. do 31.7.1990.*, *Hrvatski meteorološki časopis*, 27, 69–76.
10. Vučetić, V., Ivatek-Sahdan, S., Tudor, M., Kraljević, L., Ivančan-Picek, B., Strelec Mahović, N. (2007): *Analiza vremenske situacije tijekom kornatskog požara 30. kolovoza 2007.* *Hrvatski meteorološki časopis*, 42, 41–65.
11. <http://www.jabuka.tv/veliki-pozar-na-peljescu-evakuiran-trstenik/>
12. <http://www.portaloko.hr/clanak/peljesac-odsjecen-od-kopna-novi-pozar-kraj-stona-vjetar-puse-ovo-moze-samo-na-gore/0/76145/>
13. <http://www.portaloko.hr/clanak/i-dalje-plamti-ali-situacija-na-peljescu-veceras-je-bila-stabilnija/0/76235/>
14. [http://klima.hr/spi\\_e.php?id=prostorna&Godina=2015&Mjesec=07](http://klima.hr/spi_e.php?id=prostorna&Godina=2015&Mjesec=07)