

RAZPRAVE

VELIKI GOZDNI POŽARI V SLOVENIJI

AVTOR

dr. Blaž Komac*Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Geografski inštitut Antona Melika, Novi trg 2, SI – 1000 Ljubljana**blaz.komac@zrc-sazu.si, <https://orcid.org/0000-0003-4205-5790>*DOI: <https://doi.org/10.3986/GV94202>

UDK: 551.583:630*43(497.4)

COBISS: 1.01

IZVLEČEK

Veliki gozdni požari v Sloveniji

V članku predstavljamo temeljne značilnosti velikih požarov v naravi v Sloveniji. V uvodu obravnavamo njihovo pogostost in geografsko razširjenost na svetovni in evropski ravni, ki je največja na evropskem jugu in prav tako na slovenskem jugu. V nadaljevanju opisujemo značilnosti velikih požarov, imenovanih megapožari. V poglavju o gozdnih požarih v Sloveniji v obdobju 1995–2019 predstavimo njihovo prostorsko, časovno in velikostno razporeditev in pojavljanje, ki ga pojasnimo z lastnim meteorološkim požarnim indeksom. Posebej obravnavamo sto največjih požarov in opisujemo njihove temeljne značilnosti, kot so velikost, vzroki in vremenske razmere. V zadnjem delu podajamo pregled temeljnih izzivov pri upravljanju požarne nevarnosti in ogroženosti ter izpostavljamo področja, na katerih bi bilo smiselno uvesti ali nadaljevati preventivno ukrepanje.

KLJUČNE BESEDE

geografija, požari v naravi, meteorološki požarni indeks, upravljanje, Slovenija

ABSTRACT

Large forest fires in Slovenia

This article presents the basic characteristics of large wildfires, for which the term 'forest fire' has become common in Slovenian. The introduction discusses their frequency and geographical distribution, focusing on southern Europe and southern Slovenia, after which the characteristics of large fires, also called 'megafires', are explained. The section on forest fires in Slovenia presents their spatial, time and size characteristics for the period from 1995 to 2019 and explains their occurrence with the author's own meteorological fire index. The hundred largest fires are treated separately, describing the characteristics that distinguish them from smaller fires. The last part provides an overview of the basic challenges in managing fire hazard and risk, highlighting areas where it would be useful to introduce or continue preventive measures.

KEY WORDS

geography, wildfires, meteorological fire index, governance, Slovenia

Uredništvo je prispevek prejelo 31. maja 2022.

1 Uvod

Podnebne spremembe so vedno očitneje razlog tudi za povečanje nevarnosti pojavljanja velikih požarov v naravi (Benson s sodelavci 2008; Sommers, Coloff in Conard 2011; Bedia s sodelavci 2014; Khabarov s sodelavci 2016), a vendar k njim prispevajo tudi antropogeni dejavniki, kot so sprememba rabe zemljišč zaradi izseljevanja prebivalcev s podeželja in opuščanje rabe zemlje ter tudi človek kot neposredni vzrok (Mollicone, Eva in Achard 2006; Vilar Del Hoyo, Martin in Camia 2009). Večino požarov, v Evropi 95 % in v borealni Rusiji 87 %, prav tako pa tudi v Sloveniji, povzroči človek (Jakša 1997a; 1997b; 2006; Mollicone, Eva in Achard 2006; Vilar Del Hoyo, Martin in Camia 2009).

Za neželene, nenadzorovane »naravne« požare sta se uveljavila izraza »požari v naravi« in »gozdni požari«, saj povečini nastanejo na neposeljenih gozdnih območjih. Tujejezični izrazi poudarjajo različne druge lastnosti požarne pokrajine, kot so »divjina«, »neposeljenost«, »gozdnatost«, »grmovnost« ali »podeželskost« (angleško *wildfire*, *forest fire*, *bushfire*, *wildland fire*, *rural fire*; špansko *incendio forestal*; italijansko *incendio forestale*; nemško *Waldbrand*). Večino požarov neposredno povzroči človek. Gozdni požari so tako tudi antropogeni pokrajinski element, čeprav so na primer v južnem delu Evrope sestavni del sredozemskih ekosistemov (Viegas s sodelavci 2009) že vsaj od miocena dalje (Dubar, Ivaldi in Thinon 1995). Ker povzročajo škodo v naravni pokrajini in tudi žrtve, jih prištevamo k naravnim nesrečam (Zorn in Komac 2011).

Na njihov pogostejši nastanek vpliva tako naraščanje temperature ozračja, zlasti v toplejši dobi leta, kot tudi pogostejši in izrazitejši vročinski valovi in suše. Čeprav povezava med nevarnostjo pojavljanja požarov in podnebnimi spremembami ni enoznačna, v prihodnjih desetletjih v zahodni in srednji Evropi pričakujemo povečanje nevarnosti pojavljanja požarov ter širjenje območij s srednjo požarno ogroženostjo proti severu (Brown, Williamson in Bowman 2015). Spremembe v dolžini požarne sezone bodo najizrazitejše v višjih zemljepisnih širinah, kjer naj bi se požarna sezona, ki v Sloveniji približno sovпада s poletjem, podaljšala za več kot 20 dni na leto (Flannigan s sodelavci 2013). Verjetno se bodo zaradi segrevanja ozračja in pogostejših suš pogosteje pojavljali požari na istem mestu, kar lahko slabo vpliva na regeneracijo dreves in vrstno sestavo (Halofsky, Peterson in Harvey 2020).

V članku najprej na kratko predstavljamo velike gozdne požare, ki so imenovani tudi »megapožari«, na svetu in v Evropi, potem pa se v analizi podatkov o gozdnih požarih Zavoda za gozdove Slovenije za obdobje 1995–2019 osredotočimo na značilnosti velikih požarov v Slovenji, ki jih, relativno gledano, lahko imenujemo megapožari. Glavni namen članka je razprava o poglavitnih vzrokih, značilnostih in posledicah velikih gozdnih požarov v Sloveniji in predstavitev lastnega meteorološkega požarnega indeksa.

2 Metode

V članku predstavljamo poglavitne značilnosti gozdnih požarov v Sloveniji za obdobje 1995–2019, ki smo jih pridobili z analizo podatkov o gozdnih požarih. Po Pravilniku o varstvu gozdov (2009) evindenco o gozdnih požarih vodi Zavod za gozdove Slovenije kot del zbiranja podatkov o stanju in razvoju gozdov. Analizo časovne razporeditve požarov in njihove povezanosti z meteorološkimi dejavniki smo nadgradili z modelom požarne nevarnosti oziroma s preprostim meteorološkim indeksom. Upoštevali smo povprečno mesečno temperaturo zraka, mesečno višino padavin in povprečno oblačnost (prim. Lukić s sodelavci 2017). Izračun smo opravili za meteorološko postajo Agencije Republike Slovenije za okolje Bilje. To postajo smo izbrali, ker se na njej zbirajo vremenski podatki (temperatura, višina padavin, oblačnost), ki smo jih uporabili za izračun meteorološkega indeksa požarne ogroženosti (MIPN), poleg tega pa je najbližje Krasu, kjer so požari zelo pogosti. Meteorološki indeks požarne nevarnosti smo izračunali z enačbo:

$$\text{MIPN} = (T / (P + O)) * 100,$$

kjer je: T – temperatura v °C, P – višina padavin v mm in O – oblačnost v % oblačnega neba (slika 10).

V Sloveniji sta N. Ogris in T. Šturm (Šturm in Ogris 2020) na temelju kanadskega Meteorološkega indeksa požarne ogroženosti gozdov (Wagner 1987) izdelala sistem za napovedovanje dnevne požarne ogroženosti gozdov, ki ga dopolnjuje prostodostopna spletna aplikacija (Medmrežje 1; Stocks s sodelavci 1989; Agee in Skinner 2005; Wotton 2009; Šturm, Fernandes in Šumrada 2012). Sistem uporablja meteorološka modela ALADIN in INCA za napovedovanje požarne ogroženosti gozdov. V jugozahodni Sloveniji dosega dokaj visoko stopnjo natančnosti pri napovedovanju požarne ogroženosti.

Sodobni pristopi vključujejo obstoječe metode strojnega učenja in integracijo modelov v geografski informacijski sistem ustanov za varstvo pred požarom (Šturm in Ogris 2020). Model uporabljajo za: (1) računanje požarnega tveganja in podporo požarnega upravljanja, (2) razvoj gasilskih vaj in (3) podporo načrtovanju med požarom (Ogris 2018; Šturm in Ogris 2020).

3 Veliki gozdni požari po svetu in v Evropi

Na svetovni ravni je v obdobju med 1979 in 2013 v gozdnih požarih zgorelo 3,5 milijona km² zemljišč letno, kar je več od površine Indije, s požari povezane emisije CO₂ pa so presegle 50 % emisij izgorevanja fosilnih goriv. V tem času se je povečalo število požarno ogroženih območij, povprečna dolžina požarne sezone pa se je podaljšala za 18,7 % (Jolly s sodelavci 2015).

V Evropi vsako leto nastane približno 65.000 požarov, v katerih pogori povprečno pol milijona hektarjev gozda. Velika večina (85 %) v požarih prizadetih zemljišč je na sredozemskih otokih (slika 2), med državami pa v Franciji, Grčiji, Italiji, na Portugalskem in v Španiji (San-Miguel-Ayaz in Camia 2010).



MATEJ LIPAR, 8. 1. 2016

Slika 1: V Avstraliji so pogosti številni požari v naravi, kakršen je bil na območju Pilbare v Zahodni Avstraliji 8. januarja 2016.

Posebej pogosto so prizadeti severna Portugalska, Sicilija in zahodni Balkan (Galizija s sodelavci 2022). Tako so v Srbiji v obdobju 2001–2012 zabeležili pozitiven trend števila gozdnih požarov (Lukić s sodelavci 2017). Zaradi protipožarnih prizadevanj, kot so monitoring z daljinskim zaznavanjem, preseke in ozaveščanje, sta se po letu 1980, z izjemo Portugalske, kjer nastane polovica požarov evropskega juga, skupno število požarov in pogorela površina opazno zmanjšala (Turco s sodelavci 2016). Poleg naraščanja temperature vplivajo na požare tudi spremembe požarnih režimov. Tako je v Sredozemlju, kjer so požari običajno najpogostejši v obdobju od maja do oktobra, več požarov nastalo celo decembra in januarja (Flannigan s sodelavci 2009).



© BERNARD LAMBERT

Slika 2: Veliko izkušenj s požari v naravi imajo na Korziki (Toulouse s sodelavci 2017, 338).

Preglednica 1: Opredelitev velikosti požara v odvisnosti od števila žrtev, izgub in prostorskega obsega za slovenske razmere (Heinimann s sodelavci 1998: po Đurović in Mikoš 2008; MunichRe 2011; Mikoš 2014), kjer bi megapožar opredelili kot naravno nesrečo.

	žrtve	izgube (v milijonih evrov)	prostorski obseg (km ²)
naravni dogodek	0	0	0,1
naravna nezgoda	0	50	1
naravna nesreča	3	100	10
naravna katastrofa (velika)	10	300	100
naravna katastrofa (zelo velika)	20	500	1000
naravna katastrofa (uničujoča)	>20	>500	>1000

V zadnjem desetletju je na globalni ravni večje število velikih požarov, imenovanih megapožari (angleško *megafire*). Tako imenujemo požar, ki prizadene več kot 1 % regije ali države ali povzroči veliko škodo ali žrtve. Na temelju analize podatkov o odvisnosti velikosti naravne nesreče od števila žrtev, izgub in prostorskega obsega, lahko za Slovenijo megapožare opredelimo kot požare, pri katerih je prišlo do vsaj treh žrtev, 100 milijonov evrov izgub ali je obsegal več kot 10 km² (preglednica 1). Urad Združenih narodov za zmanjšanje ogroženosti zaradi nesreč (*United Nations Office for Disaster Risk Reduction, UNDRR*) v podatkovno bazo vnese poročila o naravnih nesrečah z vsaj 10 žrtvami, 100 prizadetimi osebami, razglasitvijo izrednih razmer in prošnjo države po mednarodni pomoči s strani vlade.

Prvi tako opredeljen pojav je bil požar, ki je na »črno soboto« 7. februarja 2009 v mestu Kinglake v avstralski zvezni državi Victoria v dvanajstih urah prizadel 100.000 hektarjev zemljišč in povzročil smrt 120 ljudi. Znani so megapožari na Portugalskem v letih 2003 in 2005 ter v Grčiji leta 2007 (San-Miguel-Ayanz, Moreno in Camia 2013). Megapožari obsegajo manj kot 2 % vseh požarov v svetu, a povzročijo večino škode (Camia s sodelavci 2011; Cardoso Castro Rego s sodelavci 2018). Trend števila požarov velikosti nad 500 hektarjev je v zadnjih desetletjih stabilen, vendar pa je med požari vedno več megapožarov, ki povzročijo katastrofalno škodo in izgubo človeških življenj. Megapožari so v Evropi grozdi velikih požarov, ki gorijo hkrati in se koncentrirajo v prostoru (San-Miguel-Ayanz in Camia 2010).

Po okvirnih, nepopolnih podatkih je bilo med letoma 1970 in 2021 globalno 78 megapožarov, od tega polovica po letu 2015. Več kot trije pomembni večji požari so nastali v Indoneziji (10), Grčiji (8), Avstraliji (7; slika 1), Rusiji (6), Izraelu (5), Indiji (4) in na Portugalskem (4). V ZDA in Kanadi, ki jih zaradi večjega števila zabeleženih pojavov navajamo posebej (129), je polovica nastala po 2013 (List ... 2022).

Gozdni požari v Avstraliji predstavljajo 1,15 % BDP (Ashe, McAneney in Pitman 2009) ali okrog 180 milijonov avstralskih dolarjev letno, škoda pa naj bi se v naslednjih 40 letih podvojila (Filkov, Duff



MATEJ LIPAR

Slika 3: Požari povsem spremenijo podobo pokrajine, kot kažeta primera iz kanjona Weano Gorge v Narodnem parku Karijini v Zahodni Avstraliji (zgoraj levo 10. 1. 2016, spodaj levo 27. 1. 2018) in območja rdečih kremenastih longitudinalnih sipin okrog 100 km jugozahodno od Nanutarre v Zahodni Avstraliji (zgoraj desno 31. 12. 2011, spodaj desno 7. 1. 2016).

in Penman 2018; Rossi s sodelavci 2019; sliki 1 in 3). V Latviji se je delež velikih požarov (1–10 ha) povečal z 29,1 % (1975–1984) na 49,5 % (2004–2014), medtem ko se je delež majhnih požarov (<0,1 ha) zmanjšal s 70,2 % na 48,8 % (Donis s sodelavci 2017).

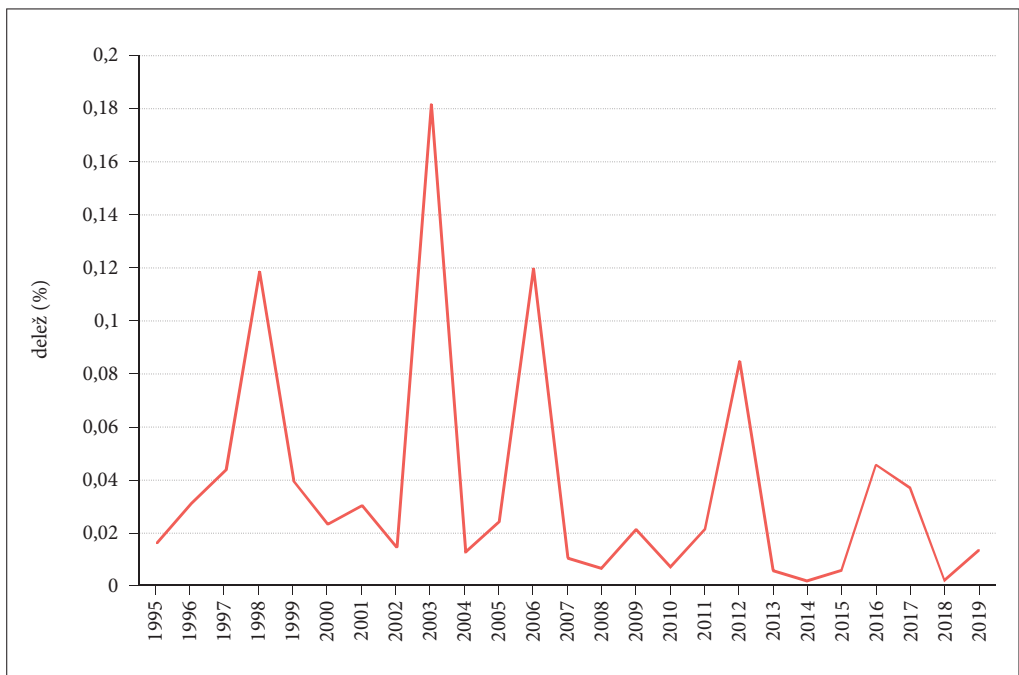
V Sloveniji sicer tako obsežnih požarov ne poznamo, zato v članku obravnavamo večje gozdne požare, ki se po nekaterih značilnostih razlikujejo od preostalih. V Sloveniji je največjih sto požarov povzročilo skupno škodo v vrednosti 3,2 milijona evrov, škoda ob povprečnem požaru pa je bila 30.000 evrov.

4 Gozdni požari v Sloveniji

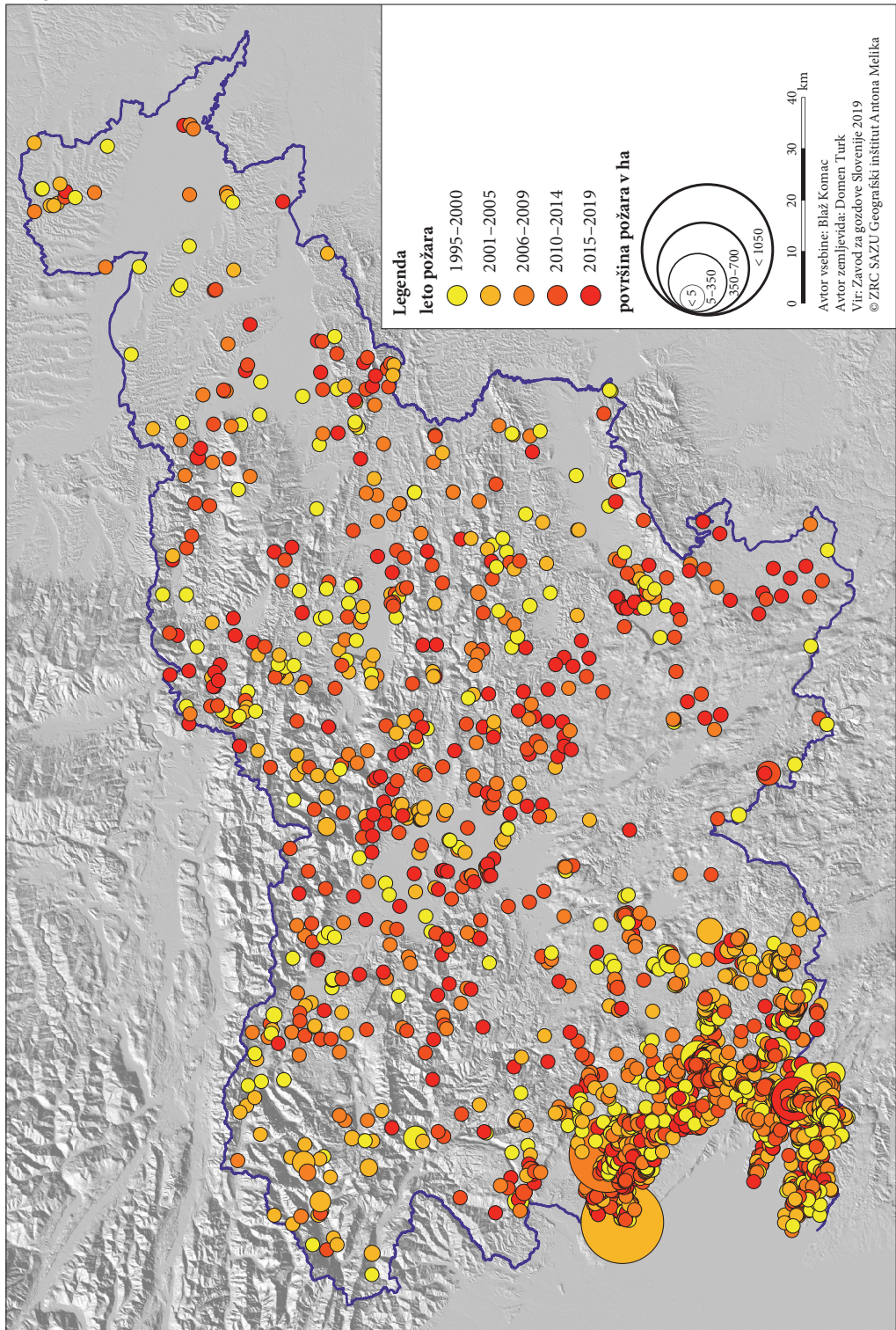
Prvi članek o gozdnih požarih je v Geografskem vestniku izšel leta 1989 (Dolgan Petrič 1989), ki ugotavlja, da jih 61 % povzroči človek (železnica, požiganje, rekreacija in tudi vojska) in da je največja ovira pri njihovem preučevanju pomanjkanje podatkov. Gozdni požari so v Sloveniji posebej pogosti na jugozahodu, to je v obsredozemskem delu države (Šturm 2013; Fernandez-Anez s sodelavci 2021; slika 4). Povprečna letna incidenca gozdnih požarov v Sloveniji, izražena v deležu površine pogorelega gozda v primerjavi s celotno gozdno površino, je 0,4 %. Trend incidence je tudi zaradi ogozdovanja upadajoč, a z izrazitimi viški v sušnih in vročih letih (slika 5). Za primerjavo, na Portugalskem je povprečna incidenca 3 % (Mateus in Fernandes 2014).

Po Pravilniku o varstvu gozdov (2009) evidenco o gozdnih požarih vodi Zavod za gozdove Slovenije kot del zbiranja podatkov o stanju in razvoju gozdov. Evidenca vsebuje tudi zemljevid v merilu 1 : 5000, na katerem je najkasneje v treh dneh po pogasitvi požara vrisano požarišče. Evidenca je temelj za oceno

Slika 4: Prostorska razporeditev gozdnih požarov v Sloveniji v obdobju 1995–2019 (Podatki ... 2019). ►



Slika 5: Incidenca gozdnih požarov v Sloveniji, izražena v deležu površine pogorelega gozda v primerjavi s celotno gozdno površino, je med letoma 1995 in 2019 upadala (Podatki ... 2019).

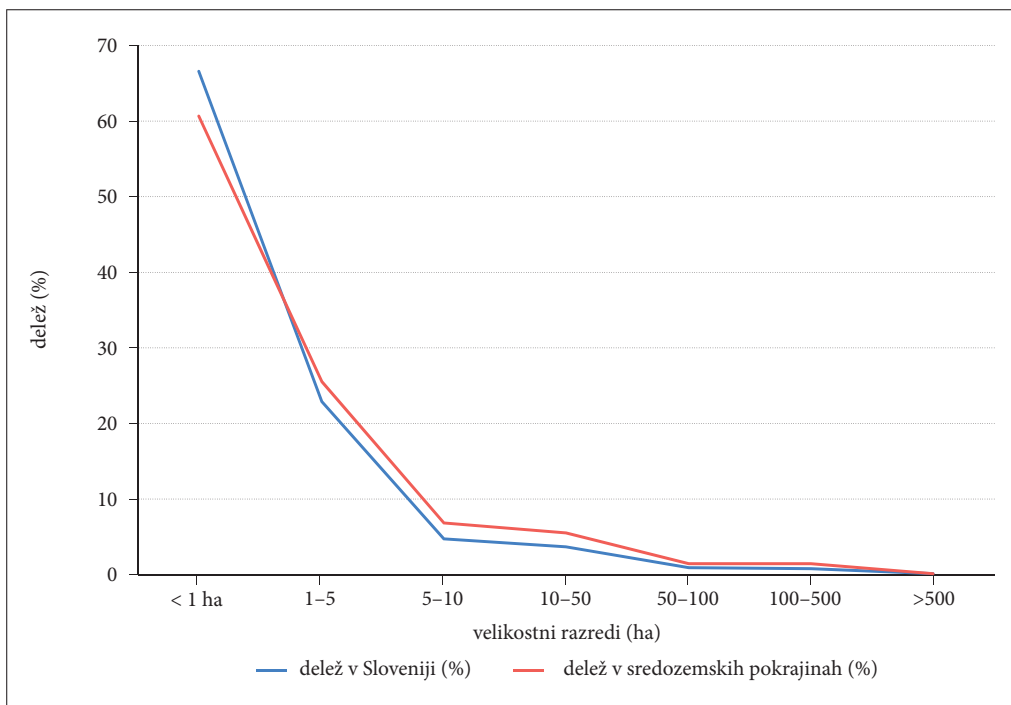


škode. Zavod za gozdove Slovenije je v obdobju 1995–2019 zabeležil 2176 gozdnih požarov (slika 4), kar je povprečno 91 požarov letno. Od tega sta bili dve tretjini manjši od 1 ha, petina pa manjših od 10 ha, kar je na primer v Latviji meja za velike požare. Polovico pogorelih površin prispevajo požari s površino nad 90 ha. Čeprav v Sloveniji ne moremo govoriti o megapožarih, so velikostna razmerja med ostalimi razredi podobna kot drugod v Sredozemlju (slika 6; Camia s sodelavci 2011).

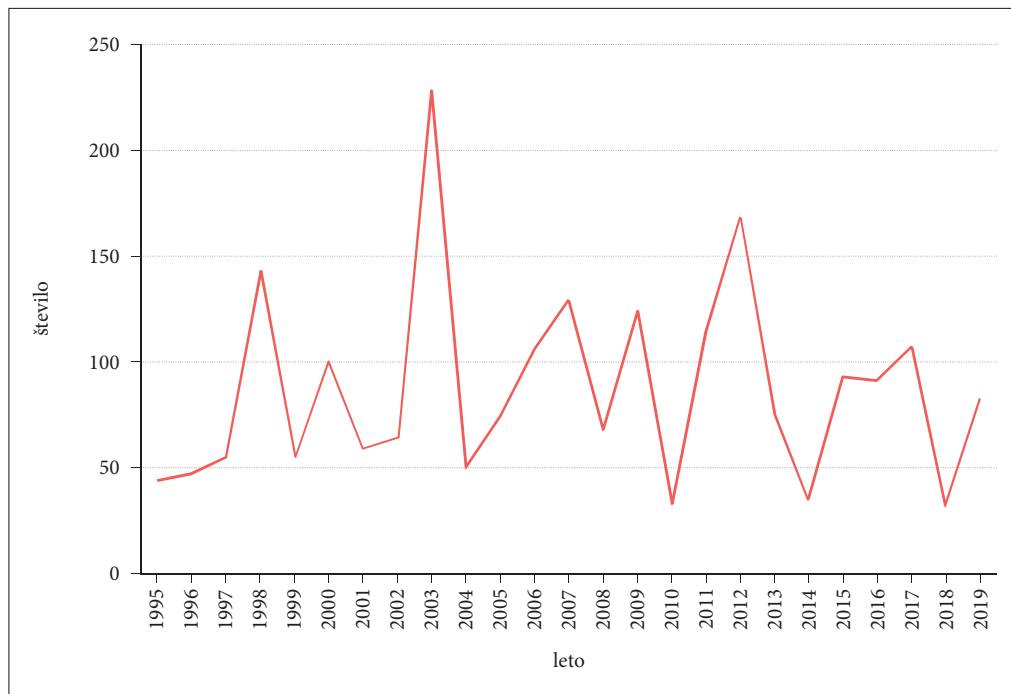
Povprečni gozdni požar je v Sloveniji v obdobju 1995–2019 meril 4,81 ha. Trend letnega števila požarov je rahlo pozitiven, a se v zadnjih letih obrača navzdol (slika 7). Večina požarov nastane spomladi in poleti, največ, skoraj četrtina (23%) marca (sušec je bil še bolj izražen v obdobju 1966–1985; Dolgan Petrič 1989), sledijo avgust (17%) ter julij in april s po 13% (slika 8). Po deležu požarov v posameznem mesecu izstopajo julij 2003 in marec 2006 (s po 2,9% skupnega števila požarov), avgust 2003 (2,5%), marec 1998 in 2003 (2,1%), februar 1998, april 2007 in marec 2017 (1,7%) ter marec v letih 2002 in 2007 (1,6%).

V posameznih letih so bili požari zelo izraziti v posameznih mesecih. Tako je bilo julija 2006 kar 64 požarov, kar je 60% letnega števila. Marca 1997 in avgusta 2001 je bilo po 56% letnega števila požarov, 55% marca 2002 in 54% marca 2014. Požarna sezona v Sloveniji traja od februarja do avgusta, z majsko in junijsko prekinitivjo, najmanj požarov pa je novembra (preglednica 2).

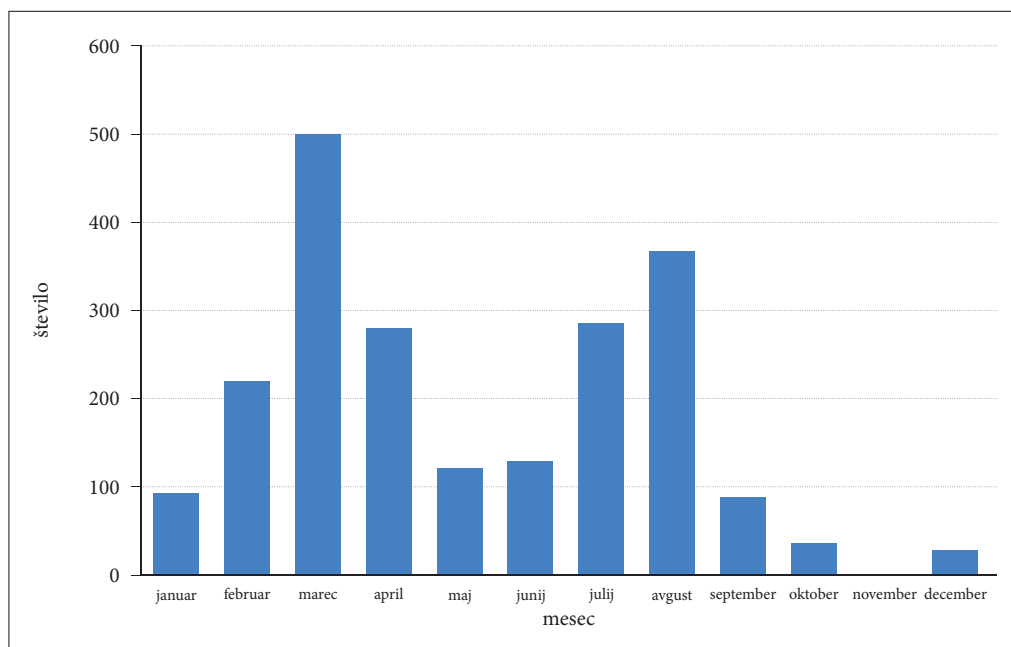
V Sloveniji je bilo v obdobju 1995–2019 povprečno pet velikih požarov letno, v katerih pogori povprečno 330 ha gozda. Kot velike smo opredelili največjih sto požarov v zbirki podatkov. Njihova povprečna velikost je 19,0 ha, najmanjša 14,3 ha in največja 79,7 ha. Kar polovica gozdnih površin je pogorela v 22 največjih požarih (povprečna velikost 242 ha), kar je komaj 1,01% od vseh gozdnih požarov v obravnavanem obdobju. Osem desetlin gozda je pogorelo v 137 največjih požarih, kar je 6,3% požarov (povprečna velikost 61 ha). Trend skupnega števila požarov je rahlo pozitiven, trend števila večjih požarov je upadajoč, a je na letni značilna velika spremenljivost. Izstopata leti 1998 in 2003 (slika 9).



Slika 6: Delež požarov (glede na skupno število) po velikostnih razredih v Sloveniji (Zavod za gozdove Slovenije 2019) in sredozemskih pokrajinah Evropske unije (San-Miguel-Ayanz, Moreno in Camia 2013).



Slika 7: Število požarov v Sloveniji v obdobju 1995–2019 (Podatki ... 2019).



Slika 8: Razporeditev gozdnih požarov po mesecih v Sloveniji v obdobju 1995–2019 (Podatki ... 2019).

Med sto največjimi požari jih je večina (77 %) nastala v sončnem vremenu, 14 % v pretežno jasnem vremenu, preostali 3 % pa v oblačnem vremenu, kar je trikrat manj kot pri vseh požarih (za 6 % požarov nimamo podatka). V obdobju 1995–2019 je v oblačnem vremenu zgorelo 113 ha gozda, v pretežno jasnem vremenu 641 ha, v jasnem vremenu pa 6700 ha ali 90 %. Za primerjavo, tri četrtine vseh gozdnih požarov v Sloveniji so nastale v jasnem vremenu, petina ob pretežno jasnem vremenu, desetina pa v oblačnih razmerah. Kar 40 % požarov je nastalo v mirnih, tretjina pa v vetrovnih razmerah; od tega največ ob zmernem in le 2 % ob močnem vetru.

Preglednica 2: Mesečno število požarov v Sloveniji v obdobju 1995–2019 (modri odtenki kažejo najnižje, rdeči pa najvišje vrednosti; Podatki ... 2019).

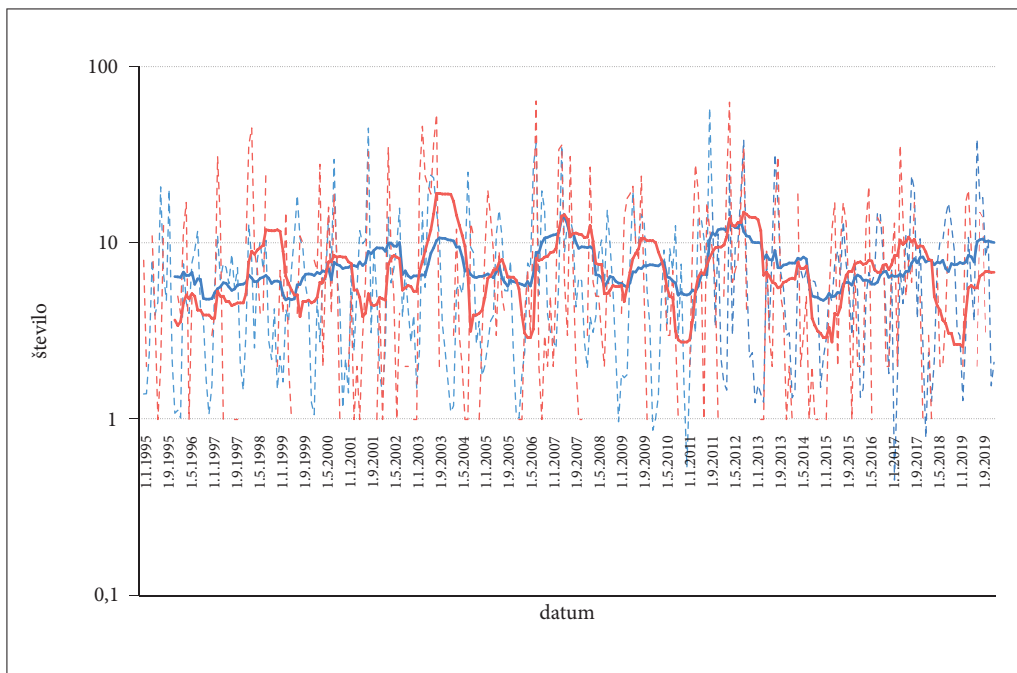
leto	januar	februar	marec	april	maj	junij	julij	avgust	september	oktober	november	december	skupaj
1995	8	2	0	11	4	1	2	13	0	3	0	0	44
1996	5	4	12	17	1	5	0	3	0	0	0	0	47
1997	3	4	31	13	1	1	0	0	1	1	0	0	55
1998	10	36	45	9	7	4	4	26	0	0	0	2	143
1999	7	4	15	2	1	0	4	11	10	0	1	0	55
2000	8	7	28	2	7	16	4	19	8	1	0	0	100
2001	2	5	1	2	1	3	6	33	0	0	1	5	59
2002	1	4	35	9	5	1	4	0	2	2	0	1	64
2003	1	23	46	24	21	19	37	54	2	0	0	1	228
2004	0	3	12	3	2	1	1	13	11	0	1	3	50
2005	9	20	14	9	3	9	5	4	0	0	1	0	74
2006	1	1	4	7	3	13	64	2	1	3	2	5	106
2007	2	6	34	36	6	3	31	7	2	1	1	0	129
2008	3	27	6	5	5	3	2	7	5	5	0	0	68
2009	4	14	18	19	21	10	8	24	5	1	0	0	124
2010	1	0	8	7	3	3	7	3	1	0	0	0	33
2011	2	10	28	20	8	1	17	12	9	6	1	0	114
2012	5	23	63	6	7	8	17	35	4	0	0	0	168
2013	0	1	1	9	3	2	16	31	5	4	1	2	75
2014	1	0	19	2	3	5	1	2	1	1	0	0	35
2015	1	5	12	17	2	10	17	13	5	1	8	2	93
2016	2	2	13	21	1	0	14	13	13	2	2	8	91
2017	13	2	36	14	5	8	6	17	0	5	1	0	107
2018	3	1	0	7	2	2	4	12	0	0	1	0	32
2019	2	17	20	9	0	2	15	14	3	0	0	0	82
skupaj	94	221	501	280	122	130	286	368	88	36	21	29	2176

Slaba petina (18 %) velikih požarov je nastala v mirnem ozračju, četrtnina v zmerno vetrovnem, 23 % v vetrovnem, slaba desetina (8 %) pa v močno vetrovnem vremenu (za 3 % ni podatka). Vpliv vetra ni enoznačen, saj največ gozda pogori pri vetrovnem vremenu, ne pa pri močnem vetru.

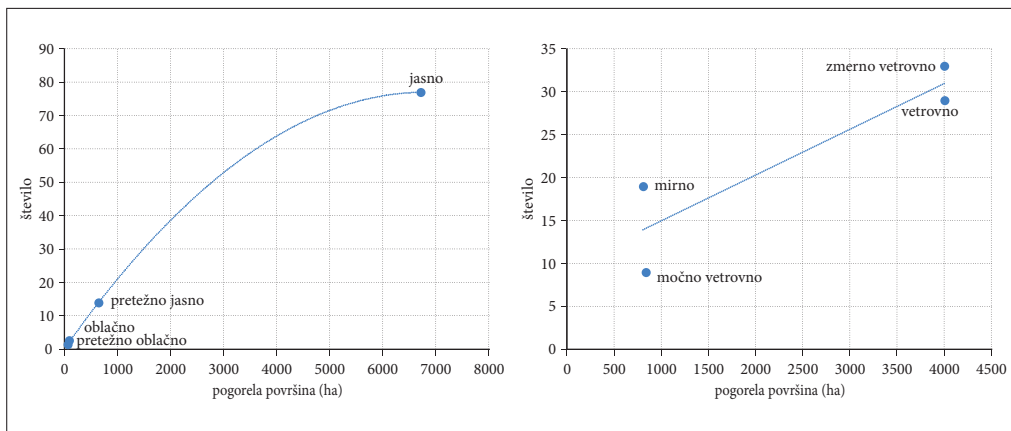
Za sto največjih požarov v Sloveniji v obdobju 1995–2019 je razvidna odvisnost od vremena (preglednica 3), zlasti osončenosti in padavin (86 % jih je nastalo v suhem vremenu), na spremenljivost pa najbolj vpliva vetrovnost (slika 10). V celoti gledano so veliki požari statistično značilno odvisni od vremena pri $p = 0,05$. Tudi Veble in Brečko Grubar (2016) sta ugotovili, da imajo leta z velikimi požari podpoprečno količino padavin in daljša sušna obdobja.

Preglednica 3: Delež (%) gozdnih požarov glede na oblačne in vetrovne razmere za vse požare in 100 največjih požarov (v oklepaju) v Sloveniji v obdobju 1995–2019 (Podatki ... 2019).

	jasno	pretežno jasno	pretežno oblačno	oblačno	ni podatka	skupaj
mirno	39 (18)	6 (0)	1 (0)	1 (1)	0	47 (19)
zmerno vetrovno	25 (25)	10 (8)	2 (0)	2 (0)	0	38 (33)
vetrovno	7 (23)	2 (5)	1 (1)	1 (0)	0	12 (29)
močno vetrovno	2 (8)	1 (0)	0 (0)	0 (1)	0	3 (9)
ni podatka	3 (3)	1 (1)	0 (0)	0 (0)	10 (6)	14 (6)
skupaj	75 (74)	19 (13)	6 (1)	4 (2)	10 (6)	100



Slika 9: Mesečni podatki (črtkane črte) in letne drseče sredine mesečnega števila požarov (oranžna barva) ter MIPN (modra barva); lestvica je logaritemska.



Slika 10: Povezanost števila požarov z oblačnostjo (levo) in vetrovnostjo (desno) za sto največjih požarov v Sloveniji (1995–2019); ordinata prikazuje število požarov, abscisa pa pogorelo površino (v ha). Vsota deležev ni enaka sto, ker za nekatere požare ni podatkov (Podatki ... 2019).

Za obravnavano obdobje 1995–2019 je korelacijski koeficient Meteorološkega indeksa požarne nevarnosti in števila požarov v Sloveniji zmerno visok ($r_{xy} = 0,47$; $N = 300$). Višja negativna povezanost padavin ($r_{xy} = -0,38$) in oblačnosti ($r_{xy} = -0,47$) kot pozitivna povezanost temperatur ($r_{xy} = 0,16$) s številom požarov nakazuje na to, da vročinski valovi sicer ustvarjajo možnost nastanka požara, a jo padavine hitro zmanjšajo. Poleg tega kažejo obdobja z velikim številom požarov precejšnjo variabilnost temperature zraka, relativne vlažnosti in višine padavin. MIPN ne upošteva časovnega zamika in drugih dejavnikov, ki so prav tako pomembni za nastanek in razvoj požarov. To so na primer količina goriva z vlažnostjo pod 10 %, hitrost in smer vetra ter mikrometeorološki dejavniki, kot sta temperatura in količina padavin v dnevih pred nastankom požara.

V Sloveniji je tretjina (32 %) velikih požarov nastala na Krasu in v slovenski Istri, v dinarskih pokrajinah 17 % in v alpskih pokrajinah 7 %. Na Krasu raste 6,8 % slovenskih gozdov, tam pa nastane kar 50 % gozdnih požarov vseh velikosti, to je povprečno 50 požarov letno, v katerih v povprečju pogori več kot 600 ha zemljišč (Jakša 1997b; Gams 2004; Veble in Brečko Grubar 2016).

Nastanki velikih gozdnih požarov na tem območju so tesno povezani z nizko količino padavin in visokimi temperaturami. Tri leta z največjim številom vročih dni s temperaturo nad 35° C so imela tudi nadpovprečno število velikih gozdnih požarov: 2003 (43 požarov), 2006 (29 požarov) in 2013 (8 požarov) (Vertačnik 2014). Gozdni požari so bili pogostejši v mlajših, na novo razraslih gozdovih (41 % požarov) in v gozdovih z večjim deležem iglavcev, zlasti črnega bora. Tako je regija v zadnjih desetletjih zaradi obsežnih gozdnih požarov utrpela veliko škodo. Gozdni požar leta 1994 pri Opatjem selu in Kostanjevici na Krasu je povzročil za več kot 4 milijone evrov škode, kar je sprožilo razprave o tem, ali dovoliti nadaljnje zaraščanje pašnikov. Eden največjih gozdnih požarov s površino 1049 ha je nastal v izredno vročem poletju 2003. Požar so pogasili v izjemno težkih razmerah z nevarnostjo eksplozije neeksploziviranih ubojnih sredstev iz prve svetovne vojne. Leta 2006 je 950 ha velik gozdni požar pri Šumki na Krasu povzročil za 884.000 evrov škode (Muhič 2005; 2007; slika 11).

Naravni gozd na Krasu je kombinacija hrasta puhavca in črnega gabra (Zupančič, Puncer in Marinček 1986). Krčenje gozdov se je začelo po srednjem veku, vendar se je tradicionalna kulturna pokrajina pašnikov z občasnimi drevesi ohranila vse do 19. stoletja, ko se je pokrajina spremenila v golo kamnito površino. V zadnjih dveh stoletjih se je proces obrnil (Zorn, Kumer in Ferk 2015). S pogozdovanjem naj bi preprečili, da bi močni sunki burje, ki dosežejo 150 km/h, odnašali prst in nabirali snežne zemetke. Skladno z zakonodajo o pogozdovanju je bilo med letoma 1859 in 1914 pogozdenih 10.842 ha,



MIHA PAVŠEK, 24. 2. 2008

Slika 11: Požar na Šumki na Krasu leta 2006 je bil eden večjih v Sloveniji.

predvsem s črnim borom (*Pinus nigra*). V naslednjih desetletjih je pokrajino prerasel monokulturni gozd (Čehovin 1993; Gams 1997). Vnos črnega bora na ta območja je zmanjšal biotsko raznovrstnost ter poslabšal kakovost prsti zaradi povečane kislosti v iglastih gozdovih. Naselitev črnega bora je povečala nevarnost požara zaradi kopičenja goriva v obliki borovih iglic, ki lahko tvorijo plasti goriva, debelejša od 10 cm. Gozdni požari se običajno začnejo na travniku, močan veter pa jih razširi v gozd; kot je pokazala naša analiza, je kar tretjina požarov nastala v vetrovnem vremenu in večina (87 %) v suhem vremenu. Veliko požarov je povezanih s tradicionalno prakso čiščenja in sežiganja suhe trave in pašnikov zgodaj spomladi. Zanimivo je, da gozdni požari ne spremenijo sestave rastlinskih vrst, ki je na požganih območjih podobna sestavi na območjih, ki jih gozdni požar ni prizadel. Pionirske vrste se naselijo približno pet let po požaru (Stančič in Repe 2018).

Požari ustvarijo edinstven biogeokemični podpis, ki vpliva na lastnosti prsti, se ohrani v kraških koteljih in se s posredovanjem vode, ki je po požaru hitrejša, prenese tudi v podzemlje. V Črni jami, ki je del sistema Postojnske jame, so v požarih nastale črne sedimente, ki so najverjetneje posledica požigov gozda, datirali v čas »dogodka 8200 let pred sedanostjo«, ko je na kapnikih nastal 1 mm debel črn sloj, nato v eneolitik (4100 let pred sedanostjo) ter novejšo dobo (2375 ± 20 in 1240 ± 29 let pred sedanostjo) (Šebela s sodelavci 2017; Mergelov s sodelavci 2020; McDonough s sodelavci 2022).

5 Aktualni izzivi preventive

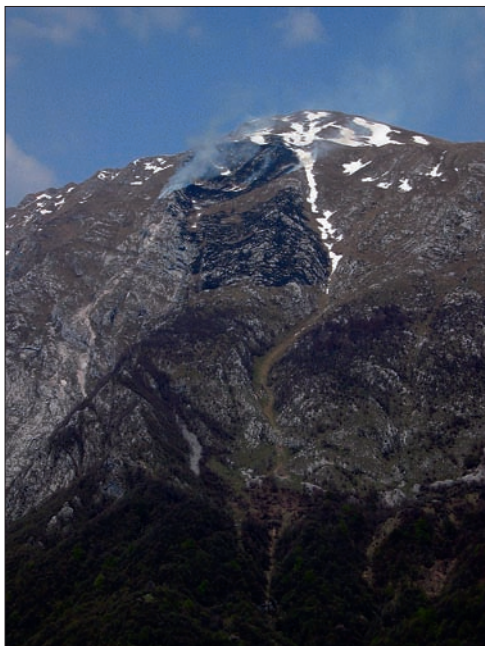
Velike požare v naravi omogočajo in sprožajo trije dejavniki, in sicer vreme, razpoložljivo gorivo in človeško vedenje. Analize kažejo, da so podnebne spremembe v nekaterih pokrajinah po svetu povečale količino suhega goriva, odpadlega listja in iglic (drobno gorivo na gozdnih tleh), ter s tem možnost

nastanka in število ekstremnih požarov. Problematika goriva je povezana tudi z obilnostjo rastja, na katero vpliva suša, in upravljanjem oziroma rabo zemljišč. Na velike količine goriva vpliva dejstvo, da je tradicionalno kurjenje v naravi v Evropi marsikje prenehalo (Rego s sodelavci 2010).

V Sloveniji ima protipožarno delovanje dolgo tradicijo. Ker na vreme ne moremo vplivati, obsegajo preventivni ukrepi na požarno ogroženem Krasu od obnove tradicionalnih suhozidov ob mejah med pašniki in gozdovi, da se ob njih vzpostavijo široka območja brez dreves vzdolž komunikacijskih omrežij, zlasti železnice, do ponovne naselitve drobnice. Ostaja pa vprašanje, kako zmanjšati količino akumuliranega gradiva, zlasti suhe trave in borovih iglic. Ena od možnosti bi bila oživitvev tradicionalne kulturne pokrajine pašnikov in listavcev (gozdni pašnik). Mogoča je tudi uporaba kontroliranih požigov biomase na gozdnih tleh, ki temelji na ideji gašenja majhnih požarov, preden postanejo zelo veliki (Pyne, Andrews in Laven 1996). Pristop, ki obsega samo gašenje, je neučinkovit zlasti pri velikih požarih. Podatki upravljavca nacionalnih parkov v ZDA (*National Park Service*) kažejo, da stane gašenje požarov približno 2100 dolarjev na hektar, preventivni ukrepi, kot je predpisano požiganje, pa desetkrat manj, le 200 dolarjev na hektar (USDA ... 2015).

V prihodnosti pričakujemo večjo pogostost pojavljanja požarov tudi zaradi pričakovane večje pogostosti neviht (Hlásny s sodelavci 2014). V Avstriji so strele v obdobju 1993–2010 povzročile kar 15 % gozdnih požarov, ki so prizadeli predvsem iglaste gozdove v višjih legah (Müller, Vacik in Diendorfer 2013). V Sloveniji je bila strela kot vzrok zabeležena le pri 16 požarih (0,7 %), največ, sedem, leta 2003. Po podatkih Zavoda za gozdove Slovenije večina takšnih požarov pri nas nastane v gorskem svetu (slika 12).

Spremenjene podnebne razmere bodo, skupaj s spremembami kulturne pokrajine perifernih območij zaradi depopulacije in ogozdovanja, tudi v Sloveniji povečale možnost nastanka (večjih) gozdnih požarov. Povečalo se bo število požarov, še verjetneje pa njihova površina. Poleti bo večja možnost nastanek večjih požarov, ki bodo lahko zajeli tudi več 100 ha površin in ogrozili tudi naselja (Kajfež-Bogataj s sodelavci 2004). Na obrobju mest se je na območjih, kjer so se požari v preteklosti pojavljali pogosteje kot danes, povečala gostota prebivalstva. Zaradi odsotnosti tradicije upravljanja ta gosto poseljena



MIHA PAVŠEK, 24. 4. 2006

Slika 12: Požari prizadenejo tudi travnate gorske pokrajine, kot je južno pobočje Krasjega vrha (1773 m) v Julijskih Alpah.

območja pogosto nimajo vzpostavljenih ukrepov za zaščito pred požari, prebivalci pa se nevarnosti pogosto niti ne zavedajo (Modugno s sodelavci 2016; How ... 2019).

Drugačne naravne in družbene okoliščine terjajo nove pristope ter strategije za soočanje z nevarnostjo požarov v naravi in nove ukrepe za zmanjšanje njihovega vpliva na družbo. Mogoči so ukrepi na področjih obdelave razpoložljivega goriva, napovedi vremena in sušnosti, sistemov monitoringa, gradnje protipožarnih presek, spremembe iglastih v mešane gozdne sestoje, napovedovanje in zgodnje opozarjanje o požarni nevarnosti ter dvig ozaveščenosti prebivalstva (Dolgan Petrič 1989), predvsem pa je potreben miselni premik od omejevanja požarov k njihovemu preprečevanju (UNDRR 2015). Pri posodabljanju strategij upravljanja požarne pokrajine (Stratton 2020) v dolgoročnih načrtih pogosto sežejo tudi po spreminjanju drevesnih vrst (Khabarov s sodelavci 2016). Raziskave o povezavah med velikimi požari in človeškimi dejavnostmi opozarjajo tudi na potrebo po tesnejšem sodelovanju med raziskovalci, oblikovalci politik, lokalnimi oblastmi, gasilci, civilno družbo ter prebivalci in drugimi, tudi občasnimi uporabniki prostora, kot so izletniki in turisti, na kar nas je opozoril primer megapožara leta 2018 v Grčiji. Zlasti je pomembno zavedanje, da lahko požari poškodujejo ali uničijo kritično infrastrukturo, kot sta električno in vodovodno omrežje (Whelton 2019). Za zmanjšanje vpliva požarov so pomembni zlasti naslednji ukrepi:

- **spodbujanje prehoda od gašenja k preventivi in preprečevanju** (Rossi s sodelavci 2019), na primer z uporabo modelov požarne ogroženosti (Ganteaume s sodelavci 2021), s čimer bi zmanjšali izdatke za gašenje (Ingalsbee 1999; Report ... 2020) in omejili čezmejne požare (Tedim, Leone in Xanthopoulos 2016), ovrednotili možnost vpliva požarov in strupenih snovi na javno in zasebno kritično infrastrukturo, kot so vodni sistemi in prometnice, ter s tem povezanimi stroški. Takšno ukrepanje terja medsektorsko usklajeno delovanje, kot je na primer sodelovanje javnega zdravja in gozdarstva (Komac s sodelavci 2020);
- **zavedanje o pomenu vedenja prebivalcev pri upravljanju**, saj ljudje tveganje pod določeno mejno vrednostjo obravnavajo kot nično in zato ne ukrepajo niti preventivno niti zaščitno (Gallagher 2013; Robinson in Botzen 2018; Raschky in Weck-Hannemann 2018) ter je zato pomembno stalno ozaveščanje in izobraževanje, nujna je uporaba sodobnih (družabnih) medijev ter spodbujanje trajnostnih praks, kot so gozdarske, s katerimi lahko zmanjšamo količino goriva in izboljšamo upravljanje gozdov;
- **zmanjšanje vpliva gozdnih požarov na zdravje**, saj požari negativno vplivajo na zdravje – na svetu letno zaradi onesnaženja zraka, ki je posledica požarov v naravi, umre med 260.000 in 600.000 ljudi (Johnston s sodelavci 2012), s tem povezani stroški pa so močno podcenjeni (Stefanidou, Athanaselis in Spiliopoulou 2008; Kochi s sodelavci 2010; Meyer s sodelavci 2013). Požarno onesnaženje vpliva na duševno zdravje (Youssef s sodelavci 2014; Dennekamp s sodelavci 2015; Liu s sodelavci 2015) in ima regionalni, čezmejni vpliv (Hänninen s sodelavci 2009; Liousse s sodelavci 2011; Finlay s sodelavci 2012; Martins s sodelavci 2012; The European ... 2022) in
- **pomen znanosti in tehnologije za zmanjševanje požarne nevarnosti**, kar spodbuja Sendajski okvir za zmanjšanje tveganja nesreč 2015–2030 (Banovec Juroš 2020). Z vidika upravljanja gozdov bi morali bolje razumeti odpornost rastja in odzive ekosistemov na požare (Blodgett s sodelavci 2010) ter vplive podnebnih sprememb (Cannac 2009; Bedia s sodelavci 2018) in uporabe inovativnih tehnologij in orodij, kot so simulacije navidezne resničnosti (Arca s sodelavci 2019), ki so podpora gasilskim enotam in reševalcem (Andrews in Queen 2001).

6 Sklep

Članek obravnava povezavo med velikimi požari, t. i. megapožari, in vremenskimi razmerami v Sloveniji. Podatki kažejo, da je bilo v obdobju 1995–2019 v povprečju pet velikih požarov na leto, v katerih je zgorelo povprečno 20 ha gozda. Kot velike smo opredelili 100 največjih požarov v zbirki podatkov. Večina (77 %) jih je nastala ob sončnem vremenu, pomemben dejavnik za njihov nastanek

pa sta še sušnost in vetrovnost. Veliki požari so pogostejši v mlajših, na novo obnovljenih gozdovih in v gozdovih z večjim deležem iglavcev. Na temelju analize zbranih podatkov ugotovljamo, da je nastanek gozdnih požarov močno odvisen od podnebja, zato so podnebne spremembe glavni dejavnik, ki prispeva k povečani nevarnosti velikih požarov v naravi. Pomembni pa so tudi antropogeni dejavniki, kot so sprememba rabe tal in človekove dejavnosti. Gozdni požari so antropogena pokrajinska značilnost in veljajo za naravne nesreče zaradi škode, ki jo povzročijo. K večji pogostosti požarov prispevajo vse višje temperature ozračja, vročinski valovi in suše. V Evropi (Fernandez-Anez s sodelavci 2021) in tudi Sloveniji je požarno najbolj ogrožen njen sredozemski del, kjer je bila požarna incidenca v obdobju 1995–2019 enaka 0,4 %. Na nastanek gozdnih požarov v Sloveniji poleg dostopnosti goriva in človeških dejavnikov, kamor lahko prištevamo tudi spremembe rabe tal, ki so odvisne od dejavnosti in politik, najbolj vplivajo temperatura ozračja, količina padavin in oblačnost (Šturm, Fernandes in Šumrada 2012), kar smo prikazali z meteorološkim požarnim indeksom. V članku smo posebej analizirali sto največjih gozdnih požarov v Sloveniji v obravnavanem obdobju 1995–2019 in ugotovljamo rahlo upadajoč trend z veliko spremenljivostjo njihove pogostosti.

Požari pomenijo vedno večjo grožnjo za zdravje in izziv za upravljanje pokrajin. K temu prispevata tudi hitra urbanizacija in neustrezno načrtovanje rabe zemljišč, povezano s slabim poznavanjem te teme med prebivalci. Zato so poleg ukrepov za prehod od gašenja k preventivi potrebne tudi ustrezne politike za zmanjšanje nevarnosti pojavljanja požarov in predvsem njihovega širjenja. Zato v zadnjem delu članka dodajamo razpravo o pomenu prehoda od poudarka na gašenju požara k preprečevanju. Poudarjamo potrebo po čezmejnih strategijah upravljanja požarne pokrajine in razmislje o obveznosti lastnikov zemljišč, da vzdržujejo poti in varna, nepogozdena območja okoli svojih hiš. Članek tudi poudarja pomembnost prilagajanja rasti podnebnim spremembam, potrebo po večji uporabi modelov za napovedovanje prihodnjih sprememb nastanka požara in razvoja inovativne zakonodaje. Poudarjamo tudi pomen znanja za boljše upravljanje in zmanjšanje znatnih zdravstvenih posledic požarov, kot tudi pomen ozaveščanja in izobraževanja, izboljšane komunikacije med prebivalci in reševalnimi službami ter promoviranje trajnostnih praks v gozdarstvu za zmanjševanje dostopnosti goriva in izboljšanje upravljanja gozdov.

Zahvala: Članek je nastal v okviru ciljnega raziskovalnega projekta Podnebno pogojene naravne nesreče in odziv sistema ZRP v Republiki Sloveniji (V5-2150) in s podporo raziskovalnega programa Geografija Slovenije (P6-0101).

7 Viri in literatura

- Agee, J. K., Skinner, C. N. 2005: Basic principles of forest fuel reduction treatments. *Forest Ecology Management* 211, 1-2. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.01.034>
- Andrews, P. L., Queen, L. P. 2001: Fire modeling and information system technology. *International Journal of Wildland Fire* 10-4. DOI: <https://doi.org/10.1071/wf01033>
- Arca, B., Ghisu, T., Casula, M., Salis, M., Duce, P. 2019: A web-based wildfire simulator for operational applications. *International Journal of Wildland Fire* 28-2. DOI: <https://doi.org/10.1071/WF18078>
- Ashe, B., McAneney, K. J., Pitman, A. J. 2009: Total cost of fire in Australia. *Journal of Risk Research* 12-2. DOI: <https://doi.org/10.1080/13669870802648528>
- Banovec Juroš, J. 2020: Sendajski monitoring: spletni poročevalski sistem za merjenje implementacije Sendajskega okvira za zmanjšanje tveganj nesreč 2015–2030. Domači odzivi na globalne izzive, Naravne nesreče 5. Ljubljana. DOI: <https://doi.org/10.3986/NN0502>
- Bedia, J., Golding, N., Casanueva, A., Iturbide, M., Buontempo, C., Gutiérrez, J. M. 2018: Seasonal predictions of Fire Weather Index: Paving the way for their operational applicability in Mediterranean Europe. *Climate Services* 9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2017.04.001>

- Bedia, J., Herrera, S., Camia, A., Moreno, J. M., Giutérrez, J. M. 2014: Forest fire danger projections in the Mediterranean using ENSEMBLES regional climate change scenarios. *Climatic Change* 122. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-013-1005-z>
- Benson, R. P., Roads, J. O., Weise, D. R. 2008: Climatic and weather factors affecting fire occurrence and behavior. *Developments in Environmental Science* 8. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1474-8177\(08\)00002-8](https://doi.org/10.1016/S1474-8177(08)00002-8)
- Blodgett, N., Stow, D. A., Franklin, J., Hope, A. S. 2010: Effect of fire weather, fuel age and topography on patterns of remnant vegetation following a large fire event in southern California, USA. *International Journal of Wildland Fire* 19-4. DOI: <https://doi.org/10.1071/WF08162>
- Camia, A., San-Miguel-Ayanz, J., Vilar del Hoyo, L., Durrant Houston, T. 2011: Spatial and temporal patterns of large forest fires in Europe. *Geophysical Research Abstracts* 13.
- Cannac, M., Pasqualini, V., Barboni, T., Morandini, F., Ferrat, L. 2009: Phenolic compounds of *Pinus laricio* needles: A bioindicator of the effects of prescribed burning in function of season. *Science of the Total Environment* 407-15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.04.035>
- Cardoso Castro Rego, F. M., Moreno Rodriguez, J. M., Vallejo Calzada, V. R., Xanthopoulos, G. 2018: Forest Fires – Sparking Firesmart Policies in the EU. Luxembourg. DOI: <https://doi.org/10.2777/181450>
- Čehovin, S. 1993: Razvoj in varstvo gozdov na Krasu. *Gozdarski vestnik* 51, 5-6.
- Dennekamp, M., Straney, L. D., Erbas, B., Abramson, M. J., Keywood, M., Smith, K., Sim, M. R., Glass, D. C., Del Monaco, A., Haikerwal, A., Tonkin, A. M. 2015: Forest fire smoke exposures and out-of-hospital cardiac arrests in Melbourne, Australia: A case-crossover study. *Environmental Health Perspectives* 123-10. DOI: <https://doi.org/10.1289/ehp.1408436>
- Dolgan Petrič, M. 1989: Gozdni požari na kraškem gozdnogospodarskem območju Slovenije. *Geografski vestnik* 41.
- Donis J., Kitenberga M., Šnepsts G., Matisons R., Zariņš J., Jansons Ā. 2017: The forest fire regime in Latvia during 1922–2014. *Silva Fennica* 51-5. DOI: <https://doi.org/10.14214/sf.7746>
- Dubar, M., Ivaldi, J. P., Thion, M. 1995: Mio-pliocene fire sequences in the valensole basin (Southern France) – paleoclimatic and paleogeographic interpretation. *Comptes Rendus De L'Academie Des Sciences II*-320.
- Durović, B., Mikoš, M. 2008: Ali smo ogroženi, kadar tvegamo? Pojmi in izrazje teorije tveganj zaradi naravnih, geološko in geografsko pogojenih nevarnosti. *Geologija* 49-1. DOI: <https://doi.org/10.5474/geologija.2006.013>
- Fernandez-Anez, N., Krasovskiy, A., Müller, M., Vacik, H., Baetens, J., Hukić, E., Kapovic Solomun, M., Atanassova, I., Glushkova, M., Bogunović, I., Fajković, H., Djuma, H., Boustras, G., Adámek, M., Devetter, M., Hrabalíková, M., Huska, D., Martínez Barroso, P., Vaverková, M. D., Zúmr, D., Jögiste, K., Metslaid, M., Koster, K., Köster, E., Pumpanen, Ribeiro-Kumara, C., Di Prima, S., Pastor, A., Rumpel, C., Seeger, M., Daliakopoulos, I., Daskalakou, E., Koutroulis, A., Papadopoulou, M. P., Stampoulidis, K., Xanthopoulos, G., Aszalós, R., Balázs, D., Kertész, M., Valkó, O., Finger, D. C., Thorsteinsson, T., Till, J., Bajocco, S., Gelsomino, A., Amodio, A. M., Novara, A., Salvati, L., Telesca, L., Ursino, N., Jansons, A., Kitenberga, M., Stivrins, N., Brazaitis, G., Marozas, V., Cojocar, O., Gumeniuc, I., Sfecla, V., Imeson, A., Veraverbeke, S., Mikalsen, R. F., Koda, E., Osinski, P., Meira Castro, A. C., Nunes, J. P., Oom, D., Vieira, D., Rusu, T., Bojović, S., Djordjevic, D., Popovic, Z., Protic, M., Sakan, S., Glasa, J., Kacikova, D., Lichner, L., Majlingova, A., Vido, J., Ferk, M., Tičar, J., Zorn, M., Zupanc, V., Hinojosa, M. B., Knicker, H., Lucas-Borja, M. E., Pausas, J., Prat-Guitart, N., Ubeda, X., Vilar, L., Destouni, G., Ghajarnia, N., Kalantari, Z., Seifollahi-Aghmiani, S., Dindaroglu, T., Yakupoglu, T., Smith, T., Doerr, S., Cerda, A. 2021: Current wildland fire patterns and challenges in Europe: A synthesis of national perspectives. *Air, Soil and Water Research* 14. DOI: <https://doi.org/10.1177/11786221211028185>
- Filkov, A. I., Duff, T. J., Penman, T. D. 2018: Improving fire behaviour data obtained from wildfires. *Forests* 9-2. DOI: <https://doi.org/10.3390/f9020081>

- Finlay, S. E., Moffat, A., Gazzard, R., Baker, D., Murray, V. 2012: Health impacts of wildfires. *PLoS Currents Disasters* 4. DOI: <https://doi.org/10.1371/4f959951cce2c>
- Flannigan, M. D., Krawchuk, M. A., De Groot, W. J., Wotton, B. M., Gowman, L. M. 2009: Implications of changing climate for global wildland fire. *International Journal of Wildland Fire* 18-5. DOI: <https://doi.org/10.1071/WF08187>
- Flannigan, M., Cantin, A. S., De Groot, W. J., Wotton, M., Newbery, A., Gowman, L. M. 2013: Global wildland fire season severity in the 21st century. *Forest Ecology Management* 294. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.10.022>
- Galizia, L. F., Curt, T., Barbero, R., Rodrigues, M. 2022: Understanding fire regimes in Europe. *International Journal of Wildland Fire* 31-1. DOI: <https://doi.org/10.1071/WF21081>
- Gallagher, J. 2013: Learning about an Infrequent Event: Evidence from Flood Insurance Take-up in the US. Cleveland.
- Ganteaume, A., Barbero, R., Jappiot, M., Maillé, E. 2021: Understanding future changes to fires in southern Europe and their impacts on the wildland-urban interface. *Journal of Safety Science and Resilience* 2-1. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jnlssr.2021.01.001>
- Gams, I. 1997: Gozdni požari na Krasu in vloga borovih sestojev. *Ujma* 11.
- Gams, I. 2004: Kras v Sloveniji v prostoru in času. Ljubljana.
- Halofsky, J. E., Peterson, D. L., Harvey, B. J. 2020: Changing wildfire, changing forests: the effects of climate change on fire regimes and vegetation in the Pacific Northwest, USA. *Fire Ecology* 16-4. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42408-019-0062-8>
- Hänninen, O. O., Salonen, R. O., Koistinen, K., Lanki, T., Barregard, L., Jantunen, M. 2009: Population exposure to fine particles and estimated excess mortality in Finland from an East European wildfire episode. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology* 19. DOI: <https://doi.org/10.1038/jes.2008.31>
- Hlásny, T., Csaba M., Seidl, R., Kulla, L., Merganičová, K., Trombik, J., Dobor, L., Barcza, Z., Konôpka, B. 2014: Climate change increases the drought risk in Central European forests: What are the options for adaptation? *Lesnický časopis* 60-1. DOI: <https://doi.org/10.2478/forj-2014-0001>
- How to speak the same language: Key ideas from the Forum on Catalan Wildfire Research. International Association of Wildland Fire, 2019. Medmrežje: <https://www.iawfonline.org/article/how-to-speak-the-same-language-key-ideas-from-the-forum-on-catalan-wildfire-research> (26. 5. 2022).
- Ingalsbee, T. 1999: Money to burn: The economics of fire and fuels management. Medmrežje: http://www.fire-ecology.org/research/money_to_burn.html (26. 5. 2022).
- Jakša J. 1997a: Obseg in posledice gozdnih požarov v Sloveniji v letih 1991 do 1996 ter vloga gozdarstva v varstvu pred požari. *Gozdarski vestnik* 55-9.
- Jakša, J. 1997b: Obseg gozdnih požarov v Sloveniji. *Ujma* 11.
- Jakša J. 2006: Gozdni požari. *Gozdarski vestnik* 64-9.
- Johnston, F. H., Henderson, S. B., Chen, Y., Randerson, J. T., Marlier, M., DeFries, R. S. D., Kinney, P., Bowman, D. M. J. S., Brauer, M. 2012: Estimated global mortality attributable to smoke from landscape fires. *Environment Health Perspectives* 120. DOI: <https://doi.org/10.1289/ehp.1104422>
- Jolly, W. M., Cochrane, M. A., Freeborn, P. H., Holden, Z. A., Brown, T. J., Williamson, G. J., Bowman, D. M. J. S. 2015: Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013. *Nature Communications* 6-11. DOI: <https://doi.org/10.1038/ncomms8537>
- Kajfež-Bogataj, L., Bergant, K., Črepinšek, Z., Cegnar, T., Sušnik, A. 2004: Scenarij podnebnih sprememb kot temelj za oceno ogroženosti z vremensko pogojenimi naravnimi nesrečami v prihodnosti. Medmrežje: http://www.sos112.si/slo/tdocs/crp_scenariji.pdf (27. 5. 2022).
- Khavarov, N., Krasovskii, A., Obersteiner, M., Swart, R., Dosio, A., San-Miguel-Ayanz, J., Durrant, T., Camia, A., Migliavacca, M. 2016: Forest fires and adaptation options in Europe. *Regional Environmental Change* 16. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10113-014-0621-0>

- Kochi, I., Donovan, G. H., Champ, P. A., Loomis, J. B. 2010: The economic cost of adverse health effects from wildfire- smoke exposure: a review. *International Journal of Wildland Fire* 19-7. DOI: <https://doi.org/10.1071/WF09077>
- Komac, B., Migliorini, M., Schwarze, R., Sigmund, Z., Awad, C., Chatelon, F. J., Goldammer, J. G., Marcelli, T., Morvan, D., Simeoni, A., Thiebes, B. V. Rossi, J.-L. (ur.) 2020: *Evolving Risk of Wildfires in Europe: The Changing Nature of Wildfire Risk Calls for a Shift in Policy Focus from Suppression to Prevention*. Brussels.
- Liousse, C., San-Miguel-Ayanz, J., Camia, A., Guillaume, B. 2011: A new methodology for the near-real time estimation of smoke plume emissions from forest fires in the European Forest Fire Information System. *Proceeding 8th International Workshop EARSeL*. Stresa.
- List of wildfires. Medmrežje: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_wildfires (15. 7. 2022).
- Liu, J. C., Pereira, G., Uhl, S. A., Bravo, M. A., Bell, M. L. 2015: A systematic review of the physical health impacts from non-occupational exposure to wildfire smoke. *Environment Research* 136. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.10.015>
- Lukić, T., Marić, P., Hrnjak, I., Gavrilov, M. B., Mladjan, D., Zorn, M., Komac, B., Milošević, Z., Marković, S. B., Sakulski, D., Jordaan, A., Đorđević, J., Pavić, D., Stojsavljević, R. 2017: Forest fire analysis and classification based on a Serbian case study. *Acta geographica Slovenica* 57-1. DOI: <https://doi.org/10.3986/AGS.918>
- Martins, V., Miranda, A. I., Carvalho, A., Schaap, M., Borrego, C., Sá, E. 2012: Impact of forest fires on particulate matter and ozone levels during the 2003, 2004 and 2005 fire seasons in Portugal. *Science of the Total Environment* 414. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.10.007>
- Mateus, P., Fernandes, P. M. 2014: Forest fires in Portugal: Forest context and policies in Portugal. *World Forests* 19. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-08455-8_4
- McDonough, L. K., Treble, P. C., Baker, A., Borsato, A., Frisia, S., Nagra, G., Coleborn, K., Gagan, M. K., Zhao, J., Paterson, D. 2022: Past fires and post-fire impacts reconstructed from a southwest Australian stalagmite. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 325. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gca.2022.03.020>
- Medmrežje 1: <https://www.zdravgozd.si/karta.aspx?idpor=663bd534-319c-49e0-8878-05487b3cd637> (26. 5. 2022).
- Mergelov, N., Petrov, D., Zazovskaya, E., Dolgikh, A., Golyeva, A., Matskovsky, V., Bichurin, R., Turchinskaya, S. Belyaev, V., Goryachkin, S. 2020: Soils in karst sinkholes record the holocene history of local forest fires at the north of European Russia. *Forests* 11-12. DOI: <https://doi.org/10.3390/f11121268>
- Meyer, V., Becker, N., Markantonis, V., Schwarze, R., van den Bergh, J. C. J. M., Bouwer, L. M., Bubeck, P., Ciavola, P., Genovese, E., Green, C., Hallegatte, S., Kreibich, H., Lequeux, Q., Logar, I., Papyrakis, E., Pfurtscheller, C., Poussin, J., Przyluski, V., Thieken, A. H., Viavattene, C. 2013: Assessing the costs of natural hazards – state of the art and knowledge gaps. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 13. DOI: <https://doi.org/10.5194/nhess-13-1351-2013>
- Mikoš, M. 2014: O izrazih nezgoda, naravna nesreča, naravna katastrofa in naravna kataklizma. *Ujma* 28.
- Modugno, S., Balzter, H., Cole, B., Borrelli, P. 2016: Mapping regional patterns of large forest fires in Wildland-Urban Interface areas in Europe. *Journal of Environmental Management* 172. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.02.013>
- Mollicone, D., Eva, H., Achard, F. 2006: Human role in Russian wild fires. *Nature* 440. DOI: <https://doi.org/10.1038/440436a>
- Muhič, D. 2005: Požar pri Selih na Krasu. *Ujma* 19.
- Muhič, D. 2007: Požar pri Šumki na Krasu. *Ujma* 21.
- Müller, M. M., Vacik, H., Diendorfer, G. 2013: Analysis of lightning-induced forest fires in Austria. *Theoretical and Applied Climatology* 111. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00704-012-0653-7>

- Munich-Re: NatCatSERVICE Break-down into catastrophe categories. München, 2011. Medmrežje: https://www.munichre.com/site/touch-naturalhazards/get/documents_E278256150/mr/assetpool.shared/Documents/5_Touch/_NatCatService/Database/catastrophe_classes_touch_en.pdf (26. 5. 2022).
- Ogris, N. 2018: Daily forecast of meteorological fire risk of forests in Slovenia with the FWI-INCA model. *Napovedi o zdravju gozdov* 42. DOI: <https://doi.org/10.20315/NZG.42>
- Podatki o gozdnih požarih iz baz Zavoda za gozdove (obdobje 1994–2019). Zavod za gozdove Slovenije. Ljubljana, 2019.
- Pravilnik o varstvu gozdov. Uradni list Republike Slovenije 114/2009. Ljubljana.
- Report on Deliverable 2.3 wildfire suppression cost analysis. Prevention Action Increases Large Fire Response Preparedness (PREVAIL). Medmrežje: <http://prevailforestfires.eu> (13. 12. 2022).
- Pyne, S. J., Andrews, P. L., Laven, R. D. 1996: *Introduction to Wildland Fire: Fire Management in the United States*. New York.
- Raschky, P., Weck-Hannemann, H. 2007: *Charity Hazard – A Real Hazard to Natural Disaster Insurance*. Innsbruck. Medmrežje: <https://ideas.repec.org/p/inn/wpaper/2007-04.html> (26. 5. 2022).
- Rego, F., Rigolot, E., Fernandes, P., Montiel, C., Silva, S. S. 2010: *Towards Integrated Fire Management*. Joensuu. Medmrežje: www.efi.int/files/attachments/publications/efi_rr23.pdf (26. 5. 2022).
- Robinson, P. J., Botzen, W. J. W. 2018: The impact of regret and worry on the threshold level of concern for flood insurance demand: Evidence from Dutch homeowners. *Judgment and Decision Making* 13-3. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1930297500007671>
- Rossi, J.-L., Morvan, D., Simeoni, A., Marcelli, T., Chatelon, F.-J. 2019: *Fuelbreaks: a part of wildfire prevention*. Global Assessment Report. Geneva. Medmrežje: <https://www.unisdr.org/we/inform/publications/66111> (26. 5. 2022).
- San-Miguel-Ayanz, J., Camia, A. 2010. *Forest fires. Mapping the impacts of natural hazards and technological accidents in Europe: An overview of the last decade*. EEA Technical Report 13. Copenhagen.
- San-Miguel-Ayanz, J., Moreno, J. M., Camia, A. 2013: *Analysis of large fires in European Mediterranean landscapes: Lessons learned and perspectives*. *Forest Ecology and Management* 294. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.10.050>
- Sommers, W. T., Coloff, S. G., Conard, S. G. 2011: *Synthesis of knowledge: Fire history and Climate Change*. Medmrežje: http://www.firescience.gov/JFSP_fire_history.cfm (26. 5. 2022).
- Stančič, L., Repe, B. 2018: *Post-fire succession: Selected examples from the Karst region, southwest Slovenia*. *Acta geographica Slovenica* 58-1. DOI: <https://doi.org/10.3986/AGS.1942>
- Stefanidou, M., Athanasis, S., Spiliopoulou, C. 2008: *Health impacts of fire smoke inhalation*. *Inhalation Toxicology* 20-8. DOI: <https://doi.org/10.1080/08958370801975311>
- Stocks, B. J., Lynham, T. J., Lawson, B. D., Alexander, M. E., Van Wagner, C. E., McAlpine, R. S., Dubé, D. E. 1989: *The Canadian Forest Fire Danger Rating System: An Overview*. *The Forestry Chronicle* 65-6. DOI: <https://doi.org/10.5558/tfc65450-6>
- Stratton, R. D. 2020: *The path to strategic wildland fire management planning*. *Wildfire* 29-1.
- Šebela, S., Zupančič, N., Miler, M., Grčman, H., Jarc, S. 2017: *Evidence of Holocene surface and near-surface palaeofires in karst caves and soils*. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 485. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2017.06.015>
- Šturm, T. 2013: *Uporaba tehnologije GIS za napovedovanje pojavljanja gozdnih požarov v Sloveniji*. Doktorsko delo, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
- Šturm, T., Fernandes, P. M., Šumrada, R. 2012: *The Canadian fire weather index system and wildfire activity in the Karst forest management area, Slovenia*. *European Journal of Forest Research* 131. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10342-011-0556-7>
- Šturm, T., Ogris, N. 2020: *Meteorološki kazalnik požarne ogroženosti gozdov v Sloveniji. Domači odzivi na globalne izzive, Naravne nesreče* 5. Ljubljana. DOI: <https://doi.org/10.3986/NN0504>

- Tedim, F., Leone, V., Xanthopoulos, G. 2016: A wildfire risk management concept based on a social-ecological approach in the European Union: Fire Smart Territory. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2016.06.005>
- The European Forest Fire Information System – EFFIS. Medmrežje: <https://effis.jrc.ec.europa.eu> (27. 5. 2022).
- Turco, M., Bedia, J., Di Liberto, F., Fiorucci, P., von Hardenberg, J., Koutsias, N., Llasat, M.-C., Xystrakis, F., Provenzale, A. 2016: Decreasing fires in Mediterranean Europe. *PLOS ONE* 11-3. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150663>
- UNDRR, Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030. Geneva, 2015.
- USDA, The rising cost of fire operations: Effects on the Forest Service's non-fire work, 2015.
- Veble, D., Brečko Grubar, V. 2016: Pogostost in obseg požarov v naravi na Krasu in v slovenski Istri. *Geografski vestnik* 88-1. DOI: <https://doi.org/10.3986/GV88101>
- Vertačnik, M. 2014: Ekstremne temperature in njihova spremenljivost v Sloveniji v obdobju 1961–2013. Diplomsko delo, Oddelek za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
- Viegas, D., Simeoni, A., Xanthopoulos, G., Rossa, C., Ribeiro, L., Pita, L., Stipanicev, D., Zinoviev, A., Weber, R., Dold, J., Caballero, D., San-Miguel-Ayanz, J. 2009: Recent Forest Fire Related Accidents in Europe. Luxembourg.
- Vilar Del Hoyo, L., Martin, P., Camia, A. 2009: Analysis of human-caused wildfire occurrence and land use changes in France, Spain and Portugal. *Proceedings of the VII International EARSeL Workshop – Advances on Remote Sensing and GIS applications in Forest Fire Management*. Potenza.
- Whelton, A. 2019: Implications of the California Wildfires for Health, Communities, and Preparedness. Washington. DOI: <https://doi.org/10.17226/25622>
- Wotton, B. M. 2009: Interpreting and using outputs from the Canadian Forest Fire Danger Rating System in research applications. *Environment and Ecological Statistics* 16. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10651-007-0084-2>
- Youssouf, H., Liousse, C., Roblou, L., Assamoi, E.-M., Salonen, R., Maesano, C., Banerjee, S., Annesi-Maesano, I. 2014: Non-accidental health impacts of wildfire smoke. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 11-11. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph11111772>
- Zorn, M., Komac, B. 2011: Damage caused by natural disasters in Slovenia and globally between 1995 and 2010. *Acta geographica Slovenica* 51-1. DOI: <https://doi.org/10.3986/AGS51101>
- Zorn, M., Kumer, P., Ferk, M. 2015. Od gozda do gozda ali kje je goli, kamniti Kras? *Kronika* 63-3.
- Zupančič, M., Puncer, I. L., Marinček, E. 1986: Prirodna potencialna vegetacija Jugoslavije. Komentar karte 1 : 1.000.000. Ljubljana.

8 Summary: Large forest fires in Slovenia

(translated by Dekš, d. o. o.)

It is paradoxical that climate change is one reason for the increase in the risk of large-scale forest fires, but that these fires are most often caused by humans. Forest fires are thus an anthropogenic landscape feature, although they have been an integral part of ecosystems since at least the Miocene. They are considered natural disasters.

Their occurrence is influenced by the increase in atmospheric temperature as well as heat waves and droughts. In the coming decades, the risk of fire and the extent of burned areas are expected to increase.

Globally, 3.5 million km² of land burned annually in forest fires between 1979 and 2013; in Europe, 65,000 fires per year burned an average of half a million hectares of forest. Most of these originated in the Mediterranean region. Pyrogenic CO₂ emissions exceed 50% of emissions from fossil fuel combustion, and the length of the fire season is increasing. Recently, major fires have occurred around the world,

such as those in Portugal in 2003 and 2005, and in Greece in 2007, causing catastrophic damage and loss of life. Between 1970 and 2021, there were seventy-eight large forest fires worldwide, half of them after 2015. In Slovenia, no such large-scale phenomena have been observed; the hundred largest fires in Slovenia (out of a total of 2,176) caused a total of 3.2 million euros in damage, or an average of 32,000 euros per fire.

The average annual frequency of forest fires in Slovenia, expressed as the share of burned forest area of the total forest area, is 0.4%. In Slovenia, forest fires frequently occur in the Mediterranean part of the country and in the Alpine regions. One-third (32%) of large fires occurred in the Kras Plateau and Slovenian Istria, 17% in the Dinaric regions, and 7% in Alpine regions. Between 1995 and 2019, the Slovenian Forest Service recorded an average of ninety-one fires per year with an average area of 4.81 ha. Most fires occur in spring and summer. Half of the burned areas are accounted for by large fires with an area of more than 90 ha. In this article, fire risk was modeled using a meteorological index, which takes into account average monthly air temperature, monthly precipitation, and average cloud cover.

In Slovenia, there are on average five large fires per year, burning an average of 330 ha of forest. Eight-tenths of the forest affected burned in 137 large fires, or 6.3% of all fires. The number of large fires is trending downward, but the data are characterized by significant fluctuations. The years 1998 and 2003 stand out.

Most large fires occurred in dry weather, one-quarter in moderately windy (25%) and windy (23%) weather, just under one-fifth (18%) in calm weather, and just under one-tenth (8%) in very windy weather. In calm weather, the average area burned was 800 hectares, similar to that burned in strong winds (840 hectares), and in windy and moderate windy conditions 4,000 hectares burned. Table 2 presents a comparison of the proportion of fires depending on the clarity and windiness of the weather for all forest fires and the hundred largest fires (in parentheses) in Slovenia between 1995 and 2019.

Large wildfires in the area are closely associated with relatively low precipitation and extreme temperatures. The three years with the highest number of extremely hot days (temperature above 35 °C) also had above-average numbers of wildfires: 2003 (forty-three fires), 2006 (twenty-nine fires), and 2013 (eight fires).

The Kras Plateau in southeastern Slovenia, where there is a coastal oak and hornbeam forest, is particularly prominent. The Kras Plateau is home to 6.8% of Slovenian forests, and up to 50% of reported forest fires of all sizes occur there. After the abandonment of traditional grazing lands, the area became covered with a monoculture Austrian pine forest, which increased the fire risk due to the accumulation of pine needle fuel. Fires in karst landscapes such as the Kras Plateau also affect the subsurface, where their records have been preserved in speleothems.

Large forest fires are made possible and triggered by weather, available fuel, and human behavior. These three topics are addressed in the concluding section, which describes preventive measures to prevent fires, such as the construction of traditional dry stone walls along pasture–forest boundaries, the establishment of wide tree-free areas along transportation networks, especially railroads, and the reintroduction of small ruminants. However, there is the open question of how to reduce the amount of accumulated fuel. Attention is drawn to the problem of the impact of changing climatic conditions in marginal areas of depopulation on increasing the risk of (large) forest fires, and the need for new approaches and strategies for managing the risk of forest fires and new measures to reduce their impact on society.

With the focus on curative actions, future actions may not be effective because of the threat of extreme fires that cross regional and national boundaries despite increased spending on fire suppression—indicating the need for cross-border fire management strategies. There is also a great need to incorporate the behavior of people that consider risk below a certain threshold to be zero and therefore do not take preventive or protective measures; experiencing an extreme event can change behavior, but only for a period of time. Advanced models, such as those for floods, could help.

An important but neglected issue is the impact of fires on health. Globally, between 260,000 and 600,000 people die from wildfires each year, which is equivalent to about an eighth of the people that die from air pollution. The costs associated with health impacts are greatly underestimated. However, it is difficult to estimate the spatial extent of the impact of fires and the number of people affected. Therefore, the accuracy of monitoring emissions from fires should be improved, both through the use of geographic information systems and through atmospheric modeling and artificial intelligence. Therefore, to analyze critical infrastructure areas there is a need to increase the use of innovative technologies and research on video surveillance, such as aerial and terrestrial video surveillance systems, and technology for visual recognition of satellite and Lidar images based on artificial intelligence. Tools such as virtual reality simulations are also important.

In Slovenia, a system has already been developed to predict the daily forest fire danger, based on the Canadian Meteorological Fire Danger Indicator and supplemented by a free web application. The system uses the ALADIN and INCA meteorological models, and it achieves quite high accuracy in forecasting fire danger in southwestern Slovenia.