

VATROGASTVO I UPRAVLJANJE POŽARIMA

Fire fighting and management



1-2 / 2020
Zagreb, prosinac 2020.
vol. X

VATROGASTVO I UPRAVLJANJE POŽARIMA
ZNAJSTVENO-STRUČNO GLASILO HRVATSKE VATROGASNE ZAJEDNICE

FIRE FIGHTING AND MANAGEMENT

PROFESSIONAL AND SCIENTIFIC MAGAZINE OF THE CROATIAN FIRE FIGHTING ASSOCIATION

.....

OSNIVAČ I NAKLADNIK / FOUNDER & PUBLISHER
HRVATSKA VATROGASNA ZAJEDNICA

ZA NAKLADNIKA / FOR THE PUBLISHER
Slavko Tucaković, univ.spec.oec. Hrvatska vatrogasna
zajednica

GLAVNI I ODGOVORNI UREDNIK / EDITOR IN CHIEF
prof.dr.sc. Željko Španjol – Šumarski fakultet Sveučilišta u
Zagrebu

UREDNIŠTVO / EDITORIAL BOARD
izv. prof. dr.sc. Damir Barčić – Šumarski fakultet Sveučilišta
u Zagrebu
doc.dr.sc. Roman Rosavec - Šumarski fakultet Sveučilišta u
Zagrebu
Marko Vučetić, dipl. ing. – Državni hidrometeorološki zavod
Zagreb

Dario Bognolo, dipl.ing. – Veleučilište u Rijeci, Rijeka
prof.dr.sc. Zdenko Kovačić – Fakultet elektrotehnike i
računarstva Sveučilišta u Zagrebu
dr.sc. Tomislav Dubravac – Hrvatski šumarski institut
Jastrebarsko

Ivan Toth, dipl.ing. Veleučilište Velika Gorica
izv.prof.dr.sc. Branko Petrincec - Institut za medicinska
istraživanja i medicinu rada
Hrvoje Ostović - VZŽ Ličko-senjske
Siniša Jembrih - JVP Zagreb
Berislav Hengl - VZŽ Osječko-baranjska
Jakov Zlatac - DVD Supetar
Mario Starčević, dipl.ing. - Hrvatska vatrogasna zajednica
Damir Knežević, dipl.ing. - Hrvatska vatrogasna zajednica

MEĐUNARODNO UREDNIŠTVO / INTERNATIONAL
EDITORIAL BOARD
Domingos Xavier Viegas, prof. – ADAI, University of
Coimbra, Portugal
prof.dr.sc. Nikola Nikolov – Šumarski fakultet Univerziteta
u Skopju
prof.dr.sc. Martin Bobinac – Šumarski fakultet Univerziteta
u Beogradu
prof. Valentin Laurić, ing.agr. – Universidad Nacional Del Sur,
Departamento de Agronomía Arboicultura, Bahía Blanca,
Argentina

TEHNIČKI UREDNIK I KOREKTOR / TECHNICAL EDITOR AND
PROOFREADER
doc.dr. sc. Boris Dorbić, v.pred. Veleučilište "Marko Marulić"
u Kninu

LEKTORICA / PROOFREADER (CROATIAN LANGUAGE
EDITOR)
Anita Čolak, dipl.ing., Hrvatska vatrogasna zajednica

IZVRŠNA TAJNICA / EXECUTIVE SECRETARY
Anita Čolak, dipl.ing., Hrvatska vatrogasna zajednica

OBLIKOVANJE / DESIGN
Nina Francetić, prof., Hrvatska vatrogasna zajednica

GRAFIČKA PRIPREMA / LAY-OUT
Anita Čolak, dipl. ing. Hrvatska vatrogasna zajednica

TISAK, UVEZ / PRINT AND BINDING
Kerschhoffset d.o.o.

NAKLADA / EDITION
1 000 primjeraka

ADRESA UREDNIŠTVA / EDITOR'S OFFICE ADDRESS
Hrvatska vatrogasna zajednica, Selska cesta 90, Zagreb
tel: 01/3689-160, fax: 01/3025-026
e-mail: vup@hvz.hr, web: www.hvz.gov.hr
OIB: 08474627795

ČASOPIS IZLAZI DVA PUTA GODIŠNJE
THE JOURNAL APPEARS TWICE YEARLY

ČLANCI PODLIJEŽU RECENZIJU
ARTICLES ARE SUBJECT TO REVIEWS

NASLOVNA STRANICA / FRONT PAGE
Darko Maretić

Autori su u potpunosti odgovorni za sadržaj, kontakt
podatke i ispravnost engleskog jezika

ISSN 1848-347X
UDK 614.84

SADRŽAJ - CONTENTS:

PREGLEDNI RAD - Scientific review

Španjol, Ž., Dorbić, B., Vučetić, M.: **Rogač (*Ceratonia siliqua* L.)-šumska voćkarica pogodna u prevenciji i obnovi izgorjenih površina na kršu**

*Carob (*Ceratonia siliqua* L.)-a forest fruit tree suitable for fire prevention and restoration of burnt Karst areas* 5

STRUČNI RAD - Professional paper

Barčić, D., Došlić, A., Rosavec, R., Ančić, M.: **Klasifikacija i ponašanje šumskih požara u protupožarnoj zaštiti**

Classification and behavior of forest fires in fire protection 25

Jevtić, R.: **Example of evacuation simulation from a high-rise residential building**

Primjer simulacije evakuacije iz visoke stambene zgrade 46

PRIKAZ KONFERENCIJE - Conference view

Crnić, D.: **Projekt HyResponder**

Project HyResponder 63

Upute autorima (instructions to authors) 67

Klasifikacija i ponašanje šumskih požara u protupožarnoj zaštiti

Classification and behavior of forest fires in fire protection

izv. prof. dr. sc. Damir Barčić
Alojzije Došlić, mag. ing. silv.
doc. dr. sc. Roman Rosavec
doc. dr. sc. Mario Ančić

SAŽETAK

Požari otvorenog prostora i šumski požari ključan su destabilizirajući čimbenik za šumske ekološke sustave. Ponašanje i dinamika požara ovisi o nizu biotskih i abiotskih čimbenika. Stoga je potrebno određene elemente u klasifikaciji šumskih požara zasebno poznavati i istraživati. Naravno, razumijevanje ponašanja požara i njihovo predviđanje ključno je u protupožarnoj zaštiti. U radu se ukazuje i na zakonsku regulativu koja se posebno odnosi na jedan iznimno bitan segment, a to je otvorenost šuma. To je bitan alat upravljanja s požarnim situacijama, bržeg dolaska na požarišta, suzbijanje požara te smanjivanja šumskih površina zahvaćenih požarom.

Ključne riječi: vatra, protupožarna zaštita, tipovi požara, gorivi materijal

Summary

Open space fires and forest fires are a key destabilizing factor for forest ecosystems. The behavior and dynamics of fires depend on a number of biotic and abiotic factors. Therefore, it is necessary to know and investigate certain elements in the classification of forest fires separately. Of course, understanding fire behavior and predicting is crucial in fire protection. The paper also points out the legislation that especially refers to one extremely important segment, and that is

the openness of forests. It is an important tool for managing fire situations, faster arrival at fires, fire fighting and reducing forest areas affected by fire.

Key words: *fire, fire protection, fire types, combustible material*

UVOD

Introduction

Šumski požar je nekontrolirano, stihijsko kretanje vatre po šumskoj površini. Obuhvaća u cijelosti živu i mrtvu organsku tvar (humus, treset, prizemno raslinje, grmlje i stabla) na šumskom zemljištu. U međunarodnoj požarnoj terminologiji (Goldammer 1991) razlikuje se šumski požar (eng. *Forest Fire*) koji se odnosi na zemljište definirano kao šumsko prema nekoj klasifikaciji. Nadalje, postoji i pojam požara na prirodnim (šumskim) područjima ili napuštenom poljoprivrednom zemljištu koje nije intenzivno korišteno (eng. *Wildland Fire*). Uz navedeno spominje se i požar koji gori nekontrolirano u prirodnom staništu (eng. *Wildfire*). Uzroci šumskog požara su prirodni (udar munje, vulkanske aktivnosti, prirodno istjecanje plina), antropogeni i nepoznati uzroci. Prema Pravilniku o načinu prikupljanja podataka o šumskim požarima (NN 82/2019) veliki je broj antropogenih uzroka: šumski požar izazvan iskrom uslijed kvara na električnim vodovima, izazvan iskrenjem kočnica vlaka ili padom električnog voda, izazvan ispuhom (ispuštanje užarenih ugljikovih depozita, vrući katalitički pretvarač) i kočnicama vozila koja prometuju, izazvan iskrama iz motora i strojeva (npr. motorne pile) u industriji, šumarstvu i poljoprivredi, izazvan oružjem, izazvan svim tipovima spaljivanja korova i požara raslinja na poljoprivrednom zemljištu, izazvan paljenjem smeća u službenim ili ilegalnim deponijama (smetlišta), nenamjerno izazvan užarenim predmetima korištenima od strane ljudi, kao što su vatromet, cigarete, vrući pepeo u domaćinstvu. Za stavljanje požara pod kontrolu, važno je razumjeti osnovne fizikalno-kemijske procese koji dovode do pojave požara i okolišne čimbenike koji utječu na ponašanje požara. Vatra je vidljivi dio gorenja. Gorenje je kemijska reakcija tri čimbenika: topline, gorivog materijala i kisika. Požarni trokut ilustriraju tri elementa koja moraju biti prisutna da bi došlo do požara. Ako se ukloni jedan od ovih elemenata, požar će se ugasiti. Kisik je komponenta zraka koja je potrebna kako bi gorive tvari gorjele i koja postoji u okruženju šumskih požara. Zrak, u obliku vjetrova igra ključnu ulogu u određivanju ponašanja

šumskih požara. Toplina je energija potrebna da zapaljivi materijal ispusti plinove koji se miješaju sa kisikom i izazivaju paljenje. Goriva tvar može biti zagrijana na razne načine da bi dostigla točku zapaljenja. Goriva tvar je bilo koji zapaljivi materijal ili vegetacija koja postoji i može se zapaliti. Vrsta, količina, distribucija i sadržaj vlage u gorivoj tvari će utjecati na ponašanje požara. U šumskom ekosustavu razlikuje se sljedeći gorivi materijal: humus, šumska prostirka, travna vegetacija i drvenasti materijal. Za procjene opasnosti od požara posebno je važna šumska prostirka i humus. Ovdje se razlikuje fino (*Fine Fuel Moisture Code, FFMC*), srednje krupno (*Duff Moisture Code, DMC*) i krupno (*Drought Code, DC*) šumsko gorivo (Tomašević i Vučetić 2014; Vučetić i Vučetić 2011).

Ključan dio u zaštiti šuma od požara odnosi se na prevenciju i različite preventivne mjere. U nacionalnom zakonodavstvu županije, gradovi i općine moraju planirati i provoditi sljedeće preventivno-uzgojne radove na površinama šuma koje se nalaze na njihovom području, a koje su u vlasništvu šumoposjednika: 1. Izrada i održavanje protupožarnih prosjeka i puteva 2. Izrada i održavanje protupožarnih prosjeka s elementima šumske ceste, uz prethodnu suglasnost šumoposjednika preko čijih čestica prelazi trasa – kod izgradnje nove trase 3. Čišćenje i održavanje rubnih pojaseva uz javne prometnice i željezničke pruge 4. Čišćenje i uspostavu sigurnosnih visina i udaljenosti na trasama elektroenergetskih vodova 5. Održavanje čistim i uređivanje postojećih izvora vode u šumama 6. Ostale preventivno-uzgojne radove planirane godišnjim planovima ili planovima zaštite od požara.

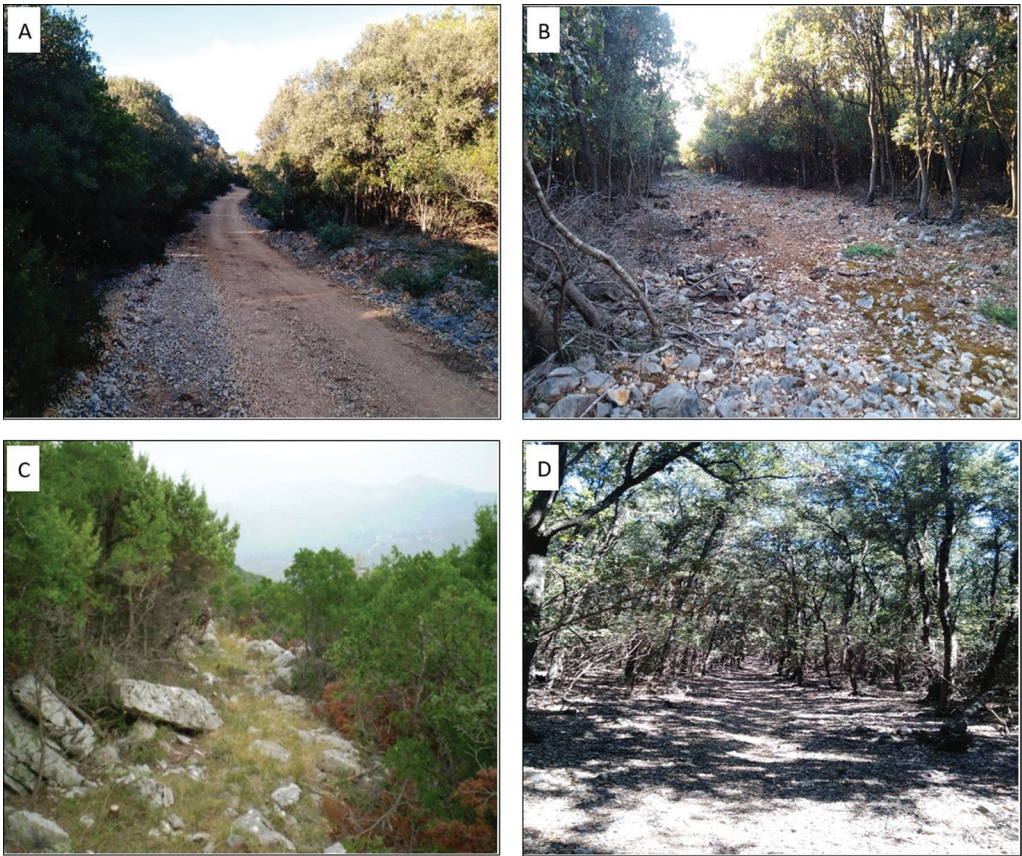
Pod preventivno-uzgojnim radovima prema Pravilniku o zaštiti šuma od požara (NN 33/2014) smatramo: 1. Njegu sastojina 2. Pravodobnu proredu sastojina 3. Piljenje i uklanjanje suhog granja na stablima i suhих stabala 4. Izrada i održavanje protupožarnih prosjeka i puteva 5. Izrada i održavanje protupožarnih prosjeka s elementima šumske ceste 6. Ostale preventivno uzgojne-radove u šumskim predjelima koji su ispresijecani prometnicama. Isti radovi obvezni su za provođenje i u državnim šumama. Polazeći od činjenice da su šumski požari prema svim pokazateljima najveća opasnost za šume Republike Hrvatske, a posebno za šume koje se nalaze u mediteranskom području, organizaciji i provođenju zaštite šuma od požara daje se posebno značenje (Jurjević i dr 2009).

Obveze svih subjekata zaštite od požara, pa tako i Hrvatskih šuma d.o.o., utvrđene su zakonskim i posebno podzakonskim aktima kojima su detaljno propisane mjere i postupci koji se moraju provoditi: Zakonom o šumama (NN 82/06, 68/18) člankom 68., Zakonom o vatrogastvu (NN 139/04, 125/19) i Pravilnikom o postupku za ostvarivanje prava na sredstva iz naknade za korištenje općekorisnih funkcija šuma za izvršene radove u šumama (NN 46/18) propisane su sljedeće obveze. O izdvajanju za razminiranje šuma i šumskog zemljišta osigurava se 30% sredstava naknade za općekorisne funkcije šuma, nadalje za opremanje i osposobljavanje vatrogasnih zajednica osigurava se 20% sredstava naknade za općekorisne funkcije šuma, od čega je 5% za vatrogasne zajednice sukladno posebnom propisu iz područja vatrogastva, a preostalih 15% za vatrogasne zajednice s područja Republike Hrvatske. Zatim Zakonom o zaštiti od požara (NN 107/07, 92/10) propisane su mjere i radnje radi otklanjanja uzroka požara te otklanjanja i gašenja požara, također i otklanjanje posljedica prouzrokovanih požarom koje se moraju provoditi. Pravilnikom o zaštiti šuma od požara (NN 33/14) i Pravilnikom o načinu prikupljanja podataka, sadržaju i vođenju Upisnika te uvjetima korištenja podataka o šumskim požarima (NN 82/19) još detaljnije se uređuje postupanje sa šumskim požarima.

Za preventivne mjere, ali i kod gašenja požara bitan preduvjet što brže intervencije, pristupa i stavljanja požara pod nadzor je otvorenost šuma. U tom slučaju širenje požara može se usporiti, ograničiti i kvalitetnije planirati način gašenja. Otvorenost cestama i putevima definirana je u smislu definicija i Pravilnikom o zaštiti šuma od požara (NN 33/2014). U Pravilniku se navode sljedeći načini otvorenosti šuma:

Protupožarna prosjeka s elementima šumske ceste – prosječni prostor u šumi u obliku pruge, očišćen od drveća i niskog raslinja, širine 4–15 m s elementima šumske ceste koji ima namjenu prolaska vatrogasnih vozila do požarišta. Protupožarnom prosjekom s elementima šumske ceste se u ovom Pravilniku ne smatra prosječni prostor ispod trasa elektroenergetskih vodova kao niti šumske ceste/šumske vlake koje prvenstveno služe za sve ostale potrebe kod gospodarenja šumskim sastojinama;

Protupožarna prosjeka – prosječni prostor u šumi u obliku pruge, očišćen od drveća i niskog raslinja, širine 4–15 m bez elemenata šumske ceste, koji ponekad prolazi



A - Šumska protupožarna cesta, foto: D. Barčić

B - Protupožarna prosjeka s elementima šumske ceste, foto: D. Barčić

C - Protupožarna prosjeka, foto: Z. Sever

D - Protupožarni put, foto: D. Barčić

Slika 1. Šumske prometnice i putevi

Figure 1. Forest roads and paths

okomito na slojnicu terena. Protupožarnom prosjekom se u ovom Pravilniku ne smatra prosječeni prostor ispod trasa elektroenergetskih vodova kao niti prosjeke koje prvenstveno služe kao granice gospodarskih podjela na odjele u pojedinim gospodarskim jedinicama;

Protupožarni put – šumska staza koja je preuska za prolaz vozila te služi za prolazak vatrogasaca i priručne vatrogasne tehnike do požarišta.

¹Šumske protupožarne ceste vezane za krško područje, osobito za mediteranski dio krša gdje su šumski požari dominantan čimbenik koji negativno utječe na šume. Primarna zadaća tih cesta nalazi se u okviru preventivnih mjera borbe protiv šumskih požara, a u slučaju nastanka požara moraju omogućiti što povoljnije uvjete za njegovo suzbijanje. U prvom redu otvorenost većih šumskih kompleksa, te dolazak na požarište gasiteljima i pristup s vozilima. Šumske protupožarne prometnice spadaju u grupu prometnica s kolničkom konstrukcijom bez veznog zastora tj. kolnik je kameni. Takav tip kolnika vrlo je osjetljiv na protjecanje površinske vode s erozivnim djelovanjem, prometno opterećenje i prodor vode u dublje slojeve. Pri održavanju važno je redovito obilaziti i kontrolirati kolnik, a uočene deformacije i oštećenja sanirati u začetku te spriječiti daljnja progresivna oštećenja odgovarajućim materijalom, strojevima i metodama rada (Pičman 2007). Od 1992. godine do 2009. godine izgrađeno je 4.373 km protupožarnih prosjeka s elementima šumskih cesta ili prosječno godišnje 273 km. Posebno intenzivna gradnja bila je 1992. godina kada je izgrađeno čak 520 km. U izgradnju se prosječno godišnje utroši 37.833.826 kn, za održavanje prosječno su godišnje uložena sredstva u iznosu od 28.872.351 kn, a za motrenje i dojavu požara, izrade promatračnica te njihovo održavanje svake godine utroši se 22.622.242 kuna. (Jurjević i dr 2009).

REZULTATI-Results

Klasifikacije požara razlikuju se u pojedinim zemljama, premda su u europskim zemljama već dugo vremena prihvaćene standardne podjele. Te podjele navode Dimitrov (1987), Španjol (1996). Na otvorenom prostoru mogu nastati različiti požari. Uobičajena je sljedeća podjela:

- šumski požari
- požari livada i pašnjaka
- požari u ratarskim kulturama
- požari trajnih nasada (vinogradi, maslinici)

¹ Šumske protupožarne ceste nisu obuhvaćene Pravilnikom o zaštiti šuma od požara (2014)

Međutim postoji više vrsta, klasifikacija šumskih požara. Podjela prema načinu nastanka je sljedeća:

- prirodni (nekontrolirani, divlji, stihijski)
- umjetni (kontrolirani, planirani)

Prema Goldammeru (1991) navodi se i podjela umjetnih požara, tj. kontroliranih požara prema razlozima izazivanja požara:

- radi spaljivanja drvenaste vegetacije za dobivanje trave za ispašu ili poljoprivrednu proizvodnju
- radi čišćenja polja od ranijih poljoprivrednih kultura i obogaćivanja tla mineralnim tvarima
- radi uklanjanja šumskih ostataka i sirovog humusa u procesu obnove šumskih staništa
- paljenje vatre radi lova

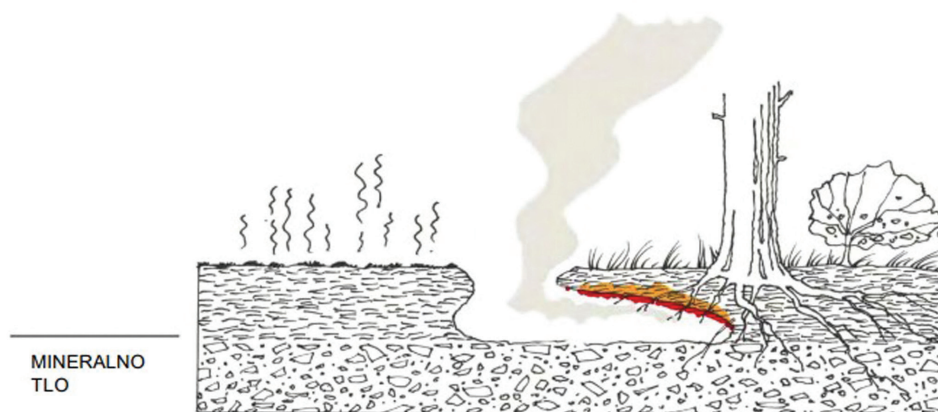
Podjela prema tipu gorivog materijala:

- podzemni požar ili požar korijenja i treseta
- prizemni ili niski požar
- požar u krošnjama ili visoki požar
- požar osamljenog drveća ili grmlja

Dodatno prema nekim autorima (Thomas i McAlpine 2010) postoji i podjela na tri tipa visokih ili požara u krošnjama:

- pasivni požar krošnje
- aktivni požar krošnje
- nezavisni požar krošnje

Podzemni požar ili požar korijenja zahvaća humus i tresetne slojeve koji su ispod šumske organske prostirke ili ne razgrađenog dijela površinskoga sloja šumskog tla.



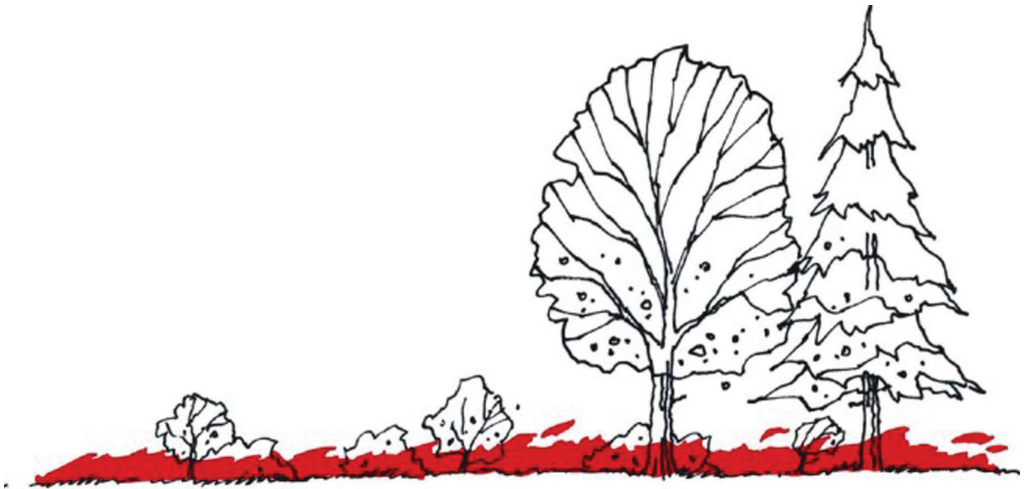
Slika 2. Podzemni požar (<http://www.fire.uni-freiburg.de/eurofire/EuroFire-Training-Materials-EF2-Techniques-BCMS.pdf> 15.12.2020.)

Figure 2. Ground fire

Napreduje vrlo polagano, ali konstantno stvara veliku toplinu i razara materijal prilično jednolično. Požar treseta može trajati i nekoliko mjeseci i nanijeti veće štete ako uništi korijenje drveća. U krškom terenu uništava humus između kamenja i isušuje tlo, pa ugibaju stabla i mlade biljke.

Prizemni požar nastaje kada se zapali gornji sloj šumske organske prostirke te podstojno grmlje i pomladak šumskog drveća. To je najčešća vrsta požara i on izbija svuda. Prizemni požar u odrasloj šumi u kojoj nema suharaka, oštećuje tek u manjem opsegu žilište pojedinih stabala. Najštetniji je u mladiku i u sastojinama u dobi letvika, pogotovo u mlađim šumama četinjača koje često potpuno uništava. U starijim sastojinama četinjača može se prenijeti u krošnje te postaje visoki požar. Jači prizemni požar u šumama u kojima je drveće tanke kore oštećuje žilište stabala i tada ugiba kambij; stoga se stabla suše, a mjestimice i cijele sastojine. Za uništenje kambija dovoljna je temperatura od 54 °C (Španjol 1996).

Požar u krošnjama ili visoki požar često je vezan uz šume četinjača. Premda takvi požari radi visoke temperature zahvaćaju i bjelogorične i vazdazelene šume. Od šuma eukaliptusa u Portugalu, Australiji, šuma breze u Rusiji do hrastovih šuma u Sredozemlju. Kod letećih požara u krošnjama vatra preskače s jedne krošnje na drugu i brzo



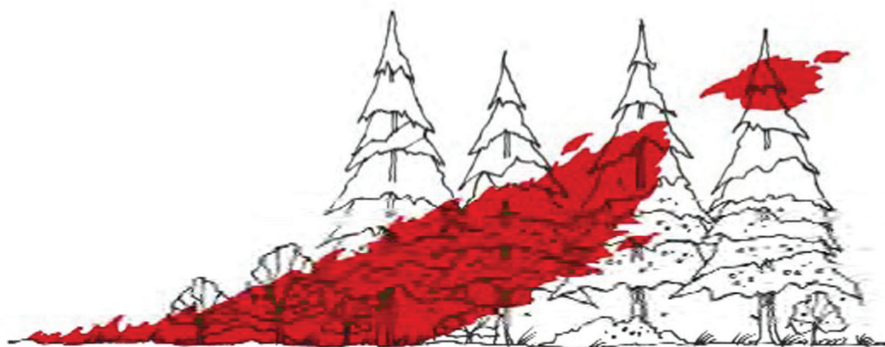
Slika 3. Prizemni požar (<http://www.fire.uni-freiburg.de/eurofire/EuroFire-Training-Materials-EF2-Techniques-BCMS.pdf> 15.12.2020.)

Figure 3. Surface fire

napreduje. Požar u krošnjama može nastati iz prizemnog kada zapaljeni materijal na tlu poprimi jači intenzitet. Požar u krošnjama uvijek je štetan jer progaljuje i razara zahvaćene sastojine. Osobito brzo uništava borove kulture radi njihove gustoće i strukture sastojine.

Požar stabala na osami nastaje obično od munje i stablo tada izgori. Najčešće se događa u prašumama, ali u drugim krajevima svijeta često ga uzrokuju pastiri, šumski radnici ili izletnici ložeći vatru uz drveće.

Postoji i različita stručna terminologija kada se objašnjava ponašanje požara. Frekvencija požara odnosi se na prosječan broj požara u određenom vremenu (ukoliko se četiri požara dogode u 100 godina, frekvencija požara je 4 požara u 100 godina). Interval požara odnosi se na vrijeme između dva požara na istom području (npr. interval između prvog i drugog požara je 55 godina, između trećeg i četvrtog 30 godina). Požarno razdoblje je prosječan interval požara na istom području (npr. na određenom području u 100 godina, požarno razdoblje je 25 godina). Ciklusi požara odnose se na broj godina potreban da isto područje ponovno bude zahvaćeno požarom (npr. u šumi od 100 ha površine; u prvom požaru izgorjelo je 50 ha, u drugom požaru 15 ha, u trećem požaru 35 ha; to se dogodilo u ciklusu požara od 120 godina) prema Thomas i McAlpine (2010).



Slika 4. Visoki požar (<http://www.fire.uni-freiburg.de/eurofire/EuroFire-Training-Materials-EF2-Techniques-BCMS.pdf> 15.12.2020.)

Figure 4. Crown fire

Vjetar ima najveće djelovanje na ponašanje požara od svih vremenskih čimbenika. Vjetar izravno utječe na brzinu širenja i smjer požara. Jak vjetar će rezultirati intenzivnim požarom koji se brzo širi. Vjetar će doprinijeti ponašanju požara na sljedeće načine: vjetar dodaje kisik (zrak) vatri što uzrokuje gorenje većeg intenziteta, nadalje vjetar će u velikoj mjeri utjecati na smjer požara, zatim vjetar će poravnati (ili savijati) plamenove požara preko goriva čime se povećava stopa po kojoj se te gorive tvari suše i pale kao i povećanje intenziteta gorive tvari, vjetar će podići upaljene žeravice i pepeo ispred glavnog požara, čime se izazivaju novi požari koji se zovu „požari na pojedinim točkama“ ili „skokovi požara“.

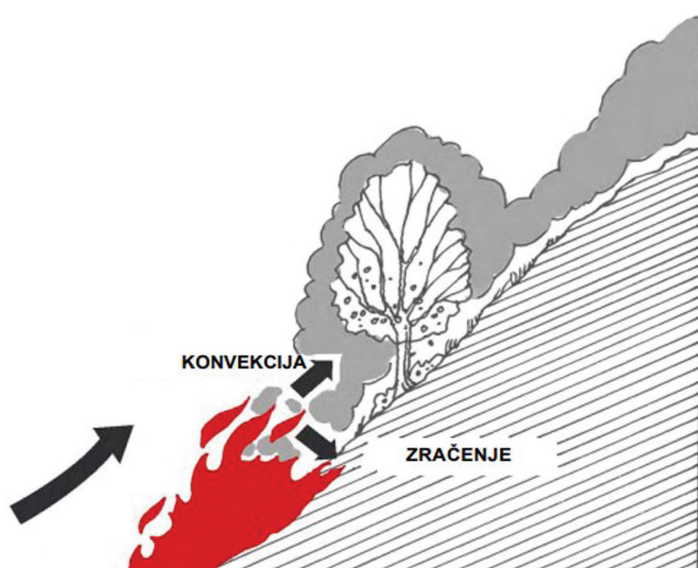
Postoje i drugi čimbenici koje treba uzeti u obzir u odnosu zračnog strujanja i požara. Smjer vjetra se odnosi na smjer iz kojeg vjetar dolazi (npr. južni vjetar je vjetar koji dolazi s juga i kreće se u smjeru sjevera preko terena). Istovremeno karakteristike tla (topografija) mogu utjecati na smjer i brzinu vjetra. Naprimjer, vjetrovi mogu biti kanalizirani duž kanjona ili doline u blago drugačijem smjeru i većom brzinom. Smjer i brzina vjetra su krajnje varijabilni i mogu se promijeniti u svakom trenutku i to u velikoj mjeri. Ova promjena može se pripisati lokalnim oscilacijama vjetra u interakciji s reljefom, poput oluja ili efektima lokalnih karakteristika vjetra. Varijabilnost vjetra je izuzetno važno pitanje za vatrogasce zato što vjetar promjenom smjera i snagom utječe na širenje i intenzitet požara. To je iznimno važno bez obzira koliko je duga fronta požara, a može biti presudno za vatrogasne postrojbe koji rade na rubnim



Slika 5. Utjecaj vjetra na požar (<http://www.fire.uni-freiburg.de/eurofire/EuroFire-Training-Materials-EF2-Techniques-BCMS.pdf> 15.12.2020.)

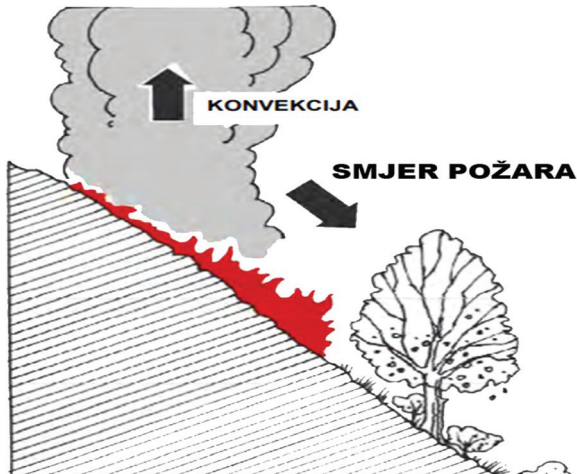
Figure 5. Influence of wind on wildland fire

dijelovima ili na glavi požara. Uz vjetar na požare mogu, ali u pozitivnom smislu utjecati oborine. Kiša će imati efekt kvašenja požara, mada stupanj do kojeg će kiša utjecati na ponašanje požara može uvelike varirati zavisno od količine oborina i trajanja kiše: tamo gdje kiša pada stalno i kontinuirano u dugom vremenskom razdoblju, goriva tvar će apsorbirati više vlage i neće biti lako zapaljiva. Veliki kratkotrajni pljusak u kratkom vremenskom periodu neće u velikoj mjeri utjecati na sadržaj vlage u površinskoj gorivoj tvari što znači da će ona biti lakše zapaljiva. Treba istaknuti i varijacije između dana i noći. Ponašanje požara tijekom noći se izuzetno razlikuje od njegovog ponašanja tokom dana. Aktivnost požara je često (ali ne uvijek) relativno niska tokom noći i nekad to može predstavljati odličnu priliku za nastojanja u gašenju požara. Ključne topografske karakteristike koje doprinose ponašanju vjetra su: nagib i izloženost (ekspozicija). Vatra koja se razvija uzbrdo generira više toplinskog usmjerenog strujanja (konvekcije) i zrači toplinu koja prethodno zagrijava neizgorjelu gorivu tvar ispred požara. Što je strmiji nagib, to je ovaj efekt veći. Suprotno vrijedi za požar koji se spušta niz padinu. Opća pravila koja treba uzeti u obzir kada se razmatra efekt nagiba na ponašanje požara su: na svakih 10° rasta nagiba, dvostruka je stopa širenja vatre i na svakih 10° pada nagiba, polovina stope širenja vatre.



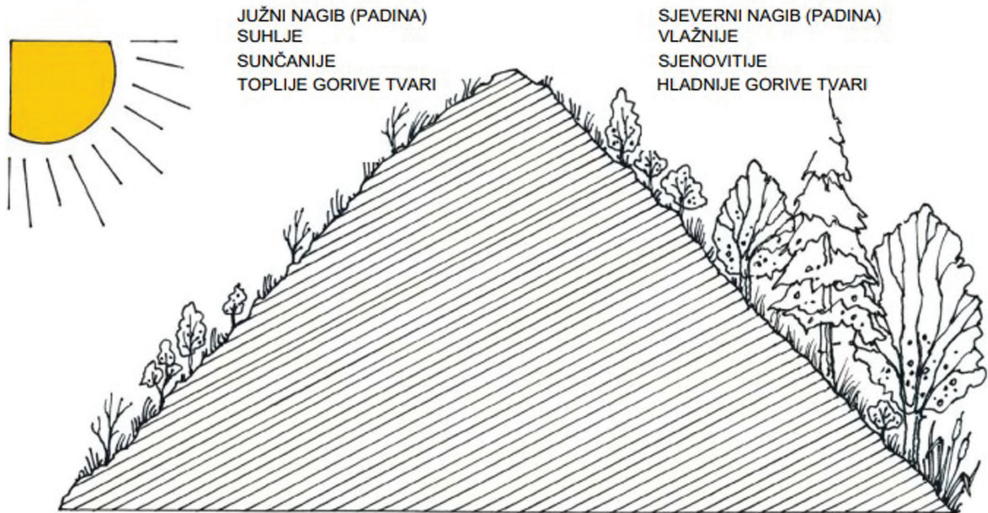
Slika 6. Ponašanja vatre uz nagib (<http://www.fire.uni-freiburg.de/eurofire/EuroFire-Training-Materials-EF2-Techniques-BCMS.pdf> 15.12.2020.)

Figure 6. Behavior of fire along inclination



Slika 7. Ponašanja vatre kada požar ide niz nagib (<http://www.fire.uni-freiburg.de/eurofire/EuroFire-Training-Materials-EF2-Techniques-BCMS.pdf> 15.12.2020.)

Figure 7. Fire behavior when a fire goes down a slope



Slika 8. Utjecaj izloženosti na ponašanje požara (sjeverna hemisfera) (<http://www.fire.uni-freiburg.de/eurofire/EuroFire-Training-Materials-EF2-Techniques-BCMS.pdf> 15.12.2020.)

Figure 8. Influence of exposure on fire behavior (northern hemisphere)

Ekspozicija djelomično određuje vrstu i sastav vegetacije.
Na sjevernoj hemisferi:

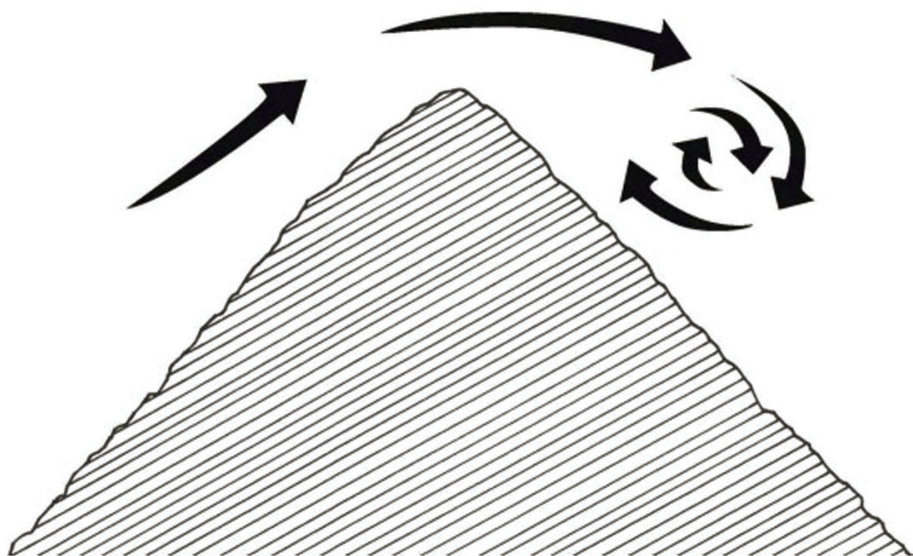
- padine okrenute prema jugu generalno će biti sunčane i suhe uz više vegetacije.
- padine okrenute prema sjeveru će biti sjenovitije i vlažnije sa skiofilnom vegetacijom.
- stanje padina okrenutih prema istoku ili zapadu biti će negdje između okruženja padina okrenutih prema jugu ili sjeveru. Te padine će u velikoj mjeri određivati njihova geografska lokacija te lokalni vremenski uvjeti; što varira od jedne lokacije do druge. Ponašanje šumskog požara biti će pod utjecajem ekspozicije zbog varijabilnosti sunčeve svjetlosti, vegetacije i sadržaja vlage od jedne ekspozicije do druge.

Teren predstavljaju fizičke karakteristike na površini nekog zemljišta. Reljef zemlje utječe na ponašanje požara. Doline, grebeni, kanjoni, planine ili ravnice mogu imati različite utjecaje na smjer, brzinu i intenzitet požara. Teren će utjecati na smjer i brzinu vjetra. Poput vode, vjetar struji

duž najnižeg i najlakšeg puta slijedeći konture reljefa. Neki primjeri tog odnosa su:

- u planinama ili brdima, vjetar pokazuje tendenciju da ide uz ili niz doline
- lokalne vjetrove može generirati teren, vjetar koji puše uz nagib tijekom dana može postati vjetar koji ide niz nagib tijekom noći.
- zaklonjena strana grebena može imati turbulentni vjetar koji puše u suprotnom smjeru od dominantnog vjetra.

Požar koji se primiče vrhu grebena povećava brzinu i intenzitet te se ponaša nepredvidljivo. Kanjoni i planinski prijevoji (sedla) mogu usmjeravati vjetar u usku stazu koja se brzo kreće. U takvim okolnostima, oblik reljefa tjera i požar i vjetar u područje gdje ti čimbenici imaju maksimalan učinak na ponašanje požara poznatog kao učinak (efekt) dimnjaka. Požar koji je pod utjecajem efekta dimnjaka pokazat će ekstremno ponašanje požara i brzo će se kretati kroz uski teren (Slika 10). Mnogobrojne teške



Slika 9. Turbulencija na zaklonjenoj padini (<http://www.fire.uni-freiburg.de/eurofire/EuroFire-Training-Materials-EF2-Techniques-BCMS.pdf> 15.12.2020.)

Figure 9. Turbulence on sheltered slope

nesreće vatrogasaca povezane su sa naglim ubrzavanjem fronte požara u usjecima i kanjonima. Taj fenomen poznat u literaturi kao „efekt dimnjaka“, zadnjih 10-ak godina intenzivno se istražuje proračunima i eksperimentima na požarima, a zbog sličnosti s erupcijama nazvan je i „eruptivni“ požar. Sam mehanizam može se objasniti na sljedeći način. Požar koji se razvija na kosini ili u kanjonu u početku će se razvijati relativno sporo. Nakon nekog vremena vrh (prednji, gornji dio) požara će se brže razvijati jer prima toplinu od požara ispod. Prednji dio požara će razviti veći plamen i veću brzinu širenja što će za posljedicu imati uvođenje veće količine svježeg zraka i još bržeg širenja požara. Iako većina ljudi razmišlja o razvoju požara kao linearnom širenju požara, eruptivni požar se razvija eksponencijalnom brzinom. Eksperimentima, analizama požara i proračunima navodi se podatak o 100 puta većoj brzini požara (Viegas i dr 2005). Požar se u tom slučaju širi neslućenom brzinom i u par minuta može potpuno uništiti velika područja. Toplina nastala od požara može sama proizvesti snažne vjetrove te na taj način može dovesti do zabune da se radi o vjetru ili nekoj drugoj atmosferskoj pojavi koja je dovela do „eruptivnog“ požara. Eruptivnom požaru nije potreban nikakav vanjski poticaj. Uvjeti potrebni za razvoj eruptivnog požara su: vegetacijom prekrivena kosina gdje počinje požar koji sam povećava intenzitet i ubrzava do „erupcije“, nevezano na vanjske utjecaje. Što strmija kosina i što suša i „finija“ goriva tvar erupcija će se brže dogoditi. Ako kosina nije dovoljno duga i kosa požar se možda neće ubrzati do erupcije jer će kosina potpuno izgorjeti. Taj odnos kosine i brzine dolaska do erupcije je jako zanimljiv a vrijeme do erupcije se smanjuje sa većim nagibom. Npr. u slučaju 30° kosine ili u vrlo strmom i zatvorenom usjeku do erupcije može doći praktično odmah nakon početka požara. Sama goriva tvar nije u principu bitna jer će do erupcije doći. Ukoliko se radi o težem gorivu poput grmlja vrijeme do erupcije je duže nego kod „lakšeg“ goriva kao npr. trave. Upravo to je razlog zašto je do sada veliki broj vatrogasaca stradao u ovakvim uvjetima (Rothermel 1993; Butler i dr 1998; Furnish i dr 2001; Viegas 2004; Viegas i dr 2008; Španjol i dr 2011). Dolaskom do požara koji se polako razvija na dnu kosine ili kanjona lako se precijene vlastite mogućnosti i oprema. Gaseći požar odostraga i napredujući po bokovima požara prema naprijed ili se smještajući na samu kosinu vrlo se lako gasitelji mogu naći iznad požara koji svojim ubrzanjem i eventualnom erupcijom lako iznenadi. U literaturi se navodi kako sama



Slika 10. Eruptivni požar ili učinak dimnjaka (<http://www.fire.uni-freiburg.de/eurofire/EuroFire-Training-Materials-EF2-Techniques-BCMS.pdf> 15.12.2020.)

Figure 10. Eruptive fire or chimney effect

taktika gašenja ovakvih situacija izričito zabranjuje postavljanje ljudi na kosinu iznad požara. Ukoliko se radi o velikom području zahvaćenom požarom na kosini s velikom količinom gorive tvari, eruptivni požari mogu biti i potencijalna opasnost za zgrade i vozila postavljena na cestama ili pak na vrhu kosina (Slika 10).

RASPRAVA I ZAKLJUČCI-*Discussion with conclusions*

Požari troše niz vrsta goriva (organske tvari) što utječe na šumski ekosustav u smislu degradacije, ali izgaranjem i na atmosferu jer dominantna frakcija je ugljik. Prema Andreae i Merlet (2001) i Hoelzemnn i dr. (2004) najviše ugljika (oko 90%) u atmosferu se emitira putem ugljikovog dioksida (CO_2) i ugljikovog monoksida (CO). Prizemni požari šire se gorivima koja su blizu tla, poput trave ili mrtvog lišća, suhe stabljike, humus, dok u visokim požarima izgaraju krošnje grmlja i stabala. Prizemni požari pale tlo koje je bogato organskim tvarima. Mogu nastati udarima groma i mogu tinjati dulje vrijeme sve dok promjene vre-

mena ne idu u prilog gašenju ili širenju u površinski ili eventualno visoki požar. U nacionalnoj zakonskoj regulativi temeljem Pravilnika o zaštiti šuma od požara (NN 33/2014) navode se sljedeći parametri za procjenu opasnosti od šumskog požara. Vegetacijski pokrov, antropogeni čimbenici, klima, stanište, orografija i šumski red. Svi ovi čimbenici mogu se naći u šumsko-gospodarskim osnovama gospodarskih jedinica, područja i u programima gospodarenja šumama pravnih osoba koje gospodare šumama i šumskim zemljištima. Unatoč nekima od navedenih parametara koji povećavaju rizik od pojave požara za protupožarnu zaštitu je neophodno provoditi mjere nadzora i osmatranja primjenjujući novije tehnologije npr. daljinska istraživanja (satelitsko praćenje, videonadzor, termokamere i sl.). Satelitima Terra, Aqua, i MSG (Meteosat Second Generation) koji snimaju stanje tla pomoću uređaja MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectrometer) i SEVIRI (Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager). Iz njihovih snimaka računaju se produkti za otkrivanje požara, odnosno vrućih točaka, temperatura tla (LST, Land Surface Temperature), stanje vegetacije te reflektivnost površine Zemlje u pojedinim pojasevima valnih duljina (Vodarić 2014). U nove tehnologije spada i IPNAS inteligentni sustav za daljinski protupožarni nadzor otvorenog prostora i automatsko rano otkrivanje šumskog požara. To se postiže analizom slika kamere u vidljivom dijelu spektra tijekom dana, a u bliskom infracrvenom dijelu spektra tijekom noći. Sustav za prepoznavanje šumskog požara automatski analizira sliku, tražeći vidljive znakove vatre, poput dima požara u dnevnim uvjetima i plamena vatre u noćnim uvjetima.

Uz spomenuto iznimno bitan je, a vjerojatno i presudan pristup šumskim prometnicama radi brzog i učinkovitog gašenja. U ovom slučaju gradnja šumskih protupožarnih cesta koje se po zahtjevima razlikuju od šumskih gospodarskih cesta, jer one većim dijelom ionako nisu gospodarski isplative (Pičman i dr 1998; u Antolić 2018).

Neke šume imaju raznodobnu strukturu i slojevi grmlja i drveća nisu diferencirani. U tom slučaju širenje i intenzitet požara može biti izraženiji. Razvijaju se požari krošnje ili dolazi do prijelaza iz prizemnog požara u požar krošnje. Ipak i u takvim uvjetima mogu se pojaviti manje neizgorjele površine. Promatrano kao cjeloviti kompleks i u tim šumama se na razini rastera mogu pojaviti neizgorjele zakrpe. To je važno u procesima revitalizacije ekosustava

jer postoje jezgre za obnovu. Na primjer, u mješovitim šumama četinjača Sierra Nevade u Kaliforniji dolazi do takve pojave (Stephenson i dr 1991).

U odnosu šumske vegetacije prema prirodnoj ugroženosti od požara može se razlikovati pet glavnih kategorija šumske vegetacije prema Bertoviću i Lovriću (1987):

I. kategorija – prirodno nezapaljiva vegetacija (prirodni uvjeti za nastanak šumskog požara su vrlo slabi); obuhvaćeni su oni vegetacijski tipovi gdje je pojava požara vrlo teška ili onemogućena radi vlažnosti staništa i hidromorfne građe biljaka. U toj kategoriji obuhvaćene su vlažne šume nizinskog područja, zatim poplavna i močvarna staništa u rječnim dolinama dunavskog sliva. Radi se o priobalnim vrbcicama (*Salicetalia*), šumskim zajednicama johe (*Alnetalia*), te šumske zajednice hrasta lužnjaka (*Quercetalia*).

II. kategorija - teško zapaljiva vegetacija (prirodni uvjeti za nastanak šumskog požara su slabi); obuhvaćena je većina listopadnih šuma brdskog i nižeg gorskog pojasa u kontinentalnim krajevima. To su šume hrasta kitnjaka i običnog graba, hrasta cera i šume pitomog kestena. Požari ovdje mogu nastati zbog udara groma, ali se vatra i tada rijetko proširuje pa stradavaju tek pojedina stabla ili grupe drveća.

III. kategorija - umjereno zapaljiva vegetacija (prirodni uvjeti za nastanak šumskog požara su umjereni); obuhvaćene su sve crnogorične šume visokogorskog te nižeg i višeg predplaninskog pojasa. Radi se o bukovo-jelovim šumama (*Abieti-Fagetum*), jelovim i smrekovim šumama. Iako su zbog smole u drvu i iglicama te šume četinjača među vegetacijskim tipovima najlakše zapaljive, požari u njima vrlo su rijetki zbog vlažnije i hladnije klime.

IV. kategorija – lako zapaljiva vegetacija (prirodni uvjeti za nastanak šumskog požara su veliki); obuhvaćene su kserofilne listopadne submediteranske šume te široko rasprostranjene panjače i šikare submediteranskog krša, gdje je zapaljivost povećana tijekom vrućeg i sušnog ljetnog razdoblja. Glavni edifikatori tih šuma su: hrast medunac (*Quercus pubescens* Willd.), crni grab (*Ostrya carpinifolia* Scop.), bijeli grab (*Carpinus orientalis* Mill).

V. kategorija – veoma i ekstremno zapaljiva vegetacija (prirodni uvjeti za nastanak šumskog požara su vrlo veliki); obuhvaćene su tipične sredozemne vazdazelenene šume (*Quercus ilicis*), zatim makije i garizi. Zbog izrazite i dugotrajne ljetne suše i velike vrućine, ali i zbog obilja lako zapaljivih eteričnih ulja u većini biljaka, zapaljivost tih vegetacijskih tipova vrlo je velika. U V. kategoriji vegetacije treba istaknuti ekstremno zapaljive šume primorskih četinjača - alepskog bora (*Pinus halepensis* Mill.), dalmatinskog bora (*Pinus dalmatica* Vis.), pinije (*Pinus pinea* L.), čempresa (*Cupressus*).

U uvjetima određenih klimatskih promjena (Flannigan i dr. 2009) više temperature zraka i duža razdoblja suše s većim brojem sezona kada imamo ekstremno suha i ekstremno vruća ljeta sigurno će utjecati na zapaljivost šumske vegetacije i povećani broj požara u onim područjima koja će biti više zahvaćena. Unatoč tome, šumski ekosustavi se mogu učinkovito čuvati povećanim preventivnim mjerama i radovima, tj. pravilnim i pravovremenim šumsko-uzgojnim mjerama. U tom slučaju i povećani broj požara ne mora utjecati na ključan podatak, a to je prosječno manje površine zahvaćene jednim požarom.

LITERATURA

Bibliography

1. Andreae, M. O., P. Merlet, 2001: *Emission of trace gases and aerosols from biomass burning. Global Biogeochem. Cycles, Vol 15, No (4), p. 955–966.*
2. Antolić, D. 2018: *Šumske protupožarne ceste kao posebna kategorija šumskih prometnica. Završni rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb. p. 30.*
3. Bertović, S., A. Ž. Lovrić, 1987: *Vegetacija i kategorije njezine prirodne ugroženosti od požara. U: Osnove zaštite šuma od požara. Centar za informacije i publicitet, p. 121-134. Zagreb*
4. Butler, B. W., R. A. Bartlette, L. S. Bradshaw, J. D. Cohen, P. L. Andrews, T. Putnam, R. J. Mangan, 1998: *Fire behavior associated with the 1994 South Canyon Fire on Storm King Mountain, Colorado, Res. Pap. RMRS-RP-9. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. p. 82.*
5. Dimitrov, T. 1987: *Šumski požari i sistemi procjene opasnosti od požara. U: Osnove zaštite šuma od požara, Centar za informacije i publicitet, p. 181-251. Zagreb*
6. Flannigan, M. D., M. A. Krawchuk, W. J. de Groot, B. M.

- Wotton, L. M. Gowman, 2009: *Implications of changing climate for global wildland fire*, *International Journal of Wildland Fire*, Vol 18, No (5), p. 483-507. <https://doi.org/10.1071/WF08187>
7. Furnish, J., A. Chockie, L. Anderson, K. Connaughton, D. Dash, J. Duran, B. Graham, G. Jackson, T. Kern, R. Lasko, J. Prange, J. Pincha-Tulley, C. Whitlock, 2001: *Thirtymile Fire. Accident Investigation Factual Report*. U. S. Department of Agriculture, Forest Service, p. 95.
 8. Goldammer, J. 1991: *Land use and fire risk. The Interface of Forest, Agricultural Land, Wildlands and Residential Areas*, Joint Committee on Forest Technology Management and Training, Seminar on Forest fire prevention, land use and people. Athens.
 9. Hoelzemann, J. J., M. G. Schultz, G. P. Brasseur, C. Granier, M. Simon, 2004: *Global Wildland Fire Emission Model (GWEM): Evaluating the use of global area burnt satellite data*. *Journal of Geophysical Research*, Vol 109, p. 1-18. doi:10.1029/2003JD003666.
 10. Jurjević, P., D. Vuletić, J. Gračan, G. Seletković, 2009: *Šumski požari u Republici Hrvatskoj (1992-2007)*. *Šumarski list br*, Vol 133, No (1-2), p. 63-72.
 11. Pičman, D., T. Pentek, 1998: *Relativna otvorenost šumskog područja i njena primjena pri izgradnji šumskih protupožarnih prometnica*, *Šumarski list*, Vol. 122, No (1-2), p. 19-30.
 12. Pičman, D. 2007: *Šumske prometnice*, *Šumarski fakultet Sveučilište u Zagrebu*. p. 460. Zagreb.
 13. Rothermel, R. C. 1993: *Mann Gulch fire: a race that could not be won*. Gen. Tech. Rep. INT-299. Ogden, UT: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station, p. 10.
 14. Sever, Z. 2016: *Analiza primjene vatrogasnih vozila na protupožarnim cestama*. *Diplomski rad*, *Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu*. Zagreb.
 15. Stephenson, N. L. et al. 1991: *Restoring natural fire to the sequoia mixed conifer forest: should intense fire play a role?* *Proc. Tall Timbers Fire Ecol. Conf* 17, p. 321-337.
 16. Španjol, Ž. 1996: *Biološko-ekološke i vegetacijske posljedice požara u borovim sastojinama i njihova obnova*. *Disertacija*, *Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu*, p. 360.
 17. Španjol, Ž., R. Rosavec, D. Barčić, 2011: *Vegetacijske prilike i gorivi materijal na Kornatu vezano uz kornatski požar 30. kolovoza 2007. godine*. *Vatrogastvo i upravljanje požarima*, Vol 1, No (1-2), p. 4-11.
 18. Thomas, P. A., R. McAlpine, 2010: *Fire in the Forest*, Cambridge University Press, p. 225. New York.

19. Tomašević, I., V. Vučetić, 2014: *Ocjena požarne sezone 2013. godine i usporedba s požarnom sezonom 2012. godine. Vatrogastvo i upravljanje požarima, Vol 4, No (1), p. 19-35.*
20. Viegas, D. X. 2004: *On the existence of a steady-state regime for slope and wind driven fire, International Journal of Wildland Fire, Vol 13, No (1), p. 101-117.*
21. Viegas, D. X., L. P. Pita, L. Ribeiro, P. Palheiro, 2005: *Eruptive fire behavior in past fatal accidents, Eight International Wildland Fire Safety Summit. Missoula, MT, p. 1-8.*
22. Viegas, D. X., D. Stipaničev, L. Ribeiro, L. P. Pita, C. Rossa, 2008: *The Kornati fire accident – eruptive fire in relatively low fuel load herbaceous fuel conditions. Modelling, Monitoring and Management of Forest Fires. WIT Transactions on Ecology and the Environment, Vol 119, p. 365-375. doi: 10.2495/FIVA080361.*
23. Vodarić, B. 2014: *Sinoptički i satelitski parametri u analizi velikih šumskih požara u Hrvatskoj. Diplomski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb. p. 54.*
24. Vučetić, M. & V. Vučetić, 2011: *Analiza opasnosti od požara za vrijeme kornatskog požara 30. kolovoza 2007. Vatrogastvo i upravljanje požarima, Vol 1, No (1–2), p. 12–25.*
25. *Pravilnik o zaštiti šuma od požara (Narodne novine 33/2014) Official Gazette of the Republic of Croatia (33/2014).*
26. *Pravilnik o postupku za ostvarivanje prava na sredstva iz naknade za korištenje općekorisnih funkcija šuma za izvršene radove u šumama (Narodne novine 46/18) Official Gazette of the Republic of Croatia (46/2018).*
27. *Pravilnik o načinu prikupljanja podataka, sadržaju i vođenju Upisnika te uvjetima korištenja podataka o šumskim požarima (Narodne novine 82/2019) Official Gazette of the Republic of Croatia (82/2019).*
28. *Zakon o šumama (Narodne novine 68/2018) Official Gazette of the Republic of Croatia (68/2018).*
29. *Zakon o vatrogastvu (Narodne novine 125/2019) Official Gazette of the Republic of Croatia (125/2019).*
30. *Zakon o zaštiti od požara (Narodne novine 92/2010) Official Gazette of the Republic of Croatia (92/2010).*
31. URL:<http://www.fire.uni-freiburg.de/eurofire/Euro-Fire-Training-Materials-EF2-Techniques-BCMS.pdf> (15.12.2020.)

Primljeno: 03. prosinca 2020. godine

Received: December 03, 2020

Prihvaćeno: 27. prosinca 2020. godine

Accepted: December 27, 2020