

ANALIZA PROTUPOŽARNIH MJERA I TROŠKOVA U ZAŠTITI ŠUMA NA PODRUČJU KRŠA REPUBLIKE HRVATSKE

ANALYSIS OF FIRE PROTECTION MEASURES AND FOREST PROTECTION COSTS IN THE KARST AREA OF THE REPUBLIC OF CROATIA

Damir BARČIĆ¹, Matija LUKINIĆ², Stjepan POSAVEC^{3*}

SAŽETAK

U radu su analizirane mjere potrebne za protupožarnu zaštitu i s njima povezani troškovi koji se odnose na razdoblje prije, za vrijeme i poslije požara. Razvidno je da se troškovi povećaju u uvjetima učestalih požara. Stoga je nužno intenzivirati preventivne mjere i radove koji mogu smanjiti rizik od nastanka požara otvorenog prostora i utjecati na smanjenje površine zahvaćene požarom. U radu su navedene preventivne mjere koje bi se trebale provesti svake požarne sezone radi učinkovitosti sustava protupožarnih aktivnosti. Naime, njihova učinkovitost izravno može utjecati na smanjenje ukupnih troškova prilikom gašenja požara jer je potrebna manja potrošnja i korištenje resursa u vatrogastvu. Troškovi su visoki kada se uzima u obzir vatrogasna intervencija zemaljskih snaga koja se povećava sudjelovanjem protupožarnih zrakoplova. Ključno razdoblje u kojem preventivne mjere trebaju biti uspješno provedene je tijekom požarne sezone od 1. lipnja do 30. rujna. Također, svako ulaganje u preventivne mjere u šumarstvu smanjuje troškove sanacije požarišta te obnove šuma i šumskih zemljišta.

KLJUČNE RIJEČI: preventivne mjere, požari, suzbijanje, štete, zaštita

UVOD INTRODUCTION

Ugroženost šuma od požara na sredozemnom dijelu dinarskog krša povećava se zadnjih desetljeća slično kao i na cijelom području Sredozemlja. Naime, sve zemlje u sredozemnom bazenu dijele slično bioklimatsko područje i biogeografsku rasprostranjenost tipova vegetacije (Rivas Martinez i dr., 2011). Također, imaju slične požarne režime, kao i pojavu, učestalost i intenzitet požara u požarnoj sezoni (Heyerdahl i dr., 2011). Prema Moreira i dr. (2011) i Curt i dr. (2020), požarni režimi pogoršali su se od 50-ih godina prošlog stoljeća radi napuštanja ruralnih prostora, pojačane urbanizacije, smanjene obrade i površina pod po-

ljoprivrednim kulturama i nasadima. Na taj način akumulira se sve više gorive tvari. Na dinarskom kršu Hrvatske mogu se uočiti slični procesi. Sredozemni dio krša više je ugrožen, ali povećana opasnost i rizik pojave požara sve su izraženiji i na gorskom području krša. S aspekta šumarstva, ti su procesi rijetko u ravnoteži jer stočarstvo kao dominantna tradicionalna poljoprivredna djelatnost na dinarskom kršu kroz povijest zajedno s karakteristikama mediteranske klime često je vodilo do devastacije vegetacije i degradacije tla (Fuerst Bjeliš, 2018). To je izraženo u uvjetima dugotrajnog, višestoljetnog utjecaja ispaše i razvoja golih krških kamenjara. Povijesni zapisi iz 18. i 19. stoljeća opisuju Dalmatinsku zagoru kao „stjenovitu visoravan koja je gotovo

¹ Prof. dr. sc. Damir Barčić, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, Zavod za ekologiju i uzgajanje šuma, Zagreb, Hrvatska

² Matija Lukinić, mag. ing. silv., Zagreb

³ Prof. dr. sc. Stjepan Posavec, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, Zavod za izmjeru, daljinska istraživanja i uređivanje šuma, Zagreb, Hrvatska

*Dopisni autor: Stjepan Posavec, email: sposavec@sumfak.unizg.hr

kao pustinja” (Yriarte, 1883; Modrich, 1892). Međutim, sve značajniji utjecaj na nastanak i širenje požara otvorenog prostora danas imaju klimatski čimbenici. Pojava ekstremno suhih i vrućih ljeta pogoduje razvoju i širenju požara otvorenog prostora. Požari u Hrvatskoj ne događaju se samo duž jadranske obale. U drugom desetljeću 21. stoljeća bilo je velikih šumskih požara i u unutrašnjosti kontinenta (Kuraži i Vučetić, 2015), što je u skladu s rezultatima indeksa opasnosti od požara raslinja koji su otkrili značajno povećanje procjene opasnosti u ovim područjima koja su se nekoć smatrale sigurnima od takvih katastrofalnih događaja (Barešić, 2011; Čavlina Tomašević i dr., 2022).

Taj je utjecaj posebno naglašen u posljednjih nekoliko desetljeća u kojima je prisutan generalni trend povećanja požarom zahvaćenih površina, učestalosti požara, intenziteta i žestine požara. Šumski požar svaka je pojava nekontrolirane vatre. Pojava najvećeg broja požara izravno je vezana uz ljudske djelatnosti. Smatra se da je više od 95 % požara uzrokovano čovjekovim djelovanjem, dok je samo 5 % ili manje posljedica gromova. Tih 95 % požara možemo podijeliti na one izazvane namjerno i nemarom. Namjerno podmetnuti požari ne prelaze 5 % dok su svi ostali uzrokovani nemarom (Španjol, 1996). Prirodni čimbenici koji utječu na požare otvorenog prostora mogu biti vegetacijski, reljefni, geološki, geomorfološki i pedološki. Kako bi se donekle regulirala pojavnost vatre (požara) i odredili postupci djelovanja u slučaju njene pojave, Vlada Republike Hrvatske donijela je 2010. godine Zakon o zaštiti od požara (NN 92/10) te, na temelju članka 13. stavka 2. Zakona o vatrogastvu (NN 106/99), 2001. godine „Plan intervencija kod velikih požara otvorenog prostora na teritoriju Republike Hrvatske”. Na temelju Zakona o zaštiti od požara (NN 92/10), 2014. godine donesen je i Pravilnik o zaštiti šuma od požara (NN 13/14). Hrvatski sabor je 2022. godine donio Zakon o izmjenama Zakona o zaštiti požara (NN 114/2022). Također, prije svake požarne sezone donosi se Program aktivnosti u provedbi posebnih mjera zaštite od požara od interesa za Republiku Hrvatsku. To je temeljni izvršni dokument koordinacije i provedbe godišnjih aktivnosti tijela sustava domovinske sigurnosti, ministarstava, tijela državne uprave, javnih ustanova, jedinica lokalne i područne (regionalne) samouprave, udruga građana te drugih organizacija i tijela uključenih u provedbu mjera zaštite od požara. Program aktivnosti dopunjen je i prijedlozima kratkoročnih mjera temeljenih na zaključcima održane završne analize prethodne požarne sezone u Republici Hrvatskoj. Hrvatska vatrogasna zajednica nadležna je za izradu, upućivanje u postupak donošenja, izvršenje, koordiniranje, praćenje, usklađivanje i usmjeravanje svih aktivnosti vezanih uz provedbu ovoga Programa. Cilj će se postići odgovarajućim poduzimanjem širokog raspona preventivnih mjera (šumarskih, agronomskih, organizacijskih, promidžbenih i inspeksijskih) za sprječavanje na-

stanka požara (a time i smanjenje broja požara) i razvojem odgovarajućih elemenata (u ljudstvu, tehnici i opremi) operativnih snaga za gašenje požara. Zajedničkim djelovanjem i provedbom preventivnih i operativnih mjera u konačnici bi se trebalo utjecati na smanjenje broja požara te podržati trajno održivi razvoj ekosustava. Program aktivnosti usklađen je sa Zakonom o klimatskim promjenama i zaštiti ozonskog sloja (NN 127/19) i s načelima, tj., osnovnim ciljevima, prioritetima i mjerama utvrđenim u Strategiji prilagodbe klimatskim promjenama u Republici Hrvatskoj za razdoblje do 2040. godine s pogledom na 2070. (NN 46/20). Jedinice lokalne samouprave obvezne su sukladno izrađenom Planu motriteljsko-dojavne službe u svim gradovima odnosno općinama na jadranskom području prije i tijekom turističke sezone ustrojiti i opremiti potrebnom opremom izvidničko-preventivne ophodnje. Obveznici donošenja planova motriteljsko-dojavne službe (gradovi, općine, Hrvatske šume d.o.o. i javne ustanove nacionalnih parkova) obvezni su dostaviti svoje planove teritorijalno nadležnim županijama i vatrogasnim zajednicama županije koji iste trebaju objediniti i uskladiti. Konačni županijski plan motriteljsko-dojavne službe, izvidničko-preventivnih ophodnji i popis građevina i površina koje su planom čuvanja predviđene za čuvanje, vatrogasne zajednice županija dužne su dostaviti Hrvatskoj vatrogasnoj zajednici.

Cilj istraživanja – Research goal

U radu je cilj istražiti i prikazati postojeći sustav zaštite od požara, posebno analizirajući sve potrebne mjere zaštite i troškove. Istraživanje se odnosi i na sadašnju primjenu i korištenje novih tehnologija u preventivnoj zaštiti. U radu se žele analizirati troškovi prije požarne sezone i oni tijekom i poslije požarne sezone. Cilj je jasno interpretirati potrebnu infrastrukturu, zatim troškove povezane sa zaštitom od požara i obnovom nakon požara. Premda požari otvorenog prostora ne obuhvaćaju samo šumske požare, oni su u smislu troškova i procjena šteta najznačajniji.

Rezultati istraživanja s raspravom – Research results with discussion

S obzirom na to da su klimatske projekcije koje upućuju na povećanje rizika pojave požara u uvjetima zatopljivanja učestale (Di Virgilio i dr., 2019; Čavlina Tomašević i dr., 2022), bit će nužno ozbiljno ulagati u preventivne mjere u šumarstvu i drugim djelatnostima s ciljem smanjivanja rizika i povećanja učinkovitosti sustava koji ne obuhvaća samo vatrogasnu zajednicu. Većina požara nastaje uglavnom u ljetnim mjesecima (srpanj-rujan) i uglavnom (oko 70 %) u dnevnom razdoblju od 11 do 17 sati (Španjol i Vučetić, 2014). Međutim, postoji i proljetna požarna sezona na našem sredozemnom području koja je prvenstveno vezana uz poljodjelske radove koji se odvijaju od veljače do travnja. Broj proljetnih požara iznosi više od 30 % od ukupnog go-

Tablica 1. Preventivne mjere u zaštiti šuma i šumskog zemljišta od požara otvorenog prostora**Table 1.** Preventive measures in the protection of forests and forest land from open space fires

TEHNIČKE MJERE TECHNICAL MEASURES	1 – Baze podataka <i>Data bases</i>	a – Klimatološke – <i>Climatological</i> b – Vegetacijske – <i>Vegetation</i> c – Geološko-morfološke – <i>Geological-morphological</i> d – Pedološke – <i>Pedological</i>
	2 – Obrada podataka <i>Data processing</i>	a – Statistička – <i>Statistical</i> b – Kartiranje (GIS) – <i>Mapping (GIS)</i> c – Model ugroženosti pojedinih površina – <i>The threat model for individual surfaces</i> d – Planovi zaštite od požara – <i>Fire protection plans</i>
	3 – Informiranje i edukacija javnosti <i>Informing and educating the public</i>	a – Pisani materijali – <i>Written materials</i> b – Znakovi upozorenja – <i>Warning signs</i> c – Promidžbeni filmovi – <i>Promotional films</i> d – Predavanja – <i>Lectures</i> e – Izložbe – <i>Exhibitions</i>
	4 – Motriteljsko – dojavna služba <i>Monitoring and reporting service</i>	a – Ophodnje (more, kopno, zrak) – <i>Patrols (sea, land, air)</i> b – Osmatranje (fiksne motrilice) – <i>Observation (fixed fire lookouts)</i>
	5 – Oprema i tehnika <i>Equipment and technique</i>	a – Odjeća, obuća i vatrogasna oprema – <i>Clothing, footwear and firefighting equipment</i> b – Vatrogasna vozila – <i>Firefighting vehicles</i> c – Helikopteri – <i>Helicopters</i> d – Zrakoplovi – <i>Airplanes</i> e – Specijalni brodovi – <i>Special ships</i> f – Sustavi veza – <i>Connection systems</i>
	6 – Gradnja infrastrukturnih objekata <i>Construction of infrastructural facilities</i>	a – Šumske ceste – <i>Forest roads</i> b – Protupožarni putevi – <i>Fire protection roads</i> c – Motrilice – <i>Fire lookouts</i>
BIOLOŠKE MJERE BIOLOGICAL MEASURES	1 – Njega sastojina (čišćenje podstojne etaže, orezivanje donjih grana, prorede) <i>Stand care (cleaning the understory, pruning of lower branches, thinning)</i>	
	2 – Uklanjanje mrtvog gorivog materijala – iznošenje iz šume, korištenje strojeva za usitnjavanje (iverači) ili kontrolirano spaljivanje (potrebno detaljno elaborirati s obzirom na osjetljivost postupka) <i>Removal of dead fuel material – removal from the forest, use of chipping machines (chippers) or controlled burning (necessary to elaborate in detail considering the sensitivity of the procedure)</i>	
	3 – Izrada i održavanje protupožarnih prosjeka i putova <i>Creation and maintenance of fire prevention forest tracks and roads</i>	
	4 – Izrada i održavanje šumskih (protupožarnih) cesta <i>Construction and maintenance of forest (fire protection) roads</i>	
	5 – Čišćenje i održavanje rubnih pojasa uz javne prometnice i željezničke pruge <i>Cleaning and maintenance of forest edge zones along public roads and railway lines</i>	
	6 – Čišćenje i uspostava sigurnosnih visina i udaljenosti na trasama elektroenergetskih vodova <i>Cleaning and establishment of safety heights and distances on the routes of electric power lines</i>	
	7 – Održavanje i uređivanje postojećih izvora vode u šumama <i>Maintenance and renovation of existing water sources in forests</i>	
	8 – Uspostava zaštitnih pojasa listača između šumskih kultura četinjača, kao i poljoprivrednih površina; sadnja teže zapaljivih šumskih vrsta <i>Establishment of protective belts of deciduous trees between conifer forest cultures, including agricultural areas; planting of less flammable forest species</i>	
	9 – Sadnja mješovitih šumskih kultura <i>Planting of mixed forest species</i>	
	10 – Šumsko-uzgojnim mjerama prevoditi niže uzgojne oblike (garige, makije, šikare) u više uzgojne oblike (panjače, sjemenjače) <i>By applying silvicultural measures, convert lower cultivation forms (gariges, maquis, scrub) into higher cultivation forms (coppices, high forest)</i>	
	11 – Organizirano i nadzirano spaljivanje korova na poljoprivrednim površinama budući da je to razlog nastanka preko 70 % požara otvorenog prostora <i>Organized and supervised burning of weeds on agricultural land, since this is the cause of more than 70% of open space fires</i>	

dišnjeg broja požara. Iako su česti, proljetni požari najčešće su kontrolirani te nisu velikih razmjera kao oni u ljetnim mjesecima, a često pomažu u očuvanju otvorenih staništa, najčešće poljoprivrednih površina. Šumski požari u obalnom dijelu Hrvatske tijekom ljetnih mjeseci često poprimaju katastrofalne značajke te uništavaju šume i poljoprivredna zemljišta, a nerijetko ugrožavaju naseljena mjesta i ljudske živote. U smislu prevencije i za procjenu meteorološke opasnosti od požara raslinja u Hrvatskoj koristi se kanadski model opasnosti od šumskih požara; *Canadian Forest Fire Weather Index* (FWI, van Wagner 1974, 1987). Model se primjenjuje od 1981. godine u Državnom hidrometeorološkom zavodu. Sezonska žestina (SSR) posljednja je komponenta kanadskog modela, a koristi se kao pokazatelj potencijalne sezonske meteorološke opasnosti od požara raslinja (DHMZ, 2023).

Španjol i Vučetić (2014) navode preventivne mjere zaštite od požara (Tablica 1) unutar *Integralnog modela zaštite šuma od požara* (model uz preventivne uključuje još i kurativne mjere). Istovremeno, preventivnim šumsko-uzgojnim radovima prema Pravilniku o zaštiti šuma od požara (NN 33/2014) smatraju se: 1. njega sastojina; 2. pravodobna procedura 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. ostali preventivno uzgojni-radovi u šumskim predjelima koji su ispresijecani prometnicama. Isti radovi obvezni su za provođenje 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 na mediteranskom području, organizaciji i provođenju zaštite šuma od požara daje se posebno značenje (Jurjević i dr., 2009).

Šumske prometnice možemo definirati kao građevinske objekte na kojima se odvija promet. Dije se prema različitim kriterijima: s obzirom na namjenu, položaj u sastojini, tehnička svojstva i drugo. Prema vrsti šumskih prometnica razlikujemo primarne i sekundarne šumske prometnice. Primarne šumske prometnice trajni su građevinski objekti koji osiguravaju stalan promet motornih vozila u svrhu obavljanja zadataka predviđenih Planom gospodarenja, a u njih ubrajamo šumske ceste. Sekundarne šumske prometnice obuhvaćaju građevinske objekte koji periodično služe za obavljanje zadataka propisanih Planovima gospodarenja. U sekundarne šumske prometnice ubrajamo: traktorske vlake, traktorske puteve i žične linije (Pičman, 2007). Mediteranske šume u odnosu na kontinentalne specifične su po velikoj zastupljenosti degradiranih površina, niskoj i manje vrijednoj drvnjoj zalihi, malom prirastu, niskom etatu, velikoj opasnosti od nastanka požari te cilju i značajkama gospodarenja (Cindrić, 2019). S obzirom na sve navedeno, uz jadransko (sredozemno) područje vezane su posebne šumske ceste – šumske protupožarne ceste. Pravilnikom o

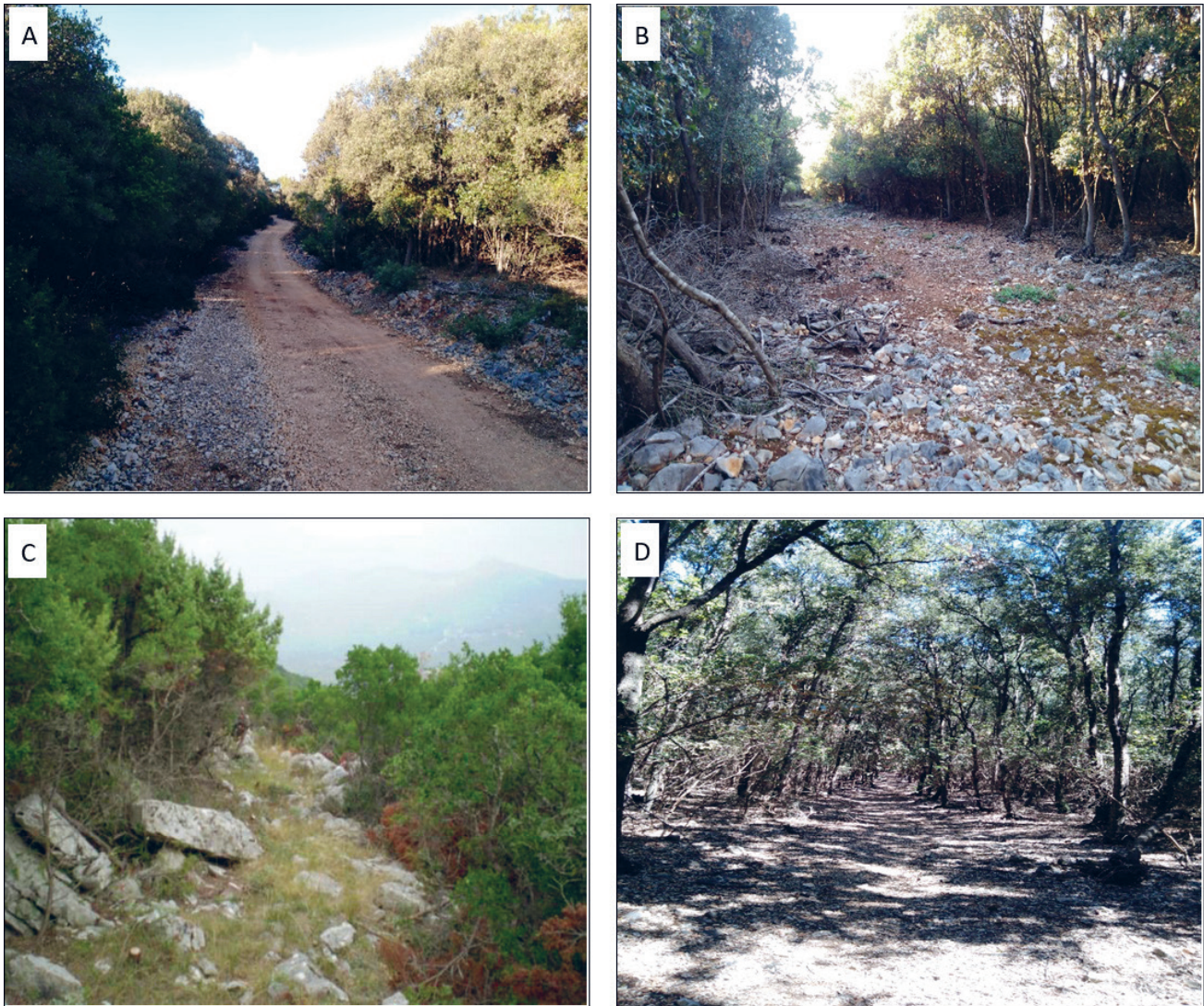
zaštiti šuma od požara (NN 33/2014) sljedeće vrste prometnih putova ubrajamo u protupožarne ceste:

- Protupožarna prosjeka – predstavlja presječen prostor u šumi u obliku pruge, očišćen od niskog raslinja i grmlja, širine 4 – 15 m bez elemenata šumske ceste.
- Protupožarna prosjeka s elementima šumske ceste – presječen prostor unutar šume, očišćen od raslinja i grmlja, širine 4 – 15 m s prisutnim elementima šumske ceste čija je osnovna namjena omogućiti prolazak i dolazak vatrogasnih vozila do požarišta.
- Protupožarni put – šumska staza koja se koristi za prolazak vatrogasaca i priručne vatrogasne tehnike do požarišta; preuska je za prolaz vozila.

Također, ovdje se prema Barčić i dr. (2020) mogu dodati i klasične šumske ceste čija namjena na sredozemnom kršu je u velikoj mjeri protupožarna, ali i najprikladnija za pristup sastojinama i gašenju požara. Slika 1. ukazuje na različitost protupožarnih putova jer su neki dostupni za sva vozila, a neki samo za pristup ljudi bez vozila. Naravno, bitno je spomenuti i razlike, tj. troškove u njihovom održavanju i gradnji jer je mreža šumskih prometnica različita i dijeli se prema Šikiću i dr. (1989) te Papa i dr. (2015) ovisno o značenju (glavne, sporedne, prilazne, spojne), prometnom opterećenju (bruto tona/24 sata), veličini i učestalosti transporta drvne mase i konfiguraciji terena (ravničarske, prigorsko-brdske, planinske šumske ceste). Trošak ukupne cijene izgradnje šumske ceste po kilometru može se kretati ovisno o gore navedenim preduvjetima od 7.300,00 do 96.500,00 eura (Dabić, 2021).

Troškovi obnove šuma i šumskog zemljišta nakon požara određuju se prema Šumsko-odštetnom cjeniku (NN 37/15) koji je donesen na temelju članka 59. stavka 2. Zakona o šumama (NN 140/05, 94/14, 68/18). U skladu s Cjenikom, šumskom infrastrukturom smatraju se: šumske prometnice, vlake, stalne žičare, zaštitne ograde, rampe, protupožarne osmatračnice, znakovi upozorenja, znakovi zabrane, drugi objekti u šumama namijenjeni prvenstveno gospodarenju i zaštiti šuma te šumska obilježja i oznake (oznake granica posjeda, oznake gospodarske podjele, oznake na drvnim sortimentima). Cjenik propisuje mjerila prema kojima se izračunava i određuje naknada za šumsku štetu. Šumskom štetom smatraju se sve štete koje su nanijete šumi, šumskom zemljištu, šumskim drvnim i nedrvnim proizvodima te šumskoj infrastrukturi od strane fizičke ili pravne osobe. Poslijepožarna obnova, tj. obnova štete nakon požara može se prikazati kroz troškove podizanja nove sastojine. Prema Šumsko-odštetnom cjeniku (NN 37/15) troškovi su sljedeći (Tablica 2. i 3.):

Prije troškova podizanja novih sastojina, a nakon pojave visokih požara, potrebno je napraviti i sanaciju požarišta. Sanacija se prema Dubravac i dr. (2015) provodi s obzirom na stanje vegetacijskog pokrova (degradacijski stupanj, mo-



A – Šumska protupožarna cesta (*Forest fire protection road*), foto: D. Barčić; B – Protupožarna prosjeka s elementima šumske ceste (*Fire line with forest road elements*), foto: D. Barčić; C – Protupožarna prosjeka (*Fire line*), foto: Z. Sever; D – Protupožarni put (*Fire trail*), foto: D. Barčić

Slika 1. Šumska prometna infrastruktura
Figure 1. Forest infrastructure

gućnost samoobnove i oštećenost vegetacije) i tla (količina tla, podložnost eroziji). Tako se mogu podijeliti i šumsko-uzgojni zahvati kojima se štite i obnavljaju vegetacija i tlo na sanitarnu sječú preostale vegetacije i na mjere zaštite i očuvanja tla prvenstveno od erozijskih procesa. Nakon tih kratkoročnih mjera slijede dugoročne mjere. S obzirom na stanje sastojine i uspjeh obnove imamo sljedeće opcije daljnjih postupaka sa sastojinom: prirodna obnova (sukcesija vegetacije), potpomognuta prirodna obnova i aktivna prirodno-umjetna obnova (Dubravac i dr., 2015). U Tablicama 2. i 3. potrebno je istaknuti kako od ukupnih troškova podizanja sastojine crnog bora i primorskog bora priprema staništa iznosi 15,90 % i 19,80 % ukupnih troškova. Uz sadnju sadnog materijala i kasniju njegu to predstavlja najveće troškove u podizanju sastojine.

Poseban dio predstavljaju troškovi gašenja koji su uvijek neusporedivo veći od sredstava uloženi u preventivne

mjere. Cjenikom vatrogasnih intervencija (NN 74/2021) koji glavni vatrogasni zapovjednik donosi na temelju članka 120. stavka 5. Zakona o vatrogastvu (NN 125/19), određuju se jedinični troškovi gašenja požara kao što je prikazano u Tablici 4. Cijene koje se navode u ovom Cjeniku izražene su bez poreza na dodanu vrijednost.

Protupožarnim zrakoplovnim sustavom u Republici Hrvatskoj upravlja protupožarna eskadrila Hrvatskog ratnog zrakoplovstva. Prema podacima iz 2011. godine Hrvatsko ratno zrakoplovstvo raspolaže s flotom od 12 protupožarnih zrakoplova od kojih su: 6 Canadair CL-415, Air Tractor AT-802 A i 1 Air Tractor AT-802 F (Mustapić, 2011).

Cijena jednog CL-415 iznosi oko 35 milijuna USD, a procijenjeni vijek trajanja je 30 godina. Analizirani trošak nabave korištenjem standardnih postupaka Vlade SAD-a iznosi oko 1,5 milijuna USD/god. u 30 godina. Godišnji trošak održavanja uključujući troškove goriva, pilota i ser-

Tablica 2. Troškovi podizanja sastojine crnog bora**Table 2.** Costs of establishing a black pine stand

Rad – tehnologija <i>Work – Technology</i>	Normativ <i>Normative</i>	Rad/jed. mj./količina <i>Work/unit of measure/quantity</i>	Trošak €/ha <i>Cost €/ha</i>	Postotak <i>Percentage</i>
Priprema staništa – ručno <i>Stand preparation - manually</i>	15 rd/ha	ručno-strojni rad <i>manual-machine work</i>	1.619,00	15,9
Priprema strojno/riperanje <i>Stand preparation by machine/undermining</i>	1,2500 Sd/ha	stroj + priključak <i>machine + equipment</i>	863,00	8,5
Postavljanje zaštitne ograde <i>Installation of protective fence</i>	1 km/2.669 €	125 m/ha	334,00	3,3
Sadnja sadnog materijala – sadnice ob. korijena <i>Planting – seedling in container</i>	20 Nd/ha	3.000 kom./crni bor <i>3.000 seedling/black pine</i>	3.297,00	32,4
Popunjavanje sadnjom sadnica <i>Filling by planting seedlings</i>	20% površine <i>land area</i>	600 kom./ crni bor <i>600 seedling/black pine</i>	659,00	6,5
Njega borovih kultura (njega + okopavanje) <i>Tending of pine cultures (tending + hilling)</i>	22,65 Nd/ha	rad ručnim alatom <i>working with manual tools</i>	1.881,00	18,5
Njega orezivanjem grana <i>Tending with pruning branches</i>	12 Nd/ha	rad ručnim alatom <i>working with manual tools</i>	989,00	9,7
Suzbijanje biljnih štetnika mehanički <i>Mechanical control of plant pests</i>	5 Nd/ha	ručni rad <i>manual work</i>	301,00	2,9
Zaštita od biljnih bolesti i štetnika <i>Protection against plant diseases and pests</i>	0,2000 Sd/ha	119,45 €/ha × 2	239,00	2,3
Trošak podizanja kultura borova I. dobni razred (sadnja sadnica) <i>Costs of establishing pine cultures, age class I (planting seedlings)</i>			10.182,00	100
Uređivanje šuma/revizija + obnova Osnove <i>Forest management/revision + creation of Management Plan</i>	2 godine	13 €/ha	27,00	
Čuvanje šuma <i>Protection of forests</i>	20 godina	7 €/ha	138,00	
Sveukupno troškovi podizanja I. dobni razred/do 20 godina <i>Total costs of establishment, age class I/up to 20 years</i>			10.347,00	

Napomena: rd = ručno-strojni rad, Sd = potreban broj strojo-dana, Nd = potreban broj radniko-dana

Remark: rd = manual-machine work, Sd = required number of machine days, Nd = required number of working days

visa iznosi 1,5 milijuna USD, čime se ukupni trošak povećava na 3 milijuna USD, ne uključujući takse niti dobit vlasnika i operatera zrakoplova (Keating i dr., 2012). Kao realistični podaci o trošku sata leta i cijeni izbačene vode po m³ mogu se prihvatiti oni koji su navedeni prema analizi tijekom požarnih sezona, tj. 81.600 kn/h = 10.830,18 eura/h leta, odnosno 2.230 kn/m³ = 295,97 eura/m³ izbačene vode. Cijena uzima u obzir kapitalni trošak nabave zrakoplova (Regent i dr., 2018). Razlika u cijeni navedenog autora i službenog Cjenika za let zrakoplova vjerojatno je u određenim varijabilnim troškovima koji se ne prikazuju u Cjeniku.

Kao primjer troškova gašenja požara može se navesti požar iz 2016. godine u blizini Rijeke, u kojem su sudjelovale i zračne snage. Dana 30.7.2016. eskadrila koju su činila 4 zrakoplova Canadaira gasila je seriju od 7 požara niskog raslinja. Požari su bili izazvani kočenjem vlaka na potezu pruge između Meje i Škrljeva u blizini Rijeke. Prema podacima Vatrogasnog operativnog središta Državne uprave za zaštitu i spašavanje, angažman četiri zrakoplova na požarištu trajao je ukupno 7 sati i 10 minuta (Radetić-Tomić, 2016). Trošak gašenja požara iznosio je za 7 sati x 81.600 kn/h = 571.200 kuna ili 75.811,27 eura.

Za prikaz ukupnih troškova i šteta mogu se koristiti i neke standardizirane metodologije. Jedna od takvih čija je svrha formiranje procjena ili metoda za procjenu troškova i šteta kako bi se dobili određeni proračun i vrijednosti. Može se koristiti C+NVC modeliranje kojim se može procijeniti ekonomski teret šumskih požara, a izrađen je prema Thomas i dr. (2017). Praćenje ekonomskog opterećenja šumskih požara moglo bi se koristiti za procjenu povrata ulaganja uloženi u intervenciju sprječavanja nastanka šumskih požara.

Troškovi su podijeljeni u 4 kategorije:

- Troškovi prevencije požara
- Troškovi ublažavanja požara
- Troškovi vezani uz suzbijanje požara
- Međusektorski troškovi (tj. kategorije koje se uklapaju u više kategorija).

Ekonomski aspekt šumskih požara, posebice ideja učinkovitog upravljanja šumskim požarima, nije nova. Headley (1916) je uveo raspravu o djelotvornosti, učinkovitosti i gubicima u vezi sa suzbijanjem požara, a analize su i kasnije nastavljene (Simard, 1976 i Gorte, 2013). Predstavljanje funkcionalnog odnosa između troškova i neto štete (NVC)

Tablica 3. Troškovi podizanja sastojine primorskog bora**Table 3.** Costs of establishing a maritime pine stand

Rad – tehnologija <i>Work – Technology</i>	Normativ <i>Normative</i>	Rad/jed. mj./količina <i>Work/unit of measure/quantity</i>	Trošak €/ha <i>Cost €/ha</i>	Postotak <i>Percentage</i>
Priprema staništa – ručno <i>Stand preparation – manually</i>	15 rd/ha	ručno-strojni rad <i>manual-machine work</i>	1.619,00	19,8
Priprema strojno/riperanje <i>Stand preparation by machine/undermining</i>	1,2500 Sd/ha	stroj + priključak <i>machine + equipment</i>	863,00	10,6
Postavljanje zaštitne ograde <i>Installation of protective fence</i>	1 km/2.669 €	125 m/ha	334,00	4,1
Sadnja sadnog materijala – sadnice ob. korijena <i>Planting – seedlings in containers</i>	12,79 Nd/ha	1.000 kom./pr. borovi <i>1.000 seedlings/maritime pine</i>	1.615,00	19,7
Popunjavanje sadnjom sadnica <i>Filling by planting seedlings</i>	20 % površine <i>land area</i>	200 kom./ pr. borovi <i>200 seedlings/maritime pine</i>	334,00	4,1
Njega borovih kultura (njega + okopavanje) <i>Tending of pine cultures (tending + hilling)</i>	22,65 Nd/ha	rad ručnim alatom <i>working with manual tools</i>	1.881,00	23,0
Njega orezivanjem grana <i>Tending with pruning branches</i>	12 Nd/ha	rad ručnim alatom <i>working with manual tools</i>	989,00	12,1
Suzbijanje biljnih štetnika mehanički <i>Mechanical control of plant pests</i>	5 Nd/ha	ručni rad <i>manual work</i>	301,00	3,7
Zaštita od biljnih bolesti i štetnika <i>Protection against plant diseases and pests</i>	0,2000 Sd/ha	119,45 €/ha × 2	239,00	2,9
Trošak podizanja kultura borova I. dobni razred (sadnja sadnica) <i>Costs of establishing pine cultures, age class I (planting seedlings)</i>			8.174,00	100
Uređivanje šuma/revizija + obnova Osnove <i>Forest management/revision + creation of Management Plan</i>	2 godine	13 €/ha	27,00	
Čuvanje šuma <i>Protection of forests</i>	20 godina	7 €/ha	138,00	
Sveukupno troškovi podizanja I. dobni razred/do 20 godina <i>Total costs of establishment, age class I/up to 20 years</i>			8.339,00	

Napomena: rd = ručno-strojni rad, Sd = potreban broj strojo-dana, Nd = potreban broj radniko-dana

Remark: rd = manual-machine work, Sd = required number of machine days, Nd = required number of working days

Tablica 4. Jedinični troškovi gašenja požara**Table 4.** Unit costs of firefighting

Upotreba vatrogasnih vozila <i>Use of firefighting vehicles</i>		Iznos (€/sat) <i>Amount</i>
1. VOZILA ZA GAŠENJE POŽARA I SPAŠAVANJE		
<i>1. Firefighting vehicles and rescue vehicles</i>		
<i>1.1. Vatrogasna vozila za gašenje požara</i>		
<i>1.1. Firefighting vehicles for extinguishing fires</i>		
1.	Manje vatrogasno vozilo (GP1, GP1T) <i>Smaller firefighting vehicle</i>	33,18
2.	Veće vatrogasno vozilo (GP2, GP2T) <i>Larger firefighting vehicle</i>	39,82
3.	Manje vatrogasno vozilo s vodom (GPV1, GPV1T) <i>Smaller firefighting vehicle with water</i>	53,09
4.	Veće vatrogasno vozilo s vodom (GPV2, GPV2T) <i>Larger firefighting vehicle with water</i>	53,09
5.	Vatrogasno vozilo s visokotlačnom pumpom; GPV/VT <i>Firefighting vehicle with high pressure pump</i>	53,09
6.	Manje navalno vatrogasno vozilo (NV1, NV1T) <i>Smaller naval firefighting vehicle</i>	53,09
7.	Veće navalno vatrogasno vozilo (NV2, NV2T) <i>Larger naval firefighting vehicle</i>	53,09
8.	Manje vatrogasno vozilo – autocisterna (AC1) <i>Smaller firefighting vehicle – tank truck</i>	53,09
9.	Veće vatrogasno vozilo – autocisterna (AC2) <i>Larger firefighting vehicle – tank truck</i>	53,09

10.	Šumsko vozilo (Š1) <i>Forest vehicle</i>	39,82
11.	Šumsko vozilo (Š2) <i>Forest vehicle</i>	39,82
12.	Šumsko vozilo (ŠM) <i>Forest vehicle</i>	39,82
1.2. Posebna vatrogasna vozila za gašenje požara		
1.2. Special firefighting vehicles for extinguishing fires		
13.	Manje navalno vatrogasno vozilo za gašenje vodom i pjenom te spašavanje (NVT1) <i>Smaller naval firefighting vehicle for water and foam extinguishing and rescue</i>	53,09
14.	Veće navalno vatrogasno vozilo za gašenje vodom i pjenom te spašavanje (NVT2) <i>Larger naval firefighting vehicle for water and foam extinguishing and rescue</i>	59,73
15.	Veće navalno vatrogasno vozilo za gašenje vodom i pjenom (NV3) <i>Larger naval firefighting vehicle for water and foam extinguishing</i>	59,73
16.	Veće vatrogasno vozilo – autocisterna AC3 <i>Larger firefighting vehicle - tank truck</i>	53,09
17.	Šumsko vozilo (Š3) <i>Forest vehicle</i>	39,82
18.	Šumsko vozilo (Š4) <i>Forest vehicle</i>	39,82
19.	Vatrogasno vozilo za gašenje požara pjenom u kemijskim industrijama (GPP) <i>Firefighting vehicle for extinguishing fires with foam in chemical industries</i>	59,73
20.	Manje vatrogasno vozilo za gašenje požara prahom (GPS1) <i>Smaller firefighting vehicle for extinguishing fires with powder</i>	39,82
21.	Veće vatrogasno vozilo za gašenje požara prahom (GPS2) <i>Larger firefighting vehicle for extinguishing fires with powder</i>	59,73
22.	Manje vatrogasno vozilo za gašenje požara vodom, pjenom i prahom (GPVPS1) <i>Smaller firefighting vehicle for extinguishing fires with water, foam and powder</i>	59,73
23.	Veće vatrogasno vozilo za gašenje požara vodom, pjenom i prahom (GPVPS2) <i>Larger firefighting vehicle for extinguishing fires with water, foam and powder</i>	66,36
24.	Vatrogasno vozilo za gašenje požara prahom i ugljikovim dioksidom (GPS/CO ₂) <i>Firefighting vehicle for extinguishing fires with powder and carbon dioxide</i>	66,36
25.	Vatrogasno vozilo za gašenje požara vodom, pjenom, prahom i CO ₂ (GPV/P/S/CO ₂) <i>Firefighting vehicle for extinguishing fires with water, foam, powder and carbon dioxide</i>	66,36
2. LETJELICE		
2. Aircraft		
	PC-9M	2.718,40
	CI-415	9.541,32
	AT-802	3.383,99
	ZLIN 242 L	1.060,57
	helikopter Mi-171Sh <i>Helicopter</i>	6.498,14
	helikopter Mi-8 MTV-1 <i>Helicopter</i>	7.011,16
3. USLUGE VATROGASNE POSTROJBE		
3. Fire department services		
	Rad vatrogasca (uključujući vozača vatrogasnog vozila) <i>The work of a firefighter (including the driver of a firefighting vehicle)</i>	19,91
	Prijeđeni put većim vatrogasnim vozilom (preko 3 t nosivosti) <i>Distance covered by a larger firefighting vehicle (over 3 t capacity)</i>	2 €/km
	Prijeđeni put manjim vatrogasnim vozilom (do 3 t nosivosti) <i>Distance covered by a smaller firefighting vehicle (to 3 t capacity)</i>	1,33 €/km

za određeno područje može biti teško. Prednost analize većeg opsega je dostupnost više podataka za parametrizaciju jednadžbe neto štete na što ukazuju Thomas i dr. (2017). Model na Grafikonu 1. nastao je prema modelu C+L (troškovi + gubici) i revidiran je nekoliko puta (npr. Gorte i

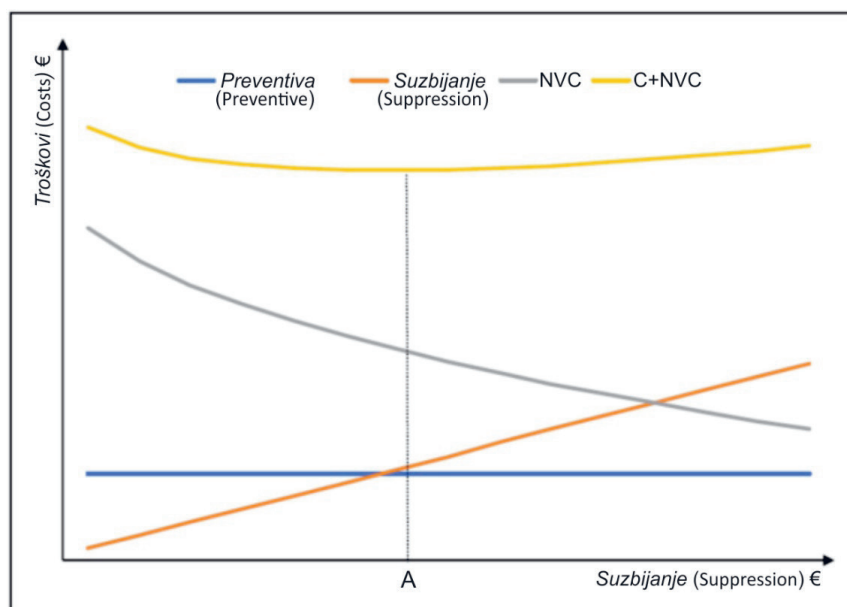
Gorte, 1979 i Gorte, 2013). Nadalje, Simard (1976) prepoznaje da neki utjecaji požara mogu biti korisni (npr. ekološke koristi) te predlaže doradu modela C+L. Nakon toga zamijenjen je modelom „trošak plus promjena neto vrijednosti” ili C+NVC.

Štete izazvane šumskim požarima uključuju izravne štete ili gubitke kao što su smrtni slučajevi, ozljede i oštećenja infrastrukture zajedno s neizravnom štetom kao što je prekid poslovanja, gubitak komunalnih usluga i utjecaj na ekosustav (Thomas i dr., 2017). Izravne štete uglavnom uključuju one predmete i živote koji su izgubljeni kao izravna posljedica požara, npr. kuće koje su spaljene, civile koji su ozlijeđeni i drvenu masu koja je uništena. Prema tome, izravne štete primarno se dijele na: smrtno slučajeve povezane s izloženosti vatri, smrtno slučajeve povezani s izlaganjem dimu i ostale koji uključuju različite negativne respiratorne učinke na osobe u čestom kontaktu s požarima, poput povećanog rizika od smrtnosti (pojava i rizik od karcinoma). Osim navedenih šteta tu su još i ozljede uzrokovane gašenjem požara, učinci na psihičko zdravlje vatrogasaca i civila, štete vezane uz požare koje zahvaćaju infrastrukturu, ekološke štete te štete na drvenoj masi. U neizravne štete mogu se ubrojiti sve dalekosežne ekonomske posljedice osim početnih šteta. Poduzeća mogu biti izgubljena ili zatvorena na duže vrijeme, vitalna infrastruktura može biti uništena, prirodna katastrofa može otjerati bazu kupaca ili potpuno promijeniti gospodarstvo regije, radnici mogu biti dislocirani itd. (Thomas i dr. 2017).

Novije tehnologije u preventivnim mjerama trebaju obuhvatiti mjere nadzora i osmatranja te se u tu svrhu primjenjuju primjerice daljinska istraživanja (satelitsko praćenje, videonadzor, termokamere, besposadni zrakoplovni sustavi i sl.). Satelitima Terra, Aqua i MSG (Meteosat Second Generation) snima se stanje tla pomoću uređaja MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectrometer*) i SEVIRI (*Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager*). Iz njihovih snimaka računaju se proizvodi za otkrivanje požara, odnosno tzv.

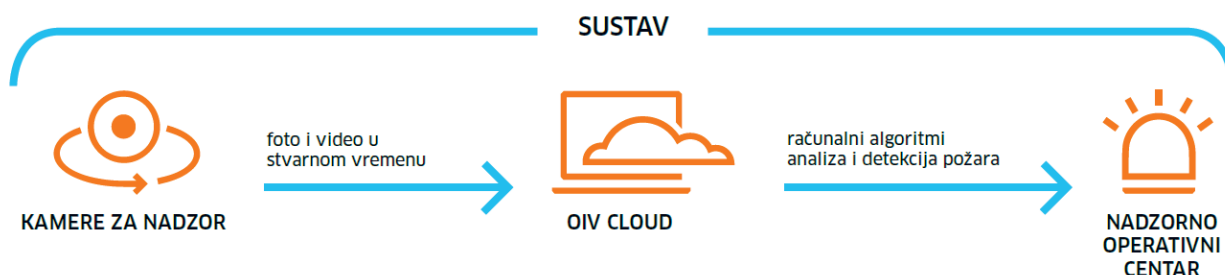
vrućih točaka, temperatura tla (LST, *Land Surface Temperature*). Sateliti Sentinel posebno su projektirani kako bi zadovoljili potrebe usluga programa Copernicus i njihovih korisnika. Lansiranjem satelita Sentinel-1A 2014. godine Europska unija krenula je s realizacijom plana da do 2030. godine u orbitu postavi konstelaciju od gotovo 20 dodatnih satelita. Na razini Europske unije postoji Europski informacijski sustav za šumske požare (EFFIS) koji se sastoji od modularnog internetskog geografskog informacijskog sustava koji daje informacije u gotovo stvarnom vremenu te starije informacije o šumskim požarima i sustavima za nadzor šumskih požara u Europi, na Bliskom istoku i u sjevernoj Africi. Praćenje požara putem EFFIS-a obuhvaća cijeli požarni ciklus, a usluga pruža informacije o uvjetima prije požara i procjene štete nakon njega. EFFIS je uspostavila Europska komisija (EK) u suradnji s nacionalnim vatrogasnim upravama radi pružanja potpore službama za zaštitu šuma od požara u Europskoj uniji i susjednim zemljama te radi pružanja usklađenih informacija o šumskim požarima u Europi službama Europske komisije i Europskom parlamentu.

U nove tehnologije spada i IPNAS inteligentni sustav za daljinski protupožarni nadzor otvorenog prostora i automatsko rano otkrivanje šumskog požara (Stipaničev, 2021). To se postiže analizom slika kamere u vidljivom dijelu spektra tijekom dana, a u bliskom infra-crvenom 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. U primjeni novih tehnologija u Hrvatskoj iznimno važnu ulogu ima inteligentni sustav za ranu detekciju požara poduzeća Odašiljači i veze d.o.o. OIV Fire



Grafikon 1. Grafički prikaz modela C+NVC prema Donovanu i Rideoutu (2003)

Graph 1. Graphic representation of the C+NVC model according to Donovan and Rideout (2003)



Slika 2. Shematski prikaz rada OIV Fire Detect AI (www.oiv.hr)

Figure 2. Schematic representation of the operation of OIV Fire Detect AI (www.oiv.hr), surveillance cameras photo and video in real time computer algorithms of fire analysis and detection supervisory operation center

Detect AI (AI softver za detekciju dima tijekom dana i vatre u noćnim uvjetima) je nadzorno-komunikacijski sustav za rano otkrivanje požara na udaljenim i nedostupnim lokacijama namijenjen svim službama čiji su svrha i cilj zaštita šumskih i poljoprivrednih površina te spašavanje osoba i imovine. Prve motriteljske kamere (panoramske 360 HD kamere) ugrađene su 2015. godine. Video i fotografije daju sliku u realnom vremenu i pohranjuju se u podatkovnom centru. Koristeći računalne algoritme radi se analiza i detekcija požara te se informacije upućuju u nadzorno operativni centar. Integracija i koordinacija informacija i rada odvija se u operativnom vatrogasnom zapovjedništvu.

Sustav čine tri cjeline (www.oiv.hr):

1. video kamere na antenskim stupovima
2. OIV Cloud podatkovni centar i aplikacija
3. nadzorno operativni centar.

Neke od glavnih prednosti ovog sustava su mogućnost pokrivanja 360° nadzornog područja, na udaljenosti od čak 10 km u automatskom načinu rada. Također, sustav detektira pojavu dima danju i plamena noću. Jedna od većih prednosti je mogućnost komunikacije na prostorima izvan razvijenih urbanih sredina, što omogućuje stabilan rad cijelog sustava uz otklanjanje potencijalnih smetnji bez potrebe izlaska na teren.

U navedenim uvjetima ključan dio je uvezivanje svih dionika u organizacijskom smislu s pravovremenim i provjerenim informacijama tijekom požarne sezone jer godišnji program aktivnosti obuhvaća pedesetak pravnih subjekata uz jedinice lokalne i područne (regionalne) samouprave.

ZAKLJUČAK CONCLUSION

Šumski ekosustavi mogu se učinkovito čuvati povećanim preventivnim mjerama i radovima, tj. pravilnim i pravovremenim šumsko-uzgojnim mjerama. U tom slučaju i povećani broj požara neće utjecati na ključan podatak, a to je prosječno manje površina zahvaćenih jednim požarom. Ključno razdoblje u kojem preventivne mjere trebaju pokazati uspješnu provedbu je tijekom trajanja požarne se-

zone od 1. lipnja do 30. rujna. Svako ulaganje u preventivu trebalo bi smanjiti i troškove gašenja požara otvorenog prostora. Oni su visoki kada se uzima u obzir sama vatrogasna intervencija zemaljskih snaga koja se povećava sudjelovanjem protupožarnih zrakoplova. Intenzitet i veličina požara kasnije stvara velike troškove i u šumarstvu radi sanacije požarišta i obnove, tj. troškova podizanja sastojina. Troškovi i štete od šumskog požara mogu se kategorizirati u: a) prevenciju, b) ublažavanje, c) suzbijanje i d) međusektorske štete (tj. one kategorije koje se uklapaju u više kategorija). Štete su kategorizirane u izravne i neizravne.

U radu su analizirani troškovi gašenja požara i podizanja novih sastojina, prema dostupnim podacima. Potrebno je napomenuti da različita državna tijela, agencije i ministarstva vode zasebne izračune šteta od požara. Tako u izračun nisu uključene neizravne štete koje nastaju na šumskim površinama u privatnom vlasništvu. Također, nisu uključeni troškovi radova koji nastaju sanacijom požarišta nakon nekoliko godina, radi naknadne erozije tla. U pojedinim turističkim destinacijama, nakon požara dolazi do manje potražnje za smještajem i dio turista napušta ugrožena područja, što predstavlja indirektni trošak za lokalnu zajednicu. Sve ovo upućuje na međusektorsko praćenje direktnih i indirektnih troškova zaštite od požara, kako bi se dobio uvid u stvarne troškove mjera zaštite i sanacije (Posavec i dr., 2023). U rezultatima rada prikazan je trošak gašenja požara 7 sati avionom u iznosu od 75.811,27 eura. Ovom trošku treba pridodati trošak podizanja borove sastojine od 10.347,00 ili 8.339,00 eura po hektaru, uz dodane troškove vatrogasnih postrojbi na terenu, prethodnu izgradnju pristupnih cesta i njihovo održavanje (10-90.000 eura/km) te dugogodišnje praćenje i sanaciju požarišta kao direktne troškove. Svi ostali troškovi koji uključuju dugotrajan gubitak općekorisnih šuma rijetko se kada obračunavaju, a njihov značaj gotovo uvijek prevladava gospodarsku vrijednost šume (Posavec i dr., 2021) jer se prilikom procjene šteta izračunava trenutna šteta po hektaru koja se računa prema Šumsko-odštetnom cjeniku (NN 37/15). U cilju otklanjanja opasnosti od nastajanja i širenja požara, a time i smanjenja šteta koje požari uzrokuju, nužno je da državna

tijela, javne ustanove, jedinice lokalne uprave i samouprave, udruge građana, razna državna poduzeća (posebno tvrtka Hrvatske šume d.o.o.), sredstva javnog informiranja i svi drugi subjekti zaštite od požara odgovorno provode zakonom i drugim aktima propisane mjere zaštite koje su u njihovoj nadležnosti.

ZAHVALA ACKNOWLEDGEMENTS

Rad je napisan u sklopu diplomskog rada kolege Matije Lukinića pod naslovom: Analiza protupožarnih mjera i troškova na mediteranskom području krša Hrvatske. Obranjen je na Fakultetu šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu 8.7.2022. godine. Kolega Mario Šango, dipl. ing. šum. pomogao je u tehničkoj pripremi rada.

LITERATURA REFERENCES

- Barčić, D., Došlić, A., Rosavec, R., Ančić, M., 2020: Klasifikacija i ponašanje šumskih požara u protupožarnoj zaštiti. *Vatrogastvo i upravljanje požarima*. Vol. X, br. 1-2, 25-46.
- Barešić, D., 2011. The Impact of Climate Change on the Potential Risk of Forest Fires in Croatia, Master Thesis, Faculty of science, University of Zagreb, Zagreb, Croatia (in Croatian).
- Cindrić, A., 2019: Prikaz dostupnosti protupožarne tehnike obzirom na postojeću šumsku protupožarnu infrastrukturu. Diplomski rad, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu. 48 str.
- Curt, T., Aini, A., Dupire, S., 2020: Fire Activity in Mediterranean Forests (The Algerian Case). *Fire*, 3, 58; <https://doi.org/10.3390/fire3040058>
- Čavlina Tomašević, I., Cheung, K.K.W., Vučetić, V., Fox-Hughes, P., 2022: Comparison of Wildfire Meteorology and Climate at the Adriatic Coast and Southeast Australia. *Atmosphere*, 13, 755; <https://doi.org/10.3390/atmos13050755>
- Dabić, G., 2021: Analiza troškova izgradnje šumskih cesta na nagnutim terenima i mogućnost njihove racionalizacije. Diplomski rad, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu. 58 str.
- DHMZ, 2023: Odabrana poglavlja osmog nacionalnog izvješća Republike Hrvatske prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih naroda o promjeni klime (UNFCCC). Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske. Zagreb, 43 str.
- Di Virgilio, G., Evans, J.P., Blake, S.A.P., Armstrong, M., Dowdy, A.J., Sharples, J., McRae, R., 2019: Climate change increases the potential for extreme wildfires. *Geophys. Res. Lett.* 46, 8517–8526.
- Donovan, G.H., Rideout, D.B., 2003: A Reformulation of the Cost Plus Net Value Change (C+NVC) Model of Wildfire Economics. *Forest Science*, Vol. 49, No.2, 318-323.
- Dubravac, T., Hrvoj, B., Oradini, A., 2015: Brošura o obnovi vegetacije i staništa. Preporuke za upravljanje biomasom nakon požara. Hrvatski šumarski institut i Centro studi italiano geomantica. Zagreb, 22 str.
- Fuerst Bjeliš, B., 2018: Deforestacija i reforestacija u Hrvatskome dinarskom kršu: odnosi i implikacije. *Ekonomika i ekohistorija*, Vol. XIV, br. 14, 136-144.
- Gorte, J.K., Gorte, R.W. 1979: Application of Economic Techniques to Fire Management—A Status Review and Evaluation. USDA Forest Service Technical Report. INT-53. 26 str.
- Gorte, R., 2013: The Rising Cost of Wildfire Protection. *Headwater Economics*, University of New Hampshire. <http://headwaterseconomics.org/wildfire/fire-costs-background/>, 15 str.
- Headley, R., 1916: Fire Suppression District 5. USDA Forest Service. Washington, DC. 58 str.
- Heyerdahl, E.K., Brubaker, L.B., Agee, J.K., 2001: Spatial controls of historical fire regimes: A multiscale example from the interior west, USA. *Ecology*, 82, 660–678.
- Jurjević, P., Vuletić, D., Gračan, J., Seletković, G., 2009: Šumski požari u Republici Hrvatskoj (1992-2007). *Šumarski list* br. 1–2, CXXXIII, 63-72.
- Keating, E.G., Morral, A.R., Price, C.C., Woods, D., Norton, D.M., Panis, C., Saltzman, E., Sanchez, R., 2012: Air Attack Against Wildfires: Understanding U.S. Forest Service Requirements for Large Aircraft, Rand, Santa Monica. <https://www-researchgate.net/publication/326889308>
- Kuraži, D., Vučetić, V., 2015: Vremenska analiza velikog šumskog požara na Strahinjčici u ožujku 2012. *Vatrogastvo i upravljanje požarima*, Vol V, br. 1, 5-16.
- Modrich, G., 1892: La Dalmazia romana, veneta, moderna: note e ricordi di viaggio, Torino-Roma.
- Moreira, F.; Viedma, O.; Arianoutsou, M.; Curt, T.; Koutsias, N.; Rigolot, E.; Barbati, A.; Corona, P.; Vaz, P.; Xanthopoulos, G. 2011: Landscape–wildfire interactions in southern Europe: Implications for landscape management. *J. Environ. Manag.* 92, 2389–2402.
- Mustapić, M., 2011: Model organizacije operative protupožarnog zrakoplovstva u Republici Hrvatskoj, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti. 78 str.
- Papa, I., Pentek, T., Nevečerel, H., Lepoglavec, K., Đuka, A., Šafran, B., Risović, S., 2015: Raščlamba tehničkih značajki i sustava odvodnje postojećih šumskih cesta radi utvrđivanja potrebe njihove rekonstrukcije – studija slučaja za g.j. „Belevine“ NPŠO Zalesina. *Šumarski list*, 11–12: 497–519.
- Pičman, D., 2007: Šumske prometnice. *Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu*, 460 str.
- Posavec, S., Barčić, D., Vuletić, D., Vučetić, V., Čavlina Tomašević, I., Pezdevšek Malovrh, Š., 2023: Forest Fires, Stakeholders' Activities, and Economic Impact on State-Level Sustainable Forest Management, *Sustainability*, 15, 16080; 1-24. doi: <https://doi.org/10.3390/su152216080>
- Posavec, S., Brenko, A., Beljan, K., 2021: The value of non-wood forest products for the Croatian bioeconomy, *Austrian Journal of Forest Science*, 138, 4; 279-296.
- Radetić-Tomić, V., 2016: Sezonu obilježio tek jedan veliki požar, *Vatrogasni vjesnik*, br. 8., 28 str.
- Regent, A., Szabo, N., Vinković, M., 2018: O ekonomiji gašenja požara raslinja iz zraka na primjeru Canadair CL-415. *Sigurnost*, 60 (1) 49–56.
- Rivas-Martinez, S.; Rivas-Saenz, S.; Penas Merino, A., 2011: Worldwide Bioclimatic Classification System. *Glob. Geobot.* 1, 1–634.

- Simard, A.J., 1976: Wildland Fire Management: The Economics of Policy Alternatives. Canadian Forest Service Technical Report 15. Ottawa, Ontario. 52 str.
- Stipančević, D., 2021: Centar za istraživanje požara otvorenog prostora Split. Annual of the Croatian Academy of Engineering, (1), 321-337.
- Šikić, D., Babić, B., Topolnik, D., Knežević, I., Božičević, D., Švabe, Ž., Piria, I., Sever, S., 1989: Tehnički uvjeti za gospodarske ceste. Znanstveni savjet za promet Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti, Zagreb, 78 str.
- Španjol, Ž., 1996: Biološko-ekološke i vegetacijske posljedice požara u borovim sastojinama i njihova obnova, Disertacija, Šumarski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
- Španjol, Ž., Vučetić, M., 2014. Požari i suzbijanje požara. U: Izvješće o stanju prirode u Republici Hrvatskoj za razdoblje 2008-2012. Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb, 561 str.
- Thomas, D., Butry, D., Gilbert, S., Webb, D., Fung, J., 2017: The costs and losses of wildfires, A Literature Review. National Institute of Standards and Technology Special Publication 1215. U.S. Department of Commerce. 72 str. <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.1215>
- Van Wagner C.E., 1974: Structure of the Canadian Forest Fire Weather Index. Environment Canada, Canadian Forestry Service, Petawawa Forest Experiment Station, Chalk River, Ontario. Departmental Publication 1333, 49 str.
- Van Wagner C.E., 1987: Development and Structure of the Canadian Forest Fire Weather Index System, Forestry Technical Report, Canadian Forestry Service Headquarters, Ottawa.
- Yriarte, C., 1883: La rive dell Adriatico e il Montenegro: Venezia, Chioggia, Trieste, la Istria, il Quarnero e sue isole, la Dalmazia, il Montenegro, Ravenna, Ancona, Loreto, Foggia, Brindisi, Lecce, Otranto, Milano.
- Cjenik vatrogasnih intervencija *Narodne Novine* 74/2021 (pristupljeno 30.1. 2024) službeni list Republike Hrvatske
- Pravilnik o zaštiti šuma od požara *Narodne Novine* 33/2014 (pristupljeno 23.1. 2024) službeni list Republike Hrvatske
- Strategija prilagodbe klimatskim promjenama u Republici Hrvatskoj za razdoblje do 2040. godine s pogledom na 2070. *Narodne novine* 46/2000 (pristupljeno 25.1. 2024) službeni list Republike Hrvatske
- Šumsko-odštetni cjenik *Narodne Novine* 37/2015 (pristupljeno 23.1. 2024) službeni list Republike Hrvatske
- Zakon o klimatskim promjenama i zaštiti ozonskog sloja *Narodne Novine* 127/2019 (pristupljeno 25.1. 2024) službeni list Republike Hrvatske
- Zakon o vatrogastvu *Narodne Novine* 125/2019 (pristupljeno 25.1. 2024) službeni list Republike Hrvatske
- Zakon o zaštiti od požara *Narodne Novine* 92/2010, 114/22 (pristupljeno 27.1. 2024) službeni list Republike Hrvatske
- Zakona o šumama *Narodne Novine* 68/2018 (pristupljeno 3.2. 2024) službeni list Republike Hrvatske
- URL: <https://oiv.hr/media/1743/oiv-fire-detect-ai-inteligranisustav-za-ranu-detekciju-pozara-0219.pdf> (pristup 22.6.2022.)

SUMMARY

The paper analyzes measures necessary for fire protection and the associated costs related to the period before, during and after the fire. It is obvious that costs increase in conditions of frequent fires. Therefore, it is necessary to intensify preventive measures and works that can reduce the risk of fires in open space and affect the reduction of the area affected by fire. This paper offers a list of preventive measures that should be implemented during every fire season for the sake of the effectiveness of the system of firefighting activities. Namely, their effectiveness can directly affect the reduction of total costs when extinguishing fires, because less consumption and use of resources in firefighting is required. The costs are high when the firefighting intervention of ground forces is taken into account, which is increased by the participation of firefighting aircraft. The key period in which preventive measures should be successfully implemented is during the fire season from June 1 to September 30. Also, any investment in preventive measures in forestry reduces the costs of rehabilitating fire areas and restoring forests and forest land.

KEY WORDS: preventive measures, fires, suppression, damages, protection