Interreg Italia-Slovenija
Karst Firewall 5.0

Cofinanziato dall'Unione europea
Sofinancira Evropska unija

SKUPNI RAZVOJ STRATEGIJ PRILAGODITVE NA GOZDNE POŽARE V ČEZMEJNEMU KARSTNEMU OBMOČJU

O.1.1

KARST FIREWALL 5.0

Adattamento innovativo al cambiamento climatico basato sugli ecosistemi nella Ministrstvo za Okolje in Prostor del Carso. Promuovere una silvicoltura resistente agli incendi con il supporto di Industria 5.0

Inovativno ekosistemsko-zasnovano prilagajanje podnebnim spremembam na Krasu. Spodbujanje požarno odporne gmajne s podporo industrije 5.0

Il progetto Karst Firewall 5.0 è co-finanziato dall'Unione europea nell'ambito del Programma Interreg VI-A Italia-Slovenia.
Projekt Karst Firewall 5.0 sofinancira Evropska unija v okviru Programa Interreg VI-A Italija-Slovenija.
www.ita-slo.eu/karst-firewall-50

DELIVERABLE INFORMATION	
Acronimo del progetto / Akronim projekta:	**KARST FIREWALL 5.0**
Titolo del progetto / Naslov projekta:	**Adattamento innovativo al cambiamento climatico basato sugli ecosistemi nella Ministrstvo za Okolje in Prostor del Carso. Promuovere una silvicoltura resistente agli incendi con il supporto di Industria 5.0** **Inovativno ekosistemsko-zasnovano prilagajanje podnebnim spremembam na Krasu. Spodbujanje požarno odporne gmajne s podporo industrije 5.0**
Area prioritaria / Prednostno področje:	**Un'Europa più verde e a basse emissioni di carbonio, che si muove verso un'economia a zero emissioni di carbonio e resiliente** **Bolj zelena, nizkoogljična Evropa, ki prehaja na gospodarstvo z ničelno stopnjo neto emisij ogljika in je odporna**
Obiettivo specifico del programma / Specifični cilj programa:	**SO4: Promuovere l'adattamento ai cambiamenti climatici e la prevenzione del rischio di catastrofi e la resilienza, tenendo conto degli approcci ecosistemici.** **SO4: Spodbujanje prilagajanja podnebnim spremembam in preprečevanja tveganja nesreč ter odpornosti ob upoštevanju ekosistemskih pristopov**
URL del sito web del progetto / URL spletne strani projekta:	**https://www.ita-slo.eu/en/karst-firewall-50**
Numero del documento / Številka dokumenta:	KFW50-O11
Titolo del documento / Naslov dokumenta:	SKUPNI RAZVOJ STRATEGIJ PRILAGODITVE NA GOZDNE POŽARE V ČEZMEJNEMU KARSTNEMU OBMOČJU
Obiettivo specifico / Specifični cilj:	Output 1.1
Attività / Aktivnost:	
Partner responsabili (autori) / Odgovorni partnerji (avtorji):	IUAV Università di Venezia (IT) (Granceri Bradaschia, M.; Morassutti G.; Longato D.; Maragno D.; Musco F.)
Partner coinvolti / Sodelujoči partnerji:	Corpo Forestale FVG (IT), Zavoda za gozdove Slovenije (SI), Infordata (IT), ZRC-SAZU (SI)
Stato / Status:	Trst, 30/07/2026
Data / Datum:	

Kazalo

1 UVOD 5
2 PREUČEVANO OBMOČJE 7
3 ANALIZE NEVARNOSTI IN RANLJIVOSTI PRED GOZDNIMI POŽARI 8
4 ANALIZA VERJETNOSTI POŽARNE NEVARNOSTI 11
5 ANALIZA POŽARNE RANLJIVOSTI 13
6 POUDARKI IZ ANALIZ NEVARNOSTI IN RANLJIVOSTI ZARADI POŽAROV V NARAVI 15
7 PRIROČNIK 16
7.1 KAKO UPORABLJATI TA PRIROČNIK 18
7.2 SLOVAR 19
I DEL - UKREPI ZA ZMANJŠANJE TVEGANJA ZARADI POŽAROV V NARAVI 20
8 NEPOSREDNI POSEGI NA TERENU 21
8.1 SELEKTIVNO ODSTRANJEVANJE GORIVA 21
8.2 USTVARJANJE IN VZDRŽEVANJE PROTIPOŽARNIH POSEK 22
8.3 USTVARJANJE IN VZDRŽEVANJE PASOV BREZ VEGETACIJE OKOLI INFRASTRUKTURE IN NASELIJ 23
8.4 DOLOČANJE VARNIH OBMOČIJ ZA SKLADIŠČENJE SEČNIH OSTANKOV 25
8.5 REDČENJE VEGETACIJE Z NADZOROVANIMI POŽARI 26
8.6 UMETNI VODNI ZBIRALNIKI ZA GAŠENJE POŽAROV 27
8.7 VZDRŽEVANJE KRAŠKE GMAJNE 28
8.8 VZDRŽEVANJE IN VIŠANJE SUHIH ZIDOV 30
9 NAČRTOVANJE ODPORNOSTI KRAJINE NA GOZDNE POŽARE 31
9.1 PREPOVED IZDAJE DOVOLJENJ ZA GRADNJO NA OBČUTLJIVIH OBMOČJIH 31
9.2 STANDARDI ZA UPORABO OGNJEVARNIH MATERIALOV 32
9.3 MOZAIČNOST KRAJINE 33
9.4 PLAČILA ZA EKOSISTEMSKE STORITVE (PES) 34
9.5 OBMOČJA ZA POSEGE V GOZDOVIH 36
10 PREPREČEVANJE TVEGANJA IN CIVILNA ZAŠČITA 37
10.1 SISTEMI JAVNEGA OBVEŠČANJA IN ALARMIRANJA PO JAVNIH MOBILNIH OMREŽJIH 37
10.2 OZAVEŠČANJE O NEVARNOSTI ZARADI POŽAROV IN PREDPISI O RAVNANJU V OBDOBJIH NAJVEČJE NEVARNOSTI 38

11 ODKRIVANJE POŽAROV V REALNEM ČASU – EARLY WARNING SYSTEM.....39
11.1 MONITORING GOZDA S SATELITI.....39
11.2 MONITORING GOZDA Z VIDEO NADZOROM.....40
11.3 SENZORJI ZA ZGODNJE ODKRIVANJE POŽAROV.....41
12 VIRI.....42

1 UVOD

Podnebne spremembe vplivajo na požarni režim na Krasu. Zaradi globalnega segrevanja bodo požari v naravi verjetno postali pogostejši in hujši (Dupuy et al., 2020). Sedanje strategije gašenja in upravljanja požarov postajajo manj učinkovite, zato so potrebni novi prilagoditveni pristopi. Projekt Karst Firewall 5.0 obravnava dva izziva na programskem območju: požare v naravi in upravljanje požarov v naravi. Za njuno reševanje namerava razviti inovativne akcijske načrte za ohranitev zdravega čezmejnega območja Krasa/Carso in povečanje njegove odpornosti z mislijo na prihodnost. Glede na čezmejne značilnosti študijskega območja v kraški pokrajini med Italijo in Slovenijo je ključno spodbujati čezmejno sodelovanje med obema državama, da bi obravnavali nujno potrebo po zmanjšanju tveganja požarov v naravi in razvoju strategij pravočasnega odzivanja, kar se je pokazalo ob velikem požaru poleti leta 2022.

Namen projekta je pripraviti podlago za boljši dialog in sodelovanje ne le med akterji, ki so neposredno vključeni v upravljanje in izvajanje strategij odzivanja na požare v naravi na obeh straneh meje, temveč tudi med akterji iz različnih sektorjev in širšo skupnostjo, ki so na nek način prizadeti zaradi posledic požarov v naravi. Na ta način bi lahko bil projekt Karst Firewall 5.0 resnično koristen pri razvoju učinkovitega čezmejnega mehanizma za preprečevanje in obvladovanje požarov v naravi, saj imajo vsi vključeni akterji, od posameznih državljanov in uporabnikov zemljišč do odločevalcev na visoki ravni, pri tem cilju zelo pomembno in dopolnilno vlogo.

Delovni sklop 1, ki se imenuje »Kako narediti Kras manj vnetljiv: konceptualni okvir za zmanjšanje tveganja čezmejnih kraških požarov«, je namenjen razvoju konceptualnega okvira za spodbujanje zmanjšanja tveganja požarov v naravi z vzpostavitvijo čezmejnega sodelovanja za učinkovito in prilagodljivo upravljanje požarov v naravi na kraških območjih. To vključuje izdelavo zemljevidov verjetnosti nevarnosti in ranljivosti zaradi požarov v naravi na projektnem območju. Cilj je osredotočiti se na vpliv prihodnjih podnebnih napovedi na režime požarov v naravi na čezmejnem območju Krasa/Carso. V ta namen sta bila izbrana dva skupna pristopa, in sicer **modeliranje na podlagi maksimalne entropije (MaxEnt) za analizo verjetnosti nevarnosti požarov v naravi** in **analiza večkriterijskih odločitev (MCDA, AHP) za analizo ranljivosti požarov v naravi**.

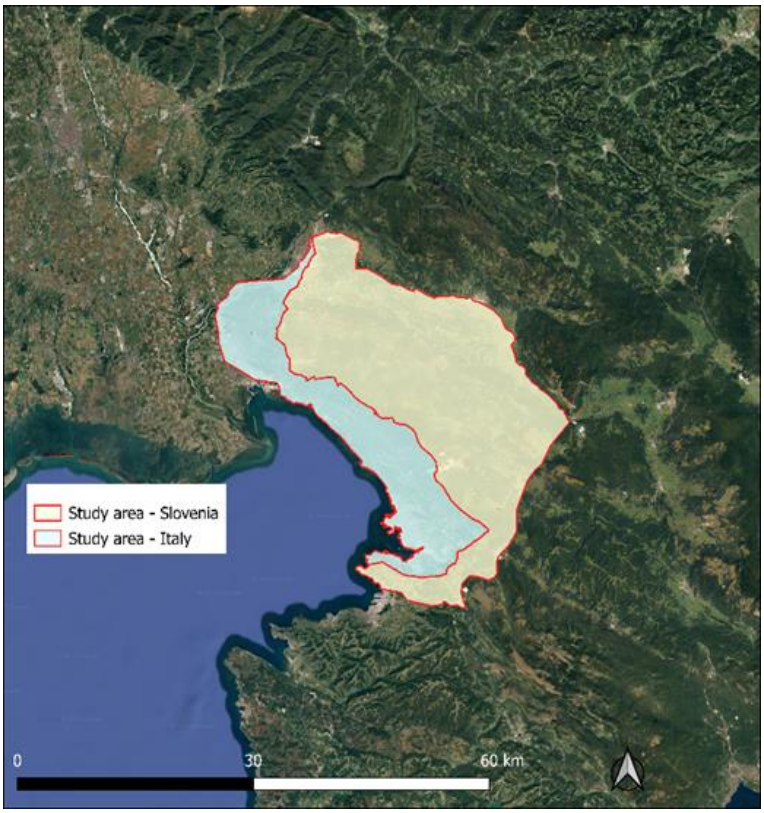
Modeliranje na podlagi Maxenta je zaradi svoje relativne preprostosti postalo zelo priljubljeno in se pogosto uporablja, zlasti na področjih ekologije in biogeografije (Phillips et al., 2006). Uporaba metod ekološkega modeliranja, kot so MaxEnt, posplošeni linearni modeli (ang. *Generalised linear models*; GLM) ali posplošeni aditivni modeli (ang. *Generalised additive* models; GAM), se je že izkazala za uspešno tudi na drugih znanstvenih področjih (npr. naravne nesreče, geografija) za napovedovanje prostorske porazdelitve naravnih pojavov in razumevanje prostorskih vzorcev naravnih procesov. Modeliranje MaxEnt je bilo npr. uporabljeno za napovedovanje prostorske razporeditve jam, kar lahko pomaga pri določanju območij v pokrajini, ki so kritična za pretok v kraškem sistemu podzemne vode (Blitch et al., 2023). V zadnjih letih je bil MaxEnt uspešno uporabljen tudi za oceno požarne ogroženosti, tveganja in verjetnosti v različnih okoljih in je v primerjalnih študijah presegel metode naključnega gozda (ang. *Random forest*) in modeliranje na podlagi GLM (Kim et al., 2019; Mishra et al., 2023; Paudel et al., 2024; Vilar et al., 2016; Yang et al., 2021).

Izdelava karte požarne ogroženosti zahteva oceno številnih različnih dejavnikov. Ker so dejavniki heterogeni in ima vsak določeno stopnjo relativne pomembnosti in se merijo svoj relativni pomen in mersko enoto, je bil za opredelitev območij z večjo/manjšo ranljivostjo izbran prostorsko-eksplicitni GIS-ovski pristop večkriterijske analize odločanja (MCDA) (Malczewski, 2006). V okviru izvedene MCDA je bila za dodelitev uteži, ki prikazujejo relativno pomembnost med izbranimi dejavniki, uporabljena metoda analitičnega hierarhičnega procesa (AHP), ki je ena najpogosteje uporabljenih metod za oceno relativne pomembnosti vseh analiziranih dejavnikov (Gigović in Jakovljević, 2018; Goleiji et al., 2017; Maniatis et al., 2022; Sivrikaya in Küçük, 2022). AHP je prvi teoretično utemeljil Saaty (2002) za primerjavo meril v MCDA in zagotavljanje matematično utemeljene metode za količinsko opredelitev subjektivnih ocen relativne pomembnosti.

Analize požarne nevarnosti in ranljivosti gozdnih požarov na Krasu niso imele zgolj spoznavne vrednosti, temveč so predstavljale empirično osnovo, na kateri je bila zgrajena čezmejna preventivna strategija, razdeljena na vrsto preventivnih ukrepov in ukrepov za hitro odzivanje – od neposrednih posegov na terenu do celostnega prostorskega načrtovanja in sistemov zgodnjega opozarjanja – ki so jih italijanski in slovenski partnerji skupaj opredelili in uskladili kot neposreden operativni odgovor na tveganja in ranljivosti, ugotovljene z analizami.

2 PREUČEVANO OBMOČJE

Območje raziskave zajema zgodovinsko-geografsko območje planote Kras/Carso (Carso v Italiji in Kras v Sloveniji) in njene meje, ki segajo do severnega Jadranskega morja. Razteza se na približno 1000 km^2, pri čemer 30 % ozemlja spada pod Italijo, 70 % pa pod Slovenijo. Območje, na katerem poteka študija, se razteza med 13,47 zemljepisne dolžine in 45,55 zemljepisne širine ter 14,05 zemljepisne dolžine in 45,96 zemljepisne širine (EPSG:4326-WGS84). Za območje je značilno tako zgornje sredozemsko podnebje na obali kot bolj celinsko fitoklimatsko območje v notranjosti. Kras/Carso je klasičen primer kraške planote z apnenčasto podlago, ki se od obale hitro dviga do 350 m nadmorske višine, s hribovitimi grebeni, ki segajo od 400 do 700 m nadmorske višine. Vegetacija se spreminja od obalnih zaplat hrasta črnike (*Quercus ilex*), do združb črnega gabra (*Ostry carpinfolioa*), jesena (*Fraxinus ornus*) in puhastega hrasta (*Quercus pubescens*), ki vse bolj prekriva opuščene suhe kraške pašnike in travnike (Oriolo et al., 2021). Pogoste so zaplate tujerodnih gozdov črnega bora (*Pinus nigra*), ki izvirajo iz prizadevanj za pogozdovanje v 19. stoletju.



Slika 1 Preučevano območje – Italija (levo), Slovenija (desno).

3 ANALIZE NEVARNOSTI IN RANLJIVOSTI PRED GOZDNIMI POŽARI

Za oceno in kartiranje **verjetnosti nevarnosti požarov v naravi** (ang. *wildfire hazard probability*; v nadaljevanju »požarna nevarnost«) smo uporabili modeliranje z MaxEntom, **za ranljivost zaradi požarov** (ang. *wildfire vulnerability*; v nadaljevanju »požarna ranljivost«) pa večkriterijsko analizo odločanja (MCDA) z uporabo analitičnega hierarhičnega procesa (AHP). Pred izvedbo analiz so bile na podlagi razpoložljivih (in primerljivih) čezmejnih podatkov izbrane pojasnjevalne spremenljivke, ki lahko predstavljajo dejavnike, ki prispevajo k nastanku in širjenju požarov v naravi.

Na podlagi pregleda literature (Gigović & Sekulović, 2018; Maniatis et al., 2022; Mishra et al., 2023; Nuthammachot & Stratoulias, 2021; Sivrikaya & Küçük, 2022; Trucchia et al., 2022, 2023; Yang et al., 2021) smo kot potencialne dejavnike, ki vplivajo na požarna nevarnost in ranljivost, izbrali **11 pojasnjevalnih spremenljivk** ter jih uporabili za modeliranje in analize. To je zajemalo spremenljivke, ki odražajo različne **antropogene** (oddaljenost od železnic, cest (glavne ceste, gozdne ceste in pohodniške poti) in naselij), **okoljske** (pokrovnost/raba tal), **klimatske** (padavine in temperatura) in **topografske značilnosti** (ekspozicija, nadmorska višina, naklon, topografski pozicijski indeks (ang. *Topographic Position Index*, TPI), indeks topografske vlažnosti (ang. *Topographic Wetness Index*, TWI). Seznam spremenljivk skupaj z njihovim razponom in viri podatkov je v preglednici 1. Za izračun in obdelavo vseh spremenljivk sta bila uporabljena programa ESRI ArcGIS Pro 3.4.0 (ESRI, Redlands, CA, ZDA) in QGIS 3.40.4 (QGIS Development Team, 2025).

Zaradi čezmejne narave študijskega območja je bilo pri zbiranju in standardizaciji vhodnih podatkov nekaj izzivov. Da bi dosegli čim boljšo prostorsko ločljivost podatkov, smo poskušali čim več podatkov pridobiti od državnih ali regionalnih uradnih služb (preglednica 1). Podatke, ki odražajo antropogene značilnosti smo pridobili od Geodetske uprave Republike Slovenije (GURS) in Infrastrukture za okoljske in prostorske podatke (IRDAT) Avtonomne dežele Furlanije-Julijske krajine (RAFVG). Poleg tega je bil ob spoznanju, da ima Openstreetmap (OSM) popolnejši prikaz pohodniških poti tako v Italiji kot v Sloveniji, cestni sloj integriran z elementi, prenesenimi s strežnika OSM. Antropogene sloje, ki so bili za obe strani na voljo v vektorski obliki, smo najprej združili v en sam sloj za vsako spremenljivko posebej in jih nato rasterizirali. Za izdelavo slojev razdalj smo uporabili orodje za izračun evklidske razdalje..

Za izdelavo sloja pokrovnosti/rabe tal so bili uporabljeni nacionalni in regionalni sloji pokrovnosti/rabe tal, ki so imeli bistveno večjo ločljivost kot evropski podatki Corine Land Cover (CLC).

Zaradi različnih prostorsko-časovnih značilnosti državnih/regionalnih podnebnih podatkov za Italijo in Slovenijo, smo se odločili, da uporabimo podnebne podatke za trenutno (1981–2010) in bližnje prihodnje stanje (2011–2040), ki so na voljo na podatkovnem portalu CHELSA Climate (Brun et al., 2022; Karger et al., 2017). Ker so bili podnebni podatki na voljo v ločljivosti 1 km × 1 km, smo jih pretvorili celično ločljivost 3 m × 3 m. Za izračun topografskih značilnosti smo uporabili digitalni model reliefa (DMR) z ločljivostjo celice 1 m × 1 m, ki smo ga pridobili od Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO) in IRDAT FVG (preglednica 1).

Preglednica 1: Seznam pojasnjevalnih spremenljivk z virom podatkov.

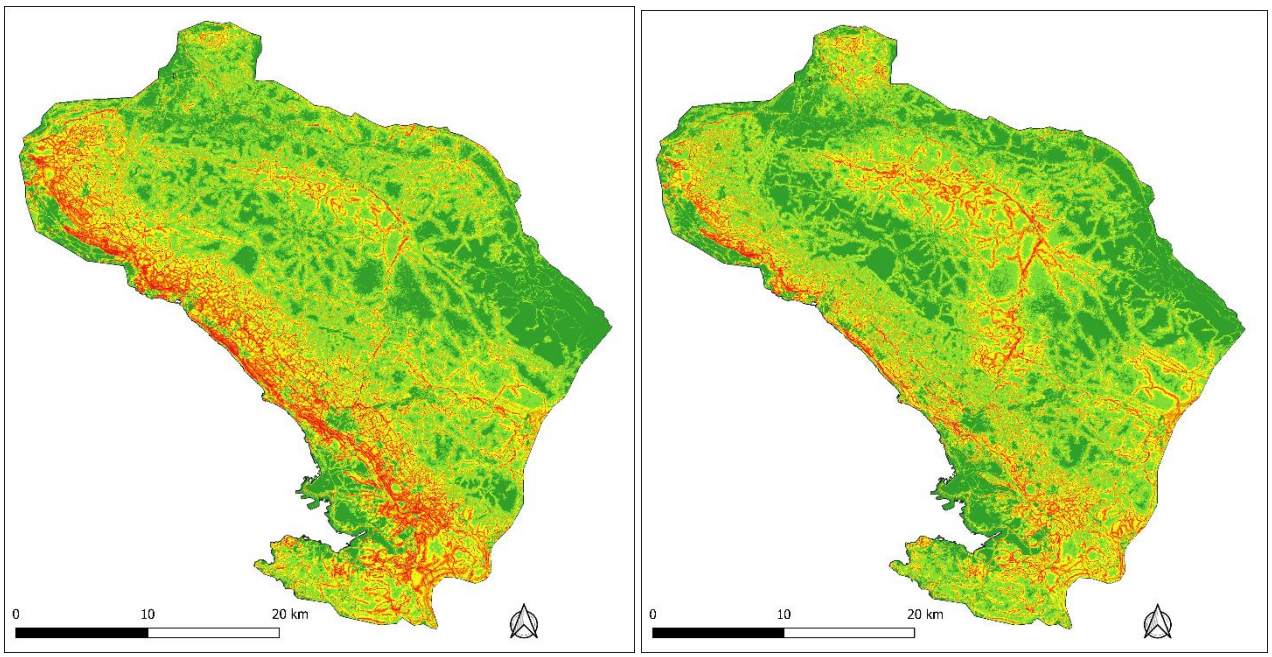
	Spremenljivka	Vir podatkov SLO	Vir podatkov ITA
Antropogene	Oddaljenost od glavnih cest, gozdne cest in pohodniških poti	Podatki Geodetske uprave Republike Slovenije (GURS), Openstreetmap	RAFVG, ISPRA, Insiel S.p.a., Openstreetmap
	Oddaljenost od železnic		
	Oddaljenost od naselij		
Okoljske	Pokrovnost/raba tal	Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (MKGP), Corine Land Cover (CLC)	RAFVG, Corine Land Cover (CLC)
Klimatske	Letna količina padavin (1981–2010)	CHELSA Climate (Brun et al., 2022; Karger et al., 2017)	
	Povprečna letna temperatura zraka (1981–2010)		
	Letna količina padavin (2011–2040)		
	Povprečna letna temperatura zraka (2011–2040)		
Topografske	Ekspozicija	Podatki LiDAR (ločljivost celice 1 m × 1 m), Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO)	Podatki LiDAR (ločljivost celice 1 m × 1 m), RAFVG
	Naklon		
	Topografski pozicijski indeks (TPI)		
	Indeks topografske vlažnosti (TW)		

4 ANALIZA VERJETNOSTI POŽARNE NEVARNOSTI

Končni sloji trenutne in prihodnje požarne nevarnosti so bili klasificirani v pet stopenj požarne ogroženosti (tj. nizka, zmerna, visoka, znatno visoka in izjemno visoka) na podlagi opredeljenega intervala z velikostjo intervala 0,20 (Slika 2). Pet razredov z različnimi stopnjami klasificirane požarne nevarnosti je obsegalo 22,71 %, 38,20 %, 23,00 %, 10,30 % in 5,78 % preučevanega območja (Preglednica 2). Največji delež preučevanega območja pokrivajo območja, ki so razvrščena kot območja z zmerno požarno nevarnostjo, in sicer 38,20 % celotnega območja. Sledila so jim območja z visoko (23,00 %) in nizko (22,71 %) požarno ogroženostjo. Območja z znatno visoko in izjemno visoko požarno nevarnostjo so obsegala 10,30 % oz. 5,78 % (Preglednica 2). Očitno je, da območja, ki so uvrščena med območja z znatno visoko in izjemno visoko požarno nevarnostjo, predstavljajo razmeroma majhen delež (16,08 %) preučevanega območja.

V scenariju prihodnje požarne nevarnosti je pet stopenj predstavljalo 26,83 %, 40,16 %, 21,25 %, 8,24 % in 3,51 % preučevanega območja (Preglednica 2). Podobno kot pri trenutni požarni nevarnosti je največji delež preučevanega območja ostal v kategoriji zmerne požarne nevarnosti, ki je zajemala 40,16 % celotnega območja. Površina kategorije nizka požarna nevarnost se je povečala za 4,12 % na 26,83 %, medtem ko se je kategorija visoka požarna nevarnost nekoliko zmanjšala (na 21,25 %). Delež površin, ki so razvrščene v kategorijo znatno visoke in izjemno visoke požarne nevarnosti, se je zmanjšal za 2,06 % in 2,27 % na 8,24 % oziroma 3,51 % (Preglednica 2). To kaže na premik k nižji požarni nevarnosti v prihodnosti, pri čemer bo manj površin z znatno visoko ali izjemno visoko požarno nevarnostjo.

Pri pregledu vzorcev prostorske porazdelitve je razvidna precejšnja geografska raznolikost požarne nevarnosti na preučevanem območju. Območja z visoko, znatno visoko in izjemno visoko požarno nevarnostjo so večinoma razporejena ob obali in okoli večjih naselij, kjer je gostota cest in železnic največja. Projekcije kažejo, da se bo požarna nevarnost na obalnih območjih zmanjšala, medtem ko se bo na v notranjosti skladno s prihodnjimi podnebnimi scenariji povečala (Slika 2).



Slika 2 Trenutna (levo) in prihodnja (desno) požarna nevarnost na podlagi MaxEnta.

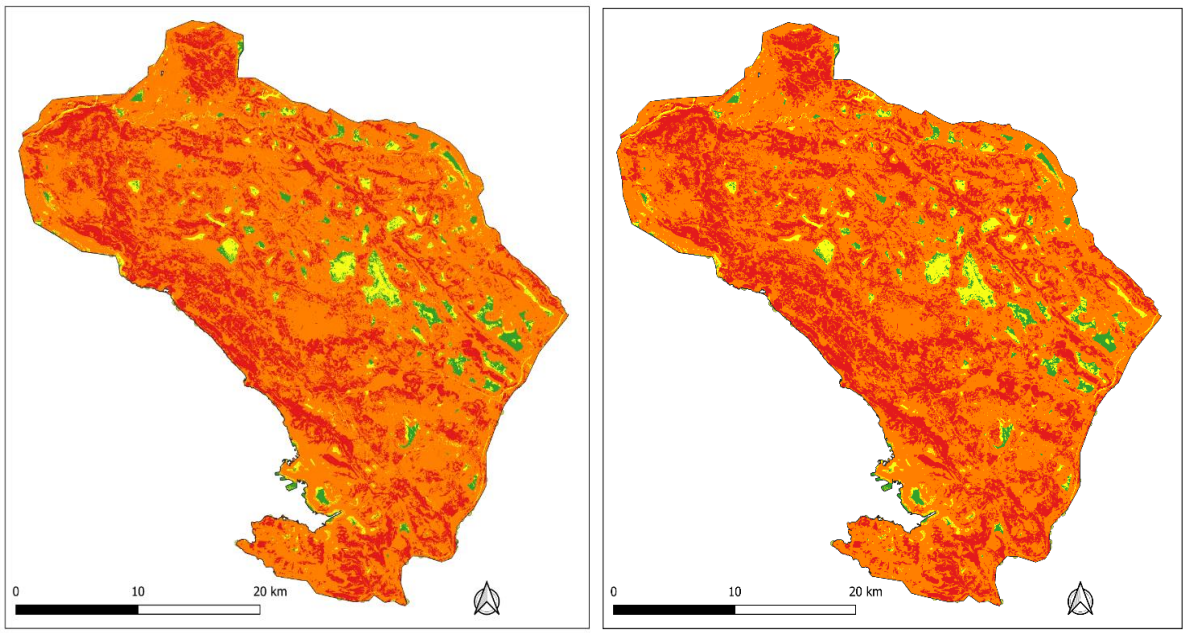
Preglednica 2: Površina (km^2) in delež (%) razredov požarne nevarnosti za trenutno in prihodnjo požarno nevarnost ter razlika na podlagi modeliranja z MaxEntom.

	Trenutna požarna ogroženost		Prihodnja požarna ogroženost		Razlika	
	Površina	Delež	Površina	Delež	Površina	Delež
Nizka	228,36	22,71	269,78	26,83	41,42	4,12
Zmerna	384,10	38,20	403,83	40,16	19,73	1,96
Visoka	231,28	23,00	213,67	21,25	-17,61	-1,75
Znatno visoka	103,60	10,30	82,88	8,24	-20,72	-2,06
Izjemno visoka	58,12	5,78	35,30	3,51	22,82	-2,27
Skupaj	1005,46	100	1005,46	100	/	/

5 ANALIZA POŽARNE RANLJIVOSTI

Postopek parne primerjave AHP je bil uspešno izveden, pri čemer so bili indeksi skladnosti precej pod pragom 0,01. Uteži vsake spremenljivke in njihovih kategorij, ki izhajajo iz AHP, so prikazane v preglednici 11. Najpomembnejša skupina makrodejavnikov so antropogeni dejavniki, kar na splošno dokazuje tudi literatura (Djabri et al., 2024; Gigović in Jakovljević, 2018; Sivrikaya in Küçük, 2022), s skupno utežjo 51 %. Med antropogenimi spremenljivkami je najpomembnejša spremenljivka oddaljenost od cest (37 %), sledita ji oddaljenost od naselij (9 %) in železnice (5 %). Na drugem mestu je okoljska spremenljivka, ki jo predstavlja pokrovnost tal z utežjo 31,5 %. Sledijo topografske spremenljivke z 11,6 % in podnebne spremenljivke s 5,8 %.

Končne karte ranljivosti (Slika 3) kažejo, da v sedanjih podnebnih razmerah pade večina preučevanega območja v razred zelo velike ranljivosti (67 %), sledijo pa mu območja izjemne ranljivosti (25 %; Preglednica 3). S prihodnjimi napovedmi se bodo območja izjemne ranljivosti povečala do 30 % na račun območij zelo visoke ranljivosti (62 %; Preglednica 3).



Slika 3 Zemljevid ranljivosti s sedanjimi podnebnimi razmerami (levo) in prihodnjimi napovedmi (desno).

Preglednica 3: Površina (km^2) in delež (%) razredov požarne ranljivosti za trenutno in prihodnjo požarno ranljivost ter razlika.

	Trenutna ranljivost		Prihodnja ranljivost		Razlika	
	Površina	Delež	Površina	Delež	Površina	Delež
Nizka	0,04	0,004	0,02	0,002	-0,02	-0,001
Zmerna	25,1	2,49	21,2	2,11	-3,86	-0,38
Visoka	44,8	4,46	43,3	4,31	-1,52	-0,15
Znatno visoka	679,4	67,58	630,4	62,70	-49,04	-4,87
Izjemno visoka	256,1	25,47	310,4	30,87	54,32	5,40
Skupaj	1005,5	100	1005,5	100	-	-

Kot je razvidno iz analize AHP, so se podnebne spremenljivke v našem scenariju izkazale za najmanj vplivne na ranljivost zaradi gozdnih požarov. Morda zato, ker je ta spremenljivka precej homogena na celotnem preučevanem območju, za katerega so značilne pomembne letne padavine (od 1300 do 2400 mm/leto, preglednica 1). Pomanjkanje podatkov o porazdelitvi padavin med letom in nizka ločljivost podatkov (1 km × 1 km) ne omogočata razlikovanja lokalnih vremenskih vzorcev, ki bi lahko poudarili prisotnost trajnih suhih vremenskih razmer. Poleg tega je zaradi velikega števila spremenljivk težje napovedati količino in porazdelitev padavin po letnih časih, ki so za najbližjo prihodnost večinoma nepomembne (Bertalanič et al., 2018).

6 POUDARKI IZ ANALIZ NEVARNOSTI IN RANLJIVOSTI ZARADI POŽAROV V NARAVI

Zemljevidi verjetnosti nevarnosti in ranljivosti zaradi požarov v naravi se močno razlikujejo. Analiza ranljivosti je opredelila, da 93 % preučevanega območja spada v razreda znatno visoke in izjemno visoke ranljivosti. Medtem ko ta dva razreda predstavljata le 16 % celotnega preučevanega območja na karti verjetnosti nevarnosti. To je verjetno posledica porazdelitve preteklih požarov v naravi, uporabljenih za analizo MaxEnt, ki so zgoščeni v vidnih gručah. Posledično je bil nabor podatkov o preteklih požarih prečiščen z namenom zmanjšanja pristranskosti modela (z 2367 na 1206 lokacij). Zato se zdi, da je analiza MaxEnt primernejša za kartiranje nevarnosti, pri čemer se ugotavlja verjetnost pojava požarov v naravi. Po drugi strani pa MCDA enakomerno porazdeli območja velikega tveganja po celotnem preučevanem območju, pri čemer ugotavlja statično ranljivost območja za požare v naravi in nakazuje možna območja širjenja požarov v naravi.

Poleg tega je ena od glavnih razlik med obema metodama v prihodnji projekciji verjetnosti požarne ogroženosti in požarne ranljivosti. V analizi ranljivosti naj bi se območja z izjemno visoko ranljivostjo povečala s 25 % na 30 % celotnega območja, medtem ko je analiza verjetnosti nevarnosti pokazala splošno zmanjšanje verjetnosti požarov v naravi v skladu s prihodnjim podnebnim scenarijem. To je verjetno posledica dejstva, da sta spremenljivki temperatura in padavine po AHP imeli težo 4,32 % in 1,44 %, pri čemer je temperatura trikrat bolj vplivala na končno ranljivost, medtem ko je analiza nevarnosti na podlagi MaxEnta pripisala temperaturi in padavinam prispevek 2,8 % in 7,0 %. Obe spremenljivki naj bi se v prihodnjih projekcijah povečali, vendar imata vsaka nasprotni učinek na ranljivost. Glede na to, katera od teh dveh spremenljivk prevladuje v posameznem pristopu modeliranja, bodo rezultati nasprotujoči.

Ta razlika kaže na to, da sta oba pristopa učinkovita orodja za kartiranje verjetnosti in ranljivosti požarov v naravi, vendar se osredotočata na različne značilnosti. Njuno uporabo za analizo požarov v naravi bi zato lahko kar najbolj povečali z dopolnjevanjem rezultatov in ne s primerjanjem enega z drugim.

Modeliranje Maxent je z odzivnimi krivuljami omogočilo pomemben vpogled, ki je pokazal, da je verjetnost požarne nevarnosti največja na južnih in jugozahodnih pobočjih, na polnaravnih in iglastih gozdnih območjih ter na območjih z zmernimi padavinami in nakloni. Verjetnost požarne nevarnosti je bila tudi močno negativno povezana z oddaljenostjo od cest, železnic in naselij, kar poudarja ključno vlogo infrastrukture pri vžigu požarov v naravi.

7 PRIROČNIK

V tem kontekstu se zdi celostno načrtovanje v pokrajini nujna in najučinkovitejša strategija za povečanje odpornosti območja: ne le na lokalni, temveč tudi na čezmejni ravni. Kras ne pozna političnih meja v svoji neprekinjeni vegetaciji in širjenju ognja: italijansko in slovensko ozemlje sta dnevno izpostavljena podnebnim procesom kakor širjenju požarov. Po obsežnih požarih poleti 2022 so številne pobude vključevale operativno sodelovanje med gasilci, gozdarskimi organizacijami, civilno zaščito in lokalnimi institucijami na obeh straneh meje za potrebe gašenja, monitoringa in preprečevanja novih požarov. Vendar še vedno ni regulativnega okvira in načrtovanja čezmejnega ozemlja, ki bi opredeljeval skupna pravila za rabo tal, omejitve za gradnjo in aktivno gospodarjenje z gozdnimi zemljišči. Zapolnitev te vrzeli je ključnega pomena za dosledno obravnavanje tveganja požarov v pokrajini, ki je z ekološkega in podnebnega vidika edinstvena in neprekinjena.

Vedno več študij ugotavlja, da tveganja požarov ni mogoče učinkovito zmanjšati, če politike ostajajo sektorske. Gozdarsko in krajinsko načrtovanje vključuje merila tveganja pred požari ter povečuje odpornost območij pred požari, hkrati pa ohranja gospodarsko donosnost (González-Olabarria in Pukkala, 2011). Nekatere raziskave kažejo, da kombinacija paše in načrtovanih požarov ohranja učinkovito zmanjšanje goriva v daljšem časovnem obdobju kot vsak ukrep posebej (Starns et al., 2019).

Hkrati podnebne spremembe še poslabšujejo dejavnike tveganja: podnebni scenariji za južno Evropo in jadransko območje kažejo na povišanje povprečnih temperatur, pogostejše in daljše vročinske valove ter zmanjšanje količine poletnih padavin, kar skupaj vodi do bolj suhih tal in vegetacije ter povečanja števila dni z vremenskimi razmerami, ki so ugodne za nastanek in širjenje požarov (Granceri Bradaschia, M. et al., 2025). Te spremembe povečujejo potencialni obseg požarov in verjetnost ekstremnih dogodkov. Zlasti razmere s kombinacijo burje, nizke vlažnosti in visokih poletnih temperatur se bodo še okrepile, s čimer se bo podaljšalo obdobje požarne ogroženosti in zmanjšalo število dni, primernih za preventivne ukrepe.

Na koncu, ne smemo podcenjevati pomena monitoringa in stalnega spremljanja stanja: pokrajina je dinamična, podnebne razmere se spreminjajo, vegetacija raste in

odmira; ukrepi, ki so danes učinkoviti, lahko izgubijo svojo koristnost, če se ne vzdržujejo skozi čas.

Zato mora celostno (integrirano) načrtovanje izrecno vključevati prihodnje podnebne scenarije in modele za napovedovanje tveganj: komunalni urbanistični instrumenti morajo biti usklajeni z načrti za krajinsko ureditev in regionalnimi načrti, načrti za preprečevanje požarov v naravi in politikami civilne zaščite, pri čemer morajo določiti, kje gradnja ni dovoljena, predvideti pasove zaščite z vegetacijo, opredeliti ognjevarne materiale, mreže protipožarnih poti, podporno vodno infrastrukturo, senzorje in sisteme za opozarjanje pa tudi načine izvajanja, finančne vire, monitoring, sodelovanje državljanov in zasebnih lastnikov. Ko ti ukrepi delujejo sinergistično, se opazijo boljši rezultati v smislu zmanjšanja pogorele površine, povprečne intenzivnosti požara in odzivnega časa. Ta vertikalna (občina-regija-država-EU) in horizontalna (med sektorji in ukrepi) integracija je tisto, kar posamezne ukrepe spreminja v pravo strategijo odpornosti krajine.

Nazadnje, ne smemo podcenjevati pomena stalnega monitoringa in ocenjevanja: pokrajina je dinamična, podnebne razmere se spreminjajo, rastlinstvo raste in umira; ukrepi, ki so danes učinkoviti, lahko izgubijo svojo koristnost, če se ne vzdržujejo skozi čas.

7.1 KAKO UPORABLJATI TA PRIROČNIK

Ta priročnik je bil ustvarjen, da bi lokalnim upravljavcem in izvajalcem, odgovornim za civilno zaščito, upravljavcem naravnih območij in infrastrukture zagotovil praktično in znanstveno utemeljeno orodje za usmerjanje načrtovanja in izvajanja ukrepov za preprečevanje požarov. Vsak ukrep je bil strukturiran na enoten način, da se olajša neposredna primerjava med različnimi ukrepi in pomaga odločevalcem razumeti, kateri ukrep je najbolj primeren za njihov kontekst. Za vsakega od njih so navedeni:

- Komponenta tveganja, ki jo ukrep obravnava:
  - *nevarnost,*
  - *ranljivost,*
  - *izpostavljenost,*
  - *sposobnost odziva na nesrečo,*
  - *prilagodljivost.*

  To razlikovanje pomaga pri razumevanju učinkov navedenih protipožarnih ukrepov (glej Okvir 1 za podrobnosti)
- Vrste rabe tal, kjer je ukrep uporaben:
  - gozdna območja,
  - travnata območja, kot je kraška gmajna,
  - območja na stiku med mestom in podeželjem.
- Vrsta načrtovalskega instrumenta, v katerega se lahko vključi ukrep (npr. splošni občinski prostorski načrt, regionalni razvojni načrt, načrti za civilno zaščito, načrti za upravljanje območij Natura 2000, gozdnogospodarski načrti gozdnogospodarskih območij/ enot, načrti zavarovanih območij)
- Kateri subjekti so vključeni v izvajanje ali upravljanje ukrepov (npr. javni organi, zasebni subjekti, upravljavci infrastrukture, konzorciji, kolektivna lastnina, kmetijska gospodarstva).

Dokument za vsak ukrep vsebuje tudi kratek znanstveni pregled z znanstvenimi in normativnimi sklici, da se zagotovi zanesljivost informacij in olajša vključitev v načrte in razpise. Uporaba tega pregleda omogoča političnim odločevalcem in drugim, da razumejo, kateri ukrepe obstajajo za zmanjšanje tveganja gozdnih požarov, katere od teh ukrepov je mogoče sprejeti sinergistično, in da ciljno usmerijo vire v najbolj kritične vidike svojega ozemlja in ustrezne akterje. Vse te informacije so vključene tudi v tabelo, ki se nahaja v prilogi k besedilu.

OKVIR 1 – POJEM TVEGANJA

TVEGANJE = NEVARNOST × RANLJIVOST × IZPOSTAVLJENOST

Nevarnost = verjetnost, da pride do požara (npr. bližina območij z visoko antropogeno prisotnostjo, nenadzorovano kopičenje grmovja).

Ranljivost = dovzetnost teritorialnega elementa za vžig (npr. iglavci so bolj vnetljivi kot listavci in zato bolj ranljivi).

Izpostavljenost = stopnja bližine potencialno vnetljivih območij prebivalstva, stavb, infrastrukture (npr. enodružinske hiše, osamljene sredi borovih gozdov, so zelo izpostavljene nevarnosti požara).

Sposobnost odziva na nesrečo = sposobnost takojšnjega ukrepanja za identifikacijo in/ali nadzor požara (npr. sistem opozarjanja v realnem času).

Prilagodljivost = sposobnost izboljšanja sistema zmanjševanja tveganja požarov na dolgi rok z zakonodajnega, institucionalnega in vedenjskega vidika (npr. oblikovanje območij E v splošnem

7.2 SLOVAR

OBREMENITEV GORIVA: Skupna količina vnetljivega materiala, prisotnega na določenem območju. Visoka obremenitev poveča intenzivnost in trajanje požara.

GORIVO: Skupek živih ali mrtvih rastlinskih materialov, ki lahko gorijo, kot so suho listje, suha trava, iglice, grmičevje, živa in odmrla lesna biomasa ali podrast.

KONTINUITETA GORIVA: Način, kako je gorivo razporejeno horizontalno (med območji) in vertikalno (med tlemi, podrastjo in krošnjami). Večja je kontinuiteta, lažje se ogenj širi.

KRAŠKA GMAJNA:, skupina sušnih in polsušnih travnikov na apnenčastih tleh. Del Kraške gmajne so tudi grmovne vrste in posamično gozdno drevje. Ta je kulturna krajina ki je nastala zaradi dolgotrajne paše, krčenja gozda in požigov.

ODMRLA BIOMASA: Celotna odmrla biomasa: suha trava, vejevje, listje, štori in odmrla drevesa. Predstavlja pomemben del ekološkega cikla, vendar lahko poveča tveganje za požar in njegovo jakost.

SPOTTING (požarni preskok): Pojav, pri katerem veter prenaša žareče delce (žerjavico, koščke lubja, goreče liste) in povzroča nove požare tudi na razdalji več sto metrov ali kilometrov od glavnega ognjišča.

WUI (WILDLAND URBAN INTERFACE): Območje stika med naravnimi in pozidanimi območji, kjer je tveganje za požar večje zaradi bližine vegetacije in stanovanj.

Interreg
Italia-Slovenija
Karst Firewall 5.0

Cofinanziato dall'Unione europea
Sofinancira Evropska unija

I DEL - UKREPI ZA ZMANJŠANJE TVEGANJA ZARADI POŽAROV V NARAVI

Il progetto Karst Firewall 5.0 è co-finanziato dall'Unione europea nell'ambito del Programma Interreg VI-A Italia-Slovenia.
Projekt Karst Firewall 5.0 sofinancira Evropska unija v okviru Programa Interreg VI-A Italija-Slovenija.
www.ita-slo.eu/karst-firewall-50

8 NEPOSREDNI POSEGI NA TERENU

8.1 SELEKTIVNO ODSTRANJEVANJE GORIVA

OBRAVNAVANE FUNKCIJE TVEGANJA: Ranljivost
RABA TAL: Gozd
NIVOJI NAČRTOVANJA: Državni načrt zaščite in reševanja ob velikem požaru v naravnem okolju , Občinski prostorski načrt
VKLJUČENI AKTERJI: Zavod za Gozdove Slovenije, občine

V praksi se priporoča, da se izbiralna sečnja, redčenje in nadzor vegetacije ob gozdnih poteh in gozdnih robovih uporablja za ustvarjanje medsebojno povezane mreže območij z zmanjšano količino gorljivega materiala. Ta pristop ne le zmanjšuje tveganje, ampak tudi omogoča varno gašenje in povečanje biotske raznovrstnosti z ustvarjanjem bolj raznolikih habitatov. Pri načrtovanju protipožarnih presek je prav tako bistveno, da se vedno vključijo ukrepi za nadzor invazivnih vrst, saj te lahko olajšajo njihovo širjenje ker delujejo kot dostopni koridorji (Shinneman et al., 2019). Priporočljivo se je izogibati uporabi težkih strojev, ki lahko poškodujejo tla; prednost je treba dati ročni sečnji in lahkemu drobljenju. Takšen način dela omejuje erozijo in poškodbe skalnatih površin (McKinney et al., 2022). Da bi olajšali vzdrževanje, je bolj praktično urediti manjše število poti, ki pa so širše in učinkovitejše. Izkoriščanje mobilizacije državljanov ob čiščenju najpomembnejših poti je učinkovit način za zmanjšanje časa in stroškov vzdrževanja, pa tudi za lažje sprejetje s strani skupnosti.

8.2 USTVARJANJE IN VZDRŽEVANJE PROTIPOŽARNIH POSEK

OBRAVNAVANE FUNKCIJE TVEGANJA: Ranljivost, sposobnost odziva na nesrečo
RABA TAL: Gozd
NIVOJI NAČRTOVANJA: Državni načrt zaščite in reševanja ob velikem požaru v naravnem okolju, Gozdnogospodarski načrti
VKLJUČENI AKTERJI: Zavod za Gozdove, Občina, zasebniki, prebivalci, agrarne skupnosti

Protipožarne poseke, linearne infrastrukture ali pasovi zemlje, na katerih je vegetacija odstranjena ali spremenjena, zmanjšujejo kontinuiteto in količino rastlinskega goriva ter olajšujejo dostop za gašenje. Lahko gre za preproste travnate poti ali makadamske ceste ali pa za pasove, ki so bili obdelani z redčenjem, odstranjevanjem podrasti in rednim vzdrževanjem. Praktični cilj je torej omejiti ali upočasniti širjenje požarov.
Za pravilno načrtovanje protipožarnih pasov je treba najprej narediti kartiranje najbolj ranljivih in izpostavljenih območij, nato pa predvideti možne koridorje širjenja, ob upoštevanju orografije in prevladujočih smeri vetra. Širina protipožarne poseke se lahko giblje od nekaj metrov do sto metrov v skrajnih primerih, odvisno od vrste vegetacije (natančneje od višine in tveganja za iskanje) ter oblike in terena. V primeru pobočja mora biti širina protipožarnih posek večja, če ogenj prihaja od spodaj.

V praksi se priporoča, da se selektivna sečnja, redčenje in nadzor vegetacije ob gozdnih poteh in robovih jas uporabljajo za ustvarjanje medsebojno povezane mreže območij z manj gorljivim materialom in ne le izoliranih linearnih pasov. Ta pristop ne le zmanjšuje tveganje, ampak tudi omogoča varno gašenje in povečanje biotske raznovrstnosti z ustvarjanjem bolj raznolikih habitatov. Pri načrtovanju protipožarnih posek je prav tako bistveno, da se vedno vključijo ukrepi za nadzor invazivnih vrst, saj te lahko olajšajo njihovo širjenje, saj delujejo kot dostopni koridorji (Shinneman et al., 2019).

8.3 USTVARJANJE IN VZDRŽEVANJE PASOV BREZ VEGETACIJE OKOLI INFRASTRUKTURE IN NASELIJ

OBRAVNAVANE FUNKCIJE TVEGANJA: Nevarnost, izpostavljenost
RABA TAL: Gozd, WUI
NIVOJI NAČRTOVANJA: Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote, Občinski prostorski načrti
VKLJUČENI AKTERJI: Občina, Zavod za gozdove Slovenije

Ustvarjanje in vzdrževanje pasov brez lesnate vegetacije okoli naselij in glavne linearne infrastrukture (železnice, ceste, električni vodi, plinovodi) je eden najpreprostejših in hkrati najučinkovitejših ukrepov za zmanjšanje tveganja, da bi gozdni požar dosegel ljudi, hiše in infrastrukturo, kar bi imelo posledice za varnost prebivalstva in povzročilo veliko gospodarsko škodo.

Ti pasovi prekinjajo horizontalno kontinuiteto vnetljivega materiala in zmanjšujejo verjetnost, da bi se iskre in plameni razširili na stavbe. V kraškem okolju, za katerega je značilna nizka drevesna plast, je pas brez vegetacije ali z vegetacijo z nizko vnetljivostjo v širini od 10 do 30 metrov okoli naselij in infrastrukture razumna in učinkovita izbira. Manjše razdalje so lahko primerne za posamezne izolirane stavbe, če je vegetacija dobro urejena; za gosto gozdnata območja ali območja z velikimi nakloni pa se priporoča, da se pas poveča na 30 m.

Za infrastrukturo, ki jo upravljajo tretje osebe (železnice, elektrarne, ceste, plinovodi), je običajno, da vzdržuje varovalne pasove koncesionar: to je upravičeno, ker so oni tisti, ki imajo koristi od zmanjšanja tveganja (manjše prekinitve storitev) in ker lahko načrtujejo vzdrževanje in posege z neprekinjenim delovanjem. Zavod za Gozdove Slovenije izda odločbo, sečnji morajo pa vedno privoliti lastniki.

Uporaba fizičnih ločevalnih elementov (kot so suhozidi, kamniti robniki, negorljive pregrade, kovinske mreže) na kritičnih točkah lahko pomaga ohraniti pas prost, prepreči širjenje vegetacije in zmanjša kopičenje goriva v bližini objektov ali infrastrukture. Ta kombinacija upravljanja vegetacije in fizičnih ovir je preprosta, in hkrati strateški instrument civilne zaščite, zato bi jo bilo treba vključiti v lokalne predpise in načrte vzdrževanja infrastrukture. Da bi bile resnično koristne, je bistveno, da se takšna območja redno vzdržujejo s košnjo in preprečevanjem zaraščanja; to je mogoče doseči z večletnimi načrti in namenskim financiranjem.

KOLIKO METROV MORA BITI VARNOSTNI PAS ŠIROK, DA SE PREPREČI POŽAR?

Logika priporočene širine protipožarnih pasov je dvojna: (1) zmanjšati sevanje energije, ki doseže stavbo ali infrastrukturo (sevanje se z razdaljo hitro zmanjšuje), in (2) zmanjšati verjetnost, da bi žerjavica (ki jo lahko prenaša veter) našla v bližini objekta material, ki se lahko vname. Literatura o iskrenju kaže, da čeprav lahko v ekstremnih primerih žerjavica leti kilometre daleč, se verjetnost in masa žerjavice z oddaljenostjo zmanjšujeta; zato prosti ali dobro upravljani pasovi okoli kritičnih objektov znatno zmanjšujejo izpostavljenost vžigu zaradi žerjavice in verjetnost neposrednega vžiga. Klasične in novejše študije (Albini 1983; Koo et al. 2010;) pojasnjujejo te mehanizme in količinsko opredeljujejo, kako razdalja in zveznost goriva vplivata na tveganje širjenja zaradi iskrenja. Zaradi teh razlogov se priporoča, da se upoštevajo širine nad 10 m in več.

8.4 DOLOČANJE VARNIH OBMOČIJ ZA SKLADIŠČENJE SEČNIH OSTANKOV

OBRAVNAVANE FUNKCIJE TVEGANJA: Nevarnost
RABA TAL: Gozd, zaraščajoča kmetijska površina
NIVOJI NAČRTOVANJA: Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarskega enote
VKLJUČENI AKTERJI: Zavod za gozdove Slovenije, občina

Pri negi gozda nastane lahko velika količina biomase. Študije kažejo, da lahko material, ki je brez obdelave zapuščen na kraju samem, več let povečuje energijski potencial požarov, medtem ko odstranjevanje ali zbiranje na namenskih mestih zmanjšuje intenzivnost požara in izboljšuje varnost delovanja (Agee in Skinner, 2005; Stephens et al., 2012).

Zaradi tega je ustvarjanje varnih območij namenjenih za zbiranje sečnih ostankov pomembno, da se prepreči da bi posekana biomasa povečala količino gorljivega materiala. Ta območja, ki so idealno brez vegetacije, ravna in dostopna za vozila, morajo biti nameščena na varni razdalji od stanovanjskih objektov in koridorjev širjenja požara, z majhnimi kupi in morebitnim pokrivanjem, da se zmanjša izsuševanje. Ta praksa, dopolnjena z drobljenjem lesa ali energetsko rabo materiala, omogoča ohranitev ekoloških koristi odstranjevanja goriva ob zmanjšanju stranskih učinkov na nevarnost požarov.

Pri tem je potrebno opomniti da večji deli odmrlega lesa, kot so hlodi, prispevajo le malo k intenzivnosti gozdnih požarov in so dragoceni za biotsko raznovrstnost. Zato je pomembno, da se prizadevanja za odstranjevanje osredotočijo na drobne lesne ostanke (majhne veje in vejice), ki so bolj vnetljivi, večje hlode pa ohranijo na terenu, da se ohranijo funkcije habitata in ekosistema.

8.5 REDČENJE VEGETACIJE Z NADZOROVANIMI POŽARI

OBRAVNAVANE FUNKCIJE TVEGANJA: Nevarnost, ranljivost
RABA TAL: Kraška gmajna v zaraščanju
NIVOJI NAČRTOVANJA: Državni načrt zaščite in reševanja ob velikem požaru v naravnem okolju, Regionalni prostorski plan
VKLJUČENI AKTERJI: Zavod za gozdove Slovenije, Gasilska zveza, Uprava za zaščito in reševanje

Nadzorovani požari so učinkovit in poceni način za zmanjšanje ranljivosti območja in nevarnosti izbruha velikega požara. Nadzorovani požari namreč zmanjšujejo količino goriva v gozdovih, saj odstranjujejo grmičevje v podrasti in porabijo nakopičeno odmrlo biomaso. Lahko prispevajo k ohranjanju kraške pokraijne, saj sežge grmičevje, ki ga nadomešča, in tako pomagajo ohranjati njegovo biotsko raznovrstnost.
Nadzorovan požar je opredeljen kot strokovna uporaba ognja nizke intenzivnosti na načrtovanih območjih, s pomočjo osebja, ki je posebej usposobljeno za uporabo ognja, in sprejetjem operativnih postopkov in zahtev, ki so vnaprej določeni s posebnimi smernicami. Običajno jih načrtujejo usposobljeni gozdarski strokovnjaki in gasilci v vremenskih razmerah z nizkim tveganjem za širjenje, ko ni preveč vroče in ni vetra. Na žalost je mogoče, da bo ta ukrep v prihodnosti vedno manj uporaben zaradi povečanja števila vročih dni in večje nepredvidljivosti vremena (Swain et al., 2023). Med različnimi kontraindikacijami je možnost, da nadzorovani požari lahko zmanjšujejo biodiverziteto in spodbujajo naseljevanje pogorelih površin s pionirskimi invazivnimi vrstami (Keeley, 2006).

8.6 UMETNI VODNI ZBIRALNIKI ZA GAŠENJE POŽAROV

OBRAVNAVANE FUNKCIJE TVEGANJA: Ranljivost, sposobnost odziva na nesrečo
RABA TAL: Gozd
NIVOJI NAČRTOVANJA: Državni načrt zaščite in reševanja ob velikem požaru v naravnem okolju, Občinski prostorski načrti, gozdnospodarski načrti gozdnogospodarskih enot
VKLJUČENI AKTERJI: Zavod za gozdove, občina, Gasilska zveza, Civilna zaščita, Uprava za zaščito in reševanje

Ustvarjanje umetnih vodnih zbiralnikov je ključni ukrep za učinkovitejše in hitrejše gašenje gozdnih požarov, zlasti na območjih, kot je Kras, kjer pomanjkanje površinskih vodnih teles ali dostop do hidrantih omejuje oskrbo z vodo za gasilska vozila. Umetni vodni zbiralnik je lahko v obliki bazena, majhnega betonskega ali jeklenega rezervoarja ali podzemne neprepustne cisterne, zasnovane tako, da je voda takoj na voljo za tovornjake in, če razmere to dopuščajo, tudi za helikopterje, ki sodelujejo pri gašenju. Vodo je mogoče zbrati z zajemanjem iz občasnih naravnih virov, zbiranjem deževnice v vlažnih obdobjih ali z načrtovano oskrbo iz javnih vodovodnih omrežij ali vodnjakov, kjer je to hidrogeološko izvedljivo. Zmogljivost teh rezervoarjev mora biti dimenzionirana tako, da pokriva operativne potrebe: strokovna literatura priporoča prostornino vsaj 50 m³ za vsako točko oskrbe, da se zagotovi polno polnjenje gozdarske cisterne, če pa so rezervoarji namenjeni tudi za uporabo helikopterjev, pa rezervoarje nekaj sto kubičnih metrov z ustrezno globino in enostavnim dostopom od zgoraj (Holuša et al., 2021).

Da bi dosegli največjo operativno učinkovitost, bi morali biti bazeni razporejeni po celotnem območju, na primer vsakih 4–6 km na območjih z največjim tveganjem, in povezani z infrastrukturo za gašenje, kot so hidranti, dostopne poti in manevrska mesta, da se zagotovi hitro polnjenje (Holuša et al., 2021). Med glavnimi prednostmi je drastično skrajšanje časa za oskrbo z vodo, kar posledično poveča hitrost in učinkovitost posredovanja ter potencialno zmanjša površino požara; možnost integracije protipožarne funkcije z drugimi izrabami (kmetijske, pašne, zbiranje deževnice) lahko spodbuja družbeno sprejemljivost in lokalno gospodarstvo. Vendar pa ta ukrep prinaša tudi omejitve in kritične točke: poleg stroškov gradnje in vzdrževanja, je potrebna pridobitev gradbenega dovoljenja zlasti v kraškem okolju, poletno izhlapevanje in veter lahko hitro zmanjšata razpoložljivo količino.

8.7 VZDRŽEVANJE KRAŠKE GMAJNE

OBRAVNAVANE FUNKCIJE TVEGANJA: Ranljivost, prilagodljivost
RABA TAL: Kraška gmajna
NIVOJI NAČRTOVANJA:, Občinski prostorski načrti
VKLJUČENI AKTERJI: Občina, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Ministrstvo za naravne vire in prostor, zasebniki, prebivalci, agrarne skupnosti, kmetje

Ohranjanje kraškega sveta je eden najučinkovitejših ukrepov za preprečevanje hitrega širjenja gozdnih požarov in hkrati ohranjanje dragocene ekološke in kulturne dediščine. V zadnjih desetletjih je opustitev tradicionalnih kmetijsko-pastirskih praks spodbudila zaraščanje kmetijskih površin in mladih lesnih rastlin, ki povečujejo kontinuiteto gorljivih snovi in postopoma spreminjajo travnate površine v grmičevje, ki gori z večjo jakostjo.
Ciljna paša je tehnika upravljanja, ki izkorišča živino za omejevanje ponovne rasti rastlin, ohranjanje odprtega habitata in ustvarjanje horizontalnih in vertikalnih prekinitev gorljivega materiala. Ta praksa ne le zmanjšuje tveganje za intenzivne požare, ampak ohranja tudi biotsko raznovrstnost, značilno za kraške travnike, na katerih živijo redke rastlinske vrste in specializirani žuželke.

Ker je tradicionalna ekstenzivna paša danes malo donosna, je za njeno uporabo kot sredstvo za preprečevanje požarov potrebna strukturna javna podpora. Subvencije v okviru programov razvoja podeželja ali kmetijsko-okoljskih ukrepov lahko kmetom zagotovijo plačilo za ekosistemsko storitev, ki jo opravljajo, in tako zagotovijo kontinuiteto delovanja.

KATERA PAŠNA ŽIVAL JE NAJBOLJ PRIMERNA ZA ZMANJŠANJE TVEGANJA POŽARA?

Živalske vrste, ki se uporabljajo, je treba izbrati tudi glede na sestavo rastlinja:

- **Koze** so posebej učinkovite pri paši grmovja in mladih lesnih rastlin, vključno z invazivnimi vrstami, saj hitro zmanjšujejo količino gorljivega grmovja.
- **Ovce** ohranjajo travnik nizek in nadzorujejo drobno travo, s čimer omejujejo ponovno rast travnatih vrst, ki lahko poleti tvorijo neprekinjeno plast gorljivega materiala.
- **Govedo** lahko prispeva k ohranjanju odprtih mozaikov in pohodi podstrešje, vendar potrebuje več prostora, vode in dodatne infrastrukture. Kombinacija različnih vrst, na primer mešane črede koz in ovac, je posebej učinkovita pri ustvarjanju in ohranjanju prekinitev v gorljivem materialu na različnih višinah.
- Konji in osli

Znanstvene študije potrjujejo te koristi: v sredozemskih okoljih namenska paša znatno zmanjša biomaso podrasti in upočasni zaraščanje kmetijskih površin, s čimer se poveča odpornost proti požarom (Spadoni et al., 2023). V Španiji in južni Franciji je ponovna uvedba ekstenzivne paše na opuščenih območjih pokazala pozitivne učinke tako na biotsko raznovrstnost travnikov kot na zmanjšanje tveganja požarov (Ruiz-Mirazo et al. 2011; Lasanta et al., 2020).

Pristop mora biti prilagodljiv, pri čemer je treba spremljati učinke na vegetacijo in tveganje požarov ter prilagajati obremenitve in čas paše. Tako zasnovana ciljna paša postane strateška javna naložba, ne strošek, saj zagotavlja ekosistemsko storitev preprečevanja požarov, ohranja edinstveno kulturno krajino in podpira lokalne gospodarske dejavnosti, ki upadajo.

8.8 VZDRŽEVANJE IN VIŠANJE SUHIH ZIDOV

OBRAVNAVANE FUNKCIJE TVEGANJA: Nevarnost, ranljivost
RABA TAL: Gozd, Kraška gmajna, WUI
NIVOJI NAČRTOVANJA: Občinski prostorski načrti
VKLJUČENI AKTERJI: občina, zasebniki, agrarne skupnosti

V kraškem okolju, bodisi na italijanski kakor na slovenski strani, so suhi zidovi sestavni del podeželske in krajinske dediščine, tradicionalno pa se uporabljajo za ograjevanje, omejevanje živine in nadzor erozije. Njihova obnova ali povečanje višine, kjer so delno porušeni, prinaša dodatne prednosti pri zmanjševanju tveganja požara: stabilna kamnita zidana ograja lahko deluje kot fizična pregrada proti požarom, ki se širijo po tleh, saj preprečuje, da bi se nizki plameni in žerjavica hitro širile prek majhnih prekinitev goriva, s čimer upočasni hitrost širjenja in ustvari točke, kjer je mogoče posredovati.
Da bi bili učinkoviti, morajo biti zidovi visoki okoli 80–100 cm (ali višji na območjih z obilno vegetacijo ali strmim naklonom). Pomembno je, da so neprekinjeni na kritičnih točkah: okoli gozdnih območij in na območjih, kjer se stikata urbano in podeželsko okolje. Poleg tega, da so relativno trajne strukture, suhozidne stene prispevajo k ohranjanju identitete kraške pokrajine, zmanjšujejo erozijo na strmih pobočjih in zagotavljajo habitat za različne vrste. Seveda je njihova gradnja zelo zahtevna, v ekstremnih pogojih (močan veter,požarni preskok) pa je njihova učinkovitost omejena.
Sodelovanje z zasebnimi lastniki in skupnimi lastniki na Krasu je ključnega pomena: potrebni so dogovori za stalno vzdrževanje, obnovo od začetka na mestih, kjer je zid izginil, in vključevanje lokalne skupnosti, ki priznava tudi kulturno in zgodovinsko vrednost zidu, ne le njegovo preventivno vlogo. Financiranje bi lahko prišlo iz ukrepov za obvladovanje tveganj, podeželskih skladov, okoljskih ukrepov ali programov, povezanih z bojem proti požarom.

9 NAČRTOVANJE ODPORNOSTI KRAJINE NA GOZDNE POŽARE

9.1 PREPOVED IZDAJE DOVOLJENJ ZA GRADNJO NA OBČUTLJIVIH OBMOČJIH

OBRAVNAVANE FUNKCIJE TVEGANJA: Izpostavljenost, prilagodljivost
RABA TAL: Gozd, Kraška gmajna, WUI
NIVOJI NAČRTOVANJA: Regionalni prostorski načrti, Občinski prostorski načrti
VKLJUČENI AKTERJI: Občina

Uvedba prepovedi (ali vsaj stroge omejitve) izdajanja novih gradbenih dovoljenj v osamljenih območjih, ki so zelo izpostavljena nevarnosti požarov, je neposredni preventivni ukrep: preprečuje povečanje števila prebivalcev in izpostavljene infrastrukture, zmanjšuje potrebo po nujnih ukrepih na težko dostopnih mestih in ohranja pokrajino bolj obvladljivo z vidika zmanjševanja količine goriva. To politiko je treba vključiti v urbanistične načrte in regionalne načrte za preprečevanje požarov, z jasno opredelitvijo območij, na katerih je gradnja prepovedana, na podlagi ocene tveganja (WUI, naklon, dostopnost), pri čemer je treba zagotoviti pravičnost in preglednost z javnimi posvetovanji. Pomen vključevanja prostorskega načrtovanja v obvladovanje tveganja požarov je poudarjen v evropskih smernicah, ki države in regije pozivajo, naj omejitve razvoja na območjih z visokim tveganjem obravnavajo kot strukturni ukrep za odpornost (Mauri in Jankavić, 2023).

9.2 STANDARDI ZA UPORABO OGNJEVARNIH MATERIALOV

OBRAVNAVANE FUNKCIJE TVEGANJA: Ranljivost, prilagodljivost
RABA TAL: WUI
NIVOJI NAČRTOVANJA: Zakonodaja in predpisi
VKLJUČENI AKTERJI: Občina

Določitev zakonskih obveznosti, ki zahtevajo uporabo težko vnetljivih zunanjih materialov (strehe, obloge, okna, zunanji elementi, kot so nadstreški in verande) in izdelkov proti iskrenju (rešetke na prezračevalnih odprtinah, zatesnjene spoje) za nove stavbe na ogroženih območjih je učinkovit ukrep za zmanjšanje tveganja, ki je v primerjavi s potencialno škodo relativno poceni (Oliveira, 2023). Ti standardi morajo biti preneseni v lokalne/gradbene predpise in tehnične norme, ki so skladne s praksami zaščite stavb pred požarom: strokovna literatura in nacionalni predpisi kažejo, da izbira negorljivih materialov in skrbno načrtovanje podrobnosti znatno zmanjšata verjetnost vžiga zaradi žerjavice in širjenja ognja na konstrukcije. Tehnična priporočila in nove nacionalne (evropske) gradbene predpise spodbujajo prav integracijo gradbenih zahtev za zaščito pred zunanjimi tveganji, vključno s toplotnimi obremenitvami in iskrenjem.

9.3 MOZAIČNOST KRAJINE

OBRAVNAVANE FUNKCIJE TVEGANJA: Ranljivost, Prilagodljivost
RABA TAL: Gozd, Gmajna, WUI
NIVOJI NAČRTOVANJAL: Občinski prostorski načrti, Regionalni prostorski načrti, Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarskega območja
VKLJUČENI AKTERJI: Ministrstvo za naravne vire in prostor, občina, Zavod za gozdove, zasebniki, skupne lastnine, kmetije

Načrtovanje in vzdrževanje mozaičnosti, tj. namerno načrtovanje krajine in upravljanje ozemlja, ki izmenjuje območja, izpostavljena antropogenim dejavnostim (paša, redčenje, protipožarni pasovi, kmetijske kulture), z bolj naravnimi območji, zmanjšuje prostorsko kontinuiteto vnetljivega materiala in omejuje obseg in intenzivnost požarov.
Cilj je razdeliti območja z visoko nevarnostjo na manjše dele, med katerimi so območja z manj gorljivim materialom, da se prekine ogenj in olajša gašenje.

Primerjalne študije različnih načinov obravnave kažejo, da lahko pristopi, ki dajejo prednost ohranjanju mozaičnosti, namesto neposrednih ukrepov upravljanja s požarnimi pasovi, povečajo odpornost pokrajine, spodbujajo biotsko raznovrstnost in zmanjšajo verjetnost nastanka velikih požarov, če je mozaičnost načrtovana v obsegu, ki je združljiva z dinamiko lokalnega ognja (Duncan et al., 2015; Lasanta et al., 2022). Pomembno je, da politike upravljanja že v fazi načrtovanja spodbujajo razvoj mozaičnosti različnih in integriranih rabe tal, med katerimi so paša, kmetijstvo z letnimi in trajnimi kulturami ter koridorji brez drevesne vegetacije, in sicer s spremembami funkcionalne razdelitve območij in krajinskih načrtov.

9.4 PLAČILA ZA EKOSISTEMSKE STORITVE (PES)

OBRAVNAVANE FUNKCIJE TVEGANJA: Prilagodljivost
RABA TAL: Gozd, gmajna, WUI
NIVOJI NAČRTOVANJA: Zakonodaja in predpisi
VKLJUČENI AKTERJI: Ministrstvo za naravne vire in prostor, občina, zasebniki, skupne lastnine, kmetje

Plačila za ekosistemske storitve (PES) za preprečevanje požarov so sistemi finančnih spodbud, ki lastnikom ali upravljavcem zemljišč (zasebnikom, lokalnim organom, podjetjem) plačujejo za merljive in preverjene dejavnosti, ki prinašajo okoljske storitve, koristne za skupnost – v tem primeru zmanjšanje tveganja požara z zmanjšanjem količine goriva, ekstenzivno pašo, redčenjem in aktivnim upravljanjem podrasti. Pristop PES se lahko oblikuje kot neposredno plačilo za ukrep (pay-for-action), na primer plačilo zasebnemu državljanu, če je izvedel redčenje podrasti na določenem območju, ali kot plačilo, vezano na rezultate (pay-for-outcome), v primeru, da se ne plača za izvedbo redčenja, ampak za ohranjanje vegetacijskega pokrova na vnaprej določeni gostoti. Alternativno se lahko zasnujejo kot spodbujevalni programi, vključeni v širše kmetijsko-okoljske ukrepe; programi, usmerjeni v aktivno upravljanje (npr. plačilo za ciljno pašo ali za aktivno upravljane protipožarne pasove), so učinkovitejši, če se opredelijo preverljivi kazalniki in jasni mehanizmi monitoringa.

Prek PES se lahko nadomestijo naslednje dejavnosti: (i) izbiralna sečnja in redčenje za zmanjšanje gostote krošnje; (ii) odstranjevanje in predelava mrtve lesne biomase (sekanje, proizvodnja biomase za energijo) s plačilom za storitev zbiranja; (iii) ciljno pašo (s plačili na podlagi kontrolirane živine ali na hektar obdelane površine); (iv) vzdrževanje protipožarnih pasov in pašniške infrastrukture; (v) plačila kmetijskim gospodarstvom za monitoring in certificiranje (npr. za ohranjanje standardov trajnostnega upravljanja). Pomembni ukrepi načrtovanja so večletne pogodbe (3–5 let), različna plačila glede na opravljeno storitev in predvsem merljivost kazalnikov (kot so zmanjšanje biomase, gostota grmovja, indeksi vegetacijskega pokrova).

FINANCIRANJE VZDRŽEVANJA GOZDA

Zagotovitev zadostnih sredstev je ključnega pomena: to vključuje finančna sredstva za opremo, gasilsko osebje, usposabljanje, infrastrukturo (dostopne poti, vodne zbiralnike, operativne centre) in vzdrževanje vegetacije. Sredstva se lahko dodelijo iz nacionalnih, regionalnih in občinskih proračunov v okviru načrtov za gašenje gozdnih požarov in civilno zaščito. Regije so pristojne za preprečevanje in usklajevanje boja proti gozdnim požarom, v svoje načrte pa vključijo načrtovanje potrebnih človeških, finančnih in materialnih virov.

Na evropski ravni so glavni instrumenti, ki lahko financirajo (ali olajšajo) PES in plačila za protipožarne ukrepe, Evropski kmetijski sklad za razvoj podeželja (FEASR/programi za razvoj podeželja (PSR), 2. steber skupne kmetijske politike (SKP)) in programi LIFE za demonstracijske ali ohranitvene projekte. Evropska komisija je pripravila smernice za razvoj javnih in zasebnih shem plačil za gozdarske storitve, v katerih je poudarila možnosti za integracijo z regionalnimi skladi in državnimi programi (npr. ProForPES in smernice EU). Ukrepi PSR vključujejo kmetijsko-okoljske instrumente in naložbe v podeželsko infrastrukturo, ki se lahko načrtujejo za plačilo zmanjšanja količine goriva (sekanje, drobljenje, ograje za pašo, napajališča). Vendar pa literatura kaže mešane rezultate glede učinkovitosti sredstev PSR pri zmanjševanju tveganja požarov, pogosto zaradi problemov obsega, prostorskega ciljanja ali nezadostne finančne kontinuitete. Zato avtorji priporočajo bolj usmerjene sheme PES, usklajene s politiko preprečevanja požarov.

Na nacionalni in regionalni ravni (primeri in praktični mehanizmi): številne države članice in regije izvajajo ukrepe, ki sicer niso vedno poimenovani „PES“, vendar delujejo kot taki – to so plačila ali prispevki lastnikom za ukrepe v javnem interesu. Konkretni primeri vključujejo programe, ki plačujejo za namensko pašo, prispevke za selektivno sekanje in odstranjevanje/izkoriščanje biomase (sekanje, lokalne verige), ali nagrade za gozdno certificiranje (FSC/PEFC), ki vključujejo preventivne ukrepe. Študije programov, kot je mreža RAPCA (mreža pašnikov kot protipožarnih pasov) v Andaluziji, kažejo izvedljivost in trajnost plačil, ki ohranjajo območja brez grmovja in dreves, ki se upravljajo s pomočjo paše (Ruiz-Mirazo et al., 2011). Dobro zasnovani regionalni programi (z večletnimi pogodbami, plačili, razlikovanimi glede na intenzivnost upravljanja, in biometričnimi kontrolami) povečujejo udeležbo zasebnikov in kontinuiteto upravljanja.

9.5 OBMOČJA ZA POSEGE V GOZDOVIH

OBRAVNAVANE FUNKCIJE TVEGANJA: Nevarnost, ranljivost, prilagodljivost
RABA TAL: Gozd, gmajna WUI
NIVOJI NAČRTOVANJA: Občinski prostorski načrti, Regionalni prostorski načrti, Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarskega enote
VKLJUČENI AKTERJI: Ministrstvo za naravne vire in prostor, ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, občina, Zavod za gozdove, zasebniki, skupne lastnine, kmetje

Portugalski model Zonas de Intervenção Florestal (ZIF) ali območja za posege v gozdovih je primer, kako je mogoče z zakonodajnimi ukrepi olajšati usklajeno upravljanje gozdnih območij, ki so razdeljena na več lastniških enot. V načrtih za preprečevanje požarov je Portugalska v gozdovih z največjim tveganjem za požare uvedla tako imenovane ZIF, gozdna območja, katerih lastniki zemljišč se združujejo v usklajeno in trajnostno upravljanje gozdnega bogastva. Na ta način se tudi zasebnim lastnikom zemljišč, ki nimajo na voljo gospodarskih virov in tehničnih zmogljivosti, omogoči sodelovanje pri upravljanju gozda. V vsakem ZIF je upravljanje zaupano enemu samemu subjektu (javnemu ali zasebnemu), ki ga izberejo lastniki in ki načrtuje in izvaja skupne ukrepe za zmanjšanje tveganja požara – kot so redčenje, protipožarni pasovi ali paša – s tehnično in finančno podporo. Cilji ZIF so vzdrževanje gozda, zmanjšanje tveganja požara in valorizacija gozdnih virov.
ZIF določajo cilje upravljanja z gorivom in vzdrževanje zaupajo enemu samemu koordinatorju, ki ima pogosto dostop do javnih spodbud in tehnične podpore gozdarskih organov (Valente, Coelho in Soares, 2013). Portugalski pravni okvir spremljajo tudi instrumenti, ki omogočajo javno posredovanje na zasebnih območjih v primerih neizpolnjevanja obveznosti (obvezni ukrepi upravljanja ali nadomestno posredovanje), in predvideva integrirane nacionalne načrte, ki podpirajo te ukrepe. Ta izkušnja kaže, da so teritorialno usklajevanje in možnost javnih ukrepov na zasebnem področju (s pravili in nadomestili) bistvenega pomena za premagovanje razdrobljenosti zemljišč in omogočanje vzdrževanja gozdov v velikem obsegu.

10 PREPREČEVANJE TVEGANJA IN CIVILNA ZAŠČITA

10.1 SISTEMI JAVNEGA OBVEŠČANJA IN ALARMIRANJA PO JAVNIH MOBILNIH OMREŽJIH

OBRAVNAVANE FUNKCIJE TVEGANJA: Sposobnost odziva na nesrečo
RABA TAL: WUI
NIVOJI NAČRTOVANJA: Civilna zaščita
VKLJUČENI AKTERJI: Ministrstvo za obrambo, Civilna zaščita, Gasilska zveza, ARSO

Sistemi javnega obveščanja in alarmiranja so ključnega pomena za pravočasno opozarjanje prebivalstva v primeru izredno resnih izrednih razmer, kot so gozdni požari. Načini delovanja predvidevajo sporočila kakor „opozorilo“, „nevarnost“, „izredne razmere“ glede na resnost, identiteto tveganja, izdajatelja in vsebino; ta sporočila so vključena v regionalne in nacionalne načrte opozarjanja in morajo biti jasna, razumljiva, s konkretnimi navodili za samozaščito prebivalstva.

Karst Firewall Portal ponuja sistem obveščanja prek e-pošte, SMS-ov in poročil na WhatsAppu, ko se sproži alarmni dogodek, ki ga generirajo podatki iz okoljskih senzorjev (IR-kamere, elektronski nosovi, satelitski podatki) in algoritem AI, povezan z indeksom Fire Weather Index. Sistem obveščanja je namenjen operaterjem in koordinatorjem dejavnosti v izrednih razmerah. Prek portala KF5.0 je mogoče spremljati podatke v realnem času
Infordata je v sodelovanju z gasilci iz Borovnice (Slovenija) v okviru projekta KF5.0 razvila mobilno aplikacijo „Gasilski kviz“ za ozaveščanje o tveganjih in obvladovanju požarov, namenjeno otrokom in mladim (pionirji, mladinci, pripravniki) z orodji za e-učenje in kvizi „gamification“ ter orodji za signaliziranje požarnih tveganj.

10.2 OZAVEŠČANJE O NEVARNOSTI ZARADI POŽAROV IN PREDPISI O RAVNANJU V OBDOBJIH NAJVEČJE NEVARNOSTI

OBRAVNAVANE FUNKCIJE TVEGANJA: Nevarnost, sposobnost odziva na nesrečo, prilagodljivost
RABA TAL: WUI
NIVOJI NAČRTOVANJA: Civilna zaščita
VKLJUČENI AKTERJI: Občina, Ministrstvo za Okolje in Prostor, Uprava za Zaščito in reševanje, Civilna zaščita, Gasilska zveza, ARSO

Usposabljanje in ozaveščanje sta temeljni stebri odpornosti: Civilna zaščita, regije in lokalne oblasti organizirajo tečaje za prostovoljce AIB, lokalne izvajalce, župane, podjetja in državljane, da bi spodbujali kulturo preprečevanja, poznavanje občinskih/regionalnih načrtov, samozaščito in pravilno ravnanje med alarmom ali izrednimi razmerami.
V obdobjih visoke nevarnosti se predpisujejo ali priporočajo obvezni ali močno priporočeni ukrepi za podjetja, zasebno infrastrukturo, živinorejce in državljane: na primer prepoved kurjenja odprtih ognjev, uporabe opreme, ki proizvaja iskre, obveznost čiščenja območij okoli stanovanj, obveznost pripravljenosti gasilnih sredstev. Čeprav se te zahteve ne izvajajo vedno enotno, so del sezonnih odredb, ki se izdajajo ob kampanji za preprečevanje gozdnih požarov.

11 ODKRIVANJE POŽAROV V REALNEM ČASU – EARLY WARNING SYSTEM

11.1 MONITORING GOZDA S SATELITI

OBRAVNAVANE FUNKCIJE TVEGANJA: Nevarnost, sposobnost odziva na nesrečo
RABA TAL: Gozd, gmajna, WUI
NIVOJI NAČRTOVANJA: Civilna zaščita
VKLJUČENI AKTERJI: Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje, Zavod za gozdove Slovenije, Gasilska zveza, Civilna zaščita, Agencija RS za okolje

Zgodnje odkrivanje požarov s satelitskimi posnetki uporablja podatke iz satelitov v orbiti, tako polarni kot geostacionarni, ki zajemajo multispektralne in toplotne posnetke za odkrivanje toplotnih anomalij, sprememb v spektralnih značilnostih vegetacije ali dimnih oblakov, pogosto podprtih s strojnim učenjem za avtomatsko analizo. Dokazano je, da uporaba satelitskih posnetkov (Landsat-8) v kombinaciji s tehnikami avtomatskega učenja omogoča odkrivanje aktivnih požarov z obsežnim prostorskim pokritjem, kar je koristno za velika območja (Singh, Ang in Srivastava, 2025). Druge študije kažejo, da hiperspektralne slike izboljšujejo sposobnost razlikovanja med dejanskimi požari in lažnimi anomalijami (npr. visoke temperature, ki niso povezane s požari) (Thangavel et al., 2023). Geostacionarni sateliti nove generacije omogočajo zelo pogosto skeniranje (na območju Evrope vsakih nekaj minut), kar omogoča opozorilo nekaj ur pred aktiviranjem tradicionalnih omrežij, zlasti pri hitro razvijajočih se požarih. Žal prostorske ločljivosti niso vedno dovolj visoke, da bi lahko zaznali majhna žarišča, zmogljivost zaznavanja pa se znatno zmanjša v prisotnosti oblačnosti ali atmosferskih motenj.

S projektom Karst Firewall 5.0 uvajamo integriran sistem za monitoring gozdov v realnem času, ki vključuje satelitske podatke iz evropskega sistema Copernicus, podatke iz slik IR-nadzornih kamer, okoljskih senzorjev (vremenske postaje, elektronski nosovi) in algoritma IA KF5.0.

11.2 MONITORING GOZDA Z VIDEO NADZOROM

OBRAVNAVANE FUNKCIJE TVEGANJA: Nevarnost, sposobnost odziva na nesrečo
RABA TAL: Gozd, gmajna, WUI
NIVOJI NAČRTOVANJA: Gozdnogospodarski načrt, Civilna zaščita
VKLJUČENI AKTERJI: Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje, Zavod za gozdove Slovenije, Gasilska zveza, Civilna zaščita, Agencija RS za okolje

Nadzor s fiksnimi kamerami in kamerami, nameščenimi na dronih, je ena najbolj neposrednih in učinkovitih oblik zgodnjega odkrivanja požarov: fiksne kamere se lahko namestijo na stolpe, drogove ali stavbe ob gozdnem robu ali v območjih WUI za neprekinjeno nadzorovanje, medtem ko droni zagotavljajo prožnost in mobilnost za redno patruljiranje, zlasti v oddaljenih ali težko dostopnih območjih. Pridobljene slike (vidne, RGB; včasih infrardeče) se analizirajo z algoritmi umetnega vida (globoko učenje, nevronske mreže, transformatorji) za prepoznavanje dima, barvnih sprememb, isker ali časovnih vzorcev skritega dima. Nedavna študija je pokazala, da model zaznavanja z vidnimi kamerami doseže 80,4-odstotno stopnjo pravilnih pozitivnih rezultatov z zelo nizko stopnjo lažnih pozitivnih rezultatov (≈1,13 %) na velikem nizu slik, ki vsebujejo dimne oblake (Fernandes, Utkin in Chaves, 2023). Droni, opremljeni z omnidirekcionalnimi ali fisheye (širokokotnimi) kamerami, omogočajo pokrivanje večjih območij z manj fiksnimi opazovalnimi točkami, pri čemer ocenijo lokacijo ognjišča s pomočjo GPS-koordinacij posnetkov in pošiljajo avtomatske alarme prek omrežij IoT. Omejitve so omejena vidljivost (dim, megla, noč ali slabo vreme), poraba energije, potreba po vzdrževanju in posodabljanju modelov umetne inteligence za zmanjšanje lažnih alarmov; poleg tega omrežje kamer/dronov zahteva naložbe ne le v strojno opremo, temveč tudi v podatkovno infrastrukturo in operativne postopke.

11.3 SENZORjI ZA ZGODNJE ODKRIVANJE POŽAROV

OBRAVNAVANE FUNKCIJE TVEGANJA: Nevarnost, sposobnost odziva na nesrečo
RABA TAL: Gozd, gmajna, WUI
NIVOJI NAČRTOVANJA: Gozdnogospodarski načrt, Civilna zaščita
VKLJUČENI AKTERJI: Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje, Zavod za gozdove Slovenije, Gasilska zveza, Civilna zaščita, Agencija RS za okolje

Na ranljivih območjih, kot je Kras, lahko uvedba pametnih senzorskih mrež za zgodnje odkrivanje požarov pomeni velik napredek v preprečevanju požarnih nevarnosti. Senzorji IoT, nameščeni na stebrih ali drevesih vzdolž pobočij in grebenov, lahko signalizirajo prisotnost požara že v fazi gorenja brez plamena, saj zaznavajo prisotnost plinov v zraku, značilnih za gorenje in pirolizo, in sicer:

- Ogljikov monoksid (CO);
- Ogljikov dioksid (CO_2);
- Vodik (H_2);
- Hlapne organske spojine (VOC);
- Plini in hlapi, ki nastanejo pri pirolizi/razgradnji goriva;

Lokalne spremembe vlažnosti in temperature.
Senzorje je najbolje namestiti na višini vsaj 2–3 metre, da se prepreči poškodbe zaradi ognja blizu tal, vlage in živali. Če ni stabilnih virov energije, jih je mogoče napajati s sončnimi celicami. Razmiki med senzorji morajo biti takšni, da pokrivajo območja z visokim tveganjem, vendar je treba zmanjšati njihovo skupno število, da se omejijo stroški in vzdrževanje. V primerjavi z drugimi oblikami zaznavanja, kot so na primer sateliti, imajo senzorji prednost, da lahko skrajšajo čas opozarjanja, vendar njihovi visoki stroški namestitve in vzdrževanja otežujejo njihovo uporabo na večjih območjih. Poleg tega so pogosti lažni alarmi, na primer zaradi nenadnih vremenskih sprememb ali dima iz kmetijskih dejavnosti. Nedavne študije so pokazale, da so modeli, opremljeni s programsko opremo, podprto z umetno inteligenco, bolj sposobni zaznati požare v krajšem času (De Rango et al., 2025).

12 VIRI

Agee, J.K. and Skinner, C.N. (2005) 'Basic principles of forest fuel reduction treatments', Forest Ecology and Management, 211(1–2), pp. 83–96. Available at: https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.01.034.

Blitch, W., Sovie, A., & Tobin, B. (2023). Predictive modeling of cave entrance locations: Relationships between surface and subsurface morphology. *International Journal of Speleology*, *52*(2), 101–108. https://doi.org/10.5038/1827-806X.52.2.2455

Brown, J. L. (2014). SDMtoolbox: A python-based GIS toolkit for landscape genetic, biogeographic and species distribution model analyses. *Methods in Ecology and Evolution*, *5*(7), 694–700. https://doi.org/10.1111/2041-210X.12200

Brun, P., Zimmermann, N. E., Hari, C., Pellissier, L., & Karger, D. N. (2022). *CHELSA-BIOCLIM+ A novel set of global climate-related predictors at kilometre-resolution* (Versione 1.0) [Geotiff,PDF]. EnviDat. https://doi.org/10.16904/ENVIDAT.332

De Rango, A. et al. (2025) 'Wildfire Early Warning System Based on a Smart CO2 Sensors Network', Sensors, 25(7), p. 2012. Available at: https://doi.org/10.3390/s25072012.

Djabri, A. D., Bouhata, R., Guellouh, S., & Bensekhria, A. (2024). Wildfire Vulnerability Assessment and Mapping Using Remote Sensing, GIS and Weighted Overlay Method in the Eastern Aures in Khenchela, Algeria. *Geoadria*, *28*(2), 191–210. https://doi.org/10.15291/geoadria.4218

Duncan, B.W. et al. (2015) 'Comparing fuels reduction and patch mosaic fire regimes for reducing fire spread potential: A spatial modeling approach', Ecological Modelling, 314, pp. 90–99. Available at: https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2015.07.013.

Dupuy, J., Fargeon, H., Martin-StPaul, N., Pimont, F., Ruffault, J., Guijarro, M., Hernando, C., Madrigal, J., & Fernandes, P. (2020). Climate change impact on future wildfire danger and activity in southern Europe: A review. *Annals of Forest Science*, *77*(2), 35. https://doi.org/10.1007/s13595-020-00933-5

Fernandes, A.M., Utkin, A.B. and Chaves, P. (2023) 'Automatic early detection of wildfire smoke with visible-light cameras and EfficientDet', Journal of Fire Sciences, 41(4), pp. 122–135. Available at: https://doi.org/10.1177/07349041231163451.

Gigović, & Jakovljević. (2018). GIS Multi-Criteria Analysis for Identifying and Mapping Forest Fire Hazard: Nevesinje, Bosnia and Herzegovina. *Tehnicki Vjesnik - Technical Gazette*, *25*(3). https://doi.org/10.17559/TV-20151230211722

Goleiji, E., Hosseini, S. M., Khorasani, N., & Monavari, S. M. (2017). Forest fire risk assessment-an integrated approach based on multicriteria evaluation. *Environmental Monitoring and Assessment*, *189*(12), 612. https://doi.org/10.1007/s10661-017-6225-7

González-Olabarria, J.-R. and Pukkala, T. (2011) 'Integrating fire risk considerations in landscape-level forest planning', Forest Ecology and Management, 261(2), pp. 278–287. Available at: https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.10.017.

Granceri Bradaschia, M., Giacomo, M., Longato, D., Domen, P., Maragno, D., & Musco, F. (2025). Valutazione del cambiamento climatico sul carso, tra italia e slovenia / ocena podnebnih sprememb na krasu med Italijo in Slovenijo. https://doi.org/10.5281/zenodo.18230894

Holuša, J. et al. (2021) 'A simple model indicates that there are sufficient water supply points for fighting forest fires in the Czech Republic', International Journal of Wildland Fire, 30(6), pp. 428–439. Available at: https://doi.org/10.1071/WF20103.

Karger, D. N., Conrad, O., Böhner, J., Kawohl, T., Kreft, H., Soria-Auza, R. W., Zimmermann, N. E., Linder, H. P., & Kessler, M. (2017). Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas. *Scientific Data*, *4*(1), 170122. https://doi.org/10.1038/sdata.2017.122

Kim, S. J., Lim, C.-H., Kim, G. S., Lee, J., Geiger, T., Rahmati, O., Son, Y., & Lee, W.-K. (2019). Multi-Temporal Analysis of Forest Fire Probability Using Socio-Economic and Environmental Variables. *Remote Sensing*, *11*(1), 86. https://doi.org/10.3390/rs11010086

Lasanta, T. et al. (2020) 'Soil quality and soil organic carbon storage in abandoned agricultural lands: Effects of revegetation processes in a Mediterranean mid-mountain area', Land Degradation & Development, 31(18), pp. 2830–2845. Available at: https://doi.org/10.1002/ldr.3655.

Lasanta, T. et al. (2022) 'An environmental management experience to control wildfires in the mid-mountain mediterranean area: Shrub clearing to generate mosaic landscapes', Land Use Policy, 118, p. 106147. Available at: https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106147.

Malczewski, J. (2006). GIS-based multicriteria decision analysis: A survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science*, *20*(7), 703–726. https://doi.org/10.1080/13658810600661508

Maniatis, Y., Doganis, A., & Chatzigeorgiadis, M. (2022). Fire Risk Probability Mapping Using Machine Learning Tools and Multi-Criteria Decision Analysis in the GIS Environment: A Case Study in the National Park Forest Dadia-Lefkimi-Soufli, Greece. *Applied Sciences*, *12*(6), 2938. https://doi.org/10.3390/app12062938

Mauri, E. and Jankavić, M. (2023) Wildfire risk planning and prevention - Innovations in the Mediterranean and beyond. European Forest Institute. Available at: https://doi.org/10.36333/rs8en.

McKinney, S.T. et al. (2022) 'A systematic review of empirical evidence for landscape-level fuel treatment effectiveness', Fire Ecology, 18(1), p. 21. Available at: https://doi.org/10.1186/s42408-022-00146-3.

Merow, C., Smith, M. J., & Silander, J. A. (2013). A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: What it does, and why inputs and settings matter. *Ecography*, *36*(10), 1058–1069. https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.07872.x

Mishra, B., Panthi, S., Poudel, S., & Ghimire, B. R. (2023). Forest fire pattern and vulnerability mapping using deep learning in Nepal. *Fire Ecology*, *19*(1), 3. https://doi.org/10.1186/s42408-022-00162-3

Oliveira, F.P. (2023) 'Forest Fires and Building Rules', Civil Engineering Research Journal, 14(1). Available at: https://doi.org/10.19080/CERJ.2023.14.555878.

Paudel, G., Pandey, K., Lamsal, P., Bhattarai, A., Bhattarai, A., & Tripathi, S. (2024). Geospatial forest fire risk assessment and zoning by integrating MaxEnt in Gorkha District, Nepal. *Heliyon*, *10*(11), e31305. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31305

Phillips, S. J. (2017). *A Brief Tutorial on Maxent* (p. 39). http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/

Phillips, S. J., Anderson, R. P., & Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, *190*(3–4), 231–259. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026

Phillips, S. J., & Dudík, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent: New extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, *31*(2), 161–175. https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2008.5203.x

Phillips, S. J., Dudík, M., Elith, J., Graham, C. H., Lehmann, A., Leathwick, J., & Ferrier, S. (2009). Sample selection bias and presence-only distribution models: Implications for background and pseudo-absence data. *Ecological Applications*, *19*(1), 181–197. https://doi.org/10.1890/07-2153.1

RAFVG - DC production, trade, cooperation, agricultural and forest resources – Regional Forestry Corps Service. (2024). *Fire beginning point* [Dataset].

Ruiz-Mirazo, J., Robles, A.B. and González-Rebollar, J.L. (2011) 'Two-year evaluation of fuelbreaks grazed by livestock in the wildfire prevention program in Andalusia (Spain)', Agriculture, Ecosystems & Environment, 141(1), pp. 13–22. Available at: https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.02.002.

Saaty, T. l. (2002). *DECISION MAKING WITH THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS*. *9*(3), 215–229.

Shinneman, D.J. et al. (2019) 'The ecological uncertainty of wildfire fuel breaks: examples from the sagebrush steppe', Frontiers in Ecology and the Environment, 17(5), pp. 279–288. Available at: https://doi.org/10.1002/fee.2045.

Singh, H., Ang, L.-M. and Srivastava, S.K. (2025) 'Active wildfire detection via satellite imagery and machine learning: an empirical investigation of Australian wildfires', Natural Hazards, 121(8), pp. 9777–9800. Available at: https://doi.org/10.1007/s11069-025-07163-w.

Sivrikaya, F., & Küçük, Ö. (2022). Modeling forest fire risk based on GIS-based analytical hierarchy process and statistical analysis in Mediterranean region. *Ecological Informatics*, *68*, 101537. https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2021.101537

Spadoni, G.L. et al. (2023) 'Active governance of agro-pastoral, forest and protected areas mitigates wildfire impacts in Italy', Science of The Total Environment, 890, p. 164281. Available at: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164281.

Starns, H.D. et al. (2019) 'Recoupling fire and grazing reduces wildland fuel loads on rangelands', Ecosphere, 10(1), p. e02578. Available at: https://doi.org/10.1002/ecs2.2578.

Stephens, S.L. et al. (2012) 'The Effects of Forest Fuel-Reduction Treatments in the United States', BioScience, 62(6), pp. 549–560. Available at: https://doi.org/10.1525/bio.2012.62.6.6.

Sušnik, A., Vlahović, Ž., Moderc, A., & Habič, B. (2023). *Prilagajanje podnebnim spremembam. [PP14] Kmetijske suše*. Agencija RS za okolje. https://kazalci.arso.gov.si/sl/content/kmetijske-suse-0

Thangavel, K. et al. (2023) 'Autonomous Satellite Wildfire Detection Using Hyperspectral Imagery and Neural Networks: A Case Study on Australian Wildfire', Remote Sensing, 15(3), p. 720. Available at: https://doi.org/10.3390/rs15030720.

Valente, S., Coelho, C. and Soares, J. (no date) 'Forest Intervention Areas (ZIF): A New Approach for Non-Industrial Private Forest Management in Portugal'.

Vilar, L., Gómez, I., Martínez-Vega, J., Echavarría, P., Riaño, D., & Martín, M. P. (2016). Multitemporal Modelling of Socio-Economic Wildfire Drivers in Central Spain between the 1980s and the 2000s: Comparing Generalized Linear Models to Machine Learning Algorithms. *PLOS ONE*, *11*(8), e0161344. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161344

Yang, X., Jin, X., & Zhou, Y. (2021). Wildfire Risk Assessment and Zoning by Integrating Maxent and GIS in Hunan Province, China. *Forests*, *12*(10), 1299. https://doi.org/10.3390/f12101299