

KOLIČINE GORIVA U ŠUMSKOJ PROSTIRCI SASTOJINA HRASTA CRNIKE (*QUERCUS ILEX* L.) I HRASTA MEDUNCA (*QUERCUS PUBESCENS* WILLD.)

FOREST FLOOR FUEL LOADS IN HOLM OAK (*Quercus ilex* L.) AND PUBESCENT OAK (*Quercus pubescens* Willd.) FORESTS

Nera BAKŠIĆ, Darko BAKŠIĆ*

SAŽETAK

Primjena novijih metoda daljinskih istraživanja, kao što su zračno i terestričko skeniranje lidarom te primjena „Structure-from-motion“ (SfM) fotogrametrije, nadopunila je terensko prikupljanje podataka i omogućila 3D kartiranje slojeva šumskih goriva, čime se značajno pojednostavnila i unaprijedila njihova karakterizacija. Ove metode, međutim, nisu uporabive za kvantificiranje značajki šumske prostirke za koju se podaci i dalje trebaju prikupljati klasičnim terenskim metodama, pri čemu se određuje prisutnost podhorizontata i njihova debljina, dok se značajke prostirke: gustoća, količina, udjel i zaliha ugljika određuju u laboratoriju. Stoga je i dalje standardna praksa izrada regresijskih jednadžbi koje operativcima omogućuju da na temelju debljine šumske prostirke, koja je lako mjerljiva varijabla, odrede količine raspoloživog goriva te zalihe ugljika u njoj, odnosno da na temelju debljina i gustoća pojedinih podhorizontata šumske prostirke odrede količine po podhorizontima i ukupno. Informacije o šumskoj prostirci koriste se u modelima za predikciju ponašanja i širenja šumskih požara, modelima učinka požara, zatim kod planiranja i praćenja mehaničke redukcije goriva, kvantificiranja potrošenog goriva i emisije dima, kvantificiranja zaliha ugljika, za opisivanje staništa i njegove produktivnosti te planiranje pripravnosti. S obzirom na to da sastojine hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) i hrasta medunca (*Quercus pubescens* Willd.) pridolaze u mediteranskom dijelu Hrvatske gdje je opasnost od šumskih požara najveća, a podaci koji su o šumskoj prostirci do sada publicirani nisu prikladni za navedene modele, glavni ciljevi istraživanja bili su utvrditi debljine, gustoće i količine pojedinih podhorizontata šumske prostirke te izraditi regresijske jednadžbe koje omogućuju procjenu količine raspoloživog goriva u šumskoj prostirci na temelju njene debljine. Uzorkovanje šumske prostirke u sastojinama hrasta crnike (starosti 60, 90 i 100 god.) obavljeno je na otocima Lastovu i Mljetu, dok je uzorkovanje u sastojinama hrasta medunca (starosti 53 i 90 god.) obavljeno u okolici Dugopolja i Biograda na Moru. Količina šumske prostirke i zaliha OC u starim sastojinama hrasta crnike i hrasta medunca dvostruko je manja u odnosu na stare sastojine alepskog bora i dalmatinskog crnog bora. Na osnovi toga može se reći da borove sastojine imaju značajno veću količinu potencijalno raspoloživog goriva u šumskoj prostirci te su zbog toga potencijalno ugroženije požarima, ali i da pohranjuju dvostruko više ugljika u šumskoj prostirci. U ovoj su studiji za sastojine hrasta crnike i hrasta medunca, po prvi puta za Hrvatsku, određene gustoće pojedinih podhorizontata šumske prostirke te su izrađene regresijske jednadžbe koje omogućuju procjenu količine raspoloživog goriva u šumskoj prostirci na temelju njene debljine po podhorizontima i ukupno. Rezultati ovog istraživanja imaju praktičnu vrijednost u jednostavnijem kvantificiranju količina goriva, što je važno u operativnoj primjeni modela za predikciju ponašanja i širenja šumskih požara, ali se mogu koristiti i u ostalim, prethodno spomenutim modelima.

KLJUČNE RIJEČI: hrast crnika, hrast medunac, šumska prostirka, količine goriva, zalihe ugljika

UVOD INTRODUCTION

Šumska goriva predstavljaju kompleks potencijalno zapaljive žive i mrtve organske tvari, odnosno biomase u šumi (Keane 2015). Sastoje se od jednog ili više slojeva u gotovo beskonačnim kombinacijama s obzirom na vrstu, količinu, oblik, poziciju i raspored (Schroeder i Buck 1970). Šumska se goriva obično razvrstavaju u tri osnovna sloja na temelju njihovog utjecaja na ponašanje požara: sloj podpovršinskih goriva (engl. *ground fuels*) kojega čine OF i OH podhorizonti šumske prostirke, sloj površinskih ili prizemnih goriva (engl. *surface fuels*) kojega čine površinski sloj šumske prostirke OL, prizemno rašće (živo i mrtvo), te mrtvo drvo i grmlje do 2 m visine i sloj goriva krošnja (engl. *canopy fuels*) (Keane, 2015). Detaljnija raščlamba pojedinog sloja goriva ili dodavanje međuslojeva, vezana je uz nacionalne klasifikacije pojedinih zemalja ili čak pojedinih regija unutar iste zemlje, a temelji se na specifičnostima šumskih ekosustava tih područja. Komponente goriva u pojedinom sloju mogu biti definirane po količini, veličini (promjeru čestica goriva), stanju (živo ili mrtvo), materijalu (drvenasto ili zeljasto), vrsti itd., a svaka od ovih komponenti ima različita kemijska i fizička svojstva koja utječu na ponašanje šumskog požara, odnosno njegovo širenje, intenzitet i žestinu.

Detaljne i točne informacije o šumskim gorivima ključne su za predikcijske modele ponašanja i širenja šumskog požara, kao i za predikcijske modele učinka (posljedica) požara. Iste se informacije koriste i kod planiranja i praćenja mehaničke redukcije goriva, kvantificiranja potrošenog goriva i emisije dima prilikom kontroliranih ili šumskih požara, kvantificiranja zaliha ugljika, zatim za opisivanje staništa i njegove produktivnosti te planiranje pripravnosti (Lavoie i dr. 2010, Keane i dr. 2012). Izbor karakteristika goriva koje se koriste u modelu, ovisi o njegovoj namjeni. Izmjeriti, opisati i kartirati šumska goriva vrlo je zahtjevno s obzirom na već spomenutu izrazito veliku prostornu i vremensku varijabilnost njihovih svojstava. Opsežno terensko uzorkovanje temeljni je način prikupljanja podataka o karakteristikama šumskih goriva za potrebe preciznog modeliranja (i kartiranja), ali je zahtjevno, dugotrajno i skupo. Primjena novijih metoda daljinskih istraživanja, kao što su zračno (engl. *Airborne Lidar scanning – ALS*) i terestričko skeniranje lidarom (engl. *terrestrial laser scanning – TLS*) te primjena „Structure-from-motion“ (SfM) fotogrametrije nadopunila je terensko prikupljanje podataka i omogućila 3D kartiranje slojeva goriva, čime je značajno pojednostavnila i unaprijedila karakterizaciju nadzemnih komponenti šumskih goriva. Ove metode, međutim, pokazuju i određena ograničenja prilikom karakterizacije nadzemnih komponenti šumskih goriva kod gustih i višeslojnih sastojina kakve su npr. tipične za područje Mediterana. TLS se, ovisno o gustoći sastojine, može koristiti prilikom kartiranja površinske distribucije šumske prostirke, ali nije u

moćnosti prodrijeti u šumsku prostirku pa nije moguće odrediti njenu debljinu i gustoću (Prichard i dr. 2022). Stoga se šumska prostirka i dalje treba prikupljati klasičnim terenskim metodama, pri čemu se određuje prisutnost podhorizontata i njihova debljina, dok se značajke prostirke: gustoća, količina, udio i zaliha ugljika određuju u laboratoriju. Standardna je praksa izrada regresijskih jednadžbi koje operativcima omogućuju da na temelju debljine šumske prostirke koja je lako mjerljiva varijabla, odrede količine raspoloživog goriva te zalihe ugljika u njoj, odnosno da se na temelju debljina i gustoća pojedinih podhorizontata šumske prostirke odrede količine po podhorizontima i ukupno (Brown i dr. 1982, Wagtendonk i dr. 1998, Brown i dr. 2004, Knapp i dr. 2005, Letang i de Groot 2012, DiMario i dr. 2018, Bakšić i Bakšić 2017, 2020).

Šumska prostirka, odnosno O horizont, predstavlja sveukupni organski materijal na površini mineralnog dijela tla koji se nalazi u različitim stadijima razgradnje. Ovisno o stanišnim uvjetima, može imati tri sloja, odnosno podhorizonta. Površinski podhorizont ili listinac (OL ili Oi), sastoji se od nepromijenjenih, recentno akumuliranih organskih ostataka kao što su lišće, iglice, grančice, plodovi, kora i slično. Ispod njega se nalazi tamniji podhorizont (OF ili Oe) koji čine fragmentirani, umjereno razgrađeni i transformirani, djelomično ili teško prepoznatljivi biljni i životinjski ostatci, često prožeti micelijem gljiva, a između njega i mineralnog dijela tla može se nalaziti i sloj s humificiranim organskim ostacima (OH ili Oa) (Banwell i dr. 2013). Slojevi šumske prostirke imaju različita kemijska i fizička svojstva (kemijski sastav, gustoća, debljina, količina, udio vlage, kapacitet za vodu, mineralni udio – udio pepela) (Miyaniishi 2001, Banwell i Varner 2014, Berg i McClougherty 2014, Banwell i dr. 2013, Keane 2015, Slijepčević i dr. 2015, 2018), koja utječu na vrstu i stupanj izgaranja te posljedično i na učinke požara, pa se tretiraju kao zasebne komponente u uvodno navedenim modelima. Osim toga, uzorkovanje po pojedinim podhorizontima povećava i točnost procjene količina potencijalnog goriva i zaliha ugljika (Brown i dr. 1982, Smith i Heath 2002, Schulp i dr. 2008, Chojnacky i dr. 2009, Bakšić i Bakšić 2020).

Za ovu studiju odabrane su sastojine hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) i hrasta medunca (*Quercus pubescens* Willd.) jer one pridolaze u mediteranskom području Hrvatske gdje je opasnost od šumskih požara najveća, a podaci koji su o šumskoj prostirci do sada publicirani (Topić 1992, Martinić 2003, Križnjak i dr. 2017) nisu prikladni za primjenu u navedenim modelima.

U skladu s nevedenim, postavljeni su sljedeći ciljevi istraživanja:

- utvrditi debljine, gustoće i količine pojedinih podhorizontata šumske prostirke te šumske prostirke ukupno u sastojinama hrasta crnike i hrasta medunca,

– izraditi regresijske jednadžbe koje omogućuju procjenu količine raspoloživog goriva u šumskoj prostirci na temelju njene debljine po podhorizontima i ukupno.

nje u sastojinama hrasta medunca obavljeno u okolici Dugopolja i Biograda na Moru (slika 1, tablica 1).

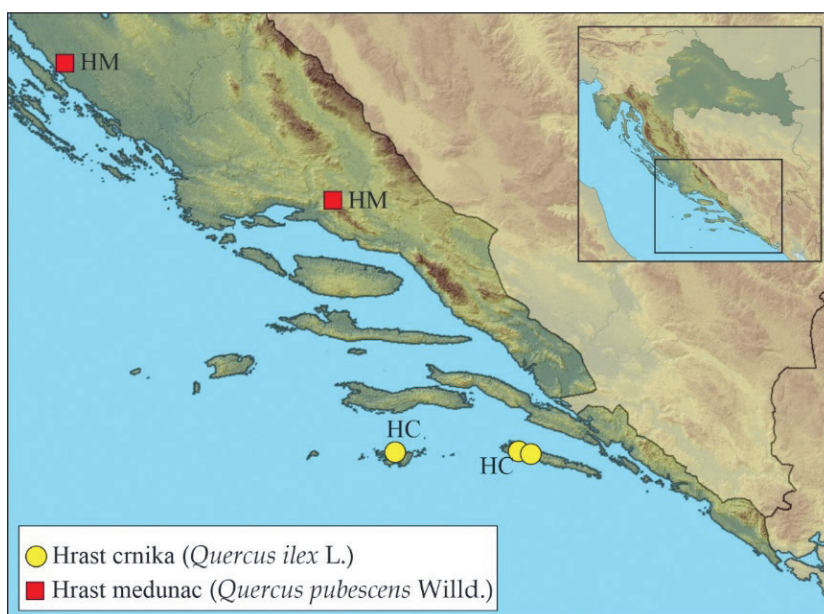
MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA MATERIAL AND METHODS OF RESEARCH

Područje istraživanja – *Research area*

Uzorkovanje šumske prostirke u sastojinama hrasta crnike obavljeno je na otocima Lastovu i Mljetu, dok je uzorkova-

Uzorkovanje šumske prostirke – *Sampling of the forest floor*

šumska prostirka uzorkovana je unutar okvira dimenzija 30 cm × 30 cm po metodologiji detaljno opisanoj u Bakšić i Bakšić (2017, 2020). Zasebno su uzorkovani podhorizonti šumske prostirke OL, OF₁, OF₂ i OH (Schulp i dr. 2008) – slika 3. Nastojalo se obuhvatiti što širi raspon debljina šumske prostirke, kako bi se mogle izraditi bolje regresijske jednadžbe.



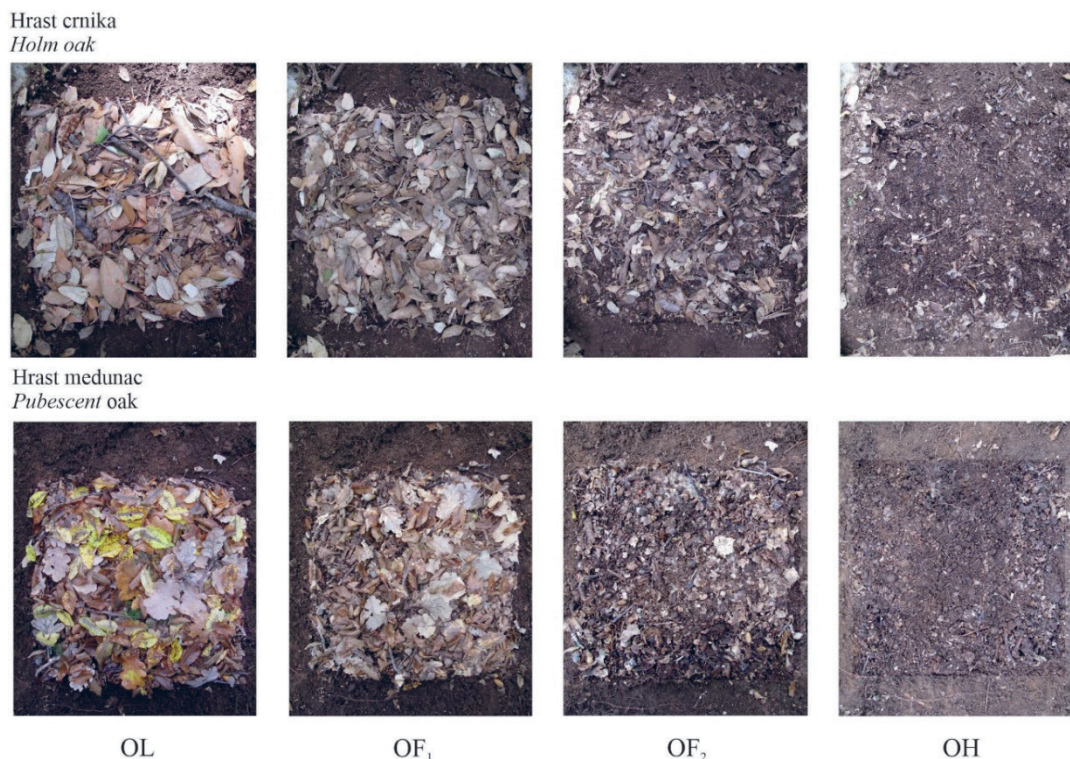
Slika 1. Položaji ploha u sastojinama hrasta crnike (žuti krugovi) i hrasta medunca (crveni kvadrati).

Figure 1. Plot positions in holm oak (yellow circles) and pubescent oak (red squares) stands.

Tablica 1. Položaji ploha na kojima je obavljeno terensko uzorkovanje šumske prostirke u sastojinama hrasta crnike i hrasta medunca. Ukupno je uzeto 50 uzoraka (10 po lokalitetu).

Table 1. Locations of plots where field samples of forest floor were collected in holm oak and pubescent oak stands. A total of 50 samples were taken (10 per location).

Područje <i>Area</i>	Lokalitet <i>Location</i>	N	E	Vrsta <i>Species</i>	Gospodarska jedinica <i>Management Unit</i>	Odjel/odsjek <i>Department</i>	Starost <i>Age</i>	Oznaka <i>Symbol</i>
Mljet	Planjak	42°46'16,4"	17°25'31,6"	<i>Q. ilex</i>	NP Mljet	37	60	HC60
Lastovo	Zaklopatica	42°46'06,9"	16°52'25,7"	<i>Q. ilex</i>	privatno	privatno <i>private</i>	90	HC90
Mljet	Velika Dolina	42°46'15,7"	17°24'31,5"	<i>Q. ilex</i>	NP Mljet	39c	100	HC100
Biograd	Gaj	43°57'48,0"	15°27'14,5"	<i>Q. pubescens</i>	Biograd	3a; 7a	53	HM53
Dugopolje	Dugopolje	43°34'46,2"	16°35'08,5"	<i>Q. pubescens</i>	privatno	privatno <i>private</i>	90	HM90



Slika 2. Uzorkovanje šumske prostirke
Figure 2 Sampling of the forest floor

Laboratorijske analize šumske prostirke – *Laboratory analysis of the forest floor*

Masa suhe tvari uzoraka šumske prostirke određena je gravimetrijskom metodom nakon sušenja uzoraka na 100 °C 48 sati. Količina goriva izražena je masom suhe tvari po jedinici površine (kg m⁻²). Udio organskog ugljika – OC (HRN ISO 10694, 2004) u uzorcima šumske prostirke starih sastojina HC100 i HM90¹ određen je suhim spaljivanjem u Flash 2000[®] Combustion NC Soil Analyzer (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA) na po 5 zasebno uzetih uzoraka u OL, OF i OH podhorizontima. Udio vode (HRN ISO 11465:2004) određen je sušenjem uzoraka šumske prostirke (50 °C) do konstantne mase.

Analiza podataka – *Data analysis*

Statističke analize napravljene su pomoću programa Excel i Statistica 14 (TIBCO Software Inc. 2020). Za debljine i gustoće šumske prostirke, po slojevima prostirke i prema starosti sastojine, navedene su aritmetičke sredine i standardne devijacije. Za količine šumske prostirke, po slojevima i starosti sastojine, prikazana je deskriptivna statistika: broj uzo-

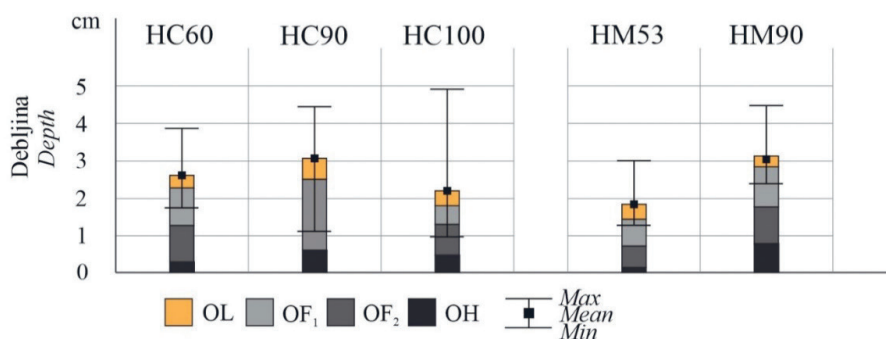
raka, aritmetička sredina, standardna devijacija, minimum i maksimum. Razlike debljina, gustoća i količina prostirke između istovrsnih podhorizontata za sastojine hrasta crnike po starosti testirane su analizom varijance ako je bio zadovoljen uvjet homogenosti varijance. Kad je analiza varijance pokazala da postoji statistički značajna razlika, pojedinačne razlike testirane su Tukey-evim višestrukim post hoc testom (Petz i dr. 2012), odnosno ako nije bio zadovoljen uvjet homogenosti varijance, testiranje je obavljeno Kruskal-Wallisov-im neparametrijskim testom. Razlike debljina, gustoća i količina prostirke između istovrsnih podhorizontata za sastojine hrasta medunca testirane su t-testom. Regresijskom analizom utvrđena je veza debljina prostirke i pripadajućih količina te su dane jednadžbe regresijskih modela s pripadajućim evaluacijskim parametrima: standardna pogreška, p-vrijednost, srednja pogreška, srednja apsolutna pogreška, korijen srednje kvadratne pogreške i koeficijent determinacije. Razlike udjela i zaliha OC između starih sastojina hrasta crnike HC100 i hrasta medunca HM90 testirane su t-testom.

REZULTATI RESULTS

Debljina i gustoća šumske prostirke – *Forest floor depth and bulk density*

Debljina šumske prostirke u sastojini hrasta crnike HC60 iznosila je $2,8 \pm 0,7$ cm (aritm. sred. + std. dev.), u sastojini HC90 $3,2 \pm 1,2$ cm, a u sastojini HC100 $2,3 \pm 1,1$ cm

¹ Zbog vremenskih i financijskih ograničenja u razdoblju istraživanja udio ugljika kao i zalihe ugljika nisu određene u mlađim sastojinama navedenih vrsta hrastova. Međutim kako do sada nema publiciranih podataka o udjelu i zaliham ugljika u šumskoj prostirci za hrast crniku i medunac, smatrali smo da dobivene rezultate treba uključiti u ovaj rad.



Slika 3. Srednje vrijednosti debljine (cm) podhorizonta šumske prostirke OL, OF₁, OF₂ i OH za sastojine hrasta crnike HC60, HC90 i HC100 te hrasta medunca HM53 i HM90 (N = 10 za svaku sastojinu).

Figure 3. Mean depth (cm) of forest floor subhorizons OL, OF₁, OF₂, and OH for holm oak stands HC60, HC90, and HC100 and pubescent oak stands HM53 and HM90 (N = 10 for each stand).

(slika 3). Maksimalna utvrđena debljina šumske prostirke iznosila je 5 cm (HC100). Sastojina HC60 ima statistički značajno tanji OL-podhorizont ($F = 4,942$; $p = 0,015$) od sastojine HC90, dok istovremeno ima statistički značajno deblji OF₁-podhorizont od sastojine HC100 ($F = 15,751$; $p < 0,001$). U sastojini HC90 OF-podhorizont nije razdvajan na OF₁ i OF₂ pa zbog toga nije ni uspoređivan. Ne postoji statistički značajna razlika između OF₂ podhorizonta između sastojina HC60 i HC100, a niti između OH-podhorizonta i ukupne debljine šumske prostirke za sve tri sastojine hrasta crnike. Kako nisu utvrđene statistički značajne razlike u gustoćama između istovrsnih podhorizonta sastojina hrasta crnike različitih starosti, dana je srednja vrijednost gustoća za sve uzorke (N = 30 za OL i OH; N = 20 za OF₁ i OF₂). Gustoća OL podhorizonta iznosila je $23,4 \pm 3,7 \text{ kg m}^{-3}$, OF₁ podhorizonta $116,2 \pm 16,1 \text{ kg m}^{-3}$, OF₂ podhorizonta $175,1 \pm 19,9 \text{ kg m}^{-3}$, a OH podhorizonta $233,3 \pm 40,0 \text{ kg m}^{-3}$.

Debljina prostirke u sastojini hrasta medunca HM53 iznosila je $1,9 \pm 0,5 \text{ cm}$, a u sastojini hrasta medunca HM90 $3,2 \pm 0,7 \text{ cm}$ (slika 3). Maksimalna utvrđena debljina šumske prostirke iznosila je 4,6 cm (HM90). Sastojina HM90 ima statistički značajno deblje sve podhorizonte OL ($t = 2,867$; $p = 0,012$), OF₁ ($t = -3,800$; $p = 0,001$), OF₂ ($t = -2,308$; $p = 0,033$) i OH ($t = -4,527$; $p < 0,001$) od sastojine HM53 pa se može reći da pokazuje jasan trend porasta debljine sa starošću. Nisu utvrđene statistički značajne razlike u gustoćama između OL, OF₁ i OF₂ podhorizonta sastojina hrasta medunca, dok je za OH podhorizont utvrđena statistički značajna razlika ($t = -3,747$; $p = 0,002$). Gustoća OL podhorizonta iznosi $22,2 \pm 2,9 \text{ kg m}^{-3}$, OF₁ podhorizonta $110,3 \pm 14,3 \text{ kg m}^{-3}$, OF₂-podhorizonta $174,3 \pm 37,8 \text{ kg m}^{-3}$, OH-podhorizonta za sastojinu HM53 $167,9 \pm 37,8 \text{ kg m}^{-3}$, a OH podhorizonta za sastojinu HM90 $229,2 \pm 30,0 \text{ kg m}^{-3}$.

Količina goriva u šumskoj prostirci – Forest floor fuel load

Za ukupne količine šumske prostirke nisu utvrđene statistički značajne razlike između sastojina hrasta crnike različitih starosti. Za HC60 srednja vrijednost količine prostirke

iznosi $3,91 \text{ kg m}^{-2}$, za HC90 $4,32 \text{ kg m}^{-2}$, a za HC100 $3,31 \text{ kg m}^{-2}$ (tablica 2). Maksimalna utvrđena količina prostirke iznosi $8,19 \text{ kg m}^{-2}$ (HC100). Koeficijenti varijacije za OL i OF₁ podhorizonte za sve sastojine hrasta crnike kreću se u rasponu od 28 % do 45 %, dok OF₂ i OH imaju veće koeficijente varijacije, u rasponu od 54 % do 95 %. Za sastojinu HC60 utvrđena je statistički značajno manja količina prostirke u OL podhorizontu ($F = 4,516$; $p = 0,020$) od sastojine HC90, dok istovremeno ima statistički značajno veću količinu u OF₁-podhorizontu ($F = 14,671$; $p < 0,001$) od sastojine HC100. Ne postoji statistički značajna razlika između OF₂ podhorizonta između sastojina HC60 i HC100, a niti između OH podhorizonta za sve tri sastojine hrasta crnike.

Ukupna količina prostirke za sastojinu HM53 iznosi $2,09 \text{ kg m}^{-2}$, a za HM90 $4,92 \text{ kg m}^{-2}$ (tablica 2). Maksimalna utvrđena količina prostirke u sastojini HM90 iznosi $8,60 \text{ kg m}^{-2}$. Koeficijenti varijacije za OL i OF₁ podhorizonte kreću se u rasponu od 22 % do 44 %, dok su za OF₂ i OH podhorizonte veći, a kreću se u rasponu od 37 % do 115 %. Za OL podhorizont nije utvrđena statistički značajna razlika između sastojina hrasta medunca. Starija sastojina HM90 statistički se značajno razlikuje od sastojine HM53 po većoj količini OF₁ ($t = -3,885$; $p < 0,001$), OF₂ ($t = 2,964$; $p = 0,008$) i OH podhorizonta ($t = -5,038$; $p < 0,001$) (tablica 2).

Regresijske jednadžbe za procjenu količine šumske prostirke na temelju njene debljine – Regression equations for estimating forest floor loads as a function of forest floor depth

Regresijskom analizom utvrđena je statistički značajna veza debljina i količina šumske prostirke u sastojinama hrasta crnike i hrasta medunca te su dane regresijske jednadžbe za OL podhorizont (HC – tablica 3, red 1; HM – tablica 3, red 4), zatim za OF₁, OF₂ i OH zajedno (HC – tablica 3, red 2; HM – tablica 3, red 5) te za ukupnu prostirku (HC – tablica 3, red 3; HM – tablica 3, red 6). Odnos regresijskih jednadžbi za procjenu ukupne količine šumske prostirke temeljem njene debljine za hrast crniku i hrast medunac prikazan je na slici 4.

Tablica 2. Količina goriva u šumskoj prostirci po podhorizontima OL, OF₁, OF₂ i OH u sastojinama hrasta crnike HC60, HC90, HC100 i sastojinama hrasta medunca HM53 i HM90 (N = 10 za svaku sastojinu).

Table 2. Forest floor fuel load by subhorizons OL, OF₁, OF₂, and OH in holm oak stands HC60, HC90, HC100, and pubescent oak stands HM53 and HM90 (N = 10 for each stand).

Podhorizont Subhorizon	S.v. ± s.d. M.v. ± s.d.	Min. Min.	Maks. Max.	S.v. ± s.d. M.v. ± s.d.	Min. Min.	Maks. Max.	S.v. ± s.d. M.v. ± s.d.	Min. Min.	Maks. Max.	S.v. ± s.d. M.v. ± s.d.	Min. Min.	Maks. Max.	S.v. ± s.d. M.v. ± s.d.	Min. Min.	Maks. Max.
kg m ⁻²															
	HC60			HC90			HC100			HM53			HM90		
OL	0,09 ± 0,03	0,05	0,14	0,14 ± 0,04	0,09	0,20	0,11 ± 0,03	0,06	0,15	0,10 ± 0,04	0,04	0,18	0,06 ± 0,03	0,04	0,12
OF ₁	1,23 ± 0,43	0,65	1,90	2,60 ± 1,01	1,03	4,21	0,61 ± 0,27	0,38	1,16	0,80 ± 0,23	0,46	1,20	1,24 ± 0,27	0,88	1,66
OF ₂	1,83 ± 0,73	0,83	3,17				1,46 ± 0,80	0,40	3,40	0,91 ± 0,69	0,20	2,57	1,82 ± 0,68	0,82	2,82
OH	0,76 ± 0,41	0,29	1,40	1,58 ± 1,13	0,25	3,79	1,13 ± 1,08	0,11	3,50	0,28 ± 0,32	0,00	0,90	1,80 ± 0,90	0,85	4,06
Ukupno Total	3,91 ± 1,15	2,72	6,57	4,32 ± 1,70	1,40	6,05	3,31 ± 2,01	1,01	8,19	2,09 ± 1,01	1,04	4,52	4,92 ± 1,41	3,83	8,60

Zaliha ugljika u šumskoj prostirci starih sastojina hrasta crnike i hrasta medunca – *Carbon stocks in the forest floor of old stands of holm oak and pubescent oak*

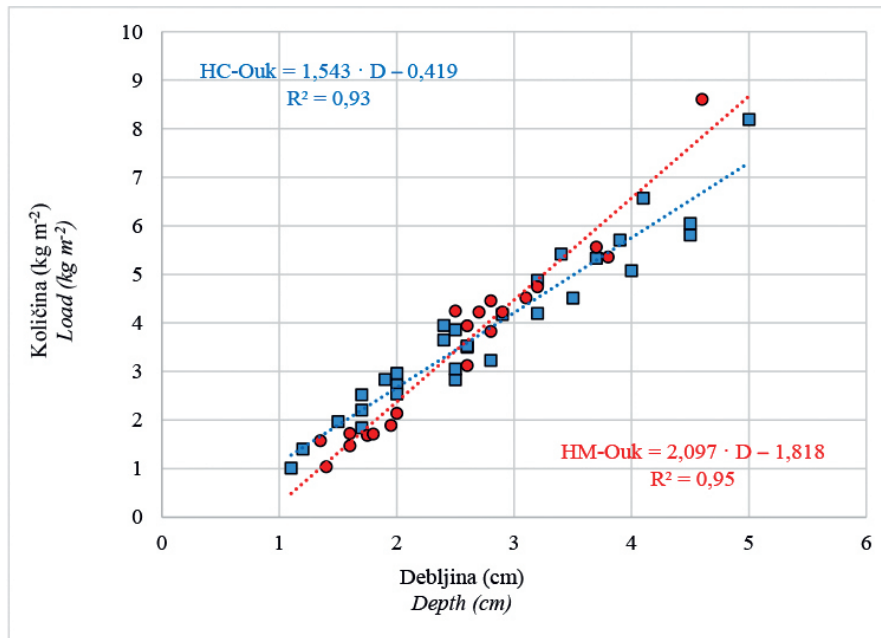
Sastojine HC100 i HM90 imaju podjednak udio OC u OL podhorizontu, dok sastojina HC100 ima statistički značajno

manji udio OC u OF (t = -7,839; p < 0,001) i OH (t = -2,895; p = 0,02) podhorizontima u odnosu na HM90. U OL podhorizontu HC100 ima statistički značajno veću količinu šumske prostirke (t = 3,529; p = 0,002, tablica 1) i zalihi OC (t = 3,461; p = 0,003), dok u OF podhorizontu ima statistički značajno manju količinu šumske prostirke

Tablica 3. Regresijske jednadžbe za procjenu količine šumske prostirke (kg m⁻²) temeljem izmjerene debljine (cm). OL: količina prostirke u OL podhorizontu, OFH: količina prostirke u OF i OH podhorizontima, Ouk: ukupna količina prostirke, D: debljina pojedinih podhorizontata ili ukupne prostirke, SE_x: standardna pogreška regresijskog koeficijenta, SE_i: standardna pogreška intercepta, MBE: srednja bias pogreška, MAE: srednja apsolutna pogreška, RMSE: korijen srednje kvadratne pogreške, R²: koeficijent determinacije.

Table 3. Regression equations for estimating forest floor fuel loads (kg m⁻²) as a function of forest floor depths (cm). OL: load of OL subhorizon, OFH: load of OF and OH subhorizons, Ouk: load of forest floor in total, D: depth of forest floor subhorizons or forest floor in total, SE_x: standard error of the regression coefficient, SE_i: standard error of the intercept, MBE: mean bias error, MAE: mean absolute error, RMSE: root mean square error, R²: coefficient of determination.

Br. No.	Regresijska jednadžba Regression equations	SE _x	SE _i	p	Statistički parametri Statistical parameters			
					MBE	MAE	RMSE	R ²
HC								
1	OL = 0,230 · D	0,064	-	< 0,001	-0,001	0,013	0,018	0,82
2	OFH = 1,644 · D	0,317	-	< 0,001	0,002	0,355	0,421	0,93
3	Ouk = 1,543 · D - 0,419	0,080	0,235	< 0,001	0,000	0,353	0,429	0,93
HM								
4	OL = 0,230 · D	0,006	-	< 0,001	0,016	0,008	0,011	0,93
5	OFH = 1,959 · D - 0,852	0,092	0,213	< 0,001	-0,001	0,337	0,398	0,95
6	Ouk = 2,097 · D - 1,818	0,115	0,309	< 0,001	0,000	0,344	0,417	0,95



Slika 4. Odnos regresijskih jednadžbi za procjenu ukupne količine šumske prostirke na temelju njene debljine za hrast crniku (plavi kvadrati) i hrast medunac (crveni krugovi).

Figure 4. Relation of regression equations for estimating forest floor load based on its depth for holm oak (blue squares) and pubescent oak (red circles).

($t = -2,587$; $p = 0,019$) i manje OC zalihe ($t = -6,710$; $p < 0,001$). U OH podhorizontu HC 100 i HM90 nemaju statistički značajno različite količine šumske prostirke, dok HC100 ima statistički značajno manju zališu OC ($t = -2,644$; $p = 0,02$). Ukupne količine šumske prostirke između sastojina HC i HM nisu statistički značajno različite, dok je ukupna zališa OC statistički značajno manja u HC100 ($t = -5,165$; $p < 0,001$)

RASPRAVA DISCUSSION

Na debljinu, količinu i sastav šumske prostirke te posljedično zališu pohranjenog ugljika u njoj utječu brojni čimbenici, kao što su zastupljenost biljnih vrsta, produkcija biomase, varijacije u klimatskim prilikama, svojstva tla, stopa akumulacije i razgradnje, kao i način gospodarenja

Tablica 4. Udio i zaliha OC po OL, OF i OH podhorizontima šumske prostirke i ukupno u sastojinama hrasta crnike HC100 i hrasta medunca HM90.
Table 4. OC content and OC stock by forest floor subhorizons OL, OF and OH and total in stands of holm oak HC100 and pubescent oak HM90.

Podhorizont <i>Subhorizon</i>	S.v. ± s.d. <i>M.v. ± s.d.</i>	Udio OC <i>OC content</i>		S.v. ± s.d. <i>M.v. ± s.d.</i>	Zaliha OC <i>OC stock</i>	
		Min. <i>Min.</i>	Maks. <i>Max.</i>		Min. <i>Min.</i>	Maks. <i>Max.</i>
		%			kg m ⁻²	
HC100						
OL	50,2 ± 0,4	49,7	50,7	0,05 ± 0,02	0,00	0,08
OF	23,4 ± 4,9	17,0	30,1	0,48 ± 0,23	0,01	0,80
OH	19,3 ± 4,9	14,5	25,4	0,22 ± 0,21	0,00	0,67
Ukupno <i>Total</i>	30,9 ± 14,7	14,5	50,7	0,76 ± 0,43	0,02	1,55
HM90						
OL	50,7 ± 0,8	49,9	52,0	0,03 ± 0,01	0,00	0,06
OF	42,2 ± 2,2	38,9	44,3	1,29 ± 0,31	0,02	1,19
OH	27,1 ± 3,5	24,1	30,9	0,49 ± 0,24	0,03	1,10
Ukupno <i>Total</i>	40,0 ± 10,4	24,1	52,0	1,81 ± 0,43	0,06	2,35

(Schulp i dr. 2008; Keane i dr. 2012; Kreye i dr. 2014). Kod sastojina hrasta crnike zabilježen je negativan trend, odnosno smanjenje debljina i količina šumske prostirke sa starošću ako se promatraju srednje vrijednosti, međutim kod starih sastojina raspon debljina i količina je veći, a maksimalno utvrđene vrijednosti su najveće. Sličan trend za šumsku prostirku hrasta crnike za stare šume pojašnjen je većom stopom razgradnje, odnosno pojavom specijaliziranih mikrobnih zajednica (Mayer 2008, Badalamenti i dr. 2019). Kod hrasta medunca prisutan je trend povećanja debljine i količine šumske prostirke sa starošću, što je zabilježeno i za alepski bor (Bakšić i Bakšić 2017) i dalmatinski crni bor (Bakšić i Bakšić 2020).

Utvrđene debljine i količine šumske prostirke za hrast crniku iz ove studije u potpunosti se podudaraju s ranijim rezultatima istraživanja Martinovića (2003), koji za sastojine hrasta crnike u južnoj Dalmaciji navodi debljine šumske prostirke u rasponu od 1,2 cm do 3,6 cm s količinama od 1,8 kg m⁻² do 5,41 kg m⁻². Odnos debljina i količina uklapa se u danu regresijsku jednadžbu za procjenu ukupne količine šumske prostirke (slika 4). Rezultate dobivene za hrast medunac nije moguće usporediti s nekim ranije provedenim istraživanjem u Hrvatskoj, jer za jedino istraživanje o količini prostirke u sastojinama hrasta medunca (Topić 1992), nema navedenih debljina. Količina šumske prostirke u sastojinama hrasta medunca u istraživanju Topića (1992) bila je značajno manja i kretala se u rasponu od 0,28 kg m⁻² do 0,71 kg m⁻², što se može pripisati značajno mlađim sastojinama (28 godina). Za šumu hrasta medunca iznad 105 godina starosti Badalamenti i dr. (2019) navode ukupnu količinu šumske prostirke od 6,98 kg m⁻² i zaliha OC od 1,1 kg m⁻² za koju bi se moglo reći da je podjednaka vrijednostima iz ove studije, međutim odnos po podhorizontima značajno se razlikuje. Tako su u studiji Badalamenti i dr. (2019) količine šumske prostirke u OL i OF podhorizontima značajno veće, dok OH podhorizont u potpunosti izostaje. Udjeli OC u podhorizontima OL i OF značajno su veći u ovoj studiji. Značajno veći udio OC i postojanje OH podhorizonta u našoj studiji upućuju na viši stupanj humifikacije i akumulacije (humizacije) humusnih tvari.

Iako ukupne količine šumske prostirke u starim sastojinama hrasta crnike i hrasta medunca nisu statistički značajno različite, zaliha OC u šumskoj prostirci hrasta crnike statistički je značajno manja, a razlog je značajno manji udio OC u OF i OH podhorizontima. To bi se moglo pripisati drugačijoj dinamici razgradnje organske tvari i njene mineralizacije, što bi bilo u skladu s rezultatima istraživanja Santonja i dr. (2022), prema kojima je brža dekompozicija listinca hrasta crnike u odnosu na listinac hrasta medunca.

Prirodni trend porasta gustoće u šumskoj prostirci od površine prema mineralnom dijelu tla, od OL do OH podho-

rizonta (Schulp i dr. 2008, Chojnacky i dr. 2009, Keane 2015, De Vos i dr. 2015) potvrđen je i u ovoj studiji. Vrijednosti gustoća šumske prostirke za hrast crniku i hrast medunac uklapaju u prosječne vrijednosti za listače za OL i OF+OH (Schulp i dr. 2008), odnosno u OF i OH podhorizontima slične su srednjim vrijednostima koje za Europske vrste daju De Vos i dr. (2015), dok su u OL podhorizontu niže. Dobivene gustoće po podhorizontima šumske prostirke, uz podatak o debljini pojedinog podhorizonta, omogućuju procjenu količine prostirke, a uz poznavanje udjela OC u pojedinim podhorizontima omogućuju i procjenu zaliha OC. Detaljno pojašnjenje nalazi se u dodatnom materijalu istraživanja Bakšić i Bakšić (2020).

Prvi su puta izrađene regresijske jednadžbe koje omogućuju procjenu količine raspoloživog goriva u šumskoj prostirci na temelju njene debljine po podhorizontima i ukupno za sastojine hrasta crnike i hrasta medunca. S obzirom da su razlike u gustoćama između OL te OF+OH podhorizonta značajne, najbolje je koristiti zasebne regresijske jednadžbe za OL (tablica 3, jednadžba 1 za HC, odnosno jednadžba 4 za HM) te regresijske jednadžbe za OF+OH (tablica 3, jednadžba 2 za HC, odnosno jednadžba 5 za HM). Dobivene vrijednosti količina prostirke zatim treba sumirati. Moguće je koristiti i regresijske jednadžbe za izračun ukupne količine šumske prostirke, ali tek ako je OF+OH deblji od 1 cm, odnosno kada je ukupna debljina prostirke iznad 2,5 cm (tablica 3, jednadžba 3 za HC ili jednadžba 6 za HM), za što je potrebno odrediti samo ukupnu debljinu prostirke.

S obzirom na to da su u mediteranskom području Hrvatske najznačajnije i požarima najugroženije sastojine alepskog bora i crnog bora te hrasta crnike i hrasta medunca praktično je usporediti dobivene rezultate za šumsku prostirku s rezultatima za navedene borove (Bakšić i Bakšić 2017, 2020). Količina šumske prostirke i zaliha OC u starim sastojinama hrasta crnike i hrasta medunca dvostruko je manja u odnosu na stare sastojine alepskog bora i dalmatinskog crnog bora. Na osnovi toga može se reći da borove sastojine imaju značajno veću količinu potencijalno raspoloživog goriva u šumskoj prostirci te su zbog toga potencijalno ugroženije požarima, ali i da pohranjuju dvostruko više ugljika u šumskoj prostirci.

Dobivene gustoće po podhorizontima šumske prostirke i regresijske jednadžbe prikladne su za kartiranje prostorne distribucije potencijalno raspoloživog goriva u šumskoj prostirci kao i za procjenu zaliha OC u njoj na temelju izmjerene debljine šumske prostirke. Izmjera debljina šumske prostirke, uz prethodnu edukaciju, trebala bi postati standardna varijabla koja se mjeri prilikom inventarizacije šuma.

Točna karakterizacija količine goriva (svojstva goriva) važna je kako bi se mogli provoditi kontrolirani požari ko-

jima se reducira količina goriva u sloju prizemnog rašća i šumskoj prostirci, kao i za predviđanja potencijalnih posljedica šumskih požara, kao što su npr. procjena emisije polutanata, izloženost mineralnog dijela tla te mortaliteta biljaka (Kreye i dr. 2014).

ZAKLJUČCI CONCLUSIONS

U ovoj su studiji za sastojine hrasta crnike i hrasta medunca, po prvi puta za Hrvatsku, određene gustoće pojedinih podhorizonta šumske prostirke te su izrađene regresijske jednadžbe koje omogućuju procjenu količine raspoloživog goriva u šumskoj prostirci na temelju njene debljine po podhorizontima i ukupno. Za stare sastojine hrasta crnike i hrasta medunca određene su zalihe OC u šumskoj prostirci.

Rezultati ovog istraživanja imaju praktičnu vrijednost u jednostavnijem kvantificiranju količina goriva, što je važno u operativnoj primjeni modela za predikciju ponašanja i širenja šumskih požara, ali se mogu koristiti i u ostalim, prethodno spomenutim modelima.

Buduće studije trebaju biti usmjerene na testiranje primjenjivosti dobivenih regresijskih jednadžbi i gustoća šumske prostirke u sastojinama hrasta crnike i hrasta medunca za područje sjevernog Jadrana.

LITERATURA REFERENCES

- Badalamenti, E., G. Battipaglia, L. Gristina, A. Novara, J. Rühl, G. Sala, L. Sapienza, R. Valentini, T. La Mantia, 2019: Carbon stock increases up to old growth forest along a secondary succession in Mediterranean island ecosystems. *PLoS ONE* 14(7): e0220194. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220194>
- Bakšić, N., D. Bakšić, 2017: Količine goriva i zalihe ugljika u šumskoj prostirci sastojina alepskog bora na Mljetu (Forest floor fuel loads and carbon stocks in Aleppo pine forests on island Mljet), *Sumar List*, 5–6: 247–256, <https://doi.org/10.31298/sl.141.5-6.3>
- Bakšić, N., D. Bakšić, 2020: Estimation of fuel loads and carbon stocks of forest floor in endemic Dalmatian black pine forests, *iForest Biogeosciences and Forestry*, vol. 13, pp 382–388, <https://doi.org/10.3832/ifer3184-013>
- Banwell, E.M., J. M. Varner, 2014: Structure and composition of forest floor fuels in long-unburned Jeffrey pine-white fir forests of the Lake Tahoe Basin, USA. *International Journal of Wildland Fire* 23: 363–372. <https://doi.org/10.1071/WF13025>
- Banwell, E.M., J. M. Varner, E. E. Knapp, R. W. Van Kirk, 2013: Spatial, seasonal, and diel forest floor moisture dynamics in Jeffrey pine-white fir forests of the Lake Tahoe Basin, USA. *Forest Ecology and Management* 305: 11–20, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.05.005>
- Berg, B., C. McClaugherty, 2014: Plant litter - decomposition, humus formation, carbon sequestration. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, Germany, pp. 315.
- Binkley, D., R. F. Fisher, 2019: Ecology and management of forest soils, Fifth edition, Northern Arizona University, Flagstaff, Arizona, 440 p.
- Brown, J. K., R. D. Oberheu, C. M. Johnston, 1982: Handbook for Inventorying Surface Fuels and Biomass in the Interior West. General Technical Report INT – 129. Ogden, Utah: USDA Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station.
- Brown, S., D. Shoch, T. Pearson, M. Delaney, 2004: Methods for Measuring and Monitoring Forestry Carbon Projects in California. Winrock International, for the California Energy Commission, PIER Energy-Related Environmental Research. 500–04–072F.
- Chojnacky, D., D. Amacher, M. Gavazzi, 2009: Separating duff and litter for improved mass and carbon estimates. *Southern Journal of Applied Forestry* 33 (1): 29–34, <https://doi.org/10.1093/sjaf/33.1.29>
- De Vos, B., N. Cools, H. Ilvesniemi, L. Vesterdal, E. Vanguelova, S. Carnicelli, 2015: Benchmark values for forest soil carbon stocks in Europe: Results from a large scale forest soil survey, *Geoderma* 251–252: 33 – 46, <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.03.008>
- DiMario, A.A., J. M. Kane, E. J. Jules, 2018: Characterizing forest floor fuels surrounding large sugar pine (*Pinus lambertiana*) in the Klamath Mountains, California. *Northwest Science* 92 (3): 181–190, <https://doi.org/10.3955/046.092.0305>
- HRN ISO 10694, 2004: Kakvoća tla – Određivanje organskog i ukupnog ugljika suhim spaljivanjem (elementarna analiza) (ISO 10694:1995); Soil quality – Determination of organic and total carbon in soil after dry combustion (elementary analysis) (ISO 1096:1995), <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+ISO+10694%3A2004>
- HRN ISO 11465, 2004: Kakvoća tla – Određivanje suhe tvari i sadržaja vode na osnovi mase – Gravimetrijska metoda (ISO 11465+Cor 1:1994); Soil quality – Determination of dry matter and water content on a mass basis – Gravimetric method (ISO 11465:1993+Cor 1:1994), <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+ISO+11465%3A2004>
- Keane, R. E., 2015: Wildland fuel fundamentals and applications. Springer (eBook), 191 p, DOI 10.1007/978-3-319-09015-3
- Keane, R. E., K. Gray, V. Bacciu, 2012: Spatial variability of wildland fuel characteristics in northern Rocky Mountain ecosystems. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Research Paper RMRS–RP–98.
- Knapp, E. E., J. E. Keeley, E. A. Ballenger, T. J. Brennan, 2005: Fuel reduction and coarse woody debris dynamics with early season and late season prescribed fire in a Sierra Nevada mixed conifer forest, *Forest Ecology and Management* 208, p 383–397, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.01.016>
- Kreye, J. K., J. M. Varner, C. J. Dugaw, 2014: Spatial and temporal variability of forest floor duff characteristics in long-unburned *Pinus palustris* forests. *Canadian Journal of Forest Research*. 44, 1477–1488.
- Križnjak, D., A. Berta, V. Kušan, B. Skladany, N. Jantol, D. Korman, I. Žiža, Z. Mesić, H. Mesić, A. Steinberger, T. Obućina, D. Stojsavljević, I. Grubišić, D. Borić, N. Bakić, J. Vinogradac, 2017: Procjena zaliha ugljika u mrtvoj organskoj tvari i procjena prosječne drvene zalihe u biomasi makija, šikara i sastojina I. dobnog razreda u šumama Republike Hrvatske, završno

- izvješće, Hrvatska agencija za okoliš i prirodu, 1000 Zagreb, Hrvatska, 100 p.
- Lavoie N., M. E. Alexander, S. E. Macdonald, 2010: Photo guide for quantitatively assessing the characteristics of forest fuels in a jack pine – black spruce chronosequence in the Northwest Territories. Nat. Resour. Can., Can. For. Serv., North. For. Cent., Edmonton, AB. Inf. Rep. NOR-X-419.
 - Letang, D. L., W. J. de Groot, 2012: Forest floor depths and fuel loads in upland Canadian forests, Canadian Journal of Forest Research 42: 1551–1565, NRS Research Press, <https://doi.org/10.1139/x2012-093>
 - Martinović, J., 2003: Gospodarenje šumskim tlama u Hrvatskoj, Šumarski institut Jastrebarsko, 521 p.
 - Mayer, P. M., 2008: Ecosystem and decomposer effects on litter dynamics along an old field to old-growth forest
 - Miyanishi, K., 2001: Duff consumption. In: Johnson, E.A., Miyanishi, K. (Eds), Forest Fires: Behavior and Ecological Effects. New York, NY: Academic Press, pp. 437-475.
 - Petz, B., V. Kolesarić, D. Ivanec, 2012: Petzova statistika – Osnovne statističke metode za nematematičare, Naklada Slap, 680 p.
 - Prichard, S. J., E. M. Rowell, A. T. Hudak, R. E. Keane, E. L. Loudermilk, D. C. Lutes, R. D. Ottmar, L. M. Chappell, J. A. Hall, B. S. Hornsby, 2022: Fuels and Consumption in (Peterson, D. L., S. M. McCaffrey, T. Patel-Weynand, eds.) Wildland Fire smoke in the United States, A Scientific Assessment, Research & Development, USDA Forest Service, Springer, Switzerland: 11-49, <https://doi.org/10.1007/978-3-030-87045-4>
 - Santonja, M., S. Pereira, T. Gauquelin, E. Quer, G. Simioni, J.-M. Limousin, J.-M. Ourcival, I. M. Reiter, C. Fernandez, V. Baldy, 2022: Experimental Precipitation Reduction Slows Down Litter Decomposition but Exhibits Weak to No Effect on Soil Organic Carbon and Nitrogen Stocks in Three Mediterranean Forests of Southern France. Forests 13, 1485. <https://doi.org/10.3390/f13091485>
 - Schroeder, M. J., C. C. Buck, 1970: Fire Weather: A guide for application of meteorological information to forest fire control operations. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture handbook 360.
 - Schulp, C. J. E., G.-J. Nabuurs, P. H. Verburg, R. W. de Waal, 2008: Effect of tree species on carbon stocks in forest floor and mineral soil and implications for soil carbon inventories, Forest Ecology and Management 256, 482-490, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.05.007>
 - Slijepčević, A., W. R. Anderson, S. Mathews, D. H. Anderson, 2015: Evaluating models to predict daily fine fuel moisture content in eucalypt forest, Forest Ecology and Management 335, 261–269, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.09.040>
 - Slijepčević, A., W. R. Anderson, S. Mathews, D. H. Anderson, 2018: An analysis of the effect of aspect and vegetation type on fine fuel moisture content in eucalypt forest, International Journal of Wildland Fire, 27: 190-202, <https://doi.org/10.1071/WF17049>
 - Smith J.E., L. S. Heath, 2002: A model of forest floor carbon mass for United States forest types. Research Paper NE-722, USDA Forest Service, Northeastern Research Station, Newtown Square, PA, USA, pp. 37, <https://doi.org/10.2737/NE-RP-722>
 - successional gradient. Acta Oecol. 33: 222–230. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2007.11.001>
 - TIBCO Software Inc., 2020: Data Science Workbench, version 14. <http://tibco.com>.
 - Topić, V., 1992: Količina i kemizam šumske prostirke pod nekim šumskim kulturama na kršu. Sumar List 9-10, 407-414.
 - Van Wagner, C.E., 1987. Development and Structure of the Canadian Forest Fire Weather Index System. Technical Report No. 35. Canadian Forestry Service, Chalk River, Ontario, Canada.
 - Wagtendonk, J. W., J. M. Benedict, W. M. Sydoriak, 1998: Fuel Bed Characteristics of Sierra Nevada Conifers, The Western Journal of Applied Forestry, Vol. 13, No 3, pp 73–84.

SUMMARY

The application of newer remote sensing methods, such as aerial and terrestrial lidar scanning and the use of "Structure-from-motion" (SfM) photogrammetry, complemented field data collection and enabled 3D mapping of forest fuel layers, greatly simplifying and improving their characterization. However, these methods are not suitable for quantifying forest floor characteristics. For this purpose, it is still necessary to collect data using classical field methods, determining the presence of subhorizons and their depth, while the characteristics of the forest floor: bulk density, load, carbon concentration and carbon stock are determined in the laboratory.

Therefore, it is still common practice to create regression equations that allow operatives to determine the amount of available forest floor fuel and the carbon stock it contains based on the depth of the forest floor, which is an easily measurable variable, or to determine forest floor loading by subhorizon and overall. Forest floor information is used in models for predicting forest fire behavior and spread, in fire effects models, in planning and monitoring mechanical fuel reduction, in quantifying fuel consumption and smoke emissions, in quantifying carbon stocks, in describing habitat and its productivity, and in planning for preparedness. As stands of holm oak (*Quercus ilex* L.) and pubescent oak (*Quercus pubescens* Willd.) are located in the Mediterranean part of Croatia, where the risk of forest fires is the highest, and the previously published data on the forest floor are not suitable for the models, the main objectives of the research were to determine the depth, bulk density and load of individual subhorizons of the forest floor and to create regression equations that allow estimating the amount of available fuel in the for-

est floor based on its depth. Sampling of forest floor in holm oak stands (60, 90 and 100 years old) was conducted on the islands of Lastovo and Mljet, while sampling in pubescent oak stands (53 and 90 years old) was conducted in Dugopolje and Biograd na Moru. The amount of forest floor and OC stock in old stands of holm oak and pubescent oak is twice as small as in old stands of Aleppo pine and Dalmatian black pine. This suggests that pine stands have a significantly greater amount of potentially available fuel in the forest floor and are therefore potentially more at risk from fire, but also that they store twice as much carbon in the forest floor. In this study, for the first time in Croatia, bulk densities of individual subhorizons of the forest floor were determined for holm oak and pubescent oak and regression equations were created that allow estimating the amount of available fuel in the forest floor based on its depth per subhorizon and overall. The results of this research have practical value in simpler quantification of forest floor fuel loading, which is important for operational use of models to predict forest fire behavior and spread, but they can also be used in other models mentioned earlier.

KEY WORDS: holm oak, pubescent oak, forest floor, forest floor fuel loads, carbon stocks