

Health status and silvicultural characteristics of Bosnian Pine (*Pinus Heldreichii* Christ) in Bosnia And Herzegovina

Zdravstveno stanje i uzgojne osobine munike (*Pinus heldreichii* Christ) u Bosni i Hercegovini

Osman Mujezinović¹, Mehmed Čilaš¹, Sead Ivojević¹, Damir Prljača^{1*}, Mirza Dautbašić¹

¹ Univerzitet u Sarajevu Šumarski fakultet, Zagrebačka 20, 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina

ABSTRACT

This study assessed the health status, diameter and height structure, and post-fire resilience of *Pinus heldreichii* stands in selected high-mountain and karst areas of Bosnia and Herzegovina. Results confirmed the species high resistance to abiotic stressors such as frost, drought, and wind, and its ability to survive in degraded and rocky habitats. The most significant pathogens, including *Heterobasidion annosum*, *Dothistroma* sp., and *Diplodia sapinea*, primarily affected roots, stems, and needles, while other tree parts were impacted by pathogens of moderate or minor significance. Among pests, *Ips sexdentatus* and *Thaumatopoea pityocampa* mainly attacked stems and needles, highlighting the need for targeted protection. Forest fires significantly reduced stand volume and structure, increasing susceptibility to secondary pathogens and pests. *Fagus sylvatica* showed lower abundance and productivity, indicating limited post-fire adaptability. These findings provide essential data for stand management, protection strategies, and restoration planning of *Pinus heldreichii* forests in Bosnia and Herzegovina.

Key words: Bosnian pine (*Pinus heldreichii*), forest health status, forest fires, pathogens and insect pests, post-fire resilience

INTRODUCTION - Uvod

Munika (*Pinus heldreichii* Christ.) predstavlja tercijarni relik i subendemičnu vrstu jugozapadnog i južnog dijela Balkanskog poluostrva te dijela južne Italije, ujedno i reliktnu i endemičnu komponentu balkanske i evropske flore. Rasprostranjena je u isprekidanom arealu na planinskim područjima zapadnog Balkana i jugoistočne Evrope (Fukarek i Vidaković, 1965; Vidaković i Franjić,

2004). Prirodna staništa gotovo su isključivo vezana za krečnjačko-dolomitne terene ekstremne stjenovitosti i nagiba, gdje naseljava područja sa plitkim zemljištem i naglašenim klimatskim stresnim djelovanjima. U Bosni i Hercegovini javlja se na ograničenom broju lokaliteta, uključujući Prenj (Slike 1 i 2), Čvrsnicu, Hranisavu, Rujište, Konjički Igman, Orjen i Vran planinu.

* Coresponding author: Damir Prljača, University of Sarajevo – Faculty of Forestry, Zagrebačka 20, 71000 Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, email: d.prljaca@sfsa.unsa.ba



Slike 1 i 2. Pogled na sastojinu munike (*Pinus heldreichii*) na planini Prenj i u pozadini Jablaničko jezero (foto Mujezinović)

Figures 1 and 2. View of a Bosnian pine (*Pinus heldreichii*) stand on Mount Prenj with Jablaničko Lake in the background (photo by Mujezinović)

Munika je izrazito pionirska vrsta drveća, sposobna za ekspanzivno širenje na različitim degradiranim površinama, poput šumskih goleti, napuštenih pašnjaka i krečnjačkih kamenjara. Zahvaljujući minimalnim ekološkim zahtjevima, ubraja se među najotpornije vrste drveća u Evropi (Jovanović, 1985; Šilić, 1973). To je visokorastući, dugovječni i spororastući četinar koji može narasti do 30 m visine, karakteriziraju ga debela, ljuskava kora i duge tamnozelene iglice. Uspijeva u kamenitim, krečnjačkim tlima i suhim, sunčanim mjestima na nadmorskim visinama između 1000 i 2500 m (Hodžić i dr., 2020).

Pokazuje izuzetnu otpornost na mraz, vjetar, led, jak snijeg, zagađenje zraka i napade insekata, a visoka prilagodljivost i kolonizacijski potencijal čine je pogodnom za pošumljavanje ekstenzivnih suhih i visokoplaninskih područja.

Otpornost munike prema uzročniku bolesti *Diplodia sapinea* (Fr.) Fuckelis, koja ugrožava druge vrste borova, čini je konkurentnijom i pogodnom za zaštitu i stabilizaciju degradiranih ekosistema (Vendramin i dr., 2008).

Ipak, zdravstveno stanje munike u velikoj mjeri zavisi od djelovanja različitih abiotičkih i biotičkih faktora. Klimatske promjene, naročito povećanje temperature i smanjenje količine padavina tokom vegetacionog perioda, uzrokuju sušni stres, smanjenje prirasta i slabljenje vitalnosti stabala, čineći ih podložnijim sekundarnim patogenima i štetnicima (Levanić i dr., 2020). Prirodni sukcesijski procesi, kao što je ekspanzija bukve (*Fagus sylva-*

tica L.) i drugih konkurentskih vrsta, dodatno smanjuju dostupne površine pogodnih staništa i stabilnost postojećih sastojina (Ballian i dr., 2005). Abiotički štetni faktori u planinskim uslovima uključuju mehanička oštećenja od snijega, vjetra, lavina i udara groma, dok su šumski požari u posljednjim decenijama značajno narušili sastojine munike na lokalitetima Prenj (Slike 3 i 4), Rujište i Blidinje.

Među biotskim faktorima posebno su značajni uzročnici truleži, gljive *Heterobasidion* sp. i *Armillaria* sp., koje uzrokuju propadanje korijena i debla (Mirchev i dr., 2021). Patogeni iglica, poput *Dothistroma septosporum* (Doroguine) Morelet i *Diplodia sapinea* (Fries) Fuckel, uzrokuju nekroze, defolijaciju i smanjenje fotosintetske aktivnosti kod vrsta roda *Pinus*. *D. septosporum* je uzročnik crvene pjegavosti iglica, dok *D. sapinea* izaziva sušenje iglica i izbojaka, posebno kod stabala pod stresom (Hu i dr., 2023; Drenkhan i dr., 2016).

U pogledu štetnog djelovanja insekata posebno se ističe šestozubi borov potkornjak (*Ips sexdentatus* Börner) (Slika 5), koji napada oslabljena stabla, i borov četnjak (*Thaumtopoea pityocampa* Denis & Schiffermüller), čija učestalost i intenzitet napada rastu zbog klimatskog zatopljenja (Roques, 2015; Buffo i dr., 2007).

Regionalna istraživanja pokazuju varijabilno zdravstveno stanje munike. Prema (Pajević, 2019; Popović i Perović, 2019) na području Crne Gore utvrđeno je relativno stabilno zdravstveno stanje bez značajnog prisustva uzročnika bolesti i štetnih insekata. S druge strane u Bu-



Slike 3 i 4. Oštećena stabla u sjemenskoj sastojini munike (*Pinus heldreichii*) na Prenju (Foto Mujezinović)

Figures 3 and 4. Damaged trees in a seed stand of Bosnian pine (*Pinus heldreichii*) on Mount Prenj (photo by Mujezinović)

garskoj je evidentiran veći broj štetnih organizama koji negativno utiču na vitalnost stabala (Mirchev i dr., 2021). S obzirom na izraženo djelovanje različitih štetnih faktora i ograničenu rasprostranjenost vrste, zdravstveno stanje munike u Bosni i Hercegovini zahtijeva detaljno istraživanje.



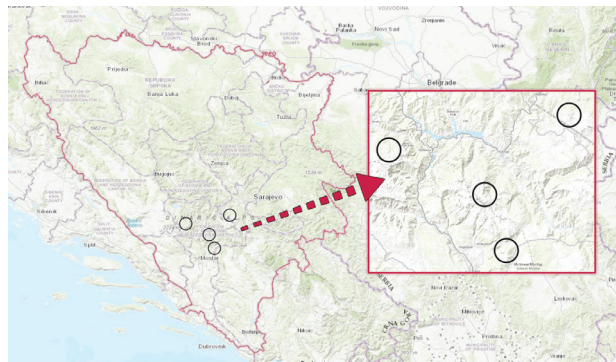
Slika 5. Ubušni otvori borovog potkornjaka (*Ips sexdentatus*) na stablu munike (*Pinus heldreichii*) oboren nakon oštećenja od šumskog požara (foto Mujezinović)

Figure 5. Entrance holes of the six-toothed pine bark beetle (*Ips sexdentatus*) on a Bosnian pine (*Pinus heldreichii*) tree felled after damage caused by a forest fire (photo by Mujezinović)

Cilj ovog rada je utvrditi utjecaj ključnih abiotičkih i biotičkih faktora na zdravstveno stanje sastojina munike na odabranim lokalitetima (Čvrstica, Rujište, Prenj i Hranisava), kao i kvalitetnih karakteristika i stanja obnove, radi boljeg razumijevanja procesa degradacije i definisanja mjera zaštite i očuvanja ove značajne vrste.

MATERIALS AND METHODS OF RESEARCH – Materijali i metode istraživanja

Istraživanje za potrebe ovog rada je provedeno na nekoliko lokaliteta u Bosni i Hercegovini gdje je prisutna munika (*Pinus heldreichii*), uključujući Prenj, Hranisava, Rujište i Čvrstica.



Karta I. Lokaliteti istraživanja munike (*Pinus heldreichii*) u Bosni i Hercegovini (original)

Map I. Research sites of Bosnian pine (*Pinus heldreichii*) in Bosnia and Herzegovina (original)

Na lokalitetu Prenj istraživanja su provedena na opožarenim površinama Šumarstva "Prenj" d.o.o. Konjic, gospodarska jedinica "Borašnica – Rakov laz" odjeljenje 47, odsjek "f". Na terenu su odabrane dvije premjerne plohe dimenzija 30 × 30 m, smještene na prosječnoj nadmorskoj visini od 1530 m, na krečnjačkoj podlozi s tlom tipa kaklokambisol dubine 10–15 cm. Terenski uslovi karakteriziraju visoka stjenovitost (~90%) i nagib terena između 40 i 80%.

Istraživanje je provedeno na lokalitetu Hranisava, u okviru KJP "Sarajevo-šume" d.o.o. Sarajevo, gospodarska jedinica "Mehina Luka", odjeljenje 12, odsjek d. U tu svrhu uspostavljena je pravougaona premjerna ploha dimenzija 40 × 20 m (800 m²), na kojoj je izvršen totalni premjer svih stabala. Ploha je smještena na prosječnoj nadmorskoj visini od 1670 m, na krečnjačkoj podlozi, sa plitkim kalkokambisolom dubine 10-15 cm. Stanište karakteriziraju izrazita stjenovitost (oko 90%) i nagib terena od 50 do 65 %. Primjena totalnog premjera omogućila je precizno utvrđivanje strukturnih obilježja sastojine, uključujući broj stabala, dimenzionalnu strukturu, temeljnicu, zapreminu i učešće vrsta drveća.

Na lokalitetima Rujišta, Šumarstvo "Srednjeneretvansko" d.o.o. Mostar, gospodarske jedinice Velež, Bijelo Polje, Nevesinjska Crna Gora i na području Čvrsnice "Park prirode Blidinje" uzimanje uzoraka za procjenu zdravstvenog stanja vršeno je maršurnim metodom tretirajući šire područje obuhvaćeno štetnim djelovanjem različitih faktora abiotskog i biotskog porijekla.

Prikupljani uzorci su korišteni za identifikaciju uzročnika bolesti, štetnih insekata, procjenu intenziteta oštećenja i njihove prostorne distribucije. Posebna pažnja posvećena je opožarenim površinama, gdje je požar značajno izmijenio stanišne uslove i potencijalno uticao na prisustvo štetnika i patogena.

Istraživanja uzgojnih karakteristika munike obuhvatala su istraživanje strukturnih karakteristika sastojina munike, analizu podmlađivanja i potencijala širenja munike, kao i značaj sastojina munike s aspekta biodiverziteta.

Dostupni materijal za laboratorijske analize je obrađivan u laboratoriji Katedre za zaštitu šuma i urbanog zelenila, Univerziteta u Sarajevu – Šumarskog fakulteta.

U okviru istraživanja posebna pažnja posvećena je utjecaju šumskih požara na zdravstveno stanje i uzgojne karakteristike sastojina munike (*Pinus heldreichii*). Podaci o požarima prikupljeni su iz dostupne dokumentacije šumarskih preduzeća, terenskim opažanjima i analizom opožarenih površina na istraživanim lokalitetima.

Na terenu su evidentirane opožarene i izgorjele površine, stepen oštećenja stabala, kao i promjene u strukturi sastojina. Procjena oštećenja vršena je vizuelnom metodom, pri čemu su stabla klasificirana prema intenzitetu oštećenja (slabo, srednje i jako oštećena, te suha stabla). Posebno su analizirani simptomi oštećenja na kori, deblu, krošnji i korijenovom sistemu.

Na opožarenim ploham izvršena je analiza uticaja požara na zdravstveno stanje stabala, uključujući pojavu sekundarnih štetnika i patogena koji se često javljaju na stablima oslabljenim djelovanjem vatre. Na osnovu toga procijenjen je stepen oštećenja i degradacije sastojina.

Prikupljanje podataka vršeno je u toku 2015–2025. godine u okviru više naučno istraživačkih projekata.

RESULTS – Rezultati

Analizom prikupljenih podataka utvrđena je prisutnost različitih patogena na pojedinim dijelovima munike (*Pinus heldreichii*), što je prikazano u Tabeli 1.

Klasifikacija je izvršena na osnovu procijenjenog intenziteta utjecaja patogena na različite organe biljke.

Iz prikazanih rezultata vidljivo je da se najznačajniji patogeni javljaju na korijenu i deblu te iglicama, dok su na ostalim dijelovima biljke uglavnom prisutni patogeni umjerenog ili manjeg utjecaja. Uočava se i da je *Diplodia sapinea* zastupljena na više biljnih organa, što ukazuje na njen širi patogeni potencijal.

Tabela 1. Patogeni munike (*Pinus heldreichii*) prema dijelu biljke i jačini utjecaja

Table 1. Pathogens of Bosnian pine (*Pinus heldreichii*) according to plant part and level of impact

Dio biljke	Značajan utjecaj	Umjereno značajan utjecaj	Neznatan utjecaj
Korijen i debl	<i>Heterobasidion annosum</i>	<i>Armillaria mellea</i>	<i>Fomitopsis pinicola</i>
Grane	-	<i>Cenangium ferruginosum</i> ; <i>Diplodia sapinea</i>	-
Iglice	<i>Dothistroma</i> sp.	<i>Cytospora pinastri</i> ; <i>Diplodia sapinea</i>	<i>Lophodermium pinastri</i>
Šišarice	-	<i>Diplodia sapinea</i>	-

Tabela 2. Štetni insekti munike (*Pinus heldreichii*) prema dijelu biljke i jačini utjecaja
Table 2. Insect pests of Bosnian pine (*Pinus heldreichii*) according to plant part and level of impact

Dio biljke	Značajan utjecaj	Umjereno značajan utjecaj	Neznatan utjecaj
Deblo	<i>Ips sexdentatus</i>	<i>Pityogenes bidentatus</i> <i>Monochamus galloprovincialis</i>	-
Grane	<i>Pissodes pini</i>	-	-
Iglice	<i>Thaumetopoea pityocampa</i>	-	-

Rezultati istraživanja o prisustvu štetnih insekata na munici (*Pinus heldreichii*) prikazani su u Tabeli 2.

Iz prikazanih podataka vidljivo je da se najznačajniji štetni insekti javljaju na deblu i iglicama, dok je njihova prisutnost na granama ograničena. Posebno se izdvaja veći broj vrsta koje napadaju deblo, što ukazuje na njegovu veću podložnost napadu.

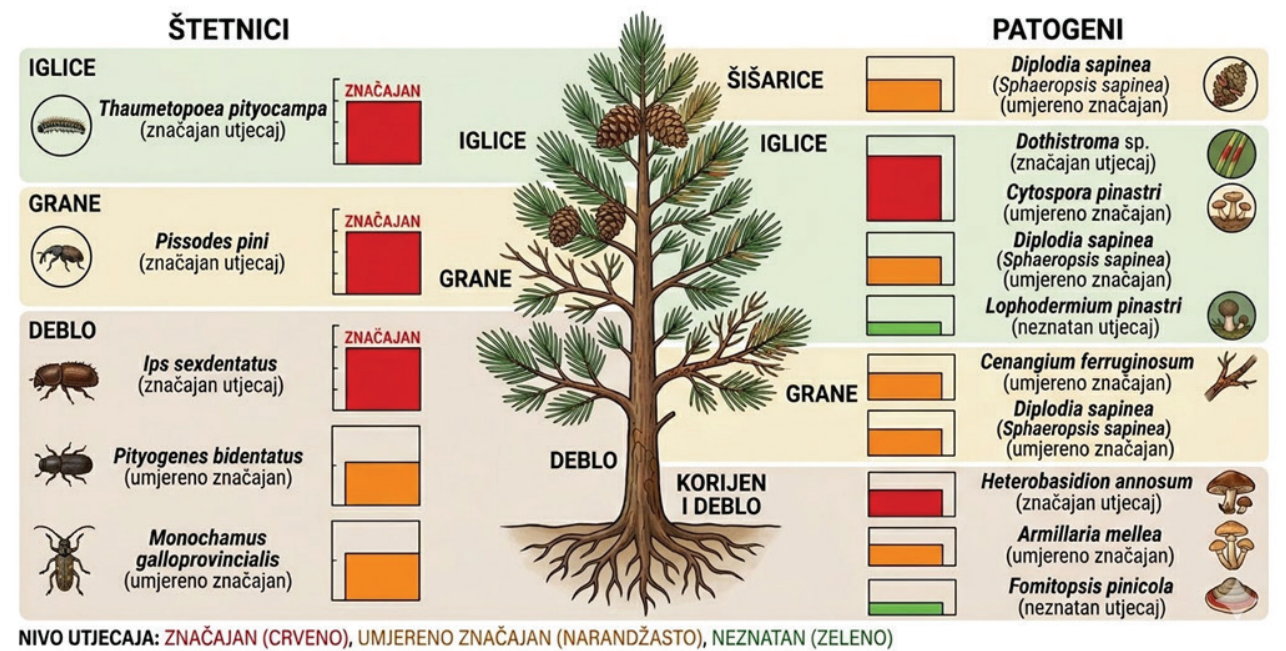
Radi jasnijeg i preglednijeg prikaza raspodjele utvrđenih štetnih organizama, rezultati su dodatno prikazani na slici 5.

Slika 6 jasno pokazuje da su najznačajniji štetni organizmi koncentrirani na deblu i iglicama, dok su na ostalim

dijelovima biljke prisutni organizmi slabijeg ili umjerenog utjecaja. Također se uočava da pojedine vrste zahvataju više biljnih organa, što ukazuje na njihov širi utjecaj.

U cilju prikaza obima i intenziteta oštećenja sastojina munike na istraživanim područjima, u nastavku su dati podaci o opožarenim i izgorjelim površinama.

Iz prikazanih podataka vidljivo je da su opožarene površine značajno zastupljene na svim istraživanim lokalitetima, pri čemu procenat oštećenja sastojina prelazi 60%, što ukazuje na izražen negativan utjecaj požara na stabilnost i vitalnost sastojina munike.



Slika 6. Raspodjela patogena i štetnih insekata munike (*Pinus heldreichii*) prema dijelu biljke i jačini njihovog utjecaja (Slika generisana pomoću alata umjetne inteligencije)

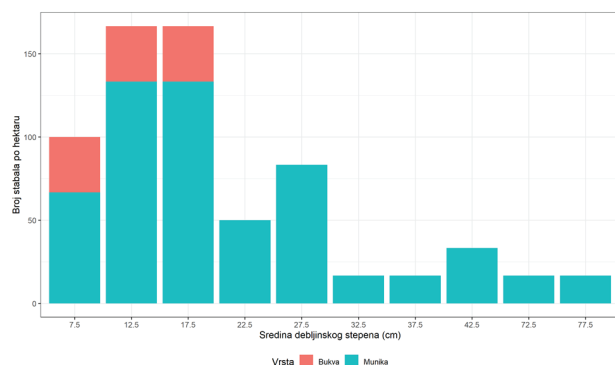
Figure 6. Distribution of pathogens and insect pests of Bosnian pine (*Pinus heldreichii*) according to plant part and level of their impact (Image generated using AI)

Tabela 3. Pregled opožarenih i izgorjelih površina te stepena oštećenja sastojina munike (*Pinus heldreichii*) u Bosni i Hercegovini

Table 3. Overview of burned and fire-affected areas and the degree of damage to Bosnian pine (*Pinus heldreichii*) stands in Bosnia and Herzegovina

Šumsko privredno područje	Gospodarska jedinica	Opožarena površina (ha)	Izgorjela površina (ha)	Procenat oštećenja sastojina (%)
Konjičko	Borašnica – Rakov Laz	60,9	44,1	72,3
Srednjeneretvansko	Velež	249,7	189,5	75,9
Srednjeneretvansko	Bijelo Polje	131,30	83,3	63,4
Srednjeneretvansko	Bijelo Polje - krš	3041,60	2300	75,6
Srednjeneretvansko	Bijela - Prenj - krš	600	420	70

Distribucija stabala po debljinskim stepenima pokazuje strukturu sastojine i odnos između vrsta *Fagus sylvatica* i *Pinus heldreichii* (Grafikon 1).

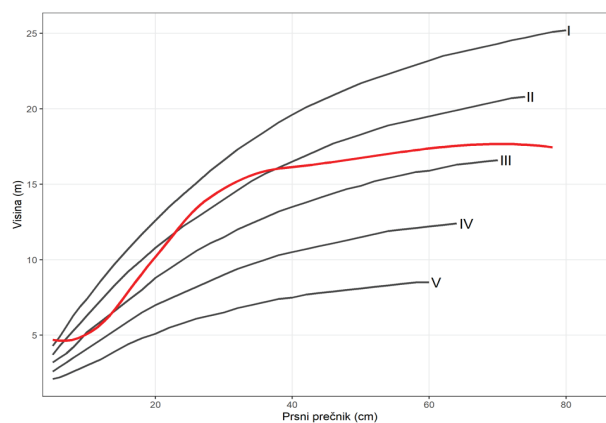


Grafikon 1. Debljinska struktura munike (*Pinus heldreichii*) na oglednoj plohi

Graph 1. Diameter structure of Bosnian pine (*Pinus heldreichii*) on the sample plot

Munika je zastupljena u širem rasponu debljinskih stepena, s izraženim maksimumom u srednjim klasama, ali i jasnim prisustvom u debljim stepenima (Grafikon 1). Ovakva raspodjela ukazuje na njeno kontinuirano prisustvo kroz različite razvojne faze sastojine. Bukva je, s druge strane, koncentrisana pretežno u nižim i dijelu srednjih debljinskih stepena, dok je u višim klasama slabo zastupljena ili izostaje. Ovakav obrazac sugerira ograničeni razvoj bukve u odnosu na muniku u posmatranim uslovima.

Položaj empirijske visinske krive u odnosu na bonitetne krive pokazuje da se analizirana sastojina munike nalazi u zoni srednjih bonitetnih vrijednosti (Grafikon 2). Kriva se najvećim dijelom prostire između bonitetnih razreda II i III, što upućuje da dati lokalitet, posmatrano u okviru bonitetnog niza za muniku, odgovara približno prosječnim uslovima za razvoj ove vrste.



Grafikon 2. Bonitetne krive munike (*Pinus heldreichii*) na osnovu Drinić i Prolić (1978)

Graph 2. Site index curves of Bosnian pine (*Pinus heldreichii*) according to Drinić and Prolić (1978)

U skladu s tim, strukturni pokazatelji iz Tabele 1 potvrđuju izrazitu dominaciju munike u analiziranoj sastojini. Njeno znatno veće učešće u brojnosti, dimenzijama stabala, temeljnici i zapremini pokazuje da munika nosi glavnu strukturnu i proizvodnu komponentu sastojine, dok se bukva javlja kao prateća vrsta sa znatno manjim udjelom i ograničenim doprinosom ukupnoj strukturi.

DISCUSSION – Diskusija

Rezultati ovog istraživanja potvrđuju ranije nalaze o zdravstvenom stanju i otpornosti munike (*Pinus heldreichii*) u Balkanu i južnoj Italiji. Prirodna otpornost munike na abiotičke faktore, poput mraza, vjetera i suše, kao i njena sposobnost kolonizacije degradiranih i kamenitih staništa (Jovanović, 1985; Šilić, 1973; Hodžić i dr., 2020), očituje se i u relativno ograničenom prisustvu značajnih patogena i štetnih insekata u proučavanim lokalitetima.

Tabela 4. Prikaz osnovnih taksacionih elemenata na eksperimentalnoj plohi Hranisava

Table 4. Overview of basic mensurational elements on the experimental plot Hranisava

Varijabla	Munika	Bukva	Ukupno
N/ha	567	100	667
Dg (cm)	22,5	11,2	20,8
H (m)	9,77	6,62	9,3
G (m ³ ha ⁻¹)	34	1,12	35,12
V (m ³ ha ⁻¹)	442,1	9,23	451,33

Prema analizi uzročnika bolesti na različitim dijelovima biljke (Tabela 1), pokazano je da se najznačajniji, poput *Heterobasidion annosum* i *Dothistroma* sp., nalaze na korijenu, deblu i iglicama, dok su ostali dijelovi biljke zahvaćeni uglavnom uzročnicima umjerenog ili manjeg utjecaja. Posebno se ističe prisutnost *Diplodia sapinea* na više biljnih organa, što potvrđuje njen široki patogeni potencijal i važnost kontinuiranog praćenja zdravstvenog stanja sastojina (Drenkhan i dr., 2016; Vendramin i dr., 2008).

S druge strane, rezultati o prisustvu štetnih insekata, prikazani u Tabeli 2, pokazuju veću zastupljenost vrsta poput *Ips sexdentatus* i *Thaumetopoea pityocampa* na deblu i iglicama, dok je njihov utjecaj na grane bio ograničen. Rezultati ovih istraživanja odgovaraju i nalazima drugih autora koji upućuju da povećano djelovanje štetnih insekata pod uticajem klimatskih promjena može dodatno ugroziti zdravstveno stanje biljaka napregnuto stresnim faktorima (Roques, 2015; Buffo i dr., 2007).

Vizualni prikaz podataka iz Tabele 1 i Tabele 2 dodatno je sažet i prikazan na Slici 6, što omogućava jasnije predstavljanje prostorne raspodjele uzročnika bolesti i štetnih insekata. Jasno se vidi da su najugroženiji dijelovi drveta deblo i iglice, dok se uzročnici bolesti i štetni insekti s manjim utjecajem pojavljuju na granama i šišaricama. Ova raspodjela potvrđuje prethodne tvrdnje o specifičnoj osjetljivosti pojedinih dijelova biljke te ističe potrebu za ciljanom zaštitom, posebno kod lokaliteta pogođenih požarom ili sušnim stresom (Hu i dr., 2023; Mirchev i dr., 2021).

Međutim, značajan uticaj na zdravstveno stanje sastojina imaju i šumski požari, što potvrđuju podaci o visokom stepenu oštećenja na istraživanim lokalitetima (Tabela 3). Procenat oštećenja sastojina kreće se od 63,4% do 75,9%, pri čemu su najveće vrijednosti zabilježene na lokalitetima Velež (75,9%) i Bijelo Polje – krš (75,6%), dok su i ostala područja pokazala visok nivo degradacije. Ovi

rezultati ukazuju da požari predstavljaju ključni faktor destabilizacije sastojina munike, posebno u krškim i sušnim područjima, gdje se intenzitet i učestalost požara dodatno povećavaju pod uticajem klimatskih promjena.

Posljedice požara ogledaju se ne samo u direktnom smanjenju drvne mase i strukture sastojina, već i u povećanoj osjetljivosti stabala na sekundarne štetnike i patogene. Oštećena i fiziološki oslabljena stabla postaju pogodna za naseljavanje insekata i razvoj bolesti, čime se dodatno ubrzava proces degradacije (Roques, 2015; Buffo i dr., 2007; Drenkhan i dr., 2016).

U tom kontekstu, analiza debljinske strukture (Grafikon 1) i visinskog rasta stabala (Grafikon 2) dodatno ukazuje na način na koji se sastojina strukturno organizuje. Dominacija munike potvrđena je kako kroz raspodjelu po debljinskim stepenima, tako i kroz visinski rast i proizvodne parametre. Munika je zastupljena u širem rasponu debljinskih stepena, pri čemu je najveći broj jedinki koncentrisan u nižim i srednjim klasama, dok je prisutna i u višim debljinskim stepenima. Ovakva raspodjela ukazuje na kontinuiranu obnovu i stabilnu strukturu sastojine, pri čemu se tanja stabla često javljaju u skupinama, dok deblja stabla predstavljaju nosioce glavne strukturne i proizvodne komponente. U poređenju s tim, bukva je dominantna uglavnom u nižim i srednjim debljinskim stepenima.

Podaci iz Tabele 4 dodatno naglašavaju ovu razliku: broj stabala munike (567 N/ha) znatno nadmašuje broj bukve (100 N/ha), dok su i srednji prečnik ($D_g = 22,5$ cm) i visina ($H = 9,77$ m) munike znatno veći od onih kod bukve. Ove razlike se reflektuju i u temeljnic i zapremini po hektaru, gdje munika dostiže $G = 34$ m³/ha i $V = 442,1$ m³/ha, dok su odgovarajući parametri bukve minimalni.

Dominacija munike u svim ključnim strukturnim i proizvodnim parametrima potvrđuje da ona predstavlja osnovni nosilac stabilnosti sastojine, dok se bukva javlja

kao prateća vrsta sa ograničenim učešćem. Istovremeno, izražena zastupljenost tanjih stabala i njihova prostorna grupisanost može ukazivati na aktivan proces prirodne obnove, ali i na povećanu kompeticiju unutar skupina, što može imati implikacije na zdravstveno stanje stabala u uslovima dodatnih stresnih faktora. Nasuprot tome, niža zastupljenost i manji proizvodni parametri bukve sugeriraju njenu ograničenu prilagodljivost i veću osjetljivost na nepovoljne stanišne uslove.

Iako rezultati pružaju vrijedan uvid u zdravstveno stanje munike na odabranim lokalitetima, prostorna i vremenska ograničenja uzorka (ograničen broj lokaliteta i period praćenja 2015–2025.) mogu smanjiti generalizaciju nalaza na čitavu teritoriju Bosne i Hercegovine. Stoga su potrebna dalja istraživanja s većim brojem lokaliteta i dugoročnim praćenjem kako bi se dobila cjelovitija slika stanja sastojina.

CONCLUSIONS – Zaključci

Na osnovu provedenih analiza zdravstvenog stanja i uzgojnih karakteristika sastojina munike mogu se izdvojiti nekoliko ključnih zaključaka. Dobiveni rezultati potvrđuju da munika pokazuje visoku otpornost na abiotičke faktore i izraženu sposobnost opstanka u kamenitim, sušnim i visokoplaninskim staništima, što se ogleda u njenoj dominantnoj zastupljenosti, većim dimenzijama stabala i višim proizvodnim parametrima u sastojinama nakon požara. Istovremeno, utvrđeno je da se najznačajniji uzročnici bolesti i štetni insekti, uključujući *Heterobasidion annosum*, *Dothistroma* sp., *Diplodia sapinea*, *Ips sexdentatus* i *Thaumetopoea pityocampa*, najčešće javljaju na korijenu, deblu i iglicama, što ukazuje na potrebu posebne pažnje pri zaštiti ovih najosjetljivijih dijelova stabla. Rezultati također pokazuju da šumski požari predstavljaju ključni faktor narušavanja zdravstvenog stanja sastojina, jer uzrokuju smanjenje drvne mase, degradaciju strukturne izgrađenosti i povećanu podložnost stabala sekundarnim štetnicima i patogenima, posebno u krškim i sušnim područjima. U takvim uslovima munika potvrđuje svoju ekološku prilagođenost i konkurentsku prednost, dok niža zastupljenost i slabiji proizvodni parametri bukve ukazuju na njenu ograničenu prilagodljivost i manju konkurentnost u postpožarnim uslovima. Bukva se stoga u analiziranim sastojinama javlja uglavnom kao prateća vrsta, bez značajnijeg utjecaja na ukupnu strukturu sastojine.

Iako rezultati pružaju vrijedan uvid u zdravstveno stanje i strukturne osobine sastojina munike, određena ograničenja istraživanja, prije svega ograničen broj lokaliteta i period praćenja od 2015. do 2025. godine, upućuju na potrebu daljih istraživanja. Buduća istraživanja trebala bi obuhvatiti veći broj lokaliteta i duži period monitorin-

ga kako bi se omogućilo pouzdanije sagledavanje zdravstvenog stanja sastojina munike i definisanje efikasnih mjera njihove zaštite i obnove.

REFERENCES – Literatura

- Ballian, D., Horvat, I., & Grubanov, V. (2005). Vegetation dynamics in Balkan high-mountain ecosystems. *Plant Ecology*, 178(2), 175–190.
- Buffo, E., Battisti, A., & Larsson, S. (2007). Pine processionary moth (*Thaumetopoea pityocampa*): ecology, distribution, and management. *Journal of Pest Science*, 80(3), 225–238.
- Drenkhan, R., i dr. (2016). Dothistroma needle blight in Europe: current knowledge and future perspectives. *Forest Pathology*, 46(4), 273–292.
- Drinić, P., & Prolić, N. (1978). Taksacioni elementi kao pokazatelji proizvodnih mogućnosti šuma munike (*Pinus heldreichii* Christ.). *Radovi Šumarskog Fakulteta Univerziteta U Sarajevu*, 26(3-4), 53–105. <https://doi.org/10.54652/rsf.1978.v26.i3-4.532>
- EUFORGEN. (2009). *Pinus heldreichii* – European Forest Genetic Resources Programme. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fukarek, P., & Vidaković, M. (1965). Relict and endemic trees of the Balkan Peninsula. *Acta Botanica Croatica*, 24(1), 1–35.
- Hodžić, S., Kovačević, S., & Marić, D. (2020). Bosnian pine (*Pinus heldreichii*): growth, ecology, and conservation. *Forestry Studies*, 63, 45–62.
- Hu, B., Liu, Z., Haensch, R., i dr. (2023). *Diplodia sapinea* infection reprograms foliar traits of its pine (*Pinus sylvestris* L.) host to death. *Tree Physiology*, 43(4), 611–629.
- Jovanović, S. (1985). *Silvicultural characteristics of Balkan conifers*. Belgrade: University of Belgrade, Faculty of Forestry.
- Levanić, T., Zavodnik, D., & Hrast, A. (2020). Impact of climate change on forest tree health: the case of *Pinus heldreichii*. *Forest Ecology and Management*, 472, 118–126.
- Mirchev, P., Dimitrov, D., & Ivanov, I. (2021). Pathogens and pests affecting *Pinus heldreichii* in Bulgaria. *Journal of Forest Research*, 26(4), 301–315.
- Pajević, S. (2019). Health status of *Pinus heldreichii* in Montenegro. *Montenegrin Journal of Forestry*, 10(1), 55–70.

Popović, M., & Perović, V. (2019). Forest health assessment of *Pinus heldreichii* in Serbia. *Annals of Forest Research*, 62(2), 153–168.

Roques, A. (2015). *Thaumtopoea pityocampa* and climate effects on forest pests. Oxford: CABI Publishing.

Šilić, Č. (1973). Forest trees of Yugoslavia. Zagreb: Šumarski Fakultet.

Vidaković, M., & Franjić, J. (2004). Dendrology of the Balkan region. Zagreb: Šumarski Fakultet.

Vendramin, G.G., Bucci, G., & Fady, B. (2008). Air pollution tolerance of *Pinus heldreichii*: physiological and ecological aspects. *Environmental Pollution*, 153(3), 539–546.

SUMMARY

Bosnian pine (*Pinus heldreichii* Christ.) represents a Tertiary relict and a subendemic species of the Balkan Peninsula, adapted to extreme site conditions of high-mountain and karst environments. It is characterized by high resistance to abiotic stressors such as drought, frost, and wind, as well as a significant colonization potential on degraded sites. However, its health status may be threatened by biotic factors and forest fires, the frequency of which is increasing as a result of climate change.

The aim of this study was to assess the health condition and silvicultural characteristics of Bosnian pine (*Pinus heldreichii*) stands at selected sites in Bosnia and Herzegovina (Prenj, Hranisava, Rujište, and Čvrtnica), with special emphasis on the influence of abiotic and biotic factors, as well as forest fires.

The research was conducted using a combination of field and laboratory methods. On selected plots, tree health condition was assessed, pathogens and harmful insects were identified, and structural stand characteristics were analyzed. Special attention was given to burned areas, where the degree of damage and the impact of fire on stand stability were evaluated. The collected data were presented in tables (Tables 1–4), graphs (Graphs 1 and 2), and images (Figures 1–6).

The results showed that the most significant pathogens were present on roots, stems, and needles (Table 1), while among harmful insects, species predominantly attacking stems and needles were identified (Table 2). The distribution of harmful organisms is further illustrated in Figure 6, clearly indicating that the most affected parts of the tree are the stem and needles.

The analysis of burned areas (Table 3) revealed a high level of stand damage (>60%), indicating a pronounced negative impact of fire. Structural analysis (Graphs 1 and 2) and forest inventory data (Table 4) confirm the dominance of Bosnian pine over European beech (*Fagus sylvatica*), suggesting its better adaptation to post-fire conditions.

The results confirm the high resistance of Bosnian pine to abiotic stressors, while also highlighting forest fires as a key factor of stand degradation. The obtained findings provide an important basis for planning protection measures, restoration, and sustainable management of Bosnian pine stands in Bosnia and Herzegovina.

Received: April, 06, 2026; **Accepted:** June, 10, 2026; **Published:** July, 31, 2026

Funding: This research received no external funding.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.



© 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).