

ŠUMARSKI LIST

HRVATSKO ŠUMARSKO DRUŠTVO



UDC 630*
ISSN
0373-1332
CODEN
SULIAB



7-8

GODINA CXLVI
Zagreb
2022



HRVATSKO ŠUMARSKO DRUŠTVO

CROATIAN FORESTRY SOCIETY

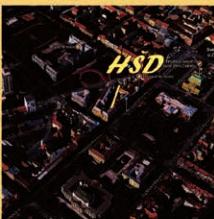
članica HIS

O DRUŠTVU ČLANSTVO

stranice ogranača:
BJ DE GO KA SI SP ZA

PRO SILVA CROATIA
SEKCIJA ZA BIOMASU
SEKCIJA ZA ŽAŠTITU ŠUMA
EKOLOŠKA SEKCIJA
SEKCIJA ZA KULTURU, SPORT I REKREACIJU
SEKCIJA ZA URBANO ŠUMARSTVO (FB)

AKADEMIJA ŠUMARSKIH ZNANOSTI



aktivna karta Zagreb
Trg Mažuranića 11
tel: +385(1)4828359
fax: +385(1)4828477
mail: hsd@sumari.hr

**176. godina djelovanja
19 ogranača diljem Hrvatske
oko 2700 članova**

IMENIK HRVATSKIH ŠUMARA

**14041 osoba
22387 biografskih činjenica
14810 bibliografskih jedinica**

ŠUMARSKI LIST

**146. godina neprekidnog izlaženja
1107 svezaka na 84712 stranica
16234 članaka od 3254 autora**

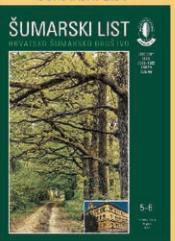
DIGITALNA ŠUMARSKA BIBLIOTEKA

**4457 naslova knjiga, časopisa i medija
na 26 jezika od 3117 autora
izdanja od 1732. do danas**

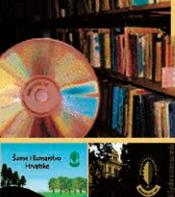
IMENIK HRVATSKIH ŠUMARA



ŠUMARSKI LIST



DIGITALNA BIBLIOTEKA





EFN HŠ ŠF HŠI
HKISD DHMZ



Naslovna stranica – Front page:

„Put“ – fotografija Bjelovarskog salona fotografija „Šuma okom šumara“
(Foto: Dražen Popović)

„Forest path“ – a photograph of the Bjelovar Photography Salon
„The Forest Through the Eyes of a Forester“
(Photo: Dražen Popović)

Naklada 1660 primjeraka

Uredništvo

ŠUMARSKOGA LISTA

HR-10000 Zagreb

Trg Mažuranića 11

Telefon: +385(1)48 28 359,

Fax: +385(1)48 28 477

e-mail: urednistvo@sumari.hr

Šumarski list online:

www.sumari.hr/sumlist

Journal of forestry Online:

www.sumari.hr/sumlist/en

Izdavač:

HRVATSKO ŠUMARSKO DRUŠTVO

Suizdavač:

Hrvatska komora inženjera šumarstva i drvene tehnologije

Financijska pomoć Ministarstva znanosti obrazovanja i sporta

"Izdavanje ovog časopisa sufinanciralo je Ministarstvo poljoprivrede sredstvima naknade za korištenje općekorisnih funkcija šuma. Ovdje navedeni stavovi ne moraju nužno odražavati stavove Ministarstva poljoprivrede"

"The publication of this journal was co-financed by the Ministry of Agriculture with funds collected from the tax on non-market forest functions."

The opinions expressed here do not necessarily reflect the views of the Ministry of Agriculture".

Publisher: Croatian Forestry Society –

Editeur: Société forestière croate –

Herausgeber: Kroatischer Forstverein

Grafička priprema:

LASERplus d.o.o. – Zagreb

Tisk: CBprint – Samobor

ŠUMARSKI LIST

Znanstveno-stručno i staleško glasilo Hrvatskoga šumarskog društva
 Journal of the Forestry Society of Croatia – Zeitschrift des Kroatischen Forstvereins
 – Revue de la Societe forestiere Croate

Uredivački savjet – Editorial Council:

- | | | |
|-------------------------------------|--|--|
| 1. Akademik Igor Anić | 12. Marina Juratović, dipl. ing. šum. | 23. Davor Prnjak, dipl. ing. šum. |
| 2. Emil Balint, dipl. ing. šum. | 13. Mr. sc. Petar Jurjević | 24. Krasnodar Sabljić, dipl. ing. šum. |
| 3. Mr. sc. Boris Belamarić | 14. Ivan Krajačić, dipl. ing. šum. | 25. Zoran Šarac, dipl. ing. šum. |
| 4. Prof. dr. sc. Ružica Beljo Lučić | 15. Čedomir Križmanić, dipl. ing. šum. | 26. Ante Taraš, dipl. ing. šum. |
| 5. Mario Bošnjak, dipl. ing. šum. | 16. Danijela Kučinić, dipl. ing. šum. | 27. Prof. dr. sc. Ivica Tikvić |
| 6. Goran Bukovac, dipl. ing. šum. | 17. Prof. dr. sc. Josip Margaletić | 28. Davor Topolnjak, dipl. ing. šum. |
| 7. Mr. sp. Mandica Dasović | 18. Darko Mikičić, dipl. ing. šum. | 29. Oliver Vlainić, dipl. ing. šum., predsjednik |
| 8. Mr. sc. Josip Dundović | 19. Damir Miškulin, dipl. ing. šum. | 30. Doc. dr. sc. Dinko Vusić |
| 9. Prof. dr. sc. Milan Glavaš | 20. Damir Nuić, dipl. ing. šum. | 31. Silvija Zec, dipl. ing. šum. |
| 10. Goran Gobac, dipl. ing. šum. | 21. Martina Pavičić, dipl. ing. šum. | 32. Dražen Zvirotić, dipl. ing. šum. |
| 11. Mr. sc. Ivan Grginčić | 22. Doc. dr. sc. Sanja Perić | |

Urednički odbor po znanstveno-stručnim područjima – Editorial Board by scientific and professional fields

1. Šumske ekosustav – Forest Ecosystems

Prof. dr. sc. Joso Vukelić,

urednik područja – Field Editor

Šumarska fitocenologija – Forest Phytocoenology

Urednici znanstvenih grana – Editors of scientific branches:

Prof. dr. sc. Željko Škvorc,

Šumarska botanika – Forest Botany

Doc. dr. sc. Krinoslav Sever,

Fiziologija šumskoga drveća – Physiology of Forest Trees

Doc. dr. sc. Igor Poljak,

Dendrologija – Dendrology

Prof. dr. sc. Davorin Kajba,

Genetika i oplemenjivanje šumskoga drveća –

Genetics and Forest Tree Breeding

Prof. dr. sc. Darko Bakšić,

Šumarska pedologija i ishrana šumskoga drveća –

Forest Pedology and Forest Tree Nutrition

Prof. dr. sc. Marijan Grubešić,

Lovstvo – Hunting Management

2. Uzgajanje šuma i hortikultura – Silviculture and Horticulture

Akademik Igor Anić,

urednik područja – Field Editor

Silvikultura – Silviculture

Urednici znanstvenih grana – Editors of scientific branches:

Izv. prof. dr. sc. Damir Ugarković,

Ekologija i biologija šuma, bioklimatologija –

Forest Ecology and Biology, Bioclimatology

Doc. dr. sc. Sanja Perić,

Šumske kulture – Forest Cultures

Dr. sc. Vlado Topić,

Melioracije krša, šume na kršu – Karst Amelioration, Forests on Karst

Izv. prof. dr. sc. Stjepan Mikac,

Uzgajanje šuma – Forest Silviculture

Doc. dr. sc. Vinko Paulić,

Urbane šume – Urban Forests

Prof. dr. sc. Ivica Tikvić,

Opća i krajobrazna ekologija, općekorisne funkcije šuma – General and landscape ecology, Non-Wood Forest Functions

Izv. prof. dr. sc. Damir Drvodelić,

Sjemenarstvo i rasadničarstvo – Seed Production and Nursery Production

Prof. dr. sc. Damir Barčić,

Zaštićeni objekti prirode, Hortikultura – Protected Nature Sites, Horticulture

3. Iskorištavanje šuma – Forest Harvesting

Prof. dr. sc. Tomislav Poršinsky,

urednik područja – Field Editor

Urednici znanstvenih grana – Editors of scientific branches:

Prof. dr. sc. Tibor Pentek,

Šumske prometnice – Forest Roads

Prof. dr. sc. Dubravko Horvat,

Mehanizacija u šumarstvu – Mechanization in Forestry

Prof. dr. sc. Tomislav Sinković,

Nauka o drvu, Tehnologija drva – WoodScience, Wood Technology

4. Zaštita šuma – Forest Protection

Prof. dr. sc. Boris Hrašovec,
urednik područja –field editor
Fitofarmacija u zaštiti šuma –
Plant protection products in forestry

Urednici znanstvenih grana – *Editors of scientific branches:*

Prof. dr. sc. Milan Glavaš,
Integralna zaštita šuma – *Integral Forest Protection*

Prof. dr. sc. Danko Diminić,
Šumarska fitopatologija – *Forest Phytopathology*

Dr. sc. Milan Pernek,
Šumarska entomologija – *Forest Entomology*

Prof. dr. sc. Josip Margaletić,
Zaštita od sisavaca (mammalia) –
Protection Against Mammals (mammalia)

Mr. sc. Petar Jurjević,
Šumski požari – *Forest Fires*

5. Izmjera i kartiranje šuma – Forest Mensuration and Mapping

Prof. dr. sc. Ante Seletković,
urednik područja –field editor
Daljinska istraživanja i GIS u šumarstvu
Remote Sensing and GIS in Forestry

Urednici znanstvenih grana – *Editors of scientific branches:*

Prof. dr. sc. Mario Božić,
Izmjera šuma – *Forest Mensuration*

Doc. dr. sc. Mario Ančić,
Izmjera terena s kartografijom –
Terrain Mensuration with Cartography

Prof. dr. sc. Anamarija Jazbec,
Biometrika u šumarstvu – *Biometrics in Forestry*

6. Uređivanje šuma i šumarska politika – Forest Management and Forest Policy

Prof. dr. sc. Jura Čavlović,
urednik područja –field editor
Uređivanje šuma – *Theory of Forest Management*

Urednici znanstvenih grana – *Editors of scientific branches:*

Prof. dr. sc. Stjepan Posavec,
Šumarska ekonomika i marketing u šumarstvu –
Forest Economics and Marketing in Forestry

Prof. dr. sc. Ivan Martinić,
Šumarska politika i management – *Forest policy and management*

Branko Meštrić, dipl. ing. šum.,
Informatika u šumarstvu – *Informatics in Forestry*

Hranislav Jakovac, dipl. ing. šum.,
Staleške vijesti, bibliografija, šumarsko zakonodavstvo,
povijest šumarstva – *Forest-Related News, Bibliography, Forest Legislation, History of Forestry*

Članovi Uređivačkog odbora iz inozemstva – Members of the Editorial Board from Abroad

Prof. dr. sc. Vladimir Beus, Bosna i Hercegovina –
Bosnia and Herzegovina

Doc. dr. sc. Boštjan Košir, Slovenija – *Slovenia*

Prof. dr. sc. Milan Saniga, Slovačka – *Slovakia*

Doc. dr. sc. Radek Pokorný, Češka Republika – *Czech Republic*

Prof. dr. sc. Maja Jurc, Slovenija – *Slovenia*

Glavni i odgovorni urednik – Editor in Chief

Prof. dr. sc. Josip Margaletić

Lektor – Lector

Dijana Sekulić-Blazina

Tehnički urednik i korektor – Technical Editor and Proofreader

Hranislav Jakovac, dipl. ing. šum.

Znanstveni članci podliježu međunarodnoj recenziji. Recenzenti su doktori šumarskih znanosti u Hrvatskoj, Slovačkoj i Sloveniji, a prema potrebi i u drugim zemljama zavisno o odluci uredništva.

Na osnovi mišljenja Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske, „Šumarski list“ smatra se znanstvenim časopisom.

Časopis referiraju: Science Citation Index Expanded, CAB Abstracts, Forestry Abstracts, Agricola, Pascal, Geobase, SCOPUS, Portal znanstvenih časopisa Republike Hrvatske (Hrčak) i dr.

Scientific articles are subject to international reviews. The reviewers are doctors of forestry sciences in Croatia, Slovakia and Slovenia, as well as in other countries, if deemed necessary by the Editorial board.

Based on the opinion of the Ministry of Science, Education and Sport of the Republic of Croatia, „Forestry Journal“ is classified as a scientific magazine.

Articles are abstracted by or indexed in: Science Citation Index Expanded, CAB Abstracts, Forestry Abstracts, Agricola, Pascal, Geobase, SCOPUS, Portal of scientific journal of Croatia (Hrčak) et al.

SADRŽAJ

CONTENTS

Izvorni znanstveni članci – Original scientific papers

UDK 630* 114.7 (001) https://doi.org/10.31298/sl.146.7-8.1 Ugarković D., I. Tikvić, I. Grgurić, I. Perković, N. Hulak, V. Roje, P. Šutalo, K. Popić Enzimatska aktivnost šumskog tla u oštećenom šumskom ekosustavu obične jele s rebračom – Enzymatic activity of forest soil in damaged forest ecosystem of silver fir with hard fern	283
UDK 630*231 + 233 (001) https://doi.org/10.31298/sl.146.7-8.2 Sever K., A. Vukmirović, L. Hodak, S. Bogdan, I. Katičić Bogdan, D. Krstonošić, T. Karažija, J. Franjić i Ž. Škvorc Funkcionalna prilagodba prirodnog pomlatka hrasta kitnjaka i obične bukve na različite stanišne prilike – Functional adaptation of natural sessile oak and common beech saplings on different habitat conditions	293
UDK 630* 164 (001) https://doi.org/10.31298/sl.146.5-6.3 Popović V., D. Šešlija Jovanović, A. Lučić, Ljubinko Rakonjac, Sanja Jovanović, Aleksandar Vasiljević, Danijela Miljković Spatial variation of morphological needle traits of silver fir (<i>Abies alba</i> Mill.) populations in the Balkan peninsula in relation to climatic factors – Prostorna varijabilnost morfoloških obilježja iglica populacija jele (<i>Abies alba</i> Mill.) na Balkanskom poluotoku u odnosu na klimatske čimbenike	309
UDK 630* 111.8 (001) https://doi.org/10.31298/sl.146.7-8.4 Dukić V., M. Mirković, B. Stajić, D. Petrović, M. Kazimirović, S. Bilić Comparative analysis of the influence of climate factors on the radial growth of autochthonous pine species (<i>Pinus</i> spp.) in Central Bosnia and Herzegovina – Usporedna analiza utjecaja klimatskih čimbenika na radijalni rast autohtonih vrsta borova (<i>Pinus</i> spp.) u središnjoj Bosni i Hercegovini	319
UDK 630*907.1 (001) https://doi.org/10.31298/sl.146.7-8.5 Akay A. E., H. Hulusi Acar, B. Kalkan Using GIS Techniques for Modeling of Anthropogenic Noise Propagation Generated by a Chainsaw in Forest Harvesting – Korištenje gis tehnika za modeliranje širenja antropogene buke koju stvara motorna pila prilikom seče šuma	333
UDK 630*156 (001) https://doi.org/10.31298/sl.146.7-8.6 Sari A. Maximum Entropy Niche-Based Predicting of Potential Habitat for the Anatolian Leopard (<i>Panthera pardus tulliana</i> Valenciennes, 1856) in Türkiye – Prediktivno modeliranje distibucije potencijalnog staništa za anatolskog leoparda (<i>Panthera pardus tulliana</i> Valenciennes, 1856) u Turskoj korištenjem modela maksimalne entropije ..	345
Zaštita prirode – Nature protection	
Arač, K.: Eja močvarica (<i>Circus aeruginosus</i> L.)	357

Knjige i časopisi – Books and journals

Anić, I.:	
Poljski jasen (<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl) u Hrvatskoj	358
Glavaš, M.:	
Izv. prof. dr sc. Damir Drvodelić	
Slatki pelin (<i>Artemisia annua</i> L.) i ostali pelini: važnost, uzgoj i uporaba.....	360

IZ HŠD-a – From the Croatian forestry association

Vlainić, O.:	
Obilježavanje šumarskih obljetnica u Karlovcu.....	363
Ištvan, Z.:	
Mađarski šumari dobili priznanja Hrvatskog šumarskog društva	370
Delač, D.:	
Zapisnik	
1. sjednice Upravnog odbora HŠD-a 2022. godine	374

IN MEMORIAM

Žagar, K.:	
Mr. sc. Josip Dundović (1941.-2022.).....	378
Ivančević, V.:	
Božidar Vukelić, dipl. ing. šum. (1934.-2021.)	379

RIJEČ UREDNIŠTVA

ZAŠTO KASNIMO U ZELENOJ TRANZICIJI I ENERGETSKOJ NEOVISNOSTI?

Sredina je ljeta užarenog od toplinskih valova uvjetovanih klimatskim zagrijavanjem, koji vuku planet Zemlju u ne povoljnom smjeru po život, u odnosu na dosadašnji, posebice u području umjerenog pojasa planeta. Padaju temperaturni rekordi, haraju požari, sve su češći snažni vjetrovi i intenzivne padaline u kratkom vremenu s velikim štetama, suša snižava korita rijeka i jezera, počinju redukcije vode, smanjuju se urodi u poljoprivredi. Uz sve te nevolje, neopravdana i brutalna ratna agresija Rusije na Ukrajinu traje šesti mjesec, bez naznaka da će doći do prekida. S istom se situacija dodatno komplicira zbog nastojanja Europske unije da što brže stekne energetsku neovisnost od Rusije, koja je ionako počela smanjivati isporuke plina i nafte. Na tragu svega, krajem srpnja Vlada Republike Hrvatske objavila je da će predložiti smanjivanje stope PDV-a s 13 na pet posto za ogrjevnu drva, pelete, sječke i brikete te toplinsku energiju iz toplinskih stanica.

Jesmo li davno prije mogli postići energetsku neovisnost i preorientirati vlastito gospodarstvo u zelenom smjeru? O tome smo već pisali u ovogodišnjem broju 3-4, ali zbog aktualnosti teme još ćemo se jednom osvrnuti na isto. Podsetit ćemo na dio onoga što smo unatrag 17 godina radili i predlagali unutar šumarskog sektora. I šire po tom pitanju. O svemu se može pročitati na stranicama Šumarskog lista.

Tako je u cilju što bolje organizacije stručnih potencijala, Hrvatsko šumarsko društvo na svojoj 109. redovitoj Skupštini održanoj u Karlovcu 17. lipnja 2005., u okviru Dana hrvatskog šumarstva, osnovalo sekciju „Hrvatska udruga za biomasu“...Prema planu aktivnosti za 2006. godinu organizirali smo trodnevnu stručnu ekskurziju u Austriju – Gradišće od 18. do 20. svibnja. HŠD kao osnivač Hrvatske udruge za biomasu, organiziralo je posjet ovoj austrijskoj pokrajini gdje je najviše zastupljena uporaba bioenergije. Može se reći da su gotovo u potpunosti zamijenili uporabu fosilnih goriva obnovljivim resursima kao energetskim drvetom za toplinsku energiju i proizvodnju struje, uljanom repicom za proizvodnju biodizela te uporabom vjetrenjača za proizvodnju struje. (Šumarski list 5-6/2006)

Šumarski list 9-10/2006 donosi opis navedene stručne ekskurzije u Gradišće: *Zatim smo posjetili toplanu na biomasu*

Gütttenbach (Pinkovac), snage kotla 1 MW na biomasu i s rezervnim kotлом na lož ulje snage 1,35 MW. Dipl. ing. Franz Jandrisitz upoznao nas je s Centralnim toplinskim sustavom Pinkovac, gdje se već 7 godina putem desetogodišnjeg ugovora toplovodom dužine 12 km grije oko 240 obiteljskih kuća.

U uvodniku našeg lista broj 1-2/2007 pisali smo o pozitivnom utjecaju šume na globalno zatopljenje klime: *Nedavno održani skup znanstvenika u Parizu potvrdio je kako je uzrok globalnoga zatopljenja na Zemlji nerazumno ponašanje čovjeka. Prekomjernim korištenjem fosilnih goriva atmosfera se obogaćuje ugljičnim dioksidom, povećavajući učinak „staklenika atmosfere“.*

Poznato je da su brojne ekskurzije udrugama, tvrtkama, jedinica lokalne uprave i samouprave posjetile Gradišće i divile se postignutim rezultatima na polju ostvarene energetske neovisnosti te nekada najmanje razvijene austrijske pokrajine. Ispada da se potrošilo skoro dvadesetak godina na obilaske, koji kasnije nisu poslužili kao primjer za primjenu u vlastitom kraju. Brdsko-planinsko područje Hrvatske obiluje šumskim resursima te je većina naselja u tom području mogla riješiti pitanje grijanja izgradnjom objekata na biomasu. Osim samog grijanja korist bi se našla i u zapošljavanju lokalnog stanovništva i gospodarstva, netrošenju sredstava za fosilna goriva, čišćem okolišu te zadržavanju ruralnog stanovništva u prostoru. Rezultat korištenja šumske biomase kod nas se ogleda u kogeneracijskim postrojenjima uz autoceste, koji svojim vlasnicima donose profit uz povlaštenu cijenu isporučene struje, a lokalnoj zajednici ne doprinosi osiguranom toplinskom energijom koja bi nas danas činila spokojnom prema neizvjesnosti koja vlada s dobavom i cijenom plina, nafte i struje. Nismo li uludo napravili još jednu akumulaciju kapitala kojom se financijska sredstva, pa dobrim dijelom i iz EU fondova, slijevaju u džepove malobrojnih privatnih investitora, a domaće stanovništvo koje živi okruženo šumom teškom mukom dolazi do ogrjevnog drveta, po cijeni koja je, umjesto socijalna, za razliku od ostalih sortimenata najbliža tržišnoj. Nedavno vladino smanjenje PDV-a za ogrjevno drvo ubrzo je kompenzirano povećanjem cijene istog.

Uredništvo

EDITORIAL

WHY DO WE LAG BEHIND IN THE GREEN TRANSITION AND ENERGY INDEPENDENCE?

It is the middle of summer marked by unprecedented heat. The heat waves, caused by climate warming, are pushing the planet Earth in an unfavourable direction for life, compared to that until now, especially in the region of the planet's temperate zone. Temperatures have reached new records, fires are raging, and frequent strong winds and intense, abrupt changes in rainfall are inflicting extensive damage. The beds of rivers and lakes have reached the lowest points due to droughts; there are ongoing water reductions, and agricultural yields are reduced. In addition to all these misfortunes, Russia's unjustified and brutal war aggression against Ukraine continues for the sixth month with no signs of stopping. The situation is further complicated by the efforts of the European Union to gain instantaneous energy independence from Russia, which has already begun to reduce gas and oil supplies. At the end of July, the Government of the Republic of Croatia announced that it would propose reducing the VAT rate from thirteen to five percent for firewood, pellets, wood chips and briquettes, as well as thermal energy from thermal stations.

Could we have achieved energy independence and reoriented our own economy in the green direction much earlier? We already addressed this topic in the volumes 3-4 of this year, but due to the pertinence of the issue, we shall refer to it once again. We wish to remind you of what we have done and proposed within the forestry sector and beyond for the past 17 years. You can read about it on the pages of the Forestry Journal.

Thus, with the view of organising professional potential in the best possible way, the Croatian Forestry Association founded the "Croatian Biomass Association" section at its 109th regular session held in Karlovac on June 17th, 2005, within the Croatian Forestry Day ... According to the 2006 activity plan, we organized a three-day professional excursion in Austria - Gradišće, from May 18 to 20. The Croatian Forestry Association, as the founder of the Croatian Biomass Association, organized a visit to this Austrian province where the use of bioenergy is most prevalent. It can be said that fossil fuels have been almost completely replaced with renewable resources, such as energy wood for thermal energy and electricity production, rapeseed oil for biodiesel production and the use of windmills for electricity production (Forestry Journal 5-6/2006).

The professional visit to Gradišće mentioned above was described in the Forestry Journal 9-10/2006. "Then we visited

the Güttenbach (Pinkovac) biomass heating plant, with a biomass boiler power of 1 MW and a reserve heating oil boiler with a power of 1.35 MW. Franz Jandrisitz, BSc, introduced us to the Pinkovac Central Heating System, where under a 10-year contract, about 240 households have been supplied with heating energy through a 12-km long hot pipe for the past 7 years.

In the editorial of Forestry Journal 1-2/2007, we discussed the positive effect of forests on global climate warming. *A recent gathering of scientists in Paris confirmed that the cause of global warming on Earth is attributed to unreasonable human behaviour. Excessive use of fossil fuels enriches the atmosphere with carbon dioxide, leading to the greenhouse effect.*

It is well known that numerous excursions by various associations, companies, and local government and self-government units have been paid to Gradišće in order to admire the results achieved in the field of energy independence of this once least developed Austrian province. It turns out that almost twenty years were spent on tours that never led to the application of the results in their own regions. The hilly-mountainous area of Croatia abounds in forest resources, which means that the majority of the settlements in the area could solve the issue of heating by building biomass plants. In addition to the heating itself, there would also be many other benefits, such as the employment of the local people and the economy, not spending funds on fossil fuels, a cleaner environment and the retention of the rural population in the area. The results of using forest biomass in Croatia are reflected in the cogeneration plants along the motorways, which bring profit to their owners with a preferential price for the delivered electricity, but do not contribute to the local community by ensuring thermal energy, which would appease worries arising from the uncertainty related to the supply and price of gas, oil and electricity. Haven't we foolishly created yet another accumulation of capital by which financial resources, including a large part from EU funds, line the pockets of a small number of private investors, while the local population living surrounded by forests has a hard time getting firewood, at a price that, instead of being social, unlike that of other assortments, is closest to the market price. The Government's recent reduction in VAT on firewood was soon annulled by an increase in its price.

ENZIMATSKA AKTIVNOST ŠUMSKOG TLA U OŠTEĆENOM ŠUMSKOM EKOSUSTAVU OBIČNE JELE S REBRAČOM

ENZYMATIC ACTIVITY OF FOREST SOIL IN DAMAGED FOREST ECOSYSTEM OF SILVER FIR WITH HARD FERN

Damir UGARKOVIĆ^{1*}, Ivica TIKVIĆ¹, Ivana GRGURIĆ², Ivan PERKOVIĆ¹, Nataša HULAK³, Vibor ROJE¹, Petar ŠUTALO⁴, Krešimir POPIĆ⁵

SAŽETAK

Odumiranjem stabala mijenjaju se stanišne prilike u šumskom ekosustavu, uslijed čega dolazi do promjene mikroklima i mikrobiološke aktivnosti tla. Cilj ovoga istraživanja je utvrditi razlike u mikroklimi staništa te u enzimatskoj aktivnosti šumskog tla u trima šumskim progalamama i trima šumskim sastojinama obične jеле s rebračom (Blechno-Abietetum Ht. 1950). Od mikroklimatskih elemenata mjerene su temperatura zraka, temperatura tla, relativna vlažnost zraka i volumetrijska vlažnost tla. Za određivanje kemijskih svojstava tla te dehidrogenazne i proteolitičke aktivnosti tala prikupljeni su kompozitni uzorci tla s dubine od 0 do 10 cm. U šumskim progalamama utvrđene su značajno više vrijednosti temperature zraka i tla te značajno niže vrijednosti relativne vlažnosti zraka i volumetrijske vlažnosti tla nego u šumskoj sastojini. Provedenim istraživanjem nisu utvrđene značajne razlike u kemijskim svojstvima tala između šumskih progala i sastojina. Zbog nesignifikantnih promjena kemijskih karakteristika tla, nisu utvrđene značajne promjene u enzimatskoj aktivnosti tala u progalamama u odnosu na šumske sastojine. Temperatura zraka i temperatura tla povezane su s dehidrogenaznom aktivnosti tala, dok su temperatura tla i volumetrijska vlažnost tla povezane s proteolitičkom aktivnosti tala u šumskim progalamama. Kemijska su svojstva tla također imale značajan utjecaj na enzimatsku aktivnost, jer se povećanjem udjela organske tvari, dušika, humusa i ugljika u tlu povećava i enzimatska aktivnost šumskih tala. Najveće korelacije enzimatske aktivnosti i kemijskih svojstava tla utvrđene su za proteolitičku aktivnost šumskih tala. Enzimatska aktivnost šumskih tala bila je najveća na početku vegetacijskog razdoblja u uvjetima optimalne temperature i vlažnosti tla.

KLJUČNE RIJEČI: šumska progala, enzimi tla, kemijska svojstva tla, obična jela

¹ Fakultet šumarstva i drvene tehnologije, Zavod za ekologiju i uzgajanje šuma, Svetosimunska 25, HR-10002 Zagreb, Hrvatska, Izv. prof. dr. sc. Damir Ugarković, e-mail: dugarkovic@sumfak.unizg.hr, Prof. dr. sc. Ivica Tikvić, e-mail: ivica.tikvic@zg.htnet.hr, Doc.dr.sc. Ivan Perković, e-mail: iperkovic@sumfak.hr, Izv.prof.dr.sc. Vibor Roje, e-mail: vroje@sumfak.hr

² Popa Frana Biničkog 6, 53000 Lički Osik, Hrvatska, Ivana Grgurić, mag. ing. silv.

³ Agronomski fakultet, Zavod za mikrobiologiju, Odsjek za agroekologiju, Svetosimunska cesta 25, HR-10002 Zagreb, Hrvatska, Doc.dr.sc. Nataša Hulak, e-mail: nhulak@agr.hr

⁴ Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Kemijski odsjek, Zavod za organsku kemiju, Petar Šutalo, mag. ing. chem., e-mail: psutalo@chem.pmf.hr

⁵ Hrvatske šume d.o.o. Zagreb, Uprava šuma Podružnica Vinkovci, Šumarija Lipovac, M. Gupca 5, HR-32246 Lipovac, Hrvatska, Krešimir Popić, mag. ing. silv., e-mail: kresimir.popic@hrsume.hr

* korespondencija: Krešimir Popić, kresimir.popic@hrsume.hr

UVOD INTRODUCTION

Iako mikroorganizmi tla čine manje od 0,5 % mase tla, imaju odlučujući utjecaj na svojstva tla i procese koji se u njemu odvijaju (Tate, 1995). Enzimi su tla povezani s mikroorganizmima u tlu (Burns, 1982). Tlo kao stanište sadrži velike skupine enzima koji imaju važnu ulogu u održavanju ekologije tla, fizikalnih i kemijskih svojstava te plodnosti i zdravlja tla. Enzimi tla imaju biokemijsku funkciju u cjelokupnom procesu razgradnje organske tvari u sustavu tla (Lee i dr. 2020). Enzimatska aktivnost u tlu ima veliku ulogu u procesu katalize, ciklusu kruženja hraniwa kao i u stvaranju organske tvari (Sinsabaugh i dr. 1994). Enzimatske aktivnosti u tlu uglavnom su mikrobnog podrijetla i predstavljaju kombinacije aktivnosti asociranih s različitim abiotičkim i biotičkim sastavnicama. Jedinstvena ravnoteža kemijskih, fizikalnih i bioloških (uključujući mikrobne, posebno enzimatske aktivnosti) sastavnica doprinosi očuvanju zdravlja tla (Ellert i dr. 1997). S obzirom na to da u Hrvatskoj nema mnogo istraživanja na temu enzimatske aktivnosti šumskih tala u oštećenim šumskim ekosustavima obične jеле (Mrkonjić Fuka i dr. 2011), njihovu aktivnost potrebno je podrobnije istražiti. Dehidrogenazna je aktivnost općenito pokazatelj mikrobne aktivnosti, dok je proteolitička aktivnost važan pokazatelj biološke aktivnosti i usko se povezuje s plodnošću tla.

Obična je jela najugroženija vrsta crnogorice u Republici Hrvatskoj (Prpić i dr. 2001, Tikvić i dr. 2008, Čavlović i dr. 2015, Ugarković i dr. 2021). Značajna osutost obične jеле (osutost krošanja > 25 % u odnosu na krošnju referentnog stabla) u razdoblju od 2006. do 2016. kretala se u rasponu od 59,63 % do 72,48 % (Potočić i dr. 2017). Odumiranje stabala obične jеле u cijelom hrvatskom arealu, a posebice u njezinu dinarskom dijelu, posljedica je djelovanja različitih abiotičkih i biotskih čimbenika (Ugarković i dr. 2021a). Kao posljedica promjene prirodnih stanišnih čimbenika javlja se jaka osutost krošanja stabala (osutost krošanja > 60 % u odnosu na krošnju referentnog stabla) te dolazi do odumiranja stabala (Prpić i dr. 2001, Dobbertin i dr. 2005, Tikvić i dr. 2008).

Prosječni intenzitet odumiranja stabala obične jеле na području sjevernog Velebita iznosio je od 0,4 m³/ha do 9,1 m³/ha (Tikvić i dr. 2008), a na području Gorskog kotara iznosi je od 5,0 do 18,8 m³/ha (Ugarković i dr. 2011a). Uslijed odumiranja stabala ili grupe stabala dolazi do prekida sklopa i stvaranja manjih ili većih šumskih progala, a takve pojave sklopa krošanja uzrokuju promjenu mikroklimatskih (Ritter i dr. 2005, Albanesi i dr. 2008, Fidej i dr. 2016) i mikrobioloških obilježja (Muscolo i dr. 2007, Ugarković i dr. 2011b). Šumske progale imaju značajnu ulogu u ekologiji šuma, utječući na biološku dinamiku, ciklus kruženja hraniwa i sukcesiju biljaka (Yang i dr. 2017).

Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi razlike u mikroklimi i u enzimatskoj aktivnosti šumskog tla u šumskim progalama i šumskim sastojinama, kao i enzimatsku aktivnost šumskog tla tijekom vegetacijske sezone.

MATERIJALI I METODE RADA MATERIALS AND METHODS

Područje istraživanja, šumske progale i šumske sastojine – Research area, forest gaps and forest stands

Istraživanje je obavljeno u zapadnom dijelu Gorskog kotara na području Uprave šuma Podružnica Delnice, Šumarije Fužine u gospodarskoj jedinici „Brloško“ (45°20'06" N i 14°39'32" E) u zajednici obične jеле s rebračom (*Blechno-Abietetum* Ht. 1950). Prema Koppenu, to je područje umjerenog tople kišne klime tipa Cfsbx bez sušnog razdoblja, s maritimnim oborinskim režimom, tj. minimum oborina pada u najtoplje godišnje doba. Srednja godišnja temperatura zraka iznosi 7,3 °C, a količina oborina iznosi oko 2500 mm (Seletković, 2001). Šumska zajednica obične jеле s rebračom (*Blechno-Abietetum* Ht. 1950) u Gorskem kotaru raste u području bukovo-jelovih šuma na nadmorskim visinama od 650 m do 950 m, na podzoliranim tlima povrh silikatnih matičnih supstrata. Glavna je vrsta u sloju drveća obična jela, uz nju se javljaju smreka, jarebika i obična bukva (Vukelić i Baričević 2001). Istraživanje je provedeno tijekom 2016. godine, od svibnja do rujna, u trima šumskim progalama te u trima sklopljenim šumskim sastojinama. Plohe su odabrane u istim stanišnim uvjetima i reljefnim obilježjima. Veličina šumskih progala izmjerena je GPS uređajem, a iznosile su 500, 650 m² i 700 m². Rub šumske progle definiran je rubom krošanja okolnih stabala. Središte šumske progle određeno je prema Runkelovoj metodi (1982). Šumske su progale bile stare četiri godine i nastale su sanitarnom sjećom oštećenih (> 80 % osutost krošanja) i odumrlih (100 % osutost krošanja) stabala obične jеле tijekom 2012. godine. Tri su kontrolne plohe postavljene u sklopljenim šumskim sastojinama u neposrednoj blizini šumskih progala, a njihove su dimenzije bile 50 × 50 m (2 500 m²). Pokusne su plohe (šumske progale i sklopljene šumske sastojine) postavljene na istovjetnim nadmorskim visinama, nagibima terena i ekspozicijama. Tlo je na području istraživanja distrični kambisol na silikatnoj geološkoj podlozi, a šumske su sastojine bile II. bonitetnog razreda.

Mikroklimatska mjerenja – Microclimatic measurements

U središtu šumskih progala postavljene su mikroklimatske stanice Rotronic HygroLog-D na visini 1,5 m od tla za mjerenje temperature zraka (°C) i relativne vlažnosti zraka (%) te mikroklimatske stanice Spectrum WatchDog model 2400

za mjerjenje temperature tla ($^{\circ}\text{C}$) i volumetrijske vlažnosti tla (%). Mjerenja su mikroklimatsko mjereno temperature zraka ($^{\circ}\text{C}$) i relativne vlažnosti zraka (%) na visini 1,5 m od tla. Mjerenje temperature tla ($^{\circ}\text{C}$) i volumetrijske vlažnosti tla (%) obavljeno je na dubini od 10 cm. Mikroklimatska su mjerenja obavljena svakih sat vremena u razdoblju od 1. svibnja 2016. do 31. rujna 2016., a za analizu su izračunane srednje vrijednosti za razdoblja od sedam dana.

Mikrobiološke i pedološke analize – *Microbiological and pedological analyses*

Za kemijske analize šumskog tla prikupljeni su uzorci s dubine od 0 do 10 cm u četirima repeticijama ($N = 12$ uzorka za šumske progale i $N = 12$ uzorka za šumske sastojine). Na uzorcima tla obavljene su sljedeće kemijske analize: određivanje reakcije tla u H_2O i KCl (u skladu s ISO 10390, 1994), na uzorcima čija je pH-vrijednost u KCl bila veća od 5,5 određen je i udio karbonata u tlu metodom po Scheibleru (u skladu s ISO 10693, 1995). Ukupan dušik određen je na elementarnom analizatoru Leco CNS 2000 (u skladu ISO 13878, 1998), a humus metodom po Tjurinu. U trima terminima tijekom 2016. godine (svibanj, srpanj i rujan) prikupljani su uzorci šumskog tla s dubine od 0 do 10 cm za enzimatske analize. Uzorci su prikupljeni u četirima repeticijama ($N = 36$ uzorka za šumske progale i $N = 36$ uzorka za šumske sastojine). Dehidrogenazna je aktivnost određena metodom trifeniltetrazolijeva klorida (TTC) (Casida i dr. 1964). Proteolitička je aktivnost određena metodom razgradnje kazeina do aromatičnih aminokiselina (Ladd i Butler, 1972).

Statistička obrada podataka – *Statistical data processing*

Svi mikroklimatski podaci obrađeni su u programima HW3 i SpecWare 9.0. Studentovim T testom nezavisnih uzoraka ispitani su mikroklimatski, pedološki i enzimatski podaci za šumske progale i šumske sastojine. Ako je varijabilnost varijance bila značajna ($p < 0,05$), podatci su analizirani neparametarskim U testom. Mjesečna dinamika enzimatske aktivnosti šumskog tla analizirana je faktorskom analizom varijance ANOVA s čimbenicima pozicija (progala i sastojina) i mjeseci (svibanj, srpanj i rujan). Levenov test homogenosti varijance nije bio statistički značajan ($p < 0,05$). Neparametarskom Spearmanovom R korelacijom utvrđena je povezanost enzimatske aktivnosti šumskog tla s mikroklimatskim elementima i kemijskim svojstvima šumskog tla. Vrijednosti mikroklimatskih elemenata, kemijskih svojstava tla i enzimatske aktivnosti tla prikazane

su kao srednja vrijednost istraživanih šumskih progala i sastojina. Statistička obrada podataka provedena je u statističkom programu Statistica 13 (TIBCO Software Inc. 2018).

REZULTATI ISTRAŽIVANJA

RESEARCH RESULTS

Mikroklima šumskih progala i šumskih sastojina – *Microclimate of forest gaps and forest stands*

Srednja je temperatura zraka u šumskoj progali iznosila $17,07^{\circ}\text{C}$ i bila je značajno viša u odnosu na temperaturu u sklopljenoj sastojini (kontrola) koja je iznosila $16,51^{\circ}\text{C}$ ($Z = -4,81$, $p < 0,0001$, tablica 1.). Maksimalna temperatura zraka izmjerena u šumskim progalama iznosila je $29,19^{\circ}\text{C}$, dok je u šumskim sastojinama bila $26,25^{\circ}\text{C}$. Minimalna temperatura zraka u šumskim progalama bila je $7,94^{\circ}\text{C}$, a u šumskim sastojinama $6,44^{\circ}\text{C}$. Srednja vrijednost relativne vlažnosti zraka u šumskoj progali iznosila je 77,92 %, a u sklopljenoj sastojini 82,45 %. Te su razlike također bile statistički značajne ($Z = 11,66$, $p < 0,0001$). Maksimalne vrijednosti relativne vlažnosti zraka na svim su pokusnim ploham iznosile 100 %. Minimalna vrijednost relativne vlažnosti zraka u šumskim progalama iznosila je 35,15 %, a u šumskim sastojinama bila je 36,06 %. Srednja vrijednost temperature tla u progali bila je $15,31^{\circ}\text{C}$, a u sklopljenoj sastojini iznosila je $12,76^{\circ}\text{C}$ ($Z = 33,28$, $p < 0,0001$). Maksimalna temperatura tla bila je viša u šumskoj progali ($22,80^{\circ}\text{C}$) u odnosu na šumske sastojine ($16,90^{\circ}\text{C}$). Minimalne temperature tla bile su $7,60^{\circ}\text{C}$ u šumskim progalama i $7,00^{\circ}\text{C}$ u šumskim sastojinama. U istraživanom razdoblju srednja vrijednost volumetrijske vlažnosti tla u progali iznosila je 9,26 %, a u sklopljenoj sastojini 13,54 % ($Z = -51,50$, $p < 0,0001$). Minimalna vlažnost tla u šumskoj progali bila je 5,40 %, a u šumskoj sastojini 6,30 %. Maksimalne vrijed-

Tablica 1. Usporedba mikroklimatskih elemenata šumskih progala i kontrolnih šumskih sastojina

Table 1 Comparison of microclimatic elements of forest clearings and control forest stands

Mikroklimatski elementi <i>Microclimatic elements</i>	Šumska progala <i>Forest gap</i>	Šumska sastojina <i>Forest stand</i>
	srednja vrijednost \pm standardna devijacija	<i>Mean \pm Standard deviation</i>
Temperatura zraka ($^{\circ}\text{C}$) <i>Air temperature ($^{\circ}\text{C}$)</i>	$17,07 \pm 3,68^{\text{a}}$	$16,51 \pm 4,50^{\text{b}}$
Relativna vlažnost zraka (%) <i>Relative air humidity (%)</i>	$77,92 \pm 13,82^{\text{a}}$	$82,45 \pm 16,91^{\text{b}}$
Temperatura tla ($^{\circ}\text{C}$) <i>Soil temperature ($^{\circ}\text{C}$)</i>	$15,31 \pm 3,48^{\text{a}}$	$12,76 \pm 2,84^{\text{b}}$
Volumetrijska vlažnost tla (%) <i>Soil volumetric water content (%)</i>	$9,26 \pm 2,15^{\text{a}}$	$13,54 \pm 3,38^{\text{b}}$

^{a,b} vrijednosti označene različitim slovom značajno se razlikuju ($p < 0,05$)

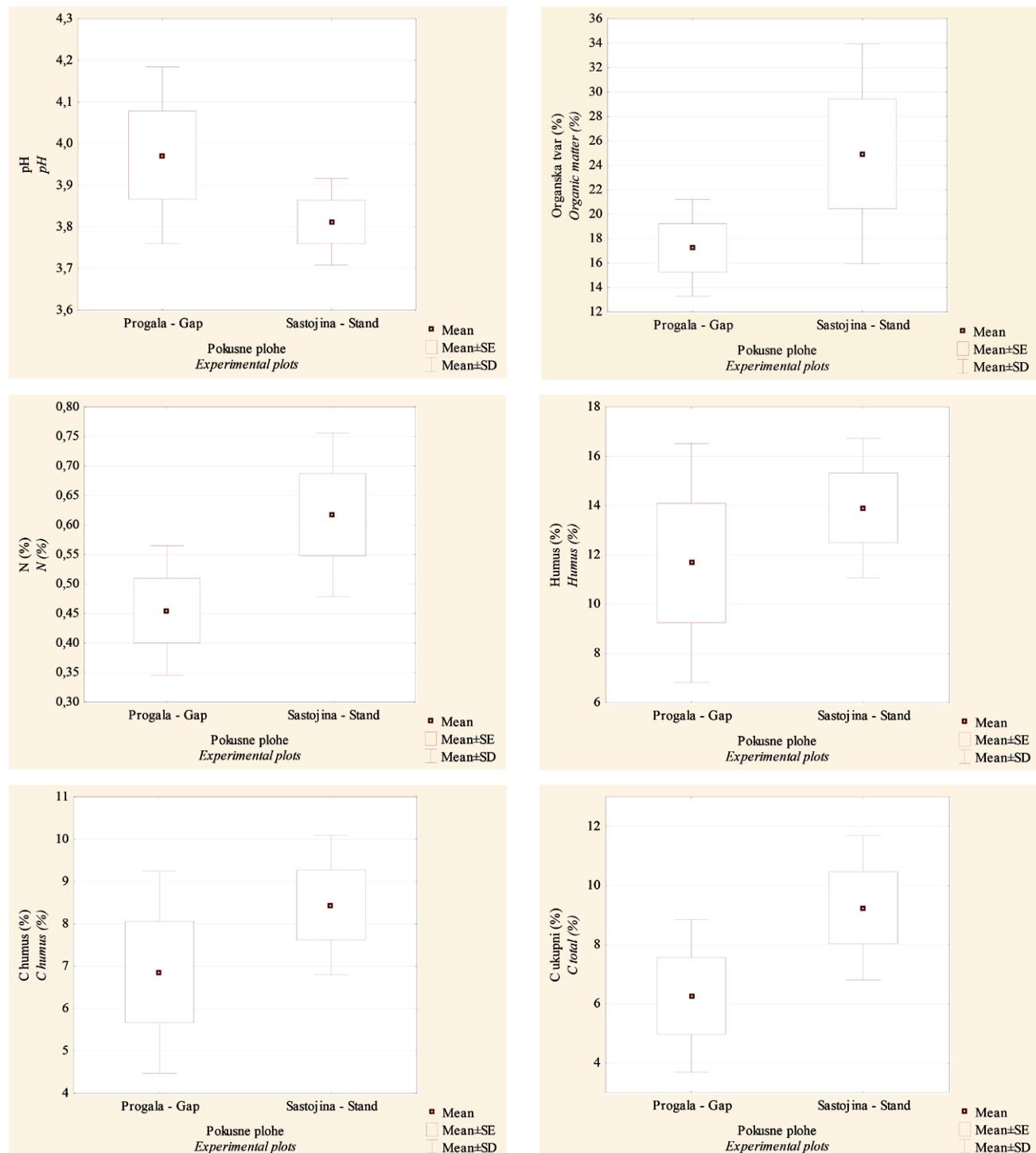
^{a,b} values marked with different letters differ significantly ($p < 0,05$)

nosti vlažnosti tla iznosile su 23,60 % u šumskoj progali, odnosno 26,20 % u kontrolnoj plohi, odnosno šumskoj sastojini.

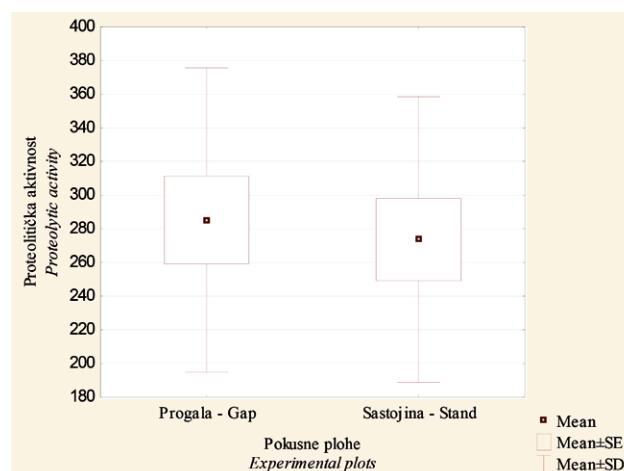
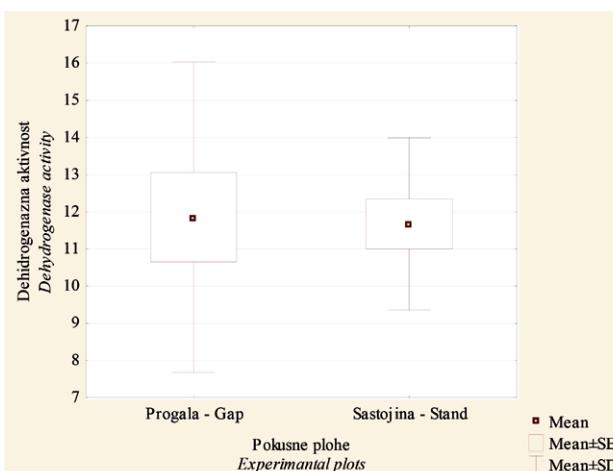
Mikrobiologija i pedologija tla – *Soil microbiology and pedology*

Na slici 1. prikazana je deskriptivna statistika kemijskih svojstava šumskog tla. Srednja pH-vrijednost tla u šum-

skim progalama iznosila je 3,97, a u šumskim sastojinama 3,81 te nisu utvrđene značajne razlike u pH-vrijednostima šumskog tla ($t = 1,35$, $p = 0,2240$). Srednji sadržaj organske tvari tla u šumskim progalama iznosio je 17,25 %, a u šumskim sastojinama 24,95 %. Prema rezultatima nisu utvrđene statistički značajne razlike u sadržaju organske tvari tla između šumskih progala i šumskih sastojina ($t = -1,56$, $p = 0,1684$).



Slika 1. Deskriptivna statistika pH-vrijednosti i kemijskih svojstava šumskog tla (%)
Figure 1 Descriptive statistics of pH-value and chemical properties of forest soil (%)



Slika 2. Deskriptivna statistika dehidrogenazne ($\mu\text{g TPF g}^{-1} \text{dm } 16\text{h}^{-1}$) i proteolitičke aktivnosti ($\mu\text{g tyrosine g}^{-1} \text{h}^{-1}$) u šumskim progalamama i šumskim sastojinama

Figure 2 Descriptive statistics of dehydrogenase ($\mu\text{g TPF g}^{-1} \text{dm } 16\text{h}^{-1}$) and proteolytic ($\mu\text{g tyrosine g}^{-1} \text{h}^{-1}$) activity in forest clearings and forest stands

Srednji sadržaj dušika (N) u tlu na području šumskih progala iznosio je 0,45 %, a u šumskim sastojinama 0,61 %. Također nisu utvrđene statistički značajne razlike ($t = -1,83$, $p = 0,1162$) u udjelu sadržaja dušika. Srednja vrijednost sadržaja humusa u tlu šumskih progala iznosila je 11,67 %, a u šumskim sastojinama 13,90 %. Prema rezultatima nisu postojale statistički značajne razlike ($t = -0,79$, $p = 4566$) između istraživanih pokusnih ploha.

Srednja vrijednost sadržaja organskog ugljika u šumskim progalamama iznosila je 6,86 %, a u šumskim sastojinama 8,44 %. Nisu utvrđene statistički značajne razlike u sadržaju organskog ugljika ($t = -1,09$, $p = 0,3160$). Srednja vrijednost sadržaja ukupnog ugljika u tlu na prostoru šumskih progala iznosila je 6,26 %, a u šumskim sastojinama 9,24 % (slika 1.). Na istraživanim pokusnim plohamama nisu postojale statistički značajne razlike u sadržaju ukupnog ugljika ($t = -1,67$, $p = 0,1451$).

Enzimatska aktivnost – Enzymatic activity

Na slici 2. prikazane su srednje vrijednosti, standardne pogreške i standardne devijacije dehidrogenazne aktivnosti. Nisu utvrđene statistički značajne razlike ($t = 0,12$, $p = 0,8977$) u srednjim vrijednostima dehidrogenazne aktivnosti šumskog tla u šumskoj progali (11,85 µg) i kontrolnoj plohi (11,67 µg). Dehidrogenazna aktivnost šumskog tla u šumskoj progali bila je u rasponu od minimalnih 5,98 µg do maksimalnih 20,10 µg, a u kontrolnoj je šumskoj sastojini bila u rasponu od 9,00 µg do 16,80 µg.

Proteolitička se aktivnost šumskog tla u progali kretala u rasponu od 163,00 do 454,00 µg, a u kontroli od 183,00 do 471 µg. Srednja je vrijednost u šumskoj progali iznosila 285,33 µg, a u kontrolnoj plohi 273,67 µg. Prema rezultatima ($t = 0,32$, $p = 0,7477$) nisu utvrđene statistički značajne

razlike u proteolitičkoj aktivnosti šumskog tla u šumskim progalamama i kontrolnim šumskim sastojinama (slika 2.).

U tablici 2. prikazani su rezultati korelacijske analize dehidrogenazne i proteolitičke aktivnosti šumskog tla s mikroklimatskim elementima. Utvrđena je značajna negativna korelacija između dehidrogenazne aktivnosti šumskog tla s temperaturom zraka ($r = -0,50^*$, $p = 0,012$) i temperaturom tla ($r = -0,60^*$, $p = 0,001$). Proteolitička aktivnosti u šumskim progalamama negativno je korelirala s temperaturom tla ($r = -0,70^*$, $p < 0,001$), a pozitivno s volumetrijskom vlažnošću tla ($r = 0,44^*$, $p = 0,031$). Tlo u šumskim sastojinama imalo je značajnu negativnu korelaciju ($r = -0,69^*$, $p < 0,001$) između proteolitičke aktivnosti i temperaturom zraka te značajnu pozitivnu korelaciju s relativnom vlažnošću zraka ($r = 0,46^*$, $p = 0,020$) i volumetrijskom vlažnošću tla ($r = 0,46^*$, $p = 0,023$).

Tablica 2. Korelacija enzimatske aktivnosti s mikroklimatskim elementima
Table 2 Correlation of enzymatic activity with microclimatic elements

Vrijable Variables	Dehidrogenazna aktivnost (μg) Dehydrogenase activity (μg)		Proteolitička aktivnost (μg) Proteolytic activity (μg)	
	Progala Gap	Sastojina Stand	Progala Gap	Sastojina Stand
Temp. zraka (°C) Air temp. (°C)	-0,50*	-0,33	-0,34	-0,69*
Vlažnost zraka (%) Air humidity (%)	0,23	0,17	0,30	0,46*
Temp. tla (°C) Soil temp. (°C)	-0,60*	-0,07	-0,70*	-0,23
VWC tla (%) Soil VWC (%)	0,07	0,37	0,44*	0,46*

* značajno, $p < 0,05$

* significant at $p < 0.05$

VWC – volumetrijska vlažnost tla

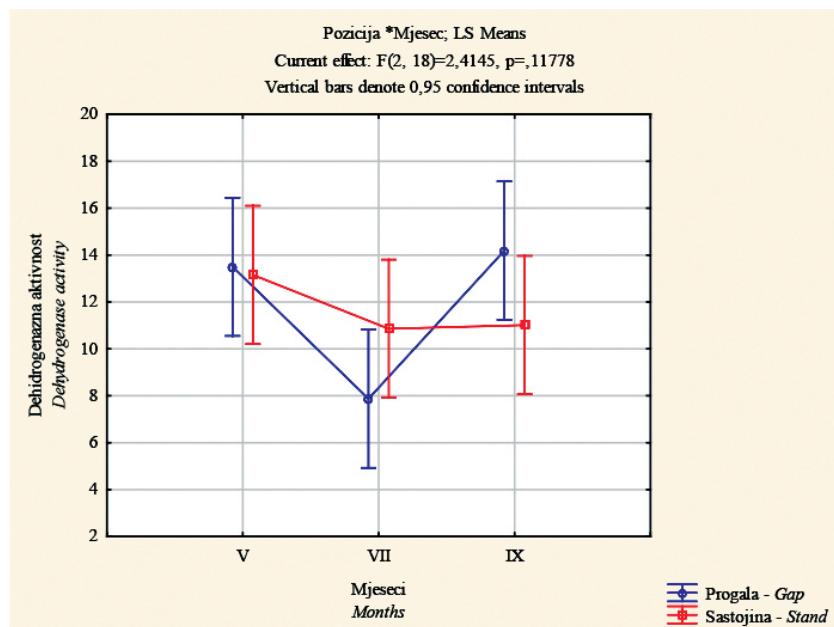
VWC – soil volumetric water content

Tablica 3. Spearanova korelacija enzimatske aktivnosti i kemijskih svojstava šumskog tla
Table 3 Spearman correlations of enzymatic activity and chemical characteristics of forest soil

Enzimatska aktivnost (μg) <i>Enzymatic activity (μg)</i>	Kemijske varijable <i>Chemical variables</i>					
	pH	Organska tvar (%) <i>Organic matter (%)</i>	Dušik (%) <i>Nitrogen (%)</i>	Humus (%) <i>Humus (%)</i>	Organski ugljik (%) <i>Organic carbon (%)</i>	Ukupni ugljik (%) <i>Total carbon (%)</i>
Dehidrogenazna <i>Dehydrogenase</i>	-0,32	0,50*	0,52*	0,10*	0,10*	0,52*
Proteolitička <i>Proteolytic</i>	-0,10	0,73*	0,80*	0,78*	0,78*	0,83*

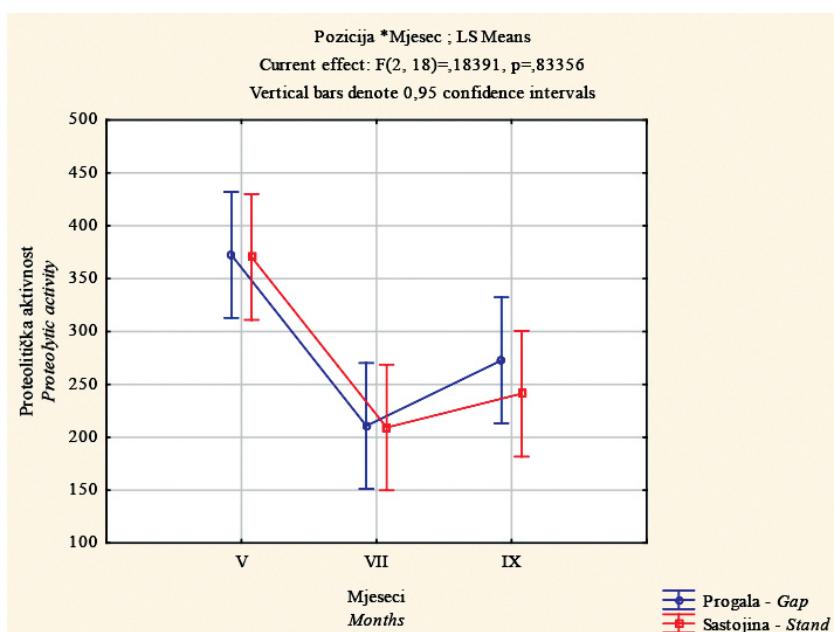
* značajno, $p < 0,05$

* significant at $p < 0.05$



Slika 3. Sezonska dinamika dehidrogenazne aktivnosti ($\mu\text{g TPF g}^{-1} \text{dm } 16\text{h}^{-1}$) šumskog tla

Figure 3 Seasonal dynamics of dehydrogenase activity ($\mu\text{g TPF g}^{-1} \text{dm } 16\text{h}^{-1}$) of forest soil



Slika 4. Sezonska dinamika proteolitičke aktivnosti ($\mu\text{g tyrosine g}^{-1} \text{h}^{-1}$) šumskog tla

Figure 4 Seasonal dynamics of proteolytic activity ($\mu\text{g tyrosine g}^{-1} \text{h}^{-1}$) of forest soil

U tablici 3. prikazane su korelacije enzimatske aktivnosti šumskog tla i kemijskih svojstava šumskog tla. Kod dehidrogenazne aktivnosti najveće su korelacije dobivene za dušik i ukupan ugljik ($r = 0,52^*$, $p = 0,001$). Najveća korelacija za proteolitičku aktivnost dobivena je za ukupan ugljik ($r = 0,83^*$, $p < 0,000$). Najmanja korelacija kod dehidrogenazne aktivnosti iznosila je $r = 0,10^*$, $p = 0,040$ za humus i organski ugljik, a kod proteolitičke aktivnosti $r = 0,73^*$, $p < 0,001$ za organsku tvar tla.

Prema rezultatima (slika 3.) nisu utvrđene statistički značajne razlike u sezonskoj dehidrogenaznoj aktivnosti šumskog tla po mjesecima između šumskih progala i šumskih sastojina ($p = 0,1177$). Sezonski gledajući, statistički najmanja dehidrogenazna aktivnost tla u šumskim progalamama bila je u srpnju ($p = 0,005$). U šumskim sastojinama nisu utvrđene značajne razlike u dehidrogenaznoj aktivnosti između termina uzorkovanja, odnosno mjeseci ($p = 0,2625$).

Na slici 4. prikazani su rezultati sezonske proteolitičke aktivnosti šumskog tla. Nisu utvrđene značajne razlike u sezonskoj proteolitičkoj aktivnosti između progale i kontrole ($p = 0,8335$). U usporedbi sa svibnjem, najmanja proteolitička aktivnost tla šumskih sastojina bila je u srpnju ($p = 0,0007$) te u rujnu ($p = 0,0046$). Nije postojala značajna razlika u proteolitičkoj aktivnosti tla između srpnja i rujna ($p = 0,1390$).

RASPRAVA DISCUSSION

Šumske progale nastaju sanitarnim sječama većeg intenziteta, odnosno većeg broja stabala na određenoj jedinici površine. Posljedica su toga promjena strukture i mikroklimatskih uvjeta sastojina. Zbog nepotpunog sklopa krošanja, u sastojinu ulazi više sunčeva zračenja pa su u šumskim progalamama više vrijednosti temperature zraka i tla, a niže vrijednosti relativne vlažnosti zraka i volumetrijske vlažnosti tla. Istovjetne rezultate istraživanja potvrdili su Muscolo i dr. (2017) koji su utvrdili i više vrijednosti fotosintetski aktivne radijacije u progalamama površine 410 m^2 . Mikroklimatski pak uvjeti utječu na procese u šumskom ekosustavu, na fotosintezu, transpiraciju, evaporaciju, respiraciju, razlaganje tvari i ostale procese. Organska tvar ima značajan utjecaj na biologiju tla (Brady i Weil, 1996). Prema Pernar i Bakšić (2001), jelove i bukovo-jelove šume u Hrvatskoj imaju relativno visok prinos organske tvari kojim se osiguravaju uravnoteženi proces transformacije i tijek tvari i energije, stoga u takvim uvjetima humizacija ima pozitivan trend. Muscolo i dr. (2007) u velikim su progalamama pronašli manji sadržaj organske tvari u odnosu na male progale i sklopljenu sastojinu obične jеле. Sanitarnom sječom većeg intenziteta uklanja se veći broj stabala iz šume, čime se posljedično smanjuje dotok organske tvari i celuloze u šumski ekosustav. Sukladno tomu istraživana su ke-

mijska svojstva tla imala više vrijednosti u sklopljenim šumskim sastojinama u odnosu na šumske progale.

U našim istraživanim šumskim sastojinama utvrđene su veće vrijednosti organske tvari tla, ukupnog dušika, humusa, organskog i ukupnog ugljika. Međutim to povećanje nije bilo statistički značajno. Analogno nesignifikantnim promjenama kemijskih svojstava tla, utvrđene su i nesignifikantne enzimatske aktivnosti šumskog tla u istraživanim pokusnim plohama. Razlog je tomu i u činjenici da su šumske progale stare svega četiri godine i relativno dobro pomlađene listopadnim vrstama drveća (Ugarković i dr. 2018) pa su i nesignifikantne razlike u nekim kemijskim i enzimatskim svojstvima tla i bile očekivane. Ako je šumska progala dobro pomlađena, pa čak i ako je zakorovljena, postoji priliv sveže organske tvari i mikrobiološka aktivnost u šumskom tlu nije značajno smanjena. Međutim neka istraživanja Dhruva i dr. (1992) pokazuju da poremećena tla i degradirane šume imaju nepovoljan učinak na brojnost mikrobne populacije. U našem istraživanju, s obzirom na nesignifikantne razlike u enzimatskoj aktivnosti šumskog tla između progala i šumskih sastojina, šumsko tlo u progalamama nije značajno degradirano iako su šumske progale, s obzirom na svoje dimenzije, velike progale. Prema rezultatima koje donose Muscolo i dr. (2007) u šumama obične jеле u malim progalamama površine 185 m^2 izmjerena je najveća enzimatska aktivnost ureaze, fosfataze i hidrolize. Rezultati istraživanja Yang i dr. (2017) upućuju na to da je organski ugljik čimbenik koji utječe na varijacije u mikrobnim zajednicama i enzimatskoj aktivnosti. Na aktivnost enzima tla utječe nekoliko abiotičkih okolišnih čimbenika. Temperatura može utjecati na enzimsku aktivnost izravnom modifikacijom kinetike enzima, a time i na rast mikroorganizama u tlu (Gomez i dr. 2020). U našem istraživanju utvrdili smo povezanost temperature zraka i temperatura tla s enzimatskom dehidrogenaznom i proteolitičkom aktivnosti. Proteolitička je aktivnost više povezana s vrijednostima mikroklimatskih elemenata u odnosu na dehidrogenaznu aktivnost. Naime, proteolitička aktivnost, osim temperature tla i volumetrijske vlažnosti tla u šumskoj progali, povezana je i s vrijednostima temperature zraka i relativne vlažnosti zraka u sklopljenoj sastojini.

Prema Mrkonjić Fuka i dr. (2011) sezonske promjene proteolitičke aktivnosti povezane su sa sezonskim fluktuacijama nekih čimbenika kao što su dostupnost hraniva, temperatura te količina dostupne vode. Prisutnost enzima u tlu usko je povezana s tipom tla. Količina organske tvari, aktivnost živih i neživih organizama određuje intenzitet bioloških procesa koji se u određenom tipu tla može odvijati (Kumar Das i Varma 2011). U usporedbi s dehidrogenaznom aktivnosti, proteolitička aktivnost šumskih tala više je povezana s kemijskim svojstvima tla. U slučaju degradacije tala, proteolitička će se aktivnost šumskih tala i vrijednosno najviše smanjiti (Blońska i dr. 2017). Međutim, ako

nije došlo da značajnog smanjenja organske tvari, enzimatska aktivnost šumskog tla neće biti poremećena. Sinsabaugh i dr. (1991) pokazali su kako enzimi mogu biti indikatori u proučavanju dekompozicije, odnosno razlaganja organskih ostataka na šumskom tlu. Temperatura, pH-vrijednost i ishrana tla mogu biti ograničavajući čimbenici enzimatske aktivnosti. Prema našim rezultatima korelacijske analize enzimatska aktivnost šumskog tla u progalamama smanjuje se s vrijednostima temperatura zraka i tla, a povećava se povećanjem volumetrijske vlažnosti tla. S obzirom na vrijednosti temperaturnih i oborinskih percentila, svibanj je klimatski bio normalan. Srpanj je bio prema temperaturnim percentilima ekstremno topao, a s obzirom na oborinske percentile, vrlo sušan. Rujan je bio vrlo topao i prema oborinskim percentilima normalan (Pandžić i Likso 2017). Zbog toga je i enzimatska aktivnost šumskog tla bila najmanja tijekom srpnja.

Najveća je enzimatska aktivnost bila u svibnju, na početku vegetacijskog razdoblja. Razlog je tomu smanjenje vrijednosti temperatura zraka i tla te optimalno stanje vlažnosti u šumskom tlu. Najmanja enzimatska aktivnost šumskih tala bila je u srpnju, što je vjerojatno rezultat većih temperature zraka i tla te manje vlažnosti u tlu. Područje istraživanja ima maritimni oborinski režim, odnosno najmanje je oborina u srpnju ili kolovozu. Uz visoke temperature zraka za to doba godine, posljedično je najmanja vlažnost u tlu. Ona je također neophodna za rast, razvoj i život mikroorganizama, ali mora biti u svojem optimumu. Prema Mrkonjić Fuka i dr. (2011) te rezultatima Sardans i Penuelas (2005), smanjenjem vlažnosti tla, smanjuje se i proteolitička aktivnost, što je u skladu s našim istraživanjem. Iz rezultata ovog istraživanja proizlazi da su procesi humifikacije i mineralizacije najintenzivniji na početku vegetacijskog razdoblja. Obična je jela gospodarski, ekološki i tradičijski najznačajnija hrvatska četinjača, s oko 35 % udjela u ukupnoj drvnoj zalihi četinjača (Prpić i Seletković, 2001), stoga je nužno poznavanje ekoloških odnosa u svrhu moguće sanacije tih šumskih ekosustava. S obzirom na probleme oko odumiranja stabala obične jеле na području Gorskog kotara, rezultati ovog istraživanja mogu poslužiti šumarskim stručnjacima za donošenje odluka treba li ići u sanaciju većih šumskih progala i kako provesti sanaciju.

ZAKLJUČCI CONCLUSIONS

U šumskim progalamama veličine 500 do 700 m² nastalim sanitarnim sjećama značajno je toplije i suše u odnosu na šumske sastojine. Temperature su zraka i tla u progalamama značajno više, a relativna vlažnost zraka i volumetrijska vlažnost tla značajno je manja u odnosu na šumske sastojine. U šumskim su sastojinama pronađene veće vrijednosti organske tvari, dušika, humusa, organskog i ukupnog

ugljika, dok je u šumskoj progali pronađena veća pH-vrijednost šumskog tla. Međutim, provedenim istraživanjem nisu utvrđene značajne razlike u kemijskim svojstvima šumskog tla između progala i šumskih sastojina. Sukladno tomu, provedenim istraživanjem nije utvrđeno značajno smanjenje ili degradacija enzimatske aktivnosti šumskog tla u progalamama. Smatramo da u takvim uvjetima i šumskom tlu treba mnogo više vremena da pokaže značajne promjene nekih svojih kemijskih odrednica i enzimatske aktivnosti. Temperature zraka i tla, volumetrijska vlažnost tla te kemijska svojstva tla imale su značajan utjecaj na enzimatsku aktivnost. Smanjenjem temperatura zraka i tla te povećanjem volumetrijske vlažnosti tla, povećavala se i enzimatska aktivnost šumskog tla. Povećanjem organske tvari, dušika, humusa i ugljika u tlu povećava se i enzimatska aktivnost šumskih tala. Najveće korelacije između enzimatske aktivnosti i kemijskih svojstava šumskog tla utvrđene su za proteolitičku aktivnost šumskih tala. Enzimatska aktivnost šumskih tala bila je najveća na početku vegetacijskog razdoblja u uvjetima optimalne temperature i vlažnosti tla. Odumiranje stabala više je utjecalo na promjenu šumske klime, odnosno na mikroklimu nego na kemijska svojstva i enzimatsku aktivnost tla. Daljnje promjene šumske klime, kemijskih svojstava i enzimatske aktivnosti tla u oštećenom šumskom ekosustavu obične jele ovisit će o pomlađenosti ili zakoravljenosti šumskih progala.

LITERATURA

REFERENCES

- Albanesi, E., O.I. Gugliotta, I. Mercurio, R. Mercurio, 2008: Effects of gap size and within-gap position on seedlings establishment in silver fir stands, *iForest*, vol. (1): 55.–59.
- Błońska, E., J. Lasota, P. Gruba, 2017: Enzymatic activity and stabilization of organic matter in soil with different detritus inputs, *Soil Sci Plant Nutr* 63 (3): 242–247.
- Brady, N. C., R. R. Weil, 1996: The nature and properties of soils, Prentice Hall, New Jersey, 11 ed., 740 str.
- Burns, R. G., 1982: Enzyme activity in soil: location and possible role in microbial ecology, *Soil Biol Biochem*, vol. (14): 423–427.
- Casida L. E. Jr., D. A. Klein, R. Santoro, 1964: Soil dehydrogenase activity, *Soil Sci*, vol. (98): 371–378.
- Čavlovic, J., A. Bončina, M. Božić, E. Goršić, T. Simončić, K. Teslak, 2015: Depression and growth recovery of silver fir in uneven-aged Dinaric forests in Croatia from 1901 to 2001, *Forestry*, vol. (88): 586–598.
- Dhruva, K. J., G. D. Sharma, R. R. Mishra, 1992: Soil microbial population numbers and enzyme activities in relation to altitude and forest degradation, *Soil Biol Biochem*, vol. (24): 761–767.
- Dobbertin, M. 2005: Tree growth as indicator of tree vitality and of tree reaction to environmental stress: a review, *Eur J Forest Res*, vol. (124): 319–333.
- Ellert B.H., M. J. Clapperton, D. W. Anderson, 1997: An ecosystem perspective of soil quality. *Soil quality for crop production*

- and ecosystem health, Dev Soil Sci, vol. (25):115–141, Amsterdam.
- Fidej G., A. Rozman, A. N. Thomas, I. Dakskobler, J. Diaci, 2016: Influence of salvage logging on forest recovery following intermediate severity canopy disturbances in mixed beech dominated forests of Slovenia, iForest, vol. (9): 430-436
 - Gomez E. J., J. A. Delgado, J. M. Gonzalez, 2020: Environmental factors affect the response of microbial extracellular enzyme activity in soils when determined as a function of water availability and temperature, Ecol Evol, vol. (10): 10105– 10115.
 - ISO 10390, 1994: Soil quality – Determination of pH. ISO, Genève.
 - ISO 10693, 1995: Soil quality – Determination of carbonate content – Volumetric method, ISO, Genève.
 - ISO 13878, 1998: Soil quality – Determination of total nitrogen content by dry combustion (elemental analysis). ISO, Genève.
 - Kumar Das S., A. Varma 2011: Role of Enzymes in Maintaining Soil Health, U: G. Shukla i A. Varma (ur.), Soil Enzymology, Soil Biology 22, Springer-Verlag, 25-42, Berlin Heidelberg
 - Ladd, J. N., J. H. A. Butler, 1972: Short-term assays of soil proteolytic enzyme activities using proteins and dipeptide derivates as substrates, Soil Biol Biochem, vol. (4): 19-30.
 - Lee, S. H., M. S. Kim, J. G. Kim, S. O. Kim, 2020: Use of Soil Enzymes as Indicators for Contaminated Soil Monitoring and Sustainable Management, Sustainability, vol. (12):8209
 - Mrkonjić Fuka, M., D. Ugarković, M. Blažinkov, M. Dumbović, S. Redžepović, 2011: Sezonska dinamika proteolitičke aktivnosti u degradiranim šumskim tlima, Zbornik radova 46. hrvatski i 6. međunarodni simpozij agronom-a/Pospišil, Milan (ur.).-Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet Zagreb, str. 135-138, Zagreb.
 - Muscolo, A., M. Sidari, R. Mercurio, 2007: Variations in soil chemical properties and microbial biomass in artificial gaps in silver fir stands, Eur J For Res, vol. (126): 59-65.
 - Pandžić, K., T. Likso, 2017: Praćenje i ocjena klime u 2016. godini, Državni hidrometeorološki zavod, Prikazi br. 28, str. 48, Zagreb.
 - Pernar, N., D. Bakšić, 2001: Značajke humusa tla jelovih i bukovo-jelovih šuma u Hrvatskoj. U: S. Matić (ur.), Znanstvena knjiga Znanost u potrajanom gospodarenju hrvatskim šumama, Šumarski fakultet Sveučilište u Zagrebu, Šumarski institut Jastrebarsko, Zagreb, 117-122.
 - Potočić, N., I. Seletković, T. Jakovljević, H. Marjanović, K. Indir, J. Medak, N. Lacković, M. Ognjenović, A. Laslo, 2017: Oštećenost šumskih ekosustava Republike Hrvatske, izvješće za 2016. godinu. Hrvatski šumarski institut, Jastrebarsko. str. 82.
 - Prpić, B., Z. Seletković, 2001: Ekološka konstitucija obične jеле, U: B. Prpić (ur.), Obična jela (*Abies alba* Mill.) u Hrvatskoj, Akademija šumarskih znanosti i Hrvatske šume, p.o. Zagreb, 255–276, Zagreb
 - Prpić, B., Z. Seletković, P. Jurjević, 2001: Sušenje jеле i promjena "kemijske klime", U: B. Prpić (ur.), Obična jela (*Abies alba* Mill.) u Hrvatskoj, Akademija šumarskih znanosti i Hrvatske šume, p.o. Zagreb, 299–312, Zagreb.
 - Ritter, E., L. Dalsgaard, K. S. Einhorn, 2005: Light, temperature and soil moisture regims following gap formation in a semi-natural beech-dominated forest in Denmark, Forest Ecol Manag, vol. (206): 15–33.
 - Runkle, J. R., 1982: Patterns of disturbance in some old-growth mesic forest of eastern North America, Ecology, vol. (63): 1533–1546.
 - Sardans, J., J. Penuelas, 2005: Drought decreases soil enzyme activity in a Mediterranean *Quercus ilex* L. forest, Soil Biol Biochem, vol. (37): 1455-1461.
 - Seletković, Z., 2001: Klima i hidrološke prilike u dinarskim jelovim šumama u Hrvatskoj, U: B. Prpić (ur.), Obična jela (*Abies alba* Mill.) u Hrvatskoj, Akademija šumarskih znanosti i Hrvatske šume, p.o., Zagreb, 133–144, Zagreb.
 - Shonkor K. D., A. Varma, 1970: Role of Enzymes in Maintaining Soil Health, Soil Enzymology, Springer, str. 25-42, Berlin.
 - Sinsabaugh, R. L., D. L. Moorhead, A. E. Linkins, 1994: The enzymatic basis of plant litter decomposition: emergence of an ecological process, Appl Soil Ecol, vol. (1): 97-111.
 - Sinsabaugh, R. L., R. K. Antibus, A. E. Linkins, 1991: An enzymic approach to the analysis of microbial activity during plant litter decomposition, Agr Ecosyst Environ, vol. (34): 43-54.
 - Tate, R. L., 1995: Soil Microbiology, First edition, John Wiley and Sons, New York.
 - TIBCO Software Inc. 2018: Statistica (data analysis software system), version 13. <http://tibco.com>.
 - Tikvić, I., Z. Seletković, D. Ugarković, S. Posavec, Ž. Španjol, 2008: Dieback of Silver Fir (*Abies alba* Mill.) on Northern Velebit (Croatia), Period Biol, vol. (110): 137-143.
 - Ugarković, D., I. Seletković, I. Tikvić, M. Ognjenović, K. Popić, M. Orešković, N. Potočić, 2021: Povezanost mortaliteta obične jеле (*Abies alba* Mill.) na području Fužina s klimatskim i strukturnim parametrima, Sumar List, vol. (7-8): 311-321
 - Ugarković, D., A. Jazbec, I. Seletković, I. Tikvić, V. Paulić, M. Ognjenović, M. Marušić, N. Potočić, 2021a: Silver Fir Decline in Pure and Mixed Stands at Western Edge of Spread in Croatian Dinarides Depends on Some Stand Structure and Climate Factors, Sustainability 13, 6060, doi:10.3390/su13116060.
 - Ugarković, D., I. Tikvić, K. Popić, J. Malnar, I. Stankić, 2018: Microclimate and natural regeneration of forest gaps as a consequence of silver fir (*Abies alba* Mill.) dieback, Sumar List, vol. (5-6): 235.–245.
 - Ugarković, D., I. Tikvić, Z. Seletković, 2011a: Odnos stanišnih i strukturnih čimbenika prema odumiranju i ishrani stabala obične jеле (*Abies alba* Mill.) u Gorskom kotaru, Croat J For Eng, vol. 32: 57-71.
 - Ugarković, D., I. Tikvić, Z. Seletković, M. Oršanić, I. Seletković, M. Blažinkov, M. Mrkonjić Fuka, S. Redžepović, 2011b: Neke mikrobiološke značajke tala i prirodno pomladivanje šumskih otvora oštećenih šumskih ekosustava obične jеле (*Abies alba* Mill.) u Gorskom kotaru, Sumar List, vol. (3-4): 99-111.
 - Vukelić, J., D. Baričević, 2001: Šumske zajednice obične jеле u Hrvatskoj. U: B. Prpić (ur.), Obična jela (*Abies alba* Mill.) u Hrvatskoj, Akademija šumarskih znanosti i Hrvatske šume, p.o. Zagreb, Zagreb, 162-196.
 - Yang, Y., Y. Geng, H. Zhou, G. Zhao, L. Wang, 2017: Effects of gaps in the forest canopy on soil microbial communities and enzyme activity in a Chinese pine forest, Pedobiologia, vol. (61): 51-60

ABSTRACT

With the decline of trees, habitat conditions change, resulting in changes in the microclimate and microbiological activity of the soil. The aim of the research is to determine the differences in the microclimate of habitats and in the enzymatic activity of forest soil in three forest gaps and three forest stands of silver fir with hard fern (*Blechno-Abietetum* Ht. 1950). Of the microclimatic elements, air temperature, soil temperature, relative air humidity and volumetric soil moisture were measured. Composite soil samples from a depth of 0 to 10 cm were collected to determine the chemical properties of the soil and the dehydrogenase and proteolytic activity of the soil. Significantly higher values of air and soil temperatures and significantly lower values of relative air humidity and volumetric soil moisture were found in forest gaps. The research did not reveal any differences in the chemical properties of the soil between forest gaps and stands. Due to insignificant changes in soil chemical characteristics, no significant changes in soil enzymatic activity were found in the gaps in relation to forest stands. Air temperature and soil temperature are related to soil dehydrogenase activity, while volumetric soil moisture is associated with proteolytic soil activity in forest gaps. Soil chemical characteristics also had a significant effect on enzymatic activity. By increasing the share of organic matter, nitrogen, humus and carbon in the soil, the enzymatic activity of forest soils also increases. The highest correlations between enzymatic activity and soil chemical characteristics were found for proteolytic activity of forest soils. The enzymatic activity of forest soils was highest at the beginning of the vegetation period under conditions of optimal soil temperature and soil moisture.

KEY WORDS: forest gap, soil enzymes, soil chemical properties, silver fir

FUNKCIONALNA PRILAGODBA PRIRODNOG POMLATKA HRASTA KITNJAKA I OBIČNE BUKVE NA RAZLIČITE STANIŠNE PRILIKE

FUNCTIONAL ADAPTATION OF NATURAL SESSILE OAK AND COMMON BEECH SAPLINGS ON DIFFERENT HABITAT CONDITIONS

Krunoslav SEVER¹, Antonia VUKMIROVIĆ¹, Luka HODAK², Saša BOGDAN¹, Ida KATIČIĆ BOGDAN¹, Daniel KRSTONOŠIĆ¹, Tomislav KARAŽIJA³, Jozo FRANJIĆ¹ i Željko ŠKVORC¹

SAŽETAK

Cilj ovoga rada bio je usporediti dvije mješovite sastojine (provenijencije) obične bukve i hrasta kitnjaka, iz istočne (provenijencija Slavonski Brod - SB) i sjeverozapadne (provenijencija Karlovac - KA) Hrvatske, s obzirom na klimatske i edafske prilike te raspraviti njihov utjecaj na rast i produkciju suhe tvari prirodnog pomlatka hrasta kitnjaka i obične bukve u kontekstu njegove funkcionalne prilagodbe na prethodno spomenute stanišne prilike. Glavna razlika između provenijencija s obzirom na klimatske prilike ogleda se u prosječno većoj količini oborina na području provenijencije KA. Unatoč tomu, zbog nepovoljnog rasporeda oborina za vrijeme rasta i razvoja istraživanog pomlatka u razdoblju 2016. – 2020. godine područje provenijencije KA odlikovalo se učestalijom pojавom sušnih perioda nego područje provenijencije SB. S obzirom na edafske prilike (fizikalne i kemijske značajke tla) provenijencije se nisu značajnije razlikovale. Međutim, tlo provenijencije KA odlikovalo se nešto lakšom strukturom (manje gline i više skeleta) u odnosu na tlo provenijencije SB. Razlike između provenijencija i vrsta s obzirom na cijeli niz mjerenih parametara koji opisuju rast i produkciju suhe tvari istraživanog pomlatka uključujući i njihove alometrijske odnose ispitani je pomoću dvofaktorske ANOVA-e. Dobiveni rezultati ukazuju da je pomladak iz provenijencije KA ulagao više suhe tvari u rast i razvoj korijena s posebnim naglaskom na sitno korijenje i pri tom se dublje zakorjenjivao te razvijao deblji i nižu stabljiku nego pomladak iz provenijencije SB. To ukazuje da je pomladak iz provenijencije KA funkcionalno prilagođeniji sušem staništu. Takav rezultat mogao bi biti posljedica različito ispoljene fenotipske modifikacije (reakcije na sušu) i/ili stvarnih genetskih razlika između provenijencija, što ovom prilikom nije bilo moguće točnije razlučiti. Dobivene razlike u rastu i produkciji suhe tvari između kitnjakova i bukova pomlatka odgovaraju već otprije poznatom načinu njihove funkcionalne prilagodbe na vlažnost, odnosno suhoću staništa. To znači da se kitnjakov pomladak dublje zakorjenjivao i pri tom je više suhe tvari ulagao u rast krupnog korijena u odnosu na bukov pomladak koji se pliće zakorjenjivao i pri tom više suhe tvari ulagao u rast sitnog korijena.

KLJUČNE RIJEČI: *Quercus petraea* L., *Fagus sylvatica* L., suša, alometrijski odnosi rasta, suha tvar, sitno korijenje, krupno korijenje, stabljika

¹Doc. dr. sc. Krunoslav Sever, Antonia Vukmirović, mag. ing. silv., prof. dr. sc. Saša Bogdan, doc. dr. sc. Ida Katičić Bogdan, izv. prof. dr. sc. Daniel Krstonošić, Jozo Franjić, Željko Škvorc, Fakultet šumarstva i drvene tehnologije, Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku Svetosimunska cesta 23, 1000 Zagreb

²Luka Hodak, univ. bacc. ing. silv., Donji Meljani 2, 33520 Slatina

³Doc. dr. sc. Tomislav Karažija, Agronomski fakultet, Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za ishranu bilja, Svetosimunska cesta 25, 1000 Zagreb
Korespondencija: Željko Škvorc, skvorc@sumfak.hr

UVOD

INTRODUCTION

U Republici Hrvatskoj obična bukva i hrast kitnjak tvore čiste i/ili mješovite šumske sastojine koje se odlikuju vrlo visokom ekonomskom, ekološkom i socijalnom vrijednošću (Vukelić 2012). Glavninu mješovitih sastojina obične bukve i hrasta kitnjaka susrećemo u brežuljkastom vegetacijskom pojusu kojemu pripadaju brežuljci i donji dijelovi panonskog gorja, te područja južnije od Karlovca u smjeru Gorskog kotara i Like (Vukelić i Rauš 1998). Prema tome, mješovite sastojine obične bukve i hrasta kitnjaka u Republici Hrvatskoj pridolaze na staništima koja se odlikuju različitom godišnjom količinom oborina od oko 700 mm na području istočne Hrvatske do oko 1200 mm na području sjeverozapadne Hrvatske (Seletković i Katušin 1992, Vukelić 2012).

Prema trenutnim spoznajama vlažnost staništa koju između ostalog definira i količina oborina ima značajan utjecaj na rast i produkciju suhe tvari kod šumskoga drveća (Scharnweber i dr. 2011, Fortin 2019). To potvrđuju rezultati ranijih istraživanja provedenih u prirodnim i/ili eksperimentalnim uvjetima prema kojima dostupna količina vlage pozitivno utječe na cijelokupan rast i produkciju suhe tvari kod velikog broja europskih vrsta šumskoga drveća (uključujući običnu bukvu i hrast kitnjak), kako u odrasloj dobi tako i u početnim fazama njegova razvoja (Cutini i Mercurio 1997, Hees 1997, Dobbertin i dr. 2010, Arend i dr. 2011, Scharnweber i dr. 2011, Knutzen i dr. 2015, Anić i dr. 2018, Meier i dr. 2018, Fortin 2019). Uz vlažnost staništa, njegove edafске prilike (mehanički sastav, te fizikalne i kemijske značajke tla) također imaju značajan utjecaj na rast i produkciju suhe tvari kod šumskoga drveća. To pak potvrđuju rezultati ranijih istraživanja prema kojima; sadržaj gline i skeleta (Angers i Caron 1998, Bécel i dr. 2012, Weemstra i dr. 2017), različita gustoća i poroznost (Day i Bassuk 1994, Kormanek i dr. 2015, Twum i Nii-Annang 2015), prozračnost i retencijski kapacitet za vodu (Bréda i dr 1995, Zapater i dr. 2011) te sadržaj mineralnih hraniva u tlu (Thomas 2000, Wright i dr. 2011, Buhk i dr. 2016) u značajnoj mjeri utječu na rast i produkciju suhe tvari pojedinih vegetativnih organa i/ili šumskoga drveća u cijelosti.

Sastavni dio cijelokupnog fiziološkog odgovora biljaka i šumskoga drveća na različitu vlažnost staništa i/ili njegove edafске prilike je izmjena njegova alometrijskog rasta, uvjetovanoga različitom brzinom rasta korijena odgovornoga za prikupljanje podzemnih resursa (voda i mineralna hraniva) u odnosu na stabljiku s pripadajućim lišćem odgovornih za prikupljanje nadzemnih resursa (svjetlost i CO₂), (Bloom i dr. 1985, Enquist i Niklas 2002, Verónica i dr. 2009, Lynch i dr. 2012, Mao i dr. 2012). Prema tome, šumsko drveće koje raste na sušim staništima i/ili staništima siromašnim s mineralnim hranivima ulaže relativno mnogo svoje ukupno

producirane suhe tvari u razvoj snažanog i dubokog korijenja na uštrb stabljike, kako bi si osiguralo što uredniju opskrbu s vodom i mineralnim hranivima. S druge strane, šumsko drveće koje raste na vlažnijim staništima i/ili staništima koja su bogata s mineralnim hranivima relativno mnogo svoje ukupne suhe tvari ulaže u razvoj snažne i visoke stabljike na uštrb korijenja, kako bi si osiguralo što povoljniji položaj u sastojini s ciljem prikupljanja što veće količine svjetlosne energije i asimilacije CO₂ (Craine i Dybzinski 2013) za čime u šumskim sastojinama postoji velika konkurenčija između pripadnika iste i/ili različitih vrsta (Nambiar i Sands 1993). Na taj se način šumsko drveće prilagođava specifičnim stanišnim prilikama s ciljem što učinkovitijeg prevladavanja kritičnih čimbenika (nedostatak vlage, mineralnih hraniva, svjetlosti i sl.) koji ograničavaju njegov rast na datom staništu (Bloom i dr. 1985, Larcher 2003). Prethodno navedeno predstavlja jedan od načina funkcionalne prilagodbe šumskoga drveća na specifične stanišne prilike, što je moguće determinirati na temelju analize njegova alometrijskog rasta i/ili produkcije suhe tvari (Enquist i Niklas 2002, Verónica i dr. 2009, Madrigal-Gonzáles i dr. 2017).

Bez obzira na to što često pridolaze na istom staništu, obična bukva i hrast kitnjak u kontekstu rasta i produkcije suhe tvari imaju potpuno drugačiju funkcionalnu prilagodbu s ciljem prevladavanja kritičnih stanišnih čimbenika. To se ogleda u činjenici da kitnjak u odnosu na bukvu mnogo više resursa ulaže u razvoj krupnog korijena s ciljem što dublje zakorijenjivanja, dok bukva u odnosu na kitnjak mnogo više resursa ulaže u produkciju sitnog korijena u pličim slojevima tla (Leuschner i dr. 2001a, Rewald i Leuschner 2009, Allen 2015, Meier i dr. 2017, Leuschner 2020). To znači da je kitnjak primarno orijentiran na usvajanje vode uskladištene u dubljim slojevima tla pomoću žile srčanice, a bukva na usvajanje obořinske vode i vode uskladištene u pličim slojevima tla pomoću sitnog korijena (Leuschner i dr. 2001b, Rewald i Leuschner 2009, Pajtik i dr. 2011). U skladu s tim, na sušim i toplijim mikrolokalitetima (ocjediti pliči grebeni i južne padine) brežuljkastog vegetacijskog pojasa dominira kitnjak, a na vlažnijim i hladnjim mikrolokalitetima (duboki vlažni junci i sjeverne padine) dominira bukva (Vukelić i Rauš 1998). Tačka struktura mješovitih bukovo-kitnjakovih sastojina dobrim dijelom je određena već u početnim fazama njihova razvoja kada je konkurenčija između pripadnika iste ili različitih vrsta za resurse u tlu (voda i mineralna hraniva) i svjetlosnu energiju najizraženija (Ostrogović i dr. 2010). Tu prepostavku potvrđuju rezultati ranijih istraživanja prema kojima je prirodna struktura mješovitih šumskih sastojina usko povezana s funkcionalnom prilagodbom prirodnog pomlatka na date stanišne prilike (Shigesada i dr. 1979, Gotelli i McCabe 2002). Iz tog razloga, rast i produkciju suhe tvari kod obične bukve i hrasta kitnjaka prilično je važno poznavati u razvojnom stadiju pomlatka, o čemu u domaćoj literaturi ne postoji mnogo podataka.

S obzirom na to, cilj ovoga rada bio je ispitati utjecaj klimatskih i edafskih prilika u dvije mješovite sastojine (provenijencije) obične bukve i hrasta kitnjaka iz istočne i sjeverozapadne Hrvatske na funkcionalnu prilagodbu rasta i produkcije suhe tvari njihova prirodnog pomlatka.

MATERIJALI I METODE

MATERIAL AND METHODS

Biljni materijal i područje istraživanja – *Plant material and study site*

Istraživanje je provedeno je na mladim biljkama obične bukve i hrasta kitnjaka u razvojnem stadiju mlađeg pomlatka porijeklom iz dviju zrelih mješovitih sastojina (provenijencija) hrasta kitnjaka i obične bukve iz kontinentalnog dijela Republike Hrvatske. Jedne iz njezina sjeverozapadnog dijela u blizini Karlovca (KA), a druge iz njezina istočnog dijela u blizini Slavonskog Broda (SB), (Tablica 1).

Uzorkovanje (iskapanje) pomlatka u obje provenijencije obavljeno je početkom ožujka 2021. godine na površini približne veličine 1 ha (100 x 100 m) ispod 50 majčinskih stabala (25 stabala obične bukve i 25 stabala hrasta kitnjaka u svakoj provenijenciji) koja su bila međusobno udaljena minimalno 20 metara. Ukupno je izvađeno i analizirano 100 mlađih biljaka, po 50 biljaka iz svake provenijencije, od toga 25 biljaka obične bukve i 25 biljaka hrasta kitnjaka. Svaka biljka pažljivo je iskopana zajedno sa kompaktnim busenom tla približnih dimenzija 40 x 40 x 50 cm kako bi se izbjeglo oštećenje korijenova sustava.

Geomorfološke, klimatske i vegetacijske značajke – *Geomorphological, climatic and vegetation traits*

Prilikom fitocenološkog snimanja flornog sastava s ciljem utvrđivanja sintaksonomske pripadnosti šumskih zajednica u istraživanim provenijencijama obavljen je i opis osnovnih geomorfoloških značajki istraživanog područja, što je u obje provenijencije obavljeno tijekom lipnja 2021. godine.

Prema Köppenovoj klasifikaciji klime, obje provenijencije pridolaze u području umjereno tople kišne klime, bez suhog razdoblja s jednoliko raspoređenim oborinama tijekom cijele godine, gdje najsuši dio godine pada u hladno godišnje doba. Jedina razlika ogleda se u tome da u toplijem dijelu godine na području provenijencije KA postoje dva oborinska maksimuma koji se pojavljuju u proljeće i kasno ljeto (*Cfbwx* tip klime), a na području provenijencije SB samo jedan oborinski maksimum (*Cfbw „x“* pod tip *Cfbwx* glavnog tipa klime). Uz to, provenijencija KA pridolazi vrlo blizu granice gdje *Cfbwx* tip klime prelazi u *Cfsbx* tip klime u kojemu najsuši dio godine pada u toplo godišnje doba s glavnim oborinskim maksimumom koji se pojavljuje u kasnu jesen (Seletković i Katušin 1992).

Ostali podaci koji preciznije opisuju klimatske prilike u istraživanim provenijencijama; srednja godišnja temperatura zraka (T_{go}), srednja temperatura zraka u vegetacijskom razdoblju (T_{vr}), srednja godišnja količina oborina (OB_{go}), srednja količina oborina u vegetacijskom razdoblju (OB_{vr}), broj dana u godini sa snijegom (S_d) i srednja mjesecna maksimalna visina snijega u mjesecima sa snježnim pokrivačem ($S_{v\ max}$) preuzeti su od Hrvatskog hidrometeorološkog zavoda s najbližih meteoroloških postaja (Slavonski Brod i Karlovac) za razdoblje 1949. – 2019. godine (https://meteo.hr/klima_e.php?section=klima_podaci¶m=k1). Podaci koji opisuju meteorološke prilike u istraživanim provenijencijama za razdoblje 2016. – 2020. godine te podaci na temelju kojih je izračunat standardizirani oborinski indeks na bazi tri mjeseca (SPI3) za razdoblje 1964. – 2020. godine preuzeti su iz pravilne prostorne mreže visoke rezolucije E-OBS baze podataka (Cornes i dr. 2018) te ažurirane verzije CroMonthlyGrids (Perčec-Tadić 2010). Granične vrijednosti izračunatog SPI3 koje ukazuju na odstupanja količine oborina od normale uvjetovanoga različitim rasporedom oborina su < -1,0 i 1,0. To znači da vrijednosti SPI3 manje od -1,0 ukazuju na umjereno sušne, vrlo sušne i ekstremno sušne prilike, a veće od 1,0 na umjereno kišne, vrlo kišne i ekstremno kišne prilike.

Uzorkovanje tla – *Soil sampling*

Prilikom iskapanja pomlatka u obje provenijencije obavljeno je uzorkovanje tla s ciljem utvrđivanja njegova mehaničkog sastava te fizikalnih i kemijskih značajki. Uzorci tla na temelju kojih je utvrđen mehanički sastav i kemijske značajke tla prikupljeni su pomoću pedološkog (obalnog) svrdla, a uzorci na temelju kojih su utvrđene fizikalne značajke tla prikupljeni su pomoću cjevaste sonde (Kopeckyjevih cilindara). Za mehanički sastav i kemijske značajke tla u svakoj provenijenciji ukupno je prikupljeno po 6 kompozitnih uzorka. Od toga, po tri uzorka sa dubine 0 – 15 cm i tri uzorka sa dubine 16 – 30 cm. Prema tome, u obje provenijencije ukupno je sakupljeno 12 kompozitnih uzorka. Svaki kompozitni uzorak bio je formiran od devet pojedinačnih uzoraka sakupljenih u dijagonalnom (X) rasporedu uzorkovanja. Na centralnoj poziciji svakog dijagonalnog (X) uzorkovanja otvoren je profil tla iz kojega su pomoću Kopeckyjevih cilindara izvadena po tri uzorka tla sa dubine 0 – 15 cm i tri uzorka sa dubine 16 – 30 cm. Prema tome, pomoću Kopeckyjevih cilindara u svakoj provenijenciji prikupljeno je 18 uzorka (ukupno 36 uzorka u obje provenijencije) na temelju kojih su utvrđene fizikalne značajke tla na dvije dubine uzorkovanja (0 – 15 i 16 – 30 cm). S obzirom na blage nagibe terena prva lokacija uzorkovanja bila je smještena na najvišem dijelu, druga na srednjem, a treća na najnižem dijelu odabranih sastojina. Lokacije uzorkovanja unutar svake provenijencije bile su međusobno udaljene oko 50 m.

Laboratorijske analize uzorkovanoga tla – *Laboratory analysis of sampled soil*

Nakon dopremanja u laboratorij uzorci predodređeni za određivanje mehaničkog sastava i kemijskih značajki tla pret-hodno su osušeni na zraku. Nakon toga su usitnjeni i prosjani kroz sito promjera 2 mm s ciljem odvajanja skeleta od sitnice tla (HRN ISO 11464, 2009). Jedan dio sitnice potom je iskorišten za utvrđivanje mehaničkog sastava tla, metodom prosijavanja i sedimentacije (HRN ISO 11277: 2011).

Drugi dio sitnice korišten je za utvrđivanje kemijskog sastava tla, prilikom čega je reakcija tla (pH) određena poten-ciometarski pomoću pH metra HACH EC 30 u suspenziji tla i vode (HRN ISO 10390:2005). Humus je određen metodom po Tjurin-u, a ukupni dušik (N) metodom po Kjeldahl-u (JDPZ 1966). Sadržaj fiziološki aktivnoga fosfora (P_2O_5) i kalija (K_2O) utvrđen je amon-laktatnom metodom (HRN ISO 11261:2004). Fosfor je očitan na UV/VIS spek-trofotometru PE Lambda 1A, pri valnoj duljini od 620 nm, dok je koncentracija K_2O izračunata temeljem vrijednosti dobivenih plamen-fotometrijom filtrata. Uкупne zalihe dušika, te fiziološki aktivnog fosfora i kalija u tlima istraživanih provenijencija na dubinama 0 – 15 i 16 – 30 izračunate su na temelju gustoće tla i koncentracije N, P_2O_5 i K_2O .

Iz uzoraka tla prikupljenih pomoću Kopeckyjevih cilindara određena je volumna gustoća tla (HRN ISO 11272:2004) i gustoća čvrstih čestica tla (HRN ISO 11274:2004), dok su retencijski kapacitet tla za vodu, kapacitet tla za zrak i ukupni sadržaj pora u tlu utvrđeni prema Škorić (1986).

Rast i produkcija suhe tvari kod uzorkovanog pomlatka – *Growth and dry mass production at sampled saplings*

Nakon dopremanja iskopanih biljaka u laboratorij korijen svake biljke pažljivo je odvojen od tla, nakon čega je do-datno ispran pod mlazom vode i prosušen na sobnoj tem-perature u trajanju od 24 sata. Nakon toga, svakoj biljci je izmjerен; promjer vrata korijena (D_{st}) što je izraženo u mm, visina stabljike (H_{st}) i dužina glavnog korijena (L_{ko}), na temelju čega je procijenjena dubina zakorijenjivanja što je izraženo u cm. Nakon toga, za svaku je biljku utvrđena masa suhe tvari stabljike (ST_{st}), masa suhe tvari krupnog korijena promjera većeg od 2 mm (ST_{kk}), masa suhe tvari sitnog korijena promjera manjeg od 2 mm (ST_{sk}), ukupna masa suhe tvari korijena (ST_{ko}) i ukupna masa suhe tvari čitave biljke (ST_{uk}) što je izraženo u g. Na temelju prethodno imjerenih parametara rasta i produkcije suhe tvari izraču-nati su njihovi alometrijski odnosi D_{st}/H_{st} i L_{ko}/H_{st} , odnosno ST_{st}/ST_{uk} , ST_{ko}/ST_{uk} , ST_{kk}/ST_{uk} , ST_{sk}/ST_{uk} i ST_{ko}/ST_{st} . Suha tvar utvrđena je vaganjem na analitičkoj vagi nakon sušenja bil-jnoga materijala na temperaturi od 105°C u trajanju od 48 sati. Starost svake uzorkovane biljke utvrđena je brojanjem godova na poprečnom presjeku stabljike na vratu korijena.

Statistička analiza – *Statistical analysis*

Sve statističke analize provedene su programskim paketom SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Pomoću Mann-Whitney U testa ispitane su razlike ($p < 0,05$) između pro-vjenjencija s obzirom na mehanički sastav te fizikalne i ke-mijske značajke njihovih tala. Dvofaktorska analiza varijance provedena je s ciljem utvrđivanja signifikantnosti utjecaja provenijencije i vrste na parametre produkcije suhe tvari (ST_{uk} , ST_{st} , ST_{ko} , ST_{kk} i ST_{sk}) i rasta (D_{st} , H_{st} i L_{ko}), te pa-parametre koji opisuju alometrijske odnose rasta (D_{st}/H_{st} i L_{ko}/H_{st}) i produkcije suhe tvari (ST_{st}/ST_{uk} , ST_{ko}/ST_{uk} , ST_{kk}/ST_{uk} , ST_{sk}/ST_{uk} i ST_{ko}/ST_{st}) istraživanog pomlatka. Tukey-ev post hoc test proveden je s ciljem utvrđivanja signifikantnih ra-znika ($p < 0,05$) između provenijencija i vrsta.

REZULTATI

RESULTS

Vegetacijske, geomorfološke i klimatske značajke istraživanih provenijencija – *Vegetation, geomorphological and climatic traits of the investigated provenances*

Obje provenijencije pridolaze u brežuljkastom pojusu eu-rosibirsko-sjevernoameričke vegetacijske regije i pripadaju

Tablica 1. Geografski položaj i klimatske značajke provenijencije Slavonski Brod i Karlovac. Srednja godišnja temperatura zraka (T_{go}), srednja temperatura zraka u vegetacijskom razdoblju (T_{vr}), srednja godišnja količina oborina (OB_{go}), srednja količina oborina u vegetacijs-kom razdoblju (OB_{vr}), broj dana u godini sa snijegom (S_d) i srednja mjeseca maksimalna visina snijega u mjesecima sa snježnim pokrivačem ($S_{v,max}$) u razdoblju 1949. – 2019. godine, te broj mjeseci u kojima je standardizirani oborinski indeks niži od -1,0 (SPI3 < -1,0) u razdoblju 1964. – 2019. godine.

Table 1. Location and climatic characterization of provenances Slavonski Brod and Karlovac. Mean annual temperature (T_{go}), mean growing season temperature (T_{vr}), mean annual precipitation (OB_{go}), mean growing season precipitation (OB_{vr}), number of days with snow (S_d) and mean monthly maximum snow cover in months with snow cover ($S_{v,max}$), for period 1949 – 2019, as well as number of months with standardized precipitation index below -1.0 (SPI3 < -1.0), for period 1964 – 2019.

Parametri – Parameters	Slavonski Brod	Karlovac
Koordinate – Coordinates	17.973173 N 45.273451 E	15.524041 N 45.466135 E
Nadmorska visina – Elevation	245	170
T_{go} (°C)	11,1	11,1
T_{vr} (°C)	17,7	17,6
OB_{go} (mm)	770,3	1111,8
OB_{vr} (mm)	441,0	584,4
S_d (dana – days)	24	25
$S_{v,max}$ (cm)	18	32
SPI3 < -1,0	113 (49)	105 (50)

Vrijednosti u zagradi odnose se na vegetacijska razdoblja

Values in parentheses refer to growing season

istoj biljnoj zajednici. Odnosno, Ilirskoj šumi hrasta kitnjaka i običnog graba [*Epimedio-Carpinetum betuli* (Ht. 1938) Borhidi 1963]. U obje provenijencije dominiraju blagi nagibi terena (prisojnih ekspozicija) bez izraženih strmih padina.

U razdoblju 1949. – 2019. godine T_{go} i T_{vr} u obje provenijencije bile su podjednake. Međutim, provenijencija SB u odnosu na provenijenciju KA odlikuje se manjom OB_{go} i OB_{vr} , što je na godišnjoj razini bilo više za 31 %, a na razini vegetacijskoga razdoblja za 25 %. Obje provenijencije imaju podjednak S_d . Međutim, $S_{v\max}$ je u provenijenciji KA bila viša u odnosu na provenijenciju SB za čak 44 %. Unatoč prilično različitim OB_{go} i OB_{vr} , prema $SPI3 < -1.0$ obje su provenijencije tijekom proteklih 65 godina (u razdoblju 1964. – 2020. godine) imale podjednak broj umjerenog do ekstremno sušnih mjeseci, kako na razini godine tako i na razini vegetacijskoga razdoblja (Tablica 1).

Meteorološke prilike istraživanih provenijencija u razdoblju 2016. – 2020. godine – Meteorological conditions of investigated provenances in period 2016 – 2020

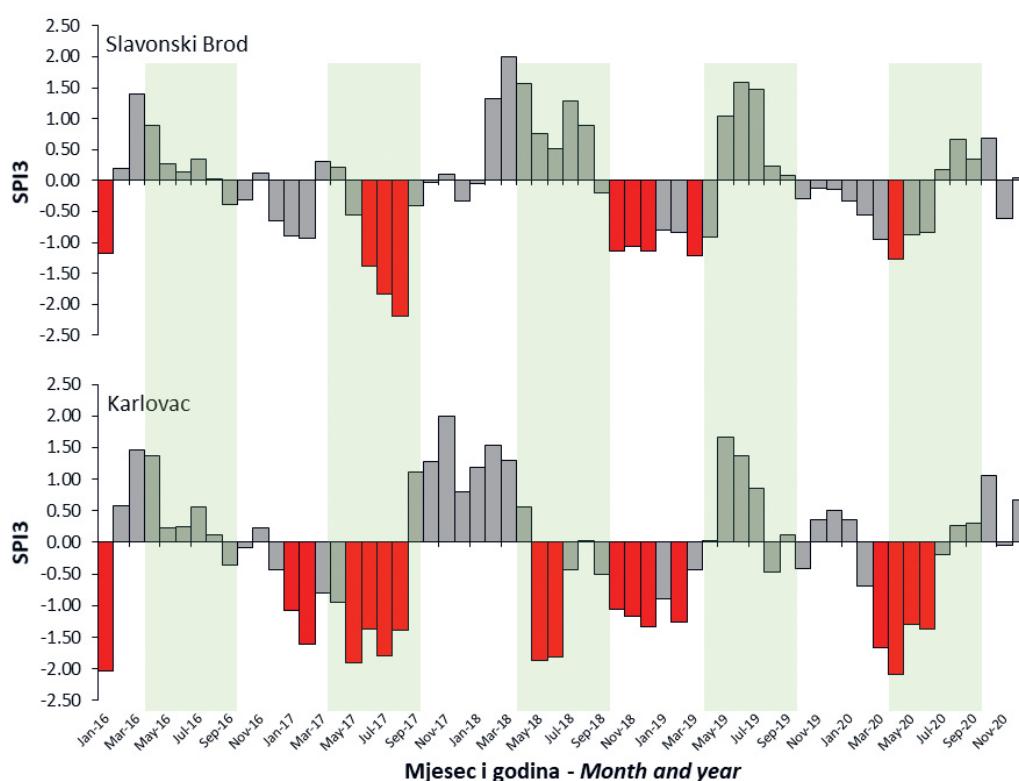
S obzirom na prosječnu starost uzorkovanog pomlatka od $4,0 \pm 0,7$ (SD) godina, a s ciljem što korektnije interpretacije

dobivenih rezultata, vrlo je važno prikazati meteorološke prilike u istraživanim provenijencijama u razdoblju 2016. – 2020. godine pod čijim je utjecajem uzorkovani pomladak rastao. U spomenutom su razdoblju T_{go} i T_{vr} u obje provenijencije bile podjednake. Međutim, provenijencija SB u odnosu na provenijenciju KA imala je prilično manju OB_{go} i OB_{vr} . Na godišnjoj razini za 36 %, a na razini vegetacijskoga razdoblja za 32 % (Tablica 2). U razdoblju 2016. – 2020. godine prema $SPI3 < -1.0$ provenijencija SB imala

Tablica 2. Meteorološke prilike u provenijencijama Slavonski Brod i Karlovac u razdoblju 2016. – 2020. godine. Srednja godišnja temperatura zraka (T_{go}), srednja temperatura zraka u vegetacijskom razdoblju (T_{vr}), srednja godišnja količina oborina (OB_{go}) i srednja količina oborina u vegetacijskom razdoblju (OB_{vr}).

Table 2. Meteorological conditions of investigated provenances in period 2016 – 2020. Mean annual temperature (T_{go}), mean growing season temperature (T_{vr}), mean annual precipitation (OB_{go}) and mean growing season precipitation (OB_{vr}).

Parametri Parameters	Slavonski Brod	Karlovac
T_{go} (°C)	12,3	12,7
T_{vr} (°C)	18,7	18,9
OB_{go} (mm)	692,4	1088,7
OB_{vr} (mm)	377,3	552,9



Slika 1. Standardizirani oborinski indeks (SPI3) u provenijencijama Slavonski Brod i Karlovac izračunat za svaki mjesec u razdoblju 2016. – 2020. godine. Crveni stupci ukazuju na vrijednosti standardiziranog oborinskog indeksa nižega od -1.0 (SPI3 < -1.0) koji ukazuje na umjerenog do ekstremno sušne mjesece. Zelena polja ukazuju na vegetacijsko razdoblje (travanj – rujan).

Figure 1. Standardized precipitation index (SPI3) calculated for each month in period 2016 – 2020 in provenances Slavonski Brod and Karlovac. Red bars indicated values of standardized precipitation index below -1.0 (SPI3 < -1.0) which indicate moderate to extremely dry months. Green fields indicated growing seasons (April – September).

Tablica 3. Mehanički sastav tla opisan sa relativnim odnosima \pm SD pjeska (2,0 – 0,063 mm), praha (0,064 – 0,002 mm) i gline (< 0,002 mm) u sitnici tla provenijencije Slavonski Brod i Karlovac na dvije različite dubine (0 – 15 i 16 – 30 cm) s rezultatima Mann-Whitney U testa koji na razlike između provejencija ukazuju pri $p < 0,05$.

Table 3. Soil mechanical composition described with relative proportion \pm SD of sand (2.0 – 0.063 mm), silt (0.064 – 0.002 mm) and clay (< 0.002 mm) in Slavonski Brod and Karlovac provenances at two soil depth (0 – 15 and 16 – 30 cm) with results of Mann-Whitney U test which indicates differences between provenances at $p < 0.05$.

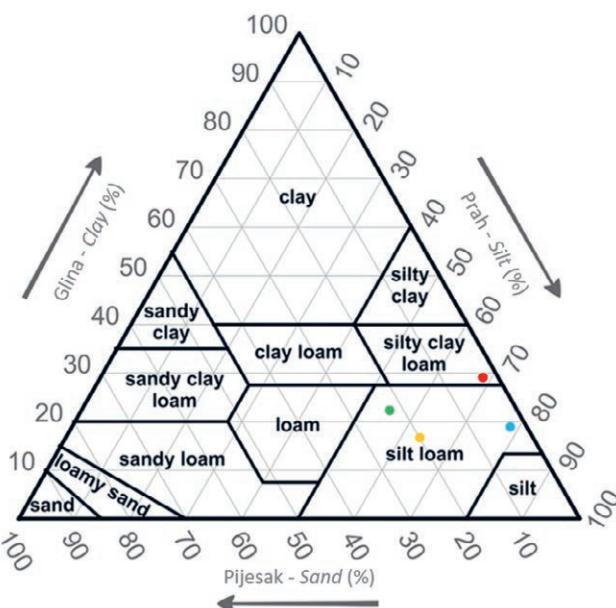
Dubina tla Soil depth	Sastavnice tla Soil components	Slavonski Brod	Karlovac	Mann-Whitney U test p vrijednosti – p values
0 – 15 cm	Pijesak – Sand (%)	2,67 \pm 0,31	20,50 \pm 16,72	0,080
	Prah – Silt (%)	78,43 \pm 5,88	63,23 \pm 11,25	0,080
	Gлина – Clay (%)	18,90 \pm 6,15	16,27 \pm 5,73	1,000
16 – 30 cm	Pijesak – Sand (%)	2,20 \pm 1,90	22,10 \pm 16,83	0,080
	Prah – Silt (%)	69,20 \pm 6,92	55,87 \pm 13,21	0,190
	Gлина – Clay (%)	28,60 \pm 7,10	22,03 \pm 9,83	0,382

je ukupno devet umjereno do ekstremno sušnih mjeseci (od čega četiri tijekom vegetacijskih razdoblja) što je pričinio manje u odnosu na provenijenciju KA koja je imala ukupno 17 umjereno do ekstremno sušnih mjeseci (od čega devet tijekom vegetacijskih razdoblja), unatoč većoj OB_{go} i OB_{vr} u provenijenciji KA nego u provenijenciji SB (Slika 1 i Tablica 2).

Mehanički sastav te fizikalna i kemijska svojstva tala u istraživanim provenijencijama – *Mechanical composition and physical and chemical traits of soils in investigated provenances*

Prema rezultatima Mann-Whitney U testa na dubini tla 0 – 15 cm i 16 – 30 cm udio pojedinih mehaničkih sastavnica tla (pijesak, prah, gлина) nije se signifikantno razlikovao između provenijencija (Tablica 3). U skladu s tim, prema tekstu sitnice tla na dubini 0 – 15 cm tlo obiju provenijencija odgovara praškastoj ilovači. Međutim, na dubini 16 – 30 cm tlo provenijencije SB odgovara praškasto glinastoj ilovači, a tlo provenijencije KA praškastoj ilovači (Slika 2). Prema tome, tlo u provenijenciji KA ipak je nešto "lakše" strukture u odnosu na tlo provenijencije SB. To potvrđuje prilično veći udio pjeska te nešto manji udio praha i gline (posebno na dubini 16 – 30 cm) u sitnici tla provenijencije KA u odnosu na provenijenciju SB (Tablica 3 i Slika 2). Uz to, tlo u provenijenciji KA sadržava određenu količinu skeleta (šljunka), kako na dubini 0 – 15 cm tako i na dubini 16 – 30 cm što u provenijenciji SB nije utvrđeno. To dodatno naglašava nešto lakšu strukturu tla u provenijenciji KA nego u provenijenciji SB.

Prema rezultatima Mann-Whitney U testa na dubini tla 0 – 15 cm i 16 – 30 cm nema signifikantnih razlika između provenijencija s obzirom na parametare koji opisuju fizikalne značajke njihovih tala (Tablica 4). U skladu s tim, prema graničnim vrijednostima ukupne poroznosti te kapaciteta tla za vodu i zrak (Škorić 1986), tlo obiju provenijencija na dubini 0 – 15 cm i 16 – 30 cm pripada skupini



Slika 2. Tekstura tla provenijencije Slavonski Brod na dubini 0 – 15 (plava točka) i 16 – 30 cm (crvena točka) te provenijencije Karlovac na dubini 0 – 15 (žuta točka) i 16 – 30 cm (zeleni točka) prema teksturnom trokutu (FAO 2006).

Figure 2. Soil texture of provenance Slavonski Brod at depth 0 – 15 (blue dot) and 16 – 30 cm (red dot) and provenance Karlovac at depth 0 – 15 (yellow dot) and 16 – 30 cm (green dot) according to texture triangle (FAO 2006).

poroznih tala s osrednjim retencijskim kapacitetom za vodu i osrednjim kapacitetom za zrak.

Slično kao i u prethodnim slučajevima, prema rezultatima Mann-Whitney U testa na dubini tla 0 – 15 cm i 16 – 30 cm nema signifikantnih razlika između provenijencija s obzirom na parametare koji opisuju kemijske značajke njihovih tala. U skladu s tim, ukupne zalihe N, P i K na dubini tla 0 – 15 cm i 16 – 30 cm bile su slične u obje provenijencije, bez signifikantnih razlika (Tablica 5). Prema graničnim vrijednostima kemijskih značajki tala (Škorić 1986), na obje dubine 0 – 15 cm i 16 – 30 cm tla obiju provenijenciju pri-

Tablica 4. Fizikalne značajke tla opisane sa srednjim vrijednostima \pm SD gustoće tla (Gv), gustoće čvrstih čestica (Gč), ukupne poroznosti (P), retencijskog kapaciteta tla za vodu (Kv) i kapaciteta tla za zrak (Kz) u tlu provenijencije Slavonski Brod i Karlovac na dvije različite dubine (0 – 15 i 16 – 30 cm) s rezultatima Mann-Whitney U testa koji na razlike između provejencija ukazuju pri $p < 0,05$.

Table 4. Physical traits of soil described by mean values \pm SD of bulk density (Gv), density of solid soil particles (Gč), total porosity (P), soil retention capacity for water (Kv) and soil air capacity (Kz) in Slavonski Brod and Karlovac provenances at two soil depth (0 – 15 and 16 – 30 cm) with results of Mann-Whitney U test which indicates differences between provenances at $p < 0.05$.

Dubina tla Soil depth	Parametar Parameter	Slavonski Brod	Karlovac	Mann-Whitney U test p vrijednosti - p values
0 – 15 cm	Gv (g/cm ³)	1,39 \pm 0,03	1,31 \pm 0,12	0,663
	Gč (g/cm ³)	2,65 \pm 0,03	2,58 \pm 0,03	0,081
	P (% vol.)	47,70 \pm 1,48	49,42 \pm 4,52	0,663
	Kv (% vol.)	36,32 \pm 4,00	41,55 \pm 5,90	0,663
	Kz (% vol.)	11,40 \pm 3,02	7,90 \pm 4,07	0,383
16 – 30 cm	Gv (g/cm ³)	1,45 \pm 0,01	1,41 \pm 0,14	0,658
	Gč (g/cm ³)	2,67 \pm 0,02	2,64 \pm 0,01	0,190
	P (% vol.)	45,72 \pm 0,37	46,89 \pm 5,45	0,663
	Kv (% vol.)	36,29 \pm 0,55	35,80 \pm 7,50	0,663
	Kz (% vol.)	9,46 \pm 0,66	11,08 \pm 3,12	0,663

Tablica 5. Kemijske značajke tla opisane sa srednjim vrijednostima \pm SD reakcije tla (pH), koncentracije humusa, dušika (N), fiziološki aktivnog fosfora (P_2O_5) i kalija (K_2O), te ukupnih zaliha dušika (N_{zaliha}), fosfora (P_{zaliha}) i kalija (K_{zaliha}) u tlu provenijencije Slavonski Brod i Karlovac na dvije različite dubine (0 – 15 i 16 – 30 cm) s rezultatima Mann-Whitney U testa koji na razlike između provejencija ukazuju pri $p < 0,05$.

Table 5. Soil chemical traits described with mean values \pm SD of soil reaction (pH), concentration of humus, nitrogen (N), physiologically active phosphorus (P_2O_5) and potassium (K_2O), as well as stocks of nitrogen (N_{zaliha}), physiologically active phosphorous (P_{zaliha}) and potassium (K_{zaliha}) in Slavonski Brod and Karlovac provenances at two soil depth (0 – 15 and 16 – 30 cm) with results of Mann-Whitney U test which indicates differences between provenances at $p < 0.05$.

Dubina tla Soil depth	Parametar Parameter	Slavonski Brod	Karlovac	Mann-Whitney U test p vrijednosti - p values
0 – 15 cm	pH	5,09 \pm 0,28	4,87 \pm 0,54	0,663
	Humus (%)	2,98 \pm 0,80	4,50 \pm 0,79	0,081
	N (%)	0,18 \pm 0,04	0,19 \pm 0,02	1,000
	P_2O_5 (mg/100g)	0,87 \pm 0,06	0,77 \pm 0,49	0,658
	K_2O (mg/100g)	14,33 \pm 0,58	10,40 \pm 2,45	0,072
	N_{zaliha} (kg/m ²)	38,26 \pm 8,79	37,63 \pm 1,13	1,000
	P_{zaliha} (kg/ha)	1,80 \pm 0,15	1,44 \pm 0,88	0,663
16 – 30 cm	K_{zaliha} (kg/ha)	29,90 \pm 1,73	20,10 \pm 3,35	0,081
	pH	5,16 \pm 0,15	4,88 \pm 0,46	0,663
	Humus (%)	1,72 \pm 0,78	2,48 \pm 0,62	0,383
	N (%)	0,11 \pm 0,02	0,14 \pm 0,01	0,077
	P_2O_5 (mg/100g)	0,40 \pm 0,35	0,23 \pm 0,15	0,643
	K_2O (mg/100g)	11,13 \pm 0,83	6,93 \pm 1,29	0,081
	N_{zaliha} (kg/m ²)	24,62 \pm 3,29	30,29 \pm 4,16	0,190
	P_{zaliha} (kg/ha)	0,87 \pm 0,75	0,47 \pm 0,28	1,000
	K_{zaliha} (kg/ha)	24,20 \pm 1,80	14,79 \pm 4,20	0,081

padaju skupini kiselih tala, koja su dosta humozna, dobro opskrbljena s dušikom i slabo opskrbljena s fosforom. Jedina razlika, ogleda se u opskrbljenoosti kalijem s kojim je

prema Škoriću (1986), tlo provenijencije SB osrednje, a tlo provenijencije KA slabo opskrbljeno, kako na dubini 0 – 15 cm tako i na dubini 16 – 30 cm.

Razlike u rastu i produkciji suhe tvari između provenijencija i vrsta – Differences in growth and dry mass production between provenances and species

Rezultati dvofaktorske ANOVA-e (Tablica 6) u kombinaciji s deskriptivnom statistikom (Tablice 7 i 8) otkrivaju cjelokupan utjecaj provenijencije (Slavonski Brod u usporedbi s Karlovcem) i vrste (hrasta kitnjaka u usporedbi s običnom bukvom) te njihove interakcije (provenijencija x vrsta) na starost i parametre rasta (D_{st} , H_{st} i L_{ko}) s pripadajućim alometrijskim odnosima (D_{st}/H_{st} i L_{ko}/H_{st}), te parametre

produkcije suhe tvari (ST_{uk} , ST_{st} , ST_{ko} , ST_{kk} i ST_{sk}) i njihove alometrijske odnose (ST_{st}/ST_{uk} , ST_{ko}/ST_{uk} , ST_{kk}/ST_{uk} , ST_{sk}/ST_{uk} i ST_{ko}/ST_{st}).

Izostanak signifikantnog utjecaja interakcije provenijencija x vrsta na spomenute parametre (Tablica 6) ukazuje da su rast i produkcija suhe tvari kod pomlatka obiju vrsta na sličan način bili utjecani provenijencijom (Tablica 8). Uz to, uzorkovani pomladak bio je podjednako star, bez obzira na njegovu pripadnost različitim provenijencijama i/ili vrstama (Tablica 6), čija je prosječna starost iznosila oko četiri godine.

Tablica 6. Utjecaj provenijencije (Slavonski Brod u odnosu na Karlovac), vrste (kitnjak u odnosu na bukvu) i njihove interakcije (provenijencija x vrsta) na parametre rasta; promjer vrata korijena (D_{st}), visinu stabljike (H_{st}) i dužinu glavnog korijena (L_{ko}), te alometrijske odnose rasta; omjer promjera vrata korijena i visine stabljike (D_{st}/H_{st}), omjer dužine glavnog korijena i visine stabljike (L_{ko}/H_{st}) te parametre produkcije suhe tvari; ukupna masa suhe tvari (ST_{uk}), masa suhe tvari stabljike (ST_{st}), ukupna masa suhe tvari korijena (ST_{ko}), masa suhe tvari krupnog korijena (ST_{kk}) i masa suhe tvari sitnog korijena (ST_{sk}), te alometrijske odnose produkcije suhe tvari; omjer mase suhe tvari stabljike i ukupne mase suhe tvari (ST_{st}/ST_{uk}), omjer ukupne mase suhe tvari korijena i ukupne mase suhe tvari (ST_{ko}/ST_{uk}), omjer mase suhe tvari sitnog korijena i ukupne mase suhe tvari (ST_{sk}/ST_{uk}) te omjer ukupne suhe tvari korijena i suhe tvari stabljike (ST_{ko}/ST_{st}), kako je izračunato pomoću dvofaktorske ANOVA-e.

Table 6. Effects of provenance (Slavonski Brod in relation to Karlovac), species (oak in relation to beech) and its interaction (provenance x species) on growth parameters; root collar diameter (D_{st}), stem height (H_{st}) and tap root length (L_{ko}), and alometric growth relation; root collar diameter to stem height (D_{st}/H_{st}), tap root length to stem height (L_{ko}/H_{st}), as well as parameters of dry matter production; total dry matter (ST_{uk}), stem dry matter (ST_{st}), total root dry matter (ST_{ko}), coarse root dry matter (ST_{kk}) and fine root dry matter (ST_{sk}), and alometric relation of dry matter production; stem dry matter to total dry matter (ST_{st}/ST_{uk}), total root dry matter to total dry matter (ST_{ko}/ST_{uk}), coarse root dry matter to total dry matter (ST_{kk}/ST_{uk}), fine root dry matter to total dry matter (ST_{sk}/ST_{uk}) and total root dry matter to stem dry matter (ST_{ko}/ST_{st}), as calculated by two-way ANOVA.

Parametar – Parameter	Provenijencija Provenance		Vrsta Species		Provenijencija x vrsta Provenance x species		
	F vrijednost <i>F value</i>	p	F vrijednost <i>F value</i>	p	F vrijednost <i>F value</i>	p	
Starost – Age	St	0,744	0,391	2,065	0,154	0,000	1,000
Rast – Growth	D_{st}	9,157	0,003	0,009	0,923	1,837	0,178
	H_{st}	9,417	0,002	10,779	0,001	0,065	0,799
Alometrijski odnosi rasta – Alometric growth relation	L_{ko}/H_{st}	5,043	0,027	48,673	< 0,0001	0,010	0,923
	D_{st}/H_{st}	38,485	< 0,0001	12,260	0,001	0,612	0,436
Produkcija suhe tvari – Dry matter production	ST_{uk}	18,695	< 0,0001	73,331	< 0,0001	0,368	0,546
	ST_{st}	0,267	0,607	18,363	< 0,0001	0,942	0,334
	ST_{ko}	0,026	0,873	0,034	0,854	1,793	0,184
	ST_{kk}	0,417	0,520	34,958	< 0,0001	0,507	0,478
	ST_{sk}	0,119	0,730	39,562	< 0,0001	0,425	0,516
	ST_{uk}	9,259	0,003	0,348	0,556	0,793	0,376
Alometrijski odnosi produkcije suhe tvari – Alometric relation of dry matter production	ST_{st}/ST_{uk}	6,437	0,013	129,594	< 0,0001	0,888	0,348
	ST_{ko}/ST_{uk}	6,437	0,013	129,594	< 0,0001	0,888	0,348
	ST_{kk}/ST_{uk}	0,638	0,426	205,952	< 0,0001	0,194	0,660
	ST_{sk}/ST_{uk}	9,216	0,003	22,708	< 0,0001	0,779	0,380
	ST_{ko}/ST_{st}	3,839	0,053	88,131	< 0,0001	0,127	0,723

Podebljane vrijednosti ukazuju na signifikantan utjecaj provenijencije ili vrste pri $p < 0,05$
Values in bold indicate significant provenance or species effects at $p < 0,05$

Tablica 7. Srednje vrijednosti \pm SD parametara rasta; promjer vrata korijena (D_{st}), visina stabljike (H_{st}) i dužina glavnog korijena (L_{ko}), te alometrijskih odnosa rasta; omjer promjera vrata korijena u visine stabljike (D_{st}/H_{st}) i dužine glavnog korijena u visine stabljike (L_{ko}/H_{st}) kao i parametara produkcije suhe tvari; ukupna masa suhe tvari (ST_{uk}), masa suhe tvari stabljike (ST_{st}), ukupna masa suhe tvari korijenja (ST_{ko}), masa suhe tvari krupnog korijenja (ST_{kk}) i masa suhe tvari sitnog korijenja (ST_{sk}), te alometrijskih odnosa produkcije suhe tvari; omjer mase suhe tvari stabljike u ukupne mase suhe tvari (ST_{st}/ST_{uk}), omjer ukupne mase suhe tvari korijenja i ukupne mase suhe tvari (ST_{ko}/ST_{uk}), omjer mase suhe tvari krupnog korijenja u ukupne mase suhe tvari (ST_{kk}/ST_{uk}), omjer mase suhe tvari sitnog korijenja u ukupne mase suhe tvari (ST_{sk}/ST_{uk}) te omjer ukupne suhe tvari korijena i suhe tvari stabljike (ST_{ko}/ST_{st}) kod pomlatka iz provenijencija Slavonski Brod i Karlovac.

Table 7. Mean values \pm SD of growth parameters; root collar diameter (D_{st}), stem height (H_{st}) and tap root length (L_{ko}), and of alometric growth relation; root collar diameter to stem height (D_{st}/H_{st}), tap root length to stem height (L_{ko}/H_{st}), as well as of parameters of dry matter production; total dry matter (ST_{uk}), stem dry matter (ST_{st}), total root dry matter (ST_{ko}), coarse root dry matter (ST_{kk}) and fine root dry matter (ST_{sk}), and of alometric relation of dry matter production; stem dry matter to total dry matter (ST_{st}/ST_{uk}), total root dry matter to total dry matter (ST_{ko}/ST_{uk}), coarse root dry matter to total dry matter (ST_{kk}/ST_{uk}), fine root dry matter to total dry matter (ST_{sk}/ST_{uk}) and total root dry matter to stem dry matter (ST_{ko}/ST_{st}) for saplings of Slavonski Brod and Karlovac provenances.

Parametar – Parameter	Slavonski Brod	Karlovac
Rast – Growth	D_{st} (mm)	$5,18 \pm 1,21$
	H_{st} (cm)	$39,02 \pm 9,13$
	L_{ko} (cm)	$28,81 \pm 8,92$
Alometrijski odnosi rasta – Alometric growth relations	D_{st}/H_{st}	$0,14 \pm 0,03$
	L_{ko}/H_{st}	$0,77 \pm 0,28$
Producija suhe tvari – Dry matter production	ST_{uk} (g)	$7,39 \pm 4,95$
	ST_{st} (g)	$2,71 \pm 1,45$
	ST_{ko} (g)	$4,68 \pm 3,77$
	ST_{kk} (g)	$4,30 \pm 3,64$
	ST_{sk} (g)	$0,39 \pm 0,28$
Alometrijski odnosi produkcije suhe tvari – Alometric relations of dry matter production	ST_{st}/ST_{uk}	$0,40 \pm 0,11$
	ST_{ko}/ST_{uk}	$0,60 \pm 0,11$
	ST_{kk}/ST_{uk}	$0,54 \pm 0,12$
	ST_{sk}/ST_{uk}	$0,06 \pm 0,04$
	ST_{ko}/ST_{st}	$1,70 \pm 0,84$

Podebljane vrijednosti ukazuju na signifikantne razlike između provenijencija pri $p < 0,05$

Bold values indicates significant differences between provenances at $p < 0,05$

Razlike između provenijencija – Differences between provenances

Pomladak iz provenijencije KA imao je signifikantno veći D_{st} i L_{ko} te signifikantno manju H_{st} u odnosu na pomladak iz provenijencije SB. Prema tome, pomladak iz provenijencije KA imao je veći promjer na vratu korijena i dublje se zakorjenjivao nego pomladak iz provenijencije SB, a sve na uštrb rasta stabljike u visinu. To potvrđuju signifikantne razlike između provenijencija s obzirom na parametre alometrijskog rasta D_{st}/H_{st} i L_{ko}/H_{st} (Tablica 6 i 7), što je utvrđeno kod obje vrste (Tablica 8).

Pomladak obiju provenijencija imao je podjednaku produkciju ST_{uk} , ST_{st} , ST_{kk} i ST_{ko} , dok je pomladak iz provenijencije KA u odnosu na provenijenciju SB imao signifikantno veću ST_{sk} . Međutim, usporedba alometrijskih odnosa produkcije suhe tvari podzemnog i nadzemnog dijela (ST_{ko}/ST_{uk} i ST_{st}/ST_{uk}) otkriva da je pomladak iz provenijencije KA ulagao signifikantno više suhe tvari u korijen, a manje u stabljiku nego pomladak iz provenijencije SB. Na to ukazuje i prilično veći omjer ST_{ko}/ST_{st} kod pomlatka iz provenijencije KA u odnosu na pomladak iz provenijencije SB, koji je bio na granici signifikantnosti ($p = 0,053$). Količina suhe tvari uložene u krupno korijenje bila je podjednaka u obje provenijencije, što dodatno potvrđuje izostanak signifikantnih razlika između provenijencija s obzirom na omjer ST_{kk}/ST_{uk} . U trenutku uzorkovanja, pomladak iz provenijencije KA imao je signifikantno veću ST_{sk} nego pomladak iz provenijencije SB (Tablica 6 i 7). Takvom rezultatu većinom je doprinjela ST_{sk} bukova pomlatka koja je u provenijenciji KA bila signifikantno veća nego u provenijenciji SB, za razliku od ST_{sk} hrastova pomlatka koja se nije signifikantno razlikovala između provenijencija (Tablica 8).

Razlike između vrsta – Differences between species

Pomladak obiju vrsta imao je podjedak D_{st} , dok je kitnjakov u odnosu na bukov pomladak imao signifikantno manju H_{st} i veću L_{ko} . Prema tome, kitnjakov pomladak dublje se zakorjenjivao nego bukov pomladak i to na uštrb rasta stabljike u visinu. To potvrđuje signifikantna razlika između vrsta s obzirom na omjer L_{ko}/H_{st} . Signifikantno veći omjer D_{st}/H_{st} u korist kitnjakova pomlatka dodatno potvrđuje razvoj snažnijeg korijenja kod kitnjakova u odnosu na bukov pomladak (Tablica 6 i 9).

Kitnjakov pomladak producirao je signifikantno više ST_{uk} u odnosu na bukov pomladak. Usporedba alometrijskih odnosa produkcije suhe tvari podzemnog i nadzemnog dijela (ST_{ko}/ST_{uk} i ST_{st}/ST_{uk}) otkriva da je kitnjakov u odnosu na bukov pomladak ulagao signifikantno više suhe tvari u korijen nego u stabljiku. To dokazuje i signifikantno veći omjer ST_{ko}/ST_{st} kod kitnjakova u odnosu na bukov pomladak. Međutim, ako se ulaganje suhe tvari sagleda odvojeno za krupni i sitni korijen tada je jasno da je kitnjakov u odnosu na bukov pomladak ulagao signifikantno više suhe tvari u krupni i signifikantno manje u sitni korijen. To potvrđuju signifikantne razlike između vrsta s obzirom na omjere ST_{kk}/ST_{uk} i ST_{sk}/ST_{uk} . Unatoč tomu što je kitnjakov

Tablica 8. Srednje vrijednosti \pm SD parametara rasta; promjer vrata korijena (D_{st}), visina stabljike (H_{st}) i dužina glavnog korijena (L_{ko}), te alometrijskih odnosa rasta; omjer promjera vrata korijena i visine stabljike (D_{st}/H_{st}) i dužine glavnog korijena i visine stabljike (L_{ko}/H_{st}) kao i parametara produkcije suhe tvari; ukupna masa suhe tvari (ST_{uk}), masa suhe tvari stabljike (ST_{st}), ukupna masa suhe tvari korijena (ST_{ko}), masa suhe tvari krupnog korijena (ST_{kk}) i masa suhe tvari sitnog korijena (ST_{sk}), te alometrijskih odnosa produkcije suhe tvari; omjer mase suhe tvari stabljike i ukupne mase suhe tvari (ST_{st}/ST_{uk}), omjer ukupne mase suhe tvari korijena i ukupne mase suhe tvari (ST_{ko}/ST_{uk}), omjer mase suhe tvari sitnog korijena i ukupne mase suhe tvari (ST_{sk}/ST_{uk}) te omjer ukupne suhe tvari korijena i suhe tvari stabljike (ST_{ko}/ST_{st}) kod kitnjakova i bukova pomlatka iz provenijencija Slavonski Brod i Karlovac.

Table 8. Mean values \pm SD of growth parameters; root collar diameter (D_{st}), stem height (H_{st}) and tap root length (L_{ko}), and of alometric growth relation; root collar diameter to stem height (D_{st}/H_{st}), tap root length to stem height (L_{ko}/H_{st}), as well as of parameters of dry matter production; total dry matter (ST_{uk}), stem dry matter (ST_{st}), total root dry matter (ST_{ko}), coarse root dry mater (ST_{kk}) and fine root dry matter (ST_{sk}), and of alometric relation of dry matter production; stem dry matter to total dry matter (ST_{st}/ST_{uk}), total root dry matter to total dry matter (ST_{ko}/ST_{uk}), coarse root dry matter to total dry matter (ST_{kk}/ST_{uk}), fine root dry matter to total dry matter (ST_{sk}/ST_{uk}) and total root dry matter to stem dry matter (ST_{ko}/ST_{st}) for oak and beech saplings from Slavonski Brod and Karlovac provenances.

Parametar – Parameter	Hrast kitnjak Sessile oak		Obična bukva Common beech		
	Slavonski Brod	Karlovac	Slavonski Brod	Karlovac	
Rast – Growth	D_{st} (mm)	$5,33 \pm 1,28$	$5,72 \pm 0,89$	$5,04 \pm 1,14$	$6,06 \pm 1,31$
	H_{st} (cm)	$36,28 \pm 7,65$	$31,92 \pm 6,00$	$41,76 \pm 9,80$	$36,62 \pm 7,03$
	L_{ko} (cm)	$34,18 \pm 8,28$	$37,44 \pm 8,82$	$23,44 \pm 5,81$	$27,00 \pm 7,08$
Alometrijski odnosi rasta – Alometric growth relations	D_{st}/H_{st}	$0,15 \pm 0,04$	$0,18 \pm 0,04$	$0,12 \pm 0,02$	$0,17 \pm 0,03$
	L_{ko}/H_{st}	$0,96 \pm 0,24$	$1,20 \pm 0,31$	$0,58 \pm 0,16$	$0,76 \pm 0,23$
Producija suhe tvari – Dry matter production	ST_{uk} (g)	$9,56 \pm 5,52$	$9,19 \pm 4,21$	$5,23 \pm 3,12$	$6,45 \pm 3,17$
	ST_{st} (g)	$2,93 \pm 1,51$	$2,59 \pm 1,10$	$2,50 \pm 1,38$	$2,92 \pm 1,64$
	ST_{ko} (g)	$6,63 \pm 4,18$	$6,59 \pm 3,28$	$2,73 \pm 1,92$	$3,53 \pm 1,64$
	ST_{kk} (g)	$6,24 \pm 4,02$	$6,07 \pm 3,13$	$2,36 \pm 1,75$	$2,91 \pm 1,47$
	ST_{sk} (g)	$0,40 \pm 0,28$	$0,53 \pm 0,28$	$0,38 \pm 0,29$	$0,62 \pm 0,37$
	ST_{st}/ST_{uk}	$0,32 \pm 0,07$	$0,30 \pm 0,07$	$0,49 \pm 0,08$	$0,44 \pm 0,06$
Alometrijski odnosi produkcije suhe tvari – Alometric relations of dry matter production	ST_{ko}/ST_{uk}	$0,68 \pm 0,07$	$0,70 \pm 0,07$	$0,51 \pm 0,08$	$0,56 \pm 0,06$
	ST_{kk}/ST_{uk}	$0,64 \pm 0,07$	$0,64 \pm 0,07$	$0,44 \pm 0,07$	$0,45 \pm 0,06$
	ST_{sk}/ST_{uk}	$0,04 \pm 0,02$	$0,06 \pm 0,03$	$0,07 \pm 0,05$	$0,10 \pm 0,06$
	ST_{ko}/ST_{st}	$2,29 \pm 0,74$	$2,59 \pm 0,95$	$1,10 \pm 0,40$	$1,31 \pm 0,34$

Podebljane vrijednosti ukazuju na signifikantne razlike između kitnjakova ili bukova pomlatka u provenijencijama Slavonski Brod i Karlovac pri $p < 0,05$

Bold values indicates significant differences between oak or beech saplings in Slavonski Brod and Karlovac provenances at $p < 0,05$

pomladak producirao više ST_{uk} koju je većinom uložio u krupno korijenje, njegova ST_{st} i ST_{sk} nisu bile signifikantno različite u odnosu na bukov pomladak (Tablica 6 i 9).

RASPRAVA DISCUSSION

Razlike između provenijencija s obzirom na stanišne prilike – Differences between provenances considering habitat conditions

Vegetacijske, geomorfološke i edafske prilike u obje provenijencije bile su prilično slične (Tablice 3 – 5 i Slika 2), dok se klimatske prilike (Tablica 1) i/ili meteorološke prilike u razdoblju 2016. – 2020. godine (Tablica 2 i Slika 1) u određenoj mjeri razlikuju. Na temelju razlika između

provenijencija s obzirom na količine oborina (Tablica 1) sasvim je legitimno prepostaviti da je u kontekstu dugo-godišnjih klimatskih prilika stanište provenijencije SB suše u odnosu na stanište provenijencije KA. Međutim, raspored oborina i njegov utjecaj na učestalost pojave umjereno do ekstremno sušnih mjeseci u provenijencijama SB i KA procijenjenih na temelju SPI3 $< -1,0$ (Tablica 1) otkriva da se u kontekstu dugogodišnjih klimatskih prilika staništa obiju provenijencija odlikuju podjednakom suhoćom i/ili vlažnošću. Na poslijetku, ako se u obzir uzmu količine oborina (Tablica 2) i njihov različit raspored u razdoblju 2016. – 2020. godine koji je rezultirao učestalijom pojavitom umjereno do ekstremno sušnih mjeseci u provenijenciji KA nego u provenijenciji SB na što ukazuje SPI3 $< -1,0$ (Slika 1) tada je moguće prepostaviti da je pomladak iz

Tablica 9. Srednje vrijednosti \pm SD parametara rasta; promjer vrata korijena (D_{st}), visina stablike (H_{st}) i dužina glavnog korijena (L_{ko}), te alometrijskih odnosa rasta; omjer promjera vrata korijena i visine stablike (D_{st}/H_{st}) i dužine glavnog korijena i visine stablike (L_{ko}/H_{st}) kao i parametara produkcije suhe tvari; ukupna masa suhe tvari (ST_{uk}), masa suhe tvari stablike (ST_{st}), ukupna masa suhe tvari korijenja (ST_{ko}), masa suhe tvari krupnog korijena (ST_{kk}) i masa suhe tvari sitnog korijena (ST_{sk}), te alometrijskih odnosa produkcije suhe tvari; omjer mase suhe tvari stablike i ukupne mase suhe tvari (ST_{st}/ST_{uk}), omjer ukupne mase suhe tvari korijenja i ukupne mase suhe tvari (ST_{ko}/ST_{uk}), omjer mase suhe tvari krupnog korijena i ukupne mase suhe tvari (ST_{kk}/ST_{uk}), omjer mase suhe tvari sitnog korijena i ukupne mase suhe tvari (ST_{sk}/ST_{uk}) te omjer ukupne suhe tvari korijena i suhe tvari stablike (ST_{ko}/ST_{st}) kod kitnjakova i bukova pomlatka.

Table 9. Mean values \pm SD of growth parameters; root collar diameter (D_{st}), stem height (H_{st}) and tap root length (L_{ko}), and of alometric growth relation; root collar diameter to stem height (D_{st}/H_{st}), tap root length to stem height (L_{ko}/H_{st}), as well as of parameters of dry matter production; total dry matter (ST_{uk}), stem dry matter (ST_{st}), total root dry matter (ST_{ko}), coarse root dry matter (ST_{kk}) and fine root dry matter (ST_{sk}), and of alometric relation of dry matter production; stem dry matter to total dry matter (ST_{st}/ST_{uk}), total root dry matter to total dry matter (ST_{ko}/ST_{uk}), coarse root dry matter to total dry matter (ST_{kk}/ST_{uk}), fine root dry matter to total dry matter (ST_{sk}/ST_{uk}) and total root dry matter to stem dry matter (ST_{ko}/ST_{st}) for oak and beech saplings.

Parametar – Parameter		Hrast kitnjak <i>Sessile oak</i>	Obična bukva <i>Common beech</i>
Rast – Growth	D_{st} (mm)	5,53 \pm 1,11	5,55 \pm 1,32
	H_{st} (cm)	34,10 \pm 7,15	39,19 \pm 8,83
	L_{ko} (cm)	35,81 \pm 8,63	25,22 \pm 6,66
Alometrijski odnosi rasta – Alometric growth relations	D_{st}/H_{st}	0,17 \pm 0,04	0,14 \pm 0,03
	L_{ko}/H_{st}	1,08 \pm 0,30	0,67 \pm 0,22
Producija suhe tvari – Dry matter production	ST_{uk} (g)	9,37 \pm 4,86	5,84 \pm 3,17
	ST_{st} (g)	2,76 \pm 1,32	2,71 \pm 1,51
	ST_{ko} (g)	6,61 \pm 3,72	3,13 \pm 1,81
	ST_{kk} (g)	6,15 \pm 3,57	2,63 \pm 1,62
	ST_{sk} (g)	0,46 \pm 0,28	0,50 \pm 0,35
Alometrijski odnosi produkcije suhe tvari – Alometric relations of dry matter production	ST_{st}/ST_{uk}	0,31 \pm 0,07	0,47 \pm 0,07
	ST_{ko}/ST_{uk}	0,69 \pm 0,07	0,53 \pm 0,07
	ST_{kk}/ST_{uk}	0,64 \pm 0,07	0,44 \pm 0,07
	ST_{sk}/ST_{uk}	0,05 \pm 0,03	0,09 \pm 0,05
	ST_{ko}/ST_{st}	2,44 \pm 0,86	1,21 \pm 0,38

Podebljane vrijednosti ukazuju na signifikantne razlike između vrsta pri $p < 0,05$
Bold values indicates significant differences between species at $p < 0,05$

provenijencije KA za vrijeme svoga rasta i razvoja (2016. – 2020. godina) bio češće izložen suši nego pomladak iz provenijencije SB. Takav rezultat dobro se uklapa u kontekst sveprisutnih klimatskih promjena u smjeru zasušivanja šumskih staništa na području Republike Hrvatske (Anić i dr. 2009, DHMZ 2018) u kombinaciji s činjenicom da provenijencija KA pridolazi vrlo blizu granice Cfsbx“

tipa klime (nepovoljnijega za razvoj šumske vegetacije) u kojem najsuši dio godine pada u toplo godišnje doba s glavnim oborinskim maksimumom koji se pojavljuje u kasnu jesen (Seletković i Katušin 1992).

Razlike između provenijencija s obzirom na rast i produkciju suhe tvari – Differences between provenances considering to growth and dry mass production

Signifikantno veći D_{st} i signifikantno manju H_{st} , odnosno signifikantno veći omjer D_{st}/H_{st} u provenijenciji KA nego u provenijenciji SB (Tablice 6 i 7), što je utvrđeno kod obje vrste (Tablica 8) moguće je objasniti na dva načina. S jedne strane, mladi naraštaj šumskog drveća s većim omjerom D_{st}/H_{st} ima veću mehaničku stabilnost što ga čini otpornijim na olujna nevremena i visoke snježne nanose (Moore i dr. 2008). S obzirom da je $S_{v_{max}}$ u provenijenciji KA veća nego u provenijenciji SB (Tablica 1) moguće je prepostaviti da je dobiveni rezultat posljedica seleksijskog pritiska uvjetovanoga različitom količinom snijega što je dovelo do stvarnih genetskih razlika između provenijencija. S druge strane, kod mladog naraštaja šumskoga drveća pod utjecajem suše u odnosu na uvjete normalne vlažnosti također može doći do povećanja omjera D_{st}/H_{st} (Arend i dr. 2011). S obzirom da je za vrijeme rasta i razvoja istraživanoga pomlatka u razdoblju 2016. – 2020. godine učestalost pojave sušnih mjeseci u provenijenciji KA bila veća nego u provenijenciji SB (Slika 1) moguće je prepostaviti da je ovaj rezultat posljedica fenotipske modifikacije (reakcije na sušu) pomlatka iz provenijencije KA, a ne stvarnih genetskih razlika između istraživanih provenijencija.

Nadalje, signifikantno veći L_{ko} i signifikantno manja H_{st} , odnosno signifikantno veći omjer L_{ko}/H_{st} u provenijenciji KA nego u provenijenciji SB (Tablice 6 i 7), što je utvrđeno kod obje vrste (Tablica 8) dokazuje da se pomladak iz provenijencije KA dublje zakorjenjivao i sporije rastao u visinu. Takav rezultat također je moguće povezati s fenotipskim modifikacijama istraživanog pomlatka iz provenijencija KA i SB zbog učestalije pojave relativno sušnih perioda u provenijenciji KA nego u provenijenciji SB tijekom njegova rasta i razvoja (Slika 1), što je uobičajen odgovor šumskog drveća na sušu (Arend i dr. 2011, Deligöz i Bayar 2018). Značajniji utjecaj seleksijskog pritiska uvjetovanog različitom količinom oborina i ili učestalošću sušnih perioda na dublje zakorjenjivanje i sporiji rast istraživanog pomlatka u visinu manje je realan. U prilog toj prepostavci idu činjenice da se u kontekstu dugogodišnjih klimatskih prilika staništa obiju provenijenciju odlikuju podjednakom učestalošću pojave suhih i ili vlažnih perioda, odnosno da se provenijencija KA u odnosu na provenijenciju SB odlikuje većom OB_{go} i OB_{vr} (Tablica 1).

Signifikantno veća ST_{sk} i signifikantno veći omjer ST_{sk}/ST_{uk} u provenijenciji KA nego u provenijenciji SB dokazuje da je pomladak iz provenijencije KA (koji je bio učestalije izložen sušnim periodima) više suhe tvari ulagao u sitno korijenje nego pomladak iz provenijencije SB (Tablice 6 i 7). Ovdje valja napomenuti da je to bilo izraženije kod bukova nego kitnjakova pomlatka (Tablica 8). Takav rezultat u skladu je s rezultatima ranijih istraživanja prema kojima bukov pomladak nakon izlaganja sušnom stresu i ponovnog intenziviranja asimilacije CO_2 većinu tada proizvedenih ugljikohidrata (resursa) usmjerava prema korijenu s ciljem poticanja njegove fiziološke aktivnosti i obnove sitnog korijenja (Hagedorn i dr. 2016, Leushner 2020). Što više, intenzivnije ulaganje resursa od strane bukova pomlatka iz provenijencije KA u obnovu sitnog korijenja u konačnici je rezultiralo time da je pomladak iz provenijencije KA uložio signifikantno više suhe tvari u korijen nego u stabljiku (63 % u korijen i 37 % u stabljiku) u odnosu na pomladak iz provenijencije SB (60 % u korijen i 40 % u stabljiku), unatoč tomu što se radi o relativno maloj razlici od svega 3 % (Tablice 7 i 8). Prethodno navedeno dodatno potvrđuje prilično veći omjer ST_{ko}/ST_{uk} kod pomlatka iz provenijencije KA u odnosu na pomladak iz provenijencije SB (koji je bio na granici signifikantnosti), te podjednaka ST_{kk} i podjednaki omjer ST_{kk}/ST_{uk} kod pomlatka obiju provenijencija (Tablica 7). S ozirom na gore navedeno moguće je pretpostaviti da je veći ST_{sk} kod pomlatka iz provenijencije KA u odnosu na pomladak iz provenijencije SB posljedica fenotipskih modifikacija kao reakcije na sušni stres.

Međutim, na umu treba imati i to da je signifikantno veća ST_{sk} kod pomlatka iz provenijencije KA ujedno mogla biti i posljedica veće količine oborina, kako u razdoblju 2016.–2020. godine (Tablica 2) tako i u dužem razdoblju 1949.–2019. godine (Tablica 1) i/ili nešto manjeg udjela gline u teksturi tla provenijencije KA u odnosu na provenijenciju SB (Tablica 3 i Slika 1). Navedene pretpostavke potvrđuju rezultati ranijih istraživanja prema kojima bukove i kitnjakove sastojine iz područja sa većom količinom oborina imaju veću masu suhe tvari sitnog korijenja nego sastojine iz područja s manjom količinom oborina (Leuschner i Hertel 2003, Leuschner i dr. 2004, Meier i Leuchner 2008, Fuchs i dr. 2020), odnosno, rezultati ranijih istraživanja prema kojima teksturno lakša tla s manjim udjelom gline u sitnici tla povoljno utječe na razvoj sitnoga korijenja kod šumskoga drveća (Bécel i dr. 2012, Weemstra i dr. 2017, Ostrogović Sever i dr. 2019). Na temelju takvog objašnjenja moguće je pretpostaviti da je ovakav rezultat posljedica seleksijskog pritiska uvjetovanoga različitom količinom oborina i/ili različitim teksturnim značajkama tla tj. stvarnih genetskih razlika između provenijencija.

Razlike između vrsta s obzirom na rast i produkciju suhe tvari – *Differences between species considering to growth and dry mass production*

Signifikantno veća L_{ko} i ST_{ko} s posebnim naglaskom na ST_{kk} odnosno signifikantno veći omjeri L_{ko}/H_{st} , ST_{ko}/ST_{st} i ST_{kk}/ST_{uk} kod kitnjakova u odnosu na bukov pomladak (Tablica 9) potvrđuju već poznate činjenice da kitnjak na početku svoga života u odnosu na bukvu ulaže više suhe tvari u rast krupnog korijena (pogotovo žile srčanice) s ciljem što dubljeg zakorjenjivanja i što efikasnijeg usvajanja vode i mineralnih hranjiva iz dubljih slojeva tla (Lloret i dr. 1999, Thomas 2000). To mu pomaže da poveća svoju osmotsku prilagodbu (Kaproth i Cavender-Bares 2016) i smanji negativan utjecaj transpiracije na gubitak vode iz svoga tkiva uslijed suše (Thomas i Gausling 2000, Allen 2015).

Za razliku od kitnjaka koji je primarno orijentiran na usvajanje vode uskladištene u dubljim slojevima tla pomoću žile srčanice, bukva je primarno orijentirana na usvajanje oborinske vode iz pličih slojeva tla pomoću sitnog korijenja (Hertel i dr. 2013, Knutzen i dr. 2015, Leushner 2020). S obzirom da je mlado neodrvenjelo korijenje fiziološki aktivnije i pri tome efikasnije usvaja vodu iz pličih slojeva tla (Bolte i dr. 2003, Leushner 2020) bukva tijekom vegetacijskoga razdoblja vrlo intenzivno obnavlja svoje sitno korijenje što podrazumijeva odbacivanje velike količine staroga uz istovremenu produkciju novoga korijenja (Meier i Leuschner 2008, Nikolova i dr. 2020). U konačnici, tako intenzivna obnova sitnoga korijenja kod bukve negativno utječe na produkciju njezine ukupne biomase, što je često puta vrlo izraženo u odnosu na njezine konkurentske vrste, uključujući i kitnjak (Leushner i dr. 2001a, 2001b). Prethodno navedeno navodi na zaključak da je u našem slučaju bukov pomladak također ulagao više svojih resursa u obnovu sitnog korijenja nego kitnjakov pomladak, što je u konačnici rezultiralo signifikantno nižom ST_{uk} kod bukova u odnosu na kitnjakov pomladak. To potvrđuje signifikantno veći omjer ST_{sk}/ST_{uk} u korist bukova pomlatka i signifikantno niža ST_{uk} bukova u odnosu na kitnjakov pomladak (Tablica 9).

S ozirom na sve navedeno, naši rezultati (Tablica 9) jasno i nedvosmisleno potvrđuju već poznate činjenice o međuvršnim razlikama između hrasta kitnjaka i obične bukve, što je vrlo vjerojatno povezano s evolucijom vrsta iz roda *Quercus* na sušim, a vrsta iz roda *Fagus* na mezofilnjim staništima (Madrigal-González i dr. 2017, Fang i Lechowicz 2006).

ZAKLJUČCI CONCLUSIONS

Pomladak iz provenijencije KA razvijao je deblju i nižu stabljiku, dublje se zakorjenjivao i producirao više sitnog korijenja u odnosu na pomladak iz provenijencije SB. Takav

bi rezultat mogao biti posljedica reakcije istraživanog pomlatka na učestalije pojave sušnih perioda za vrijeme nje-gova rasta i razvoja, ali i stvarnih genetskih razlika između provenijencija KA i SB, što ovom prilikom nije bilo moguće točnije razlučiti. U konačnici, pomladak iz provenijencije KA u odnosu na provenijenciju SB ulagao je više suhe tvari u rast i razvoj korijena na uštrb stabiljike s posebnim naglaskom na sitno korijenje, što u kombinaciji s dubljim zakorijenjivanjem ukazuje na njegovu funkcionalnu prilagodbu sušim stanišnim uvjetima.

Razlike u rastu i produkciji suhe tvari između kitnjakova i bukova pomlatka odgovaraju već otprije poznatim razlikama u kontekstu njihove funkcionalne prilagodbe na vlažnost i/ili suhoću staništa. To znači da se kitnjakov pomladak dublje zakorjenjivao i pritome ulagao više suhe tvari kru-pno korijenje u odnosu na bukov pomladak koji se plije zakorjenjivao i pritom ulagao više suhe tvari u sitno ko-rijenje.

ZAHVALA ACKNOWLEDGEMENTS

Ovo istraživanje provedeno je u sklopu istraživačkog projekta „IP-2020-02-5204 Fenotipski odgovor provenijencija obične bukve i hrasta kitnjaka na dugotrajnu sušu u inerakciji s različitom koncentracijom fosfora u tlu“ kojega finan-cira Hrvatska zaklada za znanost, a koji se od 1. siječnja 2021. godine provodi na Fakultetu šumarstva i drvene tehnologije, Sveučilišta u Zagrebu.

LITERATURA REFERENCES

- Bloom, A. J., F. S. Chapin, H. A. Mooney, 1985: Resource limitation in plants an economic analogy. *Annu Rev Ecol Syst*, 16: 363. – 392.
- Bolte, A., D. Hertel, C. Ammer, I. Schmid, R. Nörr, M. Kuhr, N. Redde, 2003: Freilandmethoden zur Untersuchung von Baumwurzeln, *Forstarchiv*, 74: 240. – 262.
- Bréda, N., A. Grainer, F. Barataud, C. Moyne, 1995: Soil water dynamics in an oak stand. *Plant Soil*, 172: 17. – 27.
- Buhk, C., M. Kämmer, C. Beierkuhnlein, A. Jentsch, J. Kreyling, H. F. Jungkunst, 2016: On the influence of provenance to soil quality enhanced stress reaction of young beech trees to summer drought, *Ecol Evol*, 6: 8276. – 8290.
- Cornes, R. C., G. van der Schrier, E. J. M. van den Besselaar, P. D. Jones, 2018: An Ensemble Version of the E-OBS Temperature and Precipitation Data Sets. *Jour Geo Res Atm*, 123: 9391. – 9409.
- Craine, J. M., R. Dybzinski, 2013: Mechanisms of plant compe-tition for nutrients, water and light, *Func Ecol*, 27: 833. – 840.
- Cutini, A., R. Mercurio, 1997: Growth and development of sessile oak (*Quercus petraea*) and Turkey oak (*Quercus cerris*) seedlings in response to varying light and soil moisture conditions, *Coenoses*, 12: 27. – 32.
- Day, S. D., N. L. Bassuk, 1994: A review of the effects of soil compaction and amelioration treatments on landscape trees, *J Arb*, 20: 9. – 17.
- Deligöz, A., E. Bayar, 2018: Drought stress responses of seedlings of two oak species (*Quercus cerris* and *Quercus robur*), *Turk J Agric For*, 42: 114. – 123.
- DHMZ, 2018: Sedmo nacionalno izvješće Republike Hrvatske prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih naroda o promjeni klime (UNFCCC), 1. – 41. Zagreb
- Dobbertin, M., B. Eilmann, P. Bleuler, A. Giuggiola, E. G. Pan-natier, W. Landolt, P. Schleppi, A. Rigling, 2010: Effect of irrigation on needle morphology, shoot and stem growth in a drought-exposed *Pinus sylvestris* forest, *Tree Physiol*, 30: 346. – 360.
- Enquist, B. J., K. J. Niklas, 2002: Global Allocation Rules for Pat-ters of Biomass Partitioning in Seed Plants, *Science*, 295: 1517. – 1520.
- Fang, J. M. J. Lechowicz, 2006: Climatic limits for the present distribution of beech (*Fagus L.*) species in the world, *J Biog*, 33: 1804. – 1819.
- Fortin 2019: Evidence of climate effects on the height-diameter relationships of tree species, *Ann For Sci*, 76: 1.
- Fuchs, S., D. Hertel, B. Schuldt, C. Leuschner, 2020: Effects of Summer Drought on the Fine Root System of Five Broadleaf Tree Species along a Precipitation Gradient. *Forests*, 11: 289.
- Gotelli, N. J., D. J. McCabe, 2002: “Species co-occurrence: a meta-analysis of J. M. Diamond’s assembly rules model”, *Ecology*, 83: 2091. – 2096.
- Hagedorn, F., J. Joseph, M. Peter, J. Luster, K. Pritsch, U. Geppert, R. Kerner, V. Molinier, S. Egli, M. Schaub, J.F. Liu, M. Li, K. Sever, M. Weiler, R. T. W. Siegwolf, A. Gessler, M. Arend, 2016: Recov-ery of trees from drought depends on belowground sink control, *Nat plants* 2: 16111.
- Hees, A. F. M., (1997) Growth and morphology of pedunculate oak (*Quercus robur* L) and beech (*Fagus sylvatica* L) seedlings in relation to shading and drought. *Ann Sci For*, 94: 9 – 18.
- Hertel, D., T. Strecker, H. Müller-Haubold, C. Leuschner, 2013: Fine root biomass and dynamics in beech forests across a pre-

- cipitation gradient – is optimal resource partitioning theory applicable to water-limited mature trees? *J Ecol*, 101: 1183. – 1200.
- HRN ISO 10390:2005: Određivanje hidrolitičke kiselosti titracijom – modificirana metoda po Kappen-u.
 - HRN ISO 11261:2004: Određivanje fiziološki aktivnog P2O5 i K2O AL – metodom, AL – metoda po Egner, Riehm, Domingo-u.
 - HRN ISO 11272:2004: Kakvoća tla – Određivanje volumne gustoće suhog tla.
 - HRN ISO 11274:2004: Gustoća čvrstih čestica i ukupna poroznost.
 - HRN ISO 11277:2011: Kakvoća tla – Određivanje raspodjele veličine čestica (mehaničkog sastava) u mineralnom dijelu tla -Metoda prosijavanja i sedimentacije.
 - HRN ISO 11464:2009: Kakvoća tla – Priprema uzorka za fizikalno-kemijske analize.
 - JDPZ, 1966: Hemijske metode istraživanja zemljišta, JDPZ, Beograd.
 - Kaproth, M. A., J. Cavender-Bares, 2016: Drought Tolerance and Climatic Distributions of the American Oaks, *International Oaks*, 27: 30. – 49.
 - Knutzen, F., I. C. Meier, C. Leuschner, 2015: Does reduced precipitation trigger physiological and morphological drought adaptations in European beech (*Fagus sylvatica* L.)? Comparing provenances across a precipitation gradient, *Tree Physiol*, 35: 949. – 963.
 - Kormanek, M., T. Głąb, J. Banach, G. Szewczyk, 2015: Effects of soil bulk density on sessile oak *Quercus petraea* Liebl. Seedlings, *Eur J Forest Res*, 134: 969. – 979.
 - Larcher, W., 2003: *Physiological plant ecology*, Springer, 1. – 513.
 - Leuschner, C., K. Backes, D. Hertel, F. Schipka, U. Schmitt, O. Terborg, M. Runge, 2001a: Drought responses at leaf, stem and fine root levels of competitive *Fagus sylvatica* L. and *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. trees in dry and wet years. *For Ecol Manage*, 149: 33. – 46.
 - Leuschner, C., D. Hertel, H. Coners, V. Büttner, 2001b: Root competition between beech and oak: a hypothesis, *Oecologia*, 126: 276. – 284.
 - Leuschner, C., D. Hertel, 2003: Fine root biomass in temperate forests in relation to site fertility, water regime and species, *Prog Bot*, 64: 405. – 438.
 - Leuschner, C., D. Hertel, A. Muhs, I. Schmid, O. Koch, 2004: Stand fine root biomass and fine root morphology in old-growth beech forests in response to rainfall height and soil acidity. *Plant Soil*, 258: 43. – 56.
 - Leuschner, C., 2020: Drought response of European beech (*Fagus sylvatica* L.) – A review, *Persp Plant Ecol Evol Syst*, 47: 125576.
 - Lloret, F., C. Casanovas, J. Penuelas, 1999: Seedling survival of Mediterranean shrubland species in relation to root: shoot ratio, seed size and water and nitrogen use, *Funct Ecol*, 13: 210. – 216.
 - Lynch, J., P. Marschner, Z. Rengel, 2012: Effect of internal and external factors on root growth and development, Marschner's mineral nutrition of higher plants, Elsevier, 331. – 345.
 - Madrigal-González, J., P. Ruiz-Benito, S. Ratcliffe, A. Ringling, C. Wirth, N. E. Zimmermann, R. Zweifl, M. A. Zavala, 2017: Competition drivers oak species distribution and functioning in Europe: Implications under global change, *Oaks Physiology. Exploring the functional diversity of genus *Quercus* L.*, Springer, 513. – 538.
 - Mao, W., G. Allington, Y. Li, T. Zhang, X. Zhao, S. Wang, 2012: Life history influences biomass allocation in response to limiting nutrients and water in an arid system. *Polish J Ecol*, 60: 545. – 557.
 - Meier, I. C., C. Leuschner, 2008: Belowground drought response of European beech: fine root biomass and carbon partitioning in 14 mature stands across a precipitation gradient. *Glob Change Biol*, 14: 2081. – 2095.
 - Meier, I. C., F. Knutzen, L. M. Eder, H. Müller-Haibold, M. O. Goebel, J. Bachmann, D. Hertel, C. Leuschner, 2017: The deep root system of *Fagus sylvatica* on sandy soil: structure and variation across a precipitation gradient, *Ecosystems*, 21: 280. – 296.
 - Moore, J. R., J. D. Tombleson, J. A. Turner, M. Van der Colff, 2008: Wind effects on juvenile trees: a review with special reference to toppling of radiata pine growing in New Zealand. *Forestry*, 81: 377. – 387.
 - Nambiar E. K., R. Sands, 1993: Competition for water and nutrition in forests, *Can J For Res*, 24: 1955. – 1968.
 - Nikolova, P.S., T.L. Bauerle, K. H. Häberle, H. Blaschke, I. Brunner, R. Matyssek, 2020: Fine-Root Traits Reveal Contrasting Ecological Strategies in European Beech and Norway Spruce During Extreme Drought, *Front Plant Sci*, 11: 1211.
 - Ostrogović M. Z., K. Sever, I. Anić, 2010: Utjecaj svjetla na prirodno pomladivanje hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u park-šumi Maksimir u Zagrebu. *Šum List*, 134 (3-4): 115. – 123.
 - Ostrogović Sever, M. Z., G. Alberti, G. Delle Vedove, H. Marjanović, 2019: Temporal Evolution of Carbon Stocks, Fluxes and Carbon Balance in Pedunculate Oak Chronosequence under Close-To-Nature Forest Management. *Forests*, 10: 814.
 - Pajtík, J., B. Konôpká, M. Lukac, 2011: Individual biomass factors for beech, oak and pine in Slovakia: a comparative study in young naturally regenerated stands, *Trees*, 25: 277. – 288.
 - Perčec-Tadić, M., 2010: Gridded Croatian climatology for 1961–1990. *Theor Appl Climat*, 102: 87. – 103.
 - Rewald, B., C. Leuschner, 2009: Belowground competition in a broad-leaved temperate mixed forest: pattern analysis and experiments in a four-species stand. *Eur J Forest Res*, 128: 387. – 398.
 - Scharnweber, T., M. Manthey, C. Criegee, A. Bauwe, C. Schröder, M. Wilmking, 2011: Drought matters—declining precipitation influences growth of *Fagus sylvatica* L. and *Quercus robur* L. in north-eastern Germany. *For Ecol Manage*, 262: 947. – 961.
 - Seletković, Z., Z. Katušin, 1992: *Klima Hrvatske, Šume u Hrvatskoj*, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Hrvatske Šume, 1. – 339., Zagreb.
 - Shigesada, N., K. Kawasaki, E. Teramoto, 1979: Spatial segregation of interacting species, *J Theor Biol*, 79: 83. – 99.
 - Škorić, A., 1986: *Pedološki praktikum*. Sveučilište u Zagrebu, 51.
 - Thomas, F. M., 2000: Vertical Rooting Patterns of Mature *Quercus* Trees Growing on Different Soil Types in Northern Germany, *Plant Ecology*, 147: 95. – 103.
 - Thomas, F. M., T. Gausling, 2000: Morphological and physiological responses of oak seedlings (*Quercus petraea* and *Q. robur*) to moderate drought, *Ann For Sci*, 57: 325. – 333.
 - Twum E. K. A., S. Nii-Annang, 2015: Impact of Soil Compaction on Bulk Density and Root Biomass of *Quercus petraea* L. at Re-

- claimed Post-Lignite Mining Site in Lusatia, Germany, Applide Environ Soil Sci, 2015: 504603
- Verónica, G., P. P. Luisa, R. Gerardoci, 2009: Allometric relations for biomass partitioning of *Nothofagus antarctica* trees of different crown classes over a site quality gradient, For Ecol Manage, 259: 1118. – 1126.
 - Vukelić J., Đ. Rauš, 1998: Šumarska fitocenologija i šumske zajednice u Hrvatskoj, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, 1. – 310.
 - Vukelić, J., 2012: Šumska vegetacija Hrvatske, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet i Državni zavod za zaštitu prirode, 1. – 403.
 - Weemstra, M., F. J. Sterck, E. J. W. Visser, T. W. Kuyper, L. Goudzwaard, L. Mommer, 2017: Fine-root trait plasticity of beech (*Fagus sylvatica*) and spruce (*Picea abies*) forests on two contrasting soils, Plant Soil, 415: 175. – 188.
 - Wright, S. J., J. B. Yavitt, N. Wurzburger, B. L. Turner, E. V. J. Tanner, E. J. Sayer, L. S. Santiago, M. Kaspari, L. O. Hedin, K. E. Harms et al., 2011: Potassium, phosphorus, or nitrogen limit root allocation, tree growth, or litter production in a lowland tropical forest, Ecology, 92: 1616. – 1625.
 - Zapater, M., C. Hossann, N. Bréda, 2011: Evidence of hydraulic lift in a young beech and oak mixed forest using ¹⁸O soil water labelling, Trees, 25: 885.

SUMMARY

The aim of this study was to examine the influence of climatic and edaphic conditions in two mixed stands (provenances) of common beech and sessile oak from eastern (Slavonski Brod - SB provenance) and northwestern (Karlovac - KA provenance) Croatia on the functional adaptation of growth and dry matter production of their natural saplings. The main differences between the provenances with regard to climatic conditions is reflected in the amount of precipitation. The amount of precipitation in the area of KA provenance is much higher than in the area of SB provenance (Table 1 and 2). In spite of, due to the unfavorable distribution of precipitation during the growth of the investigated saplings in the period 2016 – 2020, dry periods were more frequent in the KA provenance than in the SB provenance (Figure 1). Edaphic conditions (physical and chemical soil traits), did not significantly differ between the provenances. However, the soil of KA provenance was characterized by a slightly lighter structure (less clay and more skeletons) compared to the soil of SB provenance (Table 3 – 5 and Figure 2). Differences in growth and dry matter production, as well as in allometric growth relations between provenances and species were examined using two-way ANOVA. The obtained results indicate that the saplings from the KA provenance compared to the saplings from the SB provenance invested more dry matter in root growth (especially fine roots) and took root deeper. In addition, the saplings from the KA provenance developed a thicker and lower stem compared to the saplings from the SB provenance (Table 6 – 8). This indicates that the saplings from the KA provenance are functionally more adapted to the drought habitat. It could be the result of differently manifested phenotypic modification (drought response) and/or real genetic differences between provenances, which our research could not distinguish more accurately. The obtained differences in the growth and dry matter production between the sessile oak and the common beech saplings correspond to the already known patterns of their functional adaptation to the habitat humidity. It means that sessile oak saplings took deeper roots and invested more dry matter in the coarse roots compared to common beech saplings that took root more shallowly and invested more dry matter in the fine roots (Table 9).

KEY WORDS: *Quercus petraea* L., *Fagus sylvatica* L., drought, allometric growth relations, dry matter, fine roots, coarse roots, stem



Originalni STIHL lanci za pile: vrhunska kvaliteta i pouzdanost

STIHL kvaliteta razvoja: STIHL je jedini proizvođač motornih pila u svijetu koji je sam razvio svoje lance i vodilice. Na taj način se osigurava savršena usklađenost svih triju komponenti prilikom rada- pile, lanca i vodilice.

STIHL proizvodna kvaliteta: STIHL lanci izrađeni su " Švicarskom preciznošću " u STIHL tvornici u Wilu (Švicarska). Proizvode se na specijalnim strojevima koje su također razvijeni i proizvedeni od strane firme STIHL.

Vrhunska rezna učinkovitost: STIHL- ovi lanci za pile neće svoju kvalitetu i preciznost u rezanju pokazati samo na STIHL motornim pilama, nego i na pilama drugih proizvođača.

SPATIAL VARIATION OF MORPHOLOGICAL NEEDLE TRAITS OF SILVER FIR (*ABIES ALBA* MILL.) POPULATIONS IN THE BALKAN PENINSULA IN RELATION TO CLIMATIC FACTORS

PROSTORNA VARIJABILNOST MORFOLOŠKIH OBILJEŽJA IGLICA POPULACIJA JELE (*Abies alba* Mill.) NA BALKANSKOM POLUOTOKU U ODNOSU NA KLIMATSKE ČIMBENIKE

Vladan POPOVIĆ^{1†*}, Darka ŠEŠLIJA JOVANOVIĆ², Aleksandar LUČIĆ¹, Ljubinka RAKONJAC¹, Sanja JOVANOVIĆ¹, Aleksandar VASILJEVIĆ³, Danijela MILJKOVIĆ^{2†}

SUMMARY

Interpopulation and intrapopulation variability of three morphological needle traits (length, width and thickness) was investigated in 16 natural silver fir populations in the Balkan Peninsula. The populations represent refugial areas of silver fir (*Abies alba* Mill.). This paper aims to provide a comprehensive analysis of the influence of climatic factors (mean annual temperature, number of days with temperatures < 0, > 5, < 18, > 18°C, Hargreaves climatic moisture deficit and De Martonne aridity index, on the pattern of morphological needle traits within each population. Populations showed variation in the analyzed morphological needle traits, which could not be clearly defined by any of the analyzed climatic factors. The De Martonne aridity index and Hargreaves climatic moisture deficit had the greatest impact on the trait values, whereas the mean annual precipitation had the lowest. Evolutionary ecology research of the silver fir needle morphology is a valuable contribution to the comprehension of the present genetic variability as a prerequisite for adaptation to the rapid climate change and conservation of the species area in the Balkan Peninsula region.

KEY WORDS: needle morphology, climatic factors, silver fir, Balkan Peninsula

INTRODUCTION

UVOD

Natural loss of forests is a consequence of stress caused by fluctuations in environmental factors due to rapid climate

change as well as of the species sensitivity to temperature changes, water scarcity, anthropogenic factors (air pollution and human-driven deforestation), their genetic variability and adaptive capacity to adapt to such changes (Post-

¹ Dr Vladan Popović, Senior Research Associate, Institute of Forestry, Kneza Višeslava 3, Belgrade, Serbia, e-mail: vladanpop79@gmail.com; corresponding author, dr Aleksandar Lučić, Senior Research Associate, Institute of Forestry, Kneza Višeslava 3, Belgrade, Serbia, e-mail: aleksandar.lucic@gmail.com, dr Ljubinka Rakonjac, Principal Research Fellow, Institute of Forestry, Kneza Višeslava 3, Belgrade, Serbia, e-mail: ljubinka.rakonjac@forest.org.rs, MSc Sanja Jovanović, Research Assistant, Institute of Forestry, Kneza Višeslava 3, Belgrade, Serbia, e-mail: jovanovic.s289@gmail.com

² Dr Darka Šešlija Jovanović, Senior Research Associate, University of Belgrade, Institute for Biological Research "Siniša Stanković", National Institute of Republic of Serbia, Despot Stefan Blvd. 142, Belgrade, Serbia, e-mail: darka.seslija@ibiss.bg.ac.rs, dr Danijela Miljković, Principal Research Fellow, University of Belgrade, Institute for Biological Research "Siniša Stanković", National Institute of Republic of Serbia, Despot Stefan Blvd. 142, Belgrade, Serbia, e-mail: danijela.miljkovic@ibiss.bg.ac.rs.

³ Dr Aleksandar Vasiljević, Research Associate, Greenfor, Brdovita 16, Belgrade, Serbia, e-mail: aca.vasiljevic@green.rs

[†] These authors have contributed equally to this work and share first authorship

olache *et al.* 2013). The pattern of variability at the interpopulation and intrapopulation level has been modified by changing environmental conditions (Turunen *et al.* 1999; Klančnik *et al.* 2014). Studies confirm that abiotic factors (edaphic and climatic conditions) significantly affect the morphological and anatomical traits of pine needles (Schoettle and Rochelle 2000; Jankowski *et al.* 2017), intrapopulation differentiation of morphological traits of Scots pine needles (*Pinus silvestris*), and geographical differentiation of species (Niinemets *et al.* 2001; Urbaniak *et al.* 2003; Pensa *et al.* 2004).

Degradation of silver fir (*A. alba* Mill.) is the result of lower interpopulation and intrapopulation (genetic) variability, which leads to decrease in the adaptive capacity compared to other forest species (Musil and Hamernik 2007). The abilities of plant species in forest ecosystems to adapt to climate change, and their distribution along a large scale of heterogeneous environmental conditions are determined by the genetic resources of species (Falk and Hempelmann 2013; Naudiyal *et al.* 2021). Climate changes modify the growth of forest ecosystem species, so that decades-old trees present an archival imprint of environmental change (Bradshaw *et al.* 2000; Pandey 2021). Abiotic factors (altitude, air temperature, atmospheric pressure, photoperiod, precipitation, wind speed, mean annual temperatures), as well as nutrients, affect the physiological, anatomical and morphological traits of leaves or needles (Kašpar *et al.* 2017; Miljković *et al.* 2019; De La Torre *et al.* 2021). The morphology and anatomical structure of needles reflect their adaptation to changing environmental conditions (Xing *et al.* 2014). The most of needle traits are stable at the species level, but phenotypic variations in morpho-anatomical needle traits are the result of physiological adaptive evolution (Radu *et al.* 2014; Huang *et al.* 2016; Zhang *et al.* 2017; Wang *et al.* 2020). The characteristics of leaves / needles as the basic photosynthetic apparatus and the phenological phase of plants possess interspecific, interpopulation and intrapopulation differences due to changing environmental conditions (Turunen *et al.* 1999; Klančnik *et al.* 2014), as well as to age classes, and the position of leaves / needles in the canopy (Robakowski *et al.* 2004, Lukeš *et al.* 2013, Olascoaga *et al.* 2014). The morphological silver fir needle traits were used to determine the variability of natural populations in Northern Macedonia (Popnikola 1974), interindividual differentiation of trees in the western Serbia (Ratknić *et al.* 2013) and Tisovik Reserve (Pawlaczyk *et al.* 2005), and the influence of light on the seedling development (Robakowski *et al.* 2004; Dörken and Lepetit 2018).

The silver fir (*A. alba* Mill., Pinaceae) has the tallest tree in the genus *Abies* in Europe. In favorable environmental conditions it can live to the age of 500–600 years. Some mature trees can reach a height of 60–65 m and a diameter at breast height of 150–200 (380) cm. Natural habitats of silver fir are

mountainous areas of Eastern, Western, Southern and Central Europe, where it grows mainly with beech (*Fagus sylvatica* L.) at lower and middle altitudes and with spruce (*Picea abies* L. Karst) at higher altitudes (Liepelt *et al.* 2009). The silver fir habitats spread from 52° N in the north (Poland) to 40° N in the south (northern border of Greece) and from 5° E in the west (western Alps) to 27° E in the east (Romania, Bulgaria). It occurs mainly at altitudes of 500 to 800 meters, and when going from north to south, the altitude increases. Due to the large distribution, this species is not yet endangered, although in the last 200 years silver fir forests have been significantly reduced in most European countries (Wolf 2003).

The aim of this research was to determine interpopulation and intrapopulation variability of the silver fir (*A. alba* Mill.) morphological needle traits and the contribution of certain climatic factors to its variability.

MATERIAL AND METHOD MATERIJALI I METODE

Plant material and needle traits

Plant material for morphometric analysis was collected in 16 natural, geographically distant, silver fir populations in the Balkan Peninsula during August 2019. Populations were located at altitudes ranging from 720 to 1860 meters above sea level. The following geographical and climatic characteristics were used in the analyses: altitude, latitude, longitude, MAT (mean annual temperature (°C)), degree-days: <0, >5, <18, >18 (days), CMD (Hargreaves climatic moisture deficit (mm)) and I_{DM} (De Martonne aridity index) (Table 1). Hargreaves climatic moisture deficit is the climatic parameter calculated as the sum of the monthly (m) difference between a reference evaporation (Eref) and precipitation (P) (ClimateWNA, Wang *et al.* 2012). In the case $Eref \leq P$ (m), then $CMD = 0$, and if $Eref$ (m) > P (m), then $CMD = Eref$ (m) - P (m). Location aridity was estimated using the de Marton aridity index $I_{DM} = MAP / (MAT + 10)$. Mean annual temperature and precipitation were estimated for the period from 1961 to 2018 according to the ClimateEU v4.63 software package, available at <http://tinyurl.com/ClimateEU> (Hamann *et al.* 2013).

Each population was represented by 20 trees (approximately 80–100 years old). Branches with needles were sampled from the northeast side of the canopy at a height of about 6 meters. Analyses were performed on 320 trees. A sample of 10 two-year old needles was randomly taken from each branch (3200 needles in total).

The needle length (NL) was measured with a vernier caliper with an accuracy of 0.01 mm. The needle width (NW) and needle thickness (NT) were measured on microscope slides using a light microscope (Carl Zeiss Jena, Laboval 2),

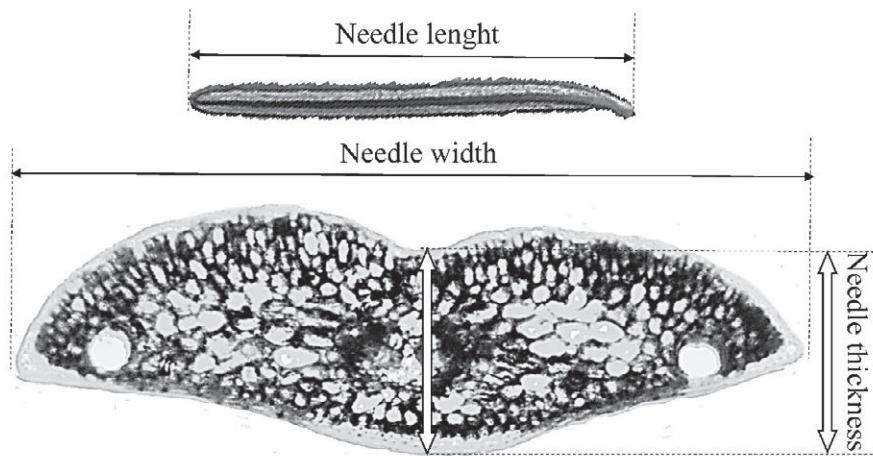


Figure 1. The *Abies alba* Mill. (L.) Karst. needle and transverse section (40 x magnification), with labeled morphological traits.
Slika 1. *Abies alba* Mill. (L.) igla i poprečni presjek (40 x povećanje), s označenim morfološkim osobinama.

a camera (microK) and a software package for calibration and measurement (TopView) (Figure 1). Microscope slides were obtained by cutting the middle of the needle with a scalpel (about 100 μ thick) by hand. Images were taken in JPG format with an image size resolution of 2592 \times 1944 pixels.

Statistical analyses

The mean values of morphometric needles traits (length, width and thickness) were evaluated by PROC MEANS procedure in SAS software. 3D scatterplot was used for the presentation of the morphological trait mean values in each population. Statistically significant differences in the sil-

Table 1. Geographic information: altitude, latitude, longitude and climatic parameters MAT (mean annual temperature ($^{\circ}$ C), degree-days: < 0, > 5, < 18 and > 18 (days), CMD (Hargreaves climatic moisture deficit (mm)), I_{DM} (De Martonne aridity index) in 16 silver fir (*Abies alba* Mill.) populations in the Balkan Peninsula.

Tablica 1. Geografski podaci: nadmorska visina, zemljopisna širina, dužina i klimatski parametri MAT (srednja godišnja temperatura ($^{\circ}$ C), stupanj-dani: < 0, > 5, < 18 i > 18 (dani), CMD (Hargreavesov deficit klimatske vlage (mm)), I_{DM} (De Martonneov indeks aridnosti) u 16 populacija jеле (*Abies alba* Mill.) na Balkanskom poluotoku.

Populations Populacija	Elevation Nadmorska visina (m)	Latitude Zemljopisna širina WGS84	Longitude Zemljopisna dužina WGS84	MAT	Degree-days Stupanj-dani					
					<0	>5	<18	>18	CMD	I_{DM}
Pohorje (SLO)	720	46.6039	15.3614	6.6	445	1623	4212	40	0	75.4
Goč (SRB)	900	43.5603	20.7086	7.7	331	1801	3817	70	110	48.3
Lisina (BIH)	980	44.4038	17.0027	6.9	355	1610	4086	38	72	63.7
Pirin (BG)	1100	41.5689	23.5583	8.3	236	1903	3592	102	364	58.2
Tara (SRB)	1100	43.9094	19.4131	6.8	362	1561	4128	22	38	32.1
Stara planina (SRB)	1160	43.2494	22.8380	6.1	429	1449	4369	10	149	44.2
Javor (SRB)	1200	43.4147	20.0647	6.5	394	1501	4243	15	44	60.8
Kovač (MNE)	1250	43.5033	19.1667	6.3	380	1420	4317	1	46	66.8
Osogovo(BG)	1260	42.2144	22.4825	6.7	354	1529	4171	20	298	36.0
Zlatar (SRB)	1290	43.4267	19.7983	6	425	1392	4402	0	38	64.5
Dubočica (SRB)	1310	43.1628	19.8775	6.1	413	1399	4382	0	50	67.1
Kopaonik (SRB)	1360	43.2841	20.8522	5.5	463	1286	4606	0	46	60.8
Romanija (BIH)	1380	43.9297	18.4964	5.3	457	1237	4675	0	33	68.6
Golija (SRB)	1390	43.3480	20.4472	5.3	490	1266	4662	0	41	63.5
Hajla (MNE)	1520	42.7806	20.1886	5.1	465	1193	4735	0	51	73.0
Rila (BG)	1860	42.1517	23.5597	2.9	676	774	5522	0	125	58.7

ver fir needle traits were estimated by the analysis of variance (ANOVA, procedure PROC GLM in SAS software). Testing the significance of differences between populations (as fixed factor) and trees nested in population (as a random factor) was performed by F-test, using RANDOM options in PROC GLM procedure. The PROC CORR option in the SAS software was used to estimate Pearson's correlation coefficient between morphological needle traits and climatic factors. The Principal Component Analysis (PCA), a multivariate method, was applied for the analysis of population variability. In order to examine the patterns of population variability in relation to the morphological needle traits and climatic factors PCA based on the correlation matrix (Pearson's method) was performed. We used scatterplot graph to visually present results both on populations, morphological needle traits and climatic factors. The Microsoft Excel XLSTAT add-in software package Agglo-

merative Hierarchical Clustering (AHC) (Ward's method) was performed on standardized mean values of needle traits using Euclidean distance, which provided the optimal classification of the analyzed populations into homogeneous groups, so-called clusters. The cluster analysis was visually presented by a dendrogram.

Statistical data analyses were performed using the appropriate procedures in the software package SAS 9.1.3. Graphic presentations of the obtained results were performed by XLSTAT in Microsoft Excel add-in software package.

RESULTS

REZULTATI

Mean values of the morphological needle traits varied between populations. The needle length varied from 2.08 to

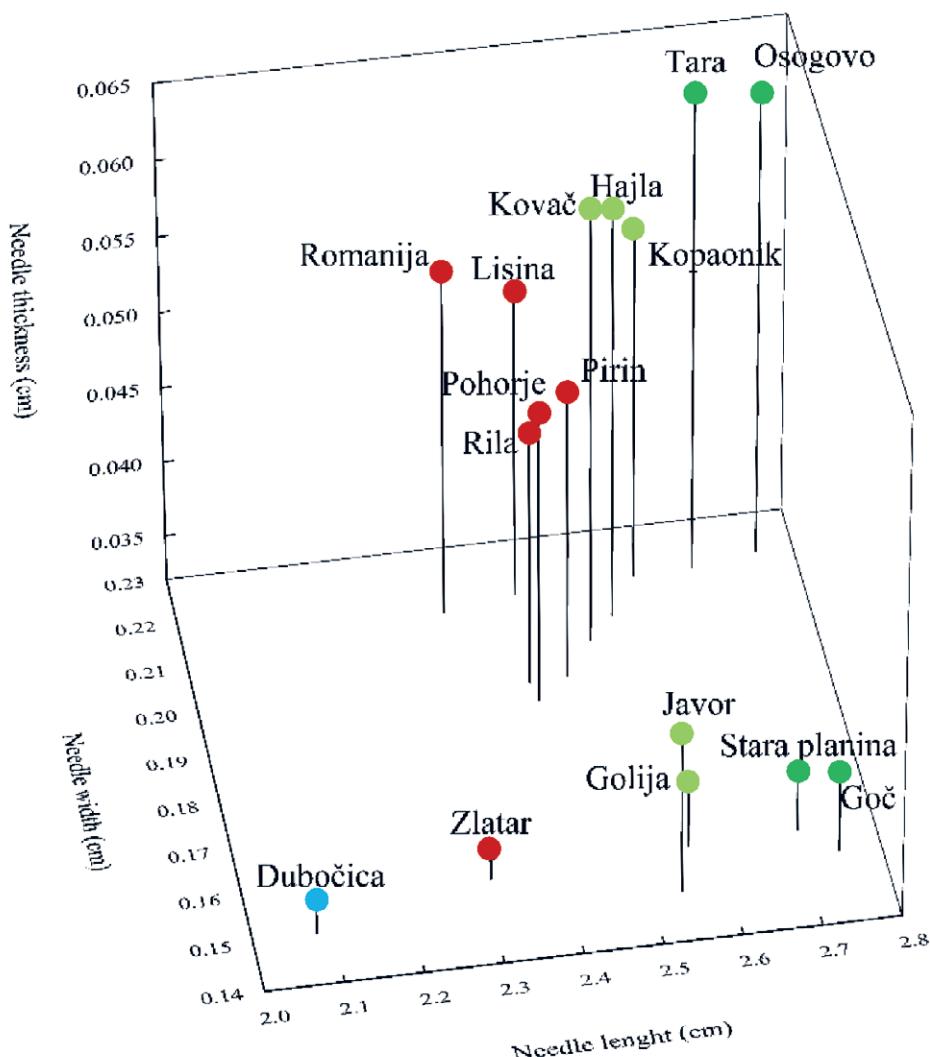


Figure 2. 3D scatter plot of the needle lenght, width and thickness of the silver fir (*Abies alba* Mill.) populations in the Balkan Peninsula. The colors correspond to the cluster analysis of populations differentiation (see below Figure 4.).

Slika 2. 3D dijagram raspršenosti dužine, širine i deblijine iglica populacija jele (*Abies alba* Mill.) na Balkanskom poluotoku. Boje odgovaraju klaster analizi diferencijacije populacija (vidi sliku 4 dolje).

Table 2. Results of ANOVA analysis with fixed factor population (P), trees nested in population (Tree (P)) as a random factor for the silver fir (*Abies alba* Mill.) morphological needle traits.

Tablica 2. Rezultati ANOVA analize s populacijom kao fiksnim faktorom (P), stablima ugnježđenim u populaciji (Stablo (P)) kao slučajnim faktorom za morfološka obilježja iglica jele (*Abies alba* Mill.).

Source of variation Izvor varijacije	Needle lenght Dužina iglice			Needle width Širina iglice			Needle thickness Debljina iglice	
	df	MS	F	MS(x10 ⁻³)	F	MS(x10 ⁻³)	F	
Population (P)	15	6.17	5.20****	162.44	60.61****	22.61	77.59****	
Tree (P)	304	1.19	28.21****	2.68	35.57****	0.29	16.51****	
Error	2880	0.04		0.08		0.02		

**** P < 0.0001.

2.75 cm, the needle width from 0.15 to 0.22 cm and the needle thickness from 0.034 to 0.064 cm. On the 3D scatter plot can be noticed that Dubočica population had the lowest needle mean values. The populations of Zlatar, Golija, Javor, Stara planina and Goč made a group with smaller NW and NT compared to the other populations (Figure 2).

The populations of Tara and Osogovo were singled out as the populations with the highest mean values of the needle traits. High negative correlation ($r = -0.83$, $p < 0.00001$) was obtained between these indices (CMD and I_{DM}). A negative statistically significant correlation was obtained for the ratio of altitude and evaporation ($r = -0.51$, $p < 0.0018$) indicating that the higher the altitude the less the evaporation. The correlation between CMD and elevation was weakly negative, but also significant ($r = -0.44$, $p < 0.0054$).

Interpopulation and intrapopulation variability was statistically significant and confirmed by the results of the

applied ANOVA model. Namely, all three morphological needle traits showed highly significant differences between populations and between trees within populations (all $p < 0.0001$) (Table 2).

Based on the results of the applied PCA analysis, the obtained first principal component axis (PC1) described 56.28% of the total variability, and the second (PC2) 23.83% (Figure 3A). The variability of the needle samples could be clearly separated and the first two axes described 80.01% of the population variability of the silver fir morphological needle traits (Figure 3B). MAT and degree days (< 0 , > 5 , < 18 and > 18) contributed the most to the separation of populations based on the first PCA axis (make sharp angle $< 90^\circ$) (Figure 3). According to the second PCA axis, the characteristics of NW and NT contributed the most to the separation of populations (the factor values of the second principal component were > 0.90). The lowest mean values of these

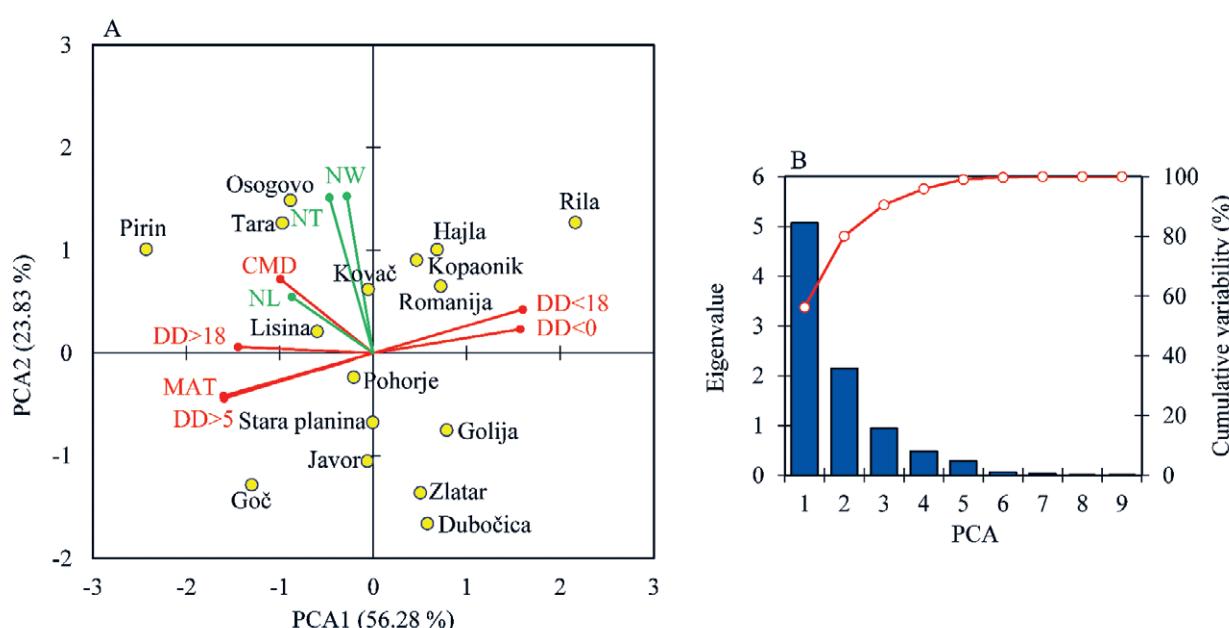


Figure 3. PCA triplot showing the first two principal component axes for the silver fir morphological needle traits, climatic factors and populations in the Balkan Peninsula (A); Eigenvalues of all nine principal components with percentage of cumulative variability (B).

Slika 3. PCA triplot koji prikazuje prve dvije glavne komponente osi za morfološka obilježja iglica jele, klimatski čimbenici i populacije na Balkanskom poluotoku (A); Vlastite vrijednosti svih devet glavnih komponenti s postotkom kumulativne varijabilnosti (B).

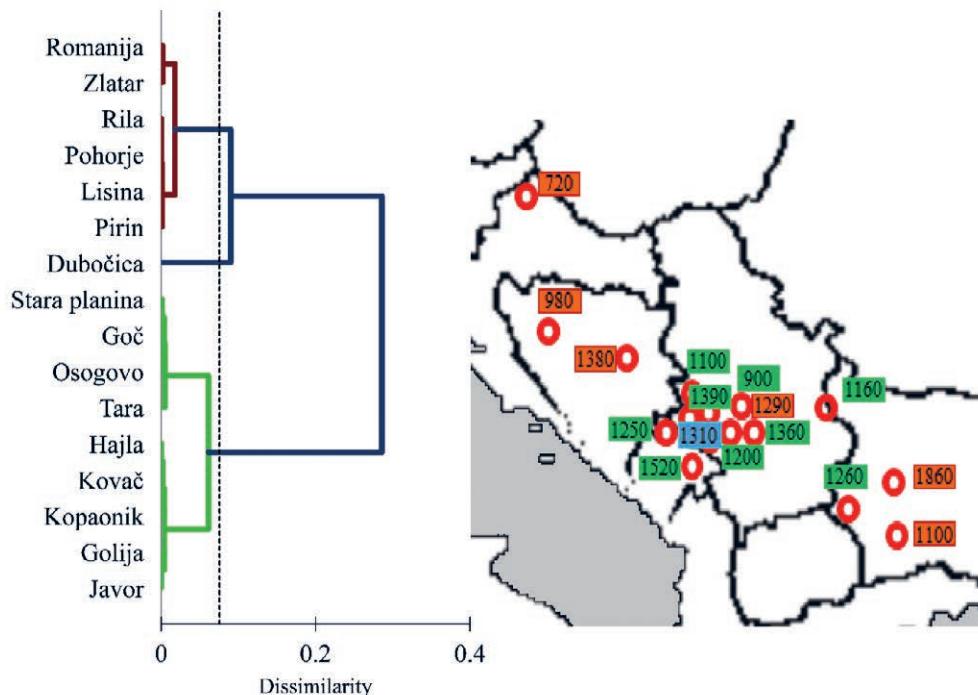


Figure 4. Dendrogram showing the grouping of 16 populations based on the silver fir (*Abies alba* Mill.) morphological needle traits with map of population distribution and altitude (m a.s.l.).

Slika 4. Dendrogram koji prikazuje grupiranje 16 populacija na temelju morfoloških obilježja iglica srebrne jele (*Abies alba* Mill.) i mapu distribucije populacija sa nadmorskom visinom (m a.s.l.).

two needle traits contributed to the separation of the populations Zlatar and Dubočica. The highest mean values of the same needle traits contributed to the separation of the populations Tara and Osogovo, as well as the CMD values that were considerably higher than in the other populations (364 and 298; respectively). The NL vector was the shortest, which indicated that it was poorly described by the first two principal components and had less effect on population separation compared to the other two morphological needle traits (Figure 3).

Three clusters could be observed according to the agglomerative hierarchical clustering (AHC) analysis of the morphological needles traits of 16 silver fir populations (with a dendrogram cut at 0.076 Euclidean distances) (Figure 4). One cluster consisted of the two groups of populations: Stara planina, Goč, Osogovo and Tara (with NL > 2.67 cm, lower I_{DM} values < 50 and higher values of CMD), and Hajla, Kovač, Kopaonik, Golija and Javor (NL > 2.50 cm, the indices did not stand out in values compared to other populations). Dubočica population had the lowest mean values (for example NL = 2.08 cm, NW = 0.15 cm and NT = 0.03 cm) of the analyzed traits, although none of the climatic factors differed significantly relative to the other populations. Other populations formed the third cluster with two subclusters according to the NL values: Pohorje, Lisina, Pirin, Zlatar, Romanija and Rila populations had less values (NL < 2.50 cm and CMD values < 72, and I_{DM} values > 63)

compared to the populations from the other cluster (Figure 4). Optimal classification of the analyzed populations into homogeneous groups - clusters was obtained on the basis of the large differences between (75.64%) and within (24.36%) homogeneous groups.

DISCUSSION RASPRAVA

Tree populations continuously face new and rapidly changing selective pressures, such as more frequent extreme droughts that threaten the conservation of forest ecosystems (Lindner *et al.* 2010; Griesbauer *et al.* 2021). Since the global warming has caused water shortages and high temperatures in recent decades, the genetic diversity remains one of the most important factors that contribute to species adaptability (Thompson *et al.* 2009; Sánchez-Velásquez *et al.* 2021). Forest degradation leads to a reduction in population size that may lead to a reduction in genetic diversity in the next generation (Leimu *et al.* 2006). Reduction of forest areas, caused by drought, happens more often at the southern borders than in the center of the species distribution according to the biogeographic distribution scale (Hampe and Petit 2005; Jump *et al.* 2009). Numerous studies of interpopulation and intrapopulation (genetic) variability enable the understanding of differential responses of tree populations to drought stress (Allen *et al.* 2010).

Silver fir populations are a type of forest ecosystem that are autochthonous and originate from the glaciation period. The pattern of genetic differentiation fully corresponds to the morphological variation in the silver fir. Southern populations are much more variable (in some of the morphological traits like the number of stomates, needle thickness and width, etc.) compared to morphologically uniform northern populations (Paule *et al.* 2002).

The spatial variation of the silver fir morphological needle traits was observed in this study. Namely, the humidity index made the greatest impact on the obtained differences in the values of the morphological needle traits between populations. The values of the CMD water deficit index indicate the existence of drier environment in relation to other localities and depend on the degree of evaporation and precipitation on seasonal basis. Pirin and Osogovo populations had the lowest amount of precipitation compared to the others (about 600 mm/m²), whereas Pohorje as a population with lowest altitude (720 m a.s.l) had the amount of precipitation about 1251 mm/m².

The morphological needle traits that are partly influenced by edaphic and climatic conditions were a useful tool in assessing the intrapopulation and interpopulation differentiation of Scots pine (Irvine *et al.* 1998, Niinemets *et al.* 2001, Pensa *et al.* 2004, Poljak *et al.* 2020, Ergül Bozkurtet *et al.* 2021). They have also proven their importance in the characterization of the *Pinus sylvestris* population and in the description of the geographical differentiation of this species (Urbaniak *et al.* 2003).

With increasing altitude environmental factors become more stressful, as a decrease of temperature and atmospheric pressure and an increase of precipitation and wind strength directly affect the growth and development of plants. The adaptive potential to environmental stress conditions is species-specific. The pattern of leaf morphology traits is determined by temperature and available water resources compared to spatial gradients (Zhu *et al.* 2022). Comparing the *Fagus sylvatica* morphological leaf traits and *Picea abies* morphological needle traits in a long period of time (two decades), it was found that the summer and autumn air temperatures in the previous year and reduced atmospheric pressure affected the European beech leaf morphology, whereas spring air temperatures of the current year affected the Norway spruce needle morphology (Zhu *et al.* 2022). For example, the size of wild cherry leaves (as a broadleaves species) was influenced by the amount of precipitation in May and the De Martonne aridity index (Miljković *et al.* 2019). The number of days with temperatures below 0°C, the amount of precipitation and the altitude affected growth and phenology of *Pseudotsuga menziesii* (De La Torre *et al.* 2021). The interpopulation variability of *P. tabuliformis* morpho-anatomical needle

traits also showed a positive correlation between the needle size and the amount of annual precipitation (Zhang *et al.* 2017), in contrast to *P. yunnanensis* needle size that showed a negative correlation with the amount of annual precipitation and temperature but a positive correlation with the latitude (Huang *et al.* 2016). In *Pinus roxburghii*, the needle length was shorter at higher altitudes (Tiwari *et al.* 2013). In our work, the the silver fir needle length was not correlated with altitude. Climate change increases aridity, and due to rising temperatures the rate of evapotranspiration increases, so that higher temperatures and less precipitation lead to climate stress caused by humidity. CMD as a quantification of stress caused by water deficit, which defines the dynamics of vegetation in ecosystems, is a parameter that is expected to increase in the future. In the Balkan Peninsula region, the projection is that these values will be three times higher than those recorded in the analyzed locations (Girvetz and Zganjar 2014). They will be close to the values recorded in the populations Pirin and Osogovo (CMD values 364 vs. 298; respectively), which have been confirmed to have influenced the silver fir morphological needle traits. The aridity index is in the semi-arid category (Nunes *et al.* 2016) in the areas where the populations Pirin and Osogovo are located (I_{DM} values 32.13 vs. 35.99; respectively). Tara population is the central area of the silver fir distribution and belongs to the category of sub-humid area ($I_{DM} = 58.15$). However, the microenvironmental conditions in the area indicate that the change in climatic factors occurred according to the projection of Girvetz and Zganjar (2014), i.e. to drier climate conditions.

CONCLUSIONS

ZAKLJUČCI

The analyzed populations varied in the mean values of the silver fir morphological needle traits. None of the silver fir morphological needle traits was statistically significantly correlated with altitude, whereas the climatic factors were significantly correlated. Namely, the number of days with temperature < 0°C and > 18°C showed positive correlation, and the number of days with temperature > 5°C and > of 18°C showed negative with altitude. The Hargreaves climatic moisture deficit was the highest in the Pirin and Osogovo populations, as a consequence of the lowest values of mean annual precipitation in relation to the rest, although the impact on the silver fir morphological needle traits was not clear (the needle length was shorter in Pirin population compared to Osogovo, 2.47 cm vs. 2.75 cm; respectively). Research of the larger southern area of the silver fir distribution gives a better picture on the variability of the morphological needle traits in relation to the climatic characteristics that are both spatially and temporally divergent. The obtained pattern of variability in local environ-

mental conditions and adaptation of the species to more stressful environmental conditions will enable better design of breeding programs in order to adapt to projected climate change in the future. As a part of natural population monitoring, evolutionary ecology research of the silver fir needle morphology is the valuable contribution to the comprehension of present genetic variability as a prerequisite for the possibility of adaptation to rapid climate change and conservation of the species area in the Balkan Peninsula. Defining forest response to the spatial environmental changes through the acclimatization abilities of the evergreen conifer trees (for example morphological needles traits) is essential for predicting the survival of these ecosystems.

ACKNOWLEDGMENTS

ZAHVALE

This study was supported by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia, grant numbers: 451-03-9/2021-14/200027 and 451-03-9/2021-14/ 200007.

REFERENCES

LITERATURA

- Allen, C.D., A.K., Macalady, H., Chenchoune, D., Bachelet, N., McDowell, M., Vennetier, T., Kitzberger, A., Rigling, D.D., Breshears, E.H., Hogg, P., Gonzalez, R., Fensham, Z., Zhang, J., Castro, N., Demidova, J.H., Lim, G., Allard, S.W., Running, A., Semerci, N., Cobb, 2010: A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *For Ecol Manage*, 259: 660-684. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.001>.
- Bradshaw R.H., B.H., Holmqvist, S.A., Cowling, M.T., Sykes, 2000: The effects of climate change on the distribution and management of *Picea abies* in southern Scandinavia. *Can J For Res*, 30(12): 1992-1998. <https://doi.org/10.1139/x00-130>.
- De La Torre, A.R., B., Wilhite, D., Puiu, J.B., St Clair, M.W., Crepeau, S.L., Salzberg, D.B., Neale, 2021: Dissecting the Polygenic Basis of Cold Adaptation Using Genome Wide Association of Traits and Environmental Data in Douglas-fir. *Genes*, 12(1):110. <https://doi.org/10.3390/genes12010110>.
- Dörken, V.M., B., Lepetit, 2018: Morpho-anatomical and physiological differences between sun and shade leaves in *Abies alba* Mill. (Pinaceae, Coniferales): a combined approach. *Plant Cell Environ*, 41(7), 1683–1697. doi:10.1111/pce.13213
- Ergül Bozkurt, A., K. Coşkunçelebi, S. Terzioglu, 2020: Population variability of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Turkey according to the needle morphology. *Sumar List*, 148(7-8): 347-354.
- Falk W., N., Hempelmann, 2013: Species favourability shift in Europe due to climate change: a case study for *Fagus sylvatica* L. and *Picea abies* (L.) Karst. based on an ensemble of climate models. *Int J Climatol*, 2013, 18p. <https://doi.org/10.1155/2013/787250>.
- Girvetz, E. H., C., Zganjar, 2014: Dissecting indices of aridity for assessing the impacts of global climate change. *Clim Change*, 126(3), 469-483.
- Griesbauer, H., S.C., DeLong, B., Rogers, V., Foord, 2021: Growth sensitivity to climate varies with soil moisture regime in spruce-fir forests in central British Columbia. *Trees*, 35(2), 649-669.
- Hamann A., T.L., Wang, D., Spittlehouse, T.Q., Murdock, 2013: A comprehensive, highresolution database of historical and projected climate surfaces for Western North America. *Bull Am Meteorol Soc*, 94:1307-1309. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-12-00145.1>
- Hampe, A., R.J., Petit, 2005: Conserving biodiversity under climate change: the rear edge matters. *Ecol Lett*, 8: 461-467. doi: 10.1111/j.1461-0248.2005.00739.x.
- Huang, Y., Mao, J., Chen, Z., Meng, J., Xu, Y., Duan, A. and Li, Y., 2016: Genetic structure of needle morphological and anatomical traits of *Pinus yunnanensis*. *J For Res*, 27(1), pp.13-25.
- Irvine J., M.P., Perks, F., Magnani, J., Grace, 1998: The response of *Pinus sylvestris* to drought: stomatal control of transpiration and hydraulic conductance. *Tree Physiol*, 18: 393-402. <https://doi.org/10.1093/treephys/18.6.393>.
- Jankowski A., T.P., Wyka, R., Źytkowiak, B., Nihlgård, P.B., Reich, J., Oleksyn, 2017: Cold adaptation drives variability in needle structure and anatomy in *Pinus sylvestris* L. along a 1,900 km temperate-boreal transect. *Funct Ecol*, 31(12):2212-2223. <https://doi.org/10.5061/dryad.001g4>.
- Kašpar J., J., Hošek, V., Treml, 2017: How wind affects growth in treeline *Picea abies*. *Alp Bot*, 127(2):109-120. <https://doi.org/10.1007/s00035-017-0186-x>.
- Klančnik K., K., Vogel-Mikuš, A., Gaberščik, 2014: Silicified structures affect leaf optical properties in grasses and sedge. *J Photochem Photobiol B* 130: 1-10. doi: 10.1016/j.jphotoobiol.2013.10.011
- Leimu, R., P., Mutikainen, J., Koricheva, M., Fischer, 2006: How general are positive relationship between plant population size, fitness and genetic variation? *J Ecol*, 94: 942-952. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2745.2006.01150.x>.
- Liepelt, S., R., Cheddadi, J.L., de Beaulieu, B., Fady, D., Gömöry, E., Hussendörfer, M., Konnert, T., Litt, R., Longauer, R., Terhürne-Berson, B., Ziegenhagen, 2009: Postglacial range expansion and its genetic imprints in *Abies alba* Mill. A synthesis from palaeobotanic and genetic data. *Rev Palaeobot Palynol*, 153: 139-149. doi: 10.1016/j.revpalbo.2008.07.007.
- Lindner, M., M., Maroscheck, S., Netherer, A., Kremer, A., Barbati, J., García-Gonzalo, R., Seidl, S., Delzon, P., Corona, M., Kolström, M.J., Lexer, M., Marchetti, 2010: Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *For Ecol Manage*, 259: 698-709. doi:10.1016/j.foreco.2009.09.023
- Lukeš P., P., Stenberg, M., Rautiainen, M., Mottus, K.M., Vanhalalo, 2013: Optical properties of leaves and needles for boreal tree species in Europe. *Remote Sens Lett*, 4: 667-676. <https://doi.org/10.1080/2150704X.2013.782112>.
- M. Ratknić, Z., Miletić, B., Nikolić, 2013: Morpho-anatomical characteristics and content of nutritive macro elements in needles of fir and spruce and their varieties in Serbia. *Arch Biol Sci*, 65 (4), 1479-1490.
- Miljković D., M., Stefanović, S., Orlović, M.S., Nedžić, L., Kesić, S., Stojnić, 2019: Wild cherry (*Prunus avium* (L.) leaf shape and

- size variations in natural populations at different elevations. Alp Bot, 129(2):163-174. <https://doi.org/10.1007/s00035-019-00227-1>.
- Musil, I., J., Hamerník, 2007: *Jehličnaté dřeviny*. Praha, Academia: 352.
 - Naudiyal N., J., Wang, W., Ning, N.P., Gaire, S., Peili, W., Yan-qiang, S., Ning, 2021: Potential distribution of *Abies*, *Picea*, and *Juniperus* species in the subalpine forest of Minjiang headwater region under current and future climate scenarios and its implications on ecosystem services supply. Ecol Indic, 121:07-131. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107131>.
 - Niinemets, U., D.S., Ellsworth, A., Lukjanova, M., Tobias, 2001: Site fertility and the morphological and photosynthetic acclimation of *Pinus sylvestris* needles to light. Tree Physiol, 21: 1231-1244. <https://doi.org/10.1093/treephys/21.17.1231>.
 - Nunes, A., G., Oliveira, T., Mexia, A., Valdecantos, C., Zucca, E.A., Costantini, C., Branquinho, 2016: Ecological restoration across the Mediterranean Basin as viewed by practitioners. Sci Total Environ, 566, 722-732.
 - Olascoaga, B., E., Juurola, P., Pinho, P., Lukeš, L., Halonen, E., Nikinmaa, J., Bäck, A., Porcar-Castell, 2014: Seasonal variation in the reflectance of photosynthetically active radiation from epicuticular waxes of Scots pine (*Pinus sylvestris*) needles. Boreal Environ Res, 19: 132 (Supplement B).
 - Pandey, S., 2021: Climatic influence on tree wood anatomy: a review. J Wood Sci, 67(1):1-7. <https://doi.org/10.1186/s10086-021-01956-w>.
 - Paule, L., D., Gömöry, R., Longauer, D., Krajmerová, 2001: Patterns of genetic diversity distribution in three main Central European montane tree species: *Picea abies* Karst., *Abies alba* Mill. and *Fagus sylvatica* L. Lesn. Čas. For Journal, 47(2): 152-163.
 - Pawlaczyk, E.M., J., Grzebyta, M.A., Bobowicz, A.F. Korczyk, 2005: Individual differentiation of *Abies alba* Mill. population from the Tisovik reserve. Variability expressed in morphology and anatomy of needles. Acta Biol Crac Ser Bot, 47(2), 137-144
 - Pensa M., T., Aalto, R., Jalkanen, 2004: Variation in needle-trace diameter in respect of needle morphology in five conifer species. Trees Struct Funct, 18:307-311. <https://doi.org/10.1007/s00468-003-0307-6>.
 - Poljak, I., J., Vukelić, A., Vidaković, M., Vuković, M., Idžožić, 2020: Variability of the populations of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the northwestern part of Mala Kapela according to the morphological characteristics of the needles and cones, Sumar List, 144(11-12): 539-549.
 - Popnikola, N. 1974: Varijabilnost četina jele (*Abies alba* Mill.) u prirodnim populacijama SR Makedonije. Šumarsvo 27 (5-6) 3-14.
 - Postolache, D., C., Leonarduzzi, A., Piotti, I., Spanu, A., Roig, B., Fady, A., Roschanski, S., Liepelt, G.G., Vendramin, 2013: Transcriptome versus genomic microsatellite markers: highly informative multiplexes for genotyping *Abies alba* Mill. and congeneric species. Plant Mol Biol Report, 32: 750-760. doi: 10.1007/s11105-013-0688-7.
 - Radu, Gh.R., Al.L., Curtu, Gh., Spârchez, N., Sofletea, 2014: Genetic diversity of Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst.] in Romanian Carpathians. Ann For Res, 57(1): 19-29. doi: 10.15287/afr.2014.178.
 - Robakowski, P., S., Samardakiewicz, D., Kierzkowski, 2004: Variation in structure of needles of silver fir (*Abies alba* Mill.) saplings growing under the canopies of diverse tree species. Pol J Ecol, 52: 563-568.
 - Sánchez-Velásquez, L. R., M., del Rosario Pineda-López, S.P., Ibarra-Zavaleta, Y., López-Serrano, 2021: Fir forest demography using matrix projections: Anomaly precipitation due to climatic change decrease population viability. For Ecol Manage, 482, 118845.
 - Schoettle A.W., S.G., Rochelle, 2000: Morphological variation of *Pinus flexilis* (Pinaceae), a bird-dispersed pine, across a range of elevations. Am J Bot, 87(12): 1797-1806. doi: org/10.2307/2656832.
 - Thompson, I., B., Mackey, S., McNulty, A., Mosseler, 2009: Forest resilience, biodiversity, and climate change. A Synthesis of the Biodiversity/Resilience/Stability in Forest Ecosystems. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, Technical Series, 43, 67 p.
 - Tiwari, S. P., P., Kumar, D., Yadav, D.K., Chauhan, 2013: Comparative morphological, epidermal, and anatomical studies of *Pinus roxburghii* needles at different altitudes in the North-West Indian Himalayas. Turk J Botany, 37(1), 65-73.
 - Turunen M., W., Heller, S., Stich, H., Sandermann, M.L., Sutinen, 1999: Effects of UV exclusion on phenolics compounds of young Scots pine seedlings in the subarctic. Environ Pollut, 106: 225-234. doi: 10.1016/s0269-7491(99)00070-6.
 - Urbaniak, L., L., Karliński, R., Popielarz, 2003: Variation of morphological needle characters of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) populations in different habitats. Acta Soc Bot Pol, 72: 37-44. doi: 10.5586/asbp.2003.005.
 - Wang J., J., Ma, F., OuYang, J., Wang, L., Song, L., Kong, H., Zhang, 2020: Intrinsic relationship among needle morphology, anatomy, gas exchanges and tree growth across 17 *Picea* species. New For, 1-27. doi: 10.1007/s11056-020-09808-z.
 - Wang, T., A., Hamann, D.L., Spittlehouse, T.Q., Murdock, 2012: ClimateWNA-high-resolution spatial climate data for western North America. J Appl Meteorol Climatol, 51(1), 16-29.
 - Wolf, H., 2003: EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for silver fir (*Abies alba*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 6 p.
 - Xing F., J.F., Mao, J., Meng, J., Dai, W., Zhao, H., Liu, Y., Li, 2014: Needle morphological evidence of the homoploid hybrid origin of *Pinus densata* based on analysis of artificial hybrids and the putative parents, *Pinus tabuliformis* and *Pinus yunnanensis*. Ecol Evol, 4(10), 1890-1902. doi: 10.1002/ee.1062 .
 - Zhang M., J.X., Meng, Z.J., Zhang, S.L., Zhu, Y., Li, 2017: Genetic Analysis of Needle Morphological and Anatomical Traits among Nature Populations of *Pinus tabuliformis*. J Plant Stud, 6(1). p62. doi:10.5539/jps.
 - Zhu, J., A., Thimonier, S., Etzold, K., Meusburger, P., Waldner, M., Schmitt, P., Schleppi, M., Schaub, J.J., Thormann, M.M., Lehmann, 2022: Variations in leaf morphological traits of European beech and Norway spruce over two decades in Switzerland. Front For Glob Change, 4(207):1-17.

SAŽETAK

Interpopulacijska i intrapopulacijska varijabilnost triju morfoloških osobina iglica (dužina, širina i debljina) istraživana je u 16 prirodnih populacija jele na Balkanskom poluotoku. Populacije predstavljaju refugijalna područja jele (*Abies alba* Mill.). Ovaj rad ima za cilj pružiti opsežnu analizu utjecaja klimatskih čimbenika (srednja godišnja temperatura, broj dana s temperaturama < 0 , > 5 , < 18 , $> 18^{\circ}\text{C}$, Hargreavesov klimatski deficit vlage i De Martonneov indeks aridnosti) na obrazac morfoloških obilježja iglica unutar svake populacije. Populacije su pokazale varijacije u analiziranim morfološkim obilježjima iglica koje se nisu mogle jasno definirati niti jednim od analiziranih klimatskih čimbenika. Najveći utjecaj na vrijednosti obilježja imao je klimatski deficit vlage po Hargreavesu, a zatim najniže vrijednosti srednje godišnje količine oborina. Evolucijska ekološka istraživanja morfologije iglica jele vrijedan su doprinos razumijevanju sadašnje genetske varijabilnosti kao preduvjeta za prilagodbu na brze klimatske promjene i očuvanje vrste na području Balkanskog poluotoka.

KLJUČNE RIJEČI: morfologija iglica, klimatski čimbenici, jela, Balkanski poluotok.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF CLIMATE FACTORS ON THE RADIAL GROWTH OF AUTOCHTHONOUS PINE SPECIES (*PINUS SPP.*) IN CENTRAL BOSNIA AND HERZEGOVINA-

USPOREDNA ANALIZA UTJECAJA KLIMATSKIH ČIMBENIKA NA RADIJALNI RAST AUTOHTONIH VRSTA BOROVA (*Pinus spp.*) U SREDIŠNJOJ BOSNI I HERCEGOVINI

Vojislav DUKIĆ¹, Miroslav MIRKOVIĆ², Branko STAJIĆ³, Danijela PETROVIĆ⁴, Marko KAZIMIROVIĆ⁵, Srđan BILIĆ⁶

SUMMARY

In central Bosnia and Herzegovina, in the Zavidovići-Teslić area, the study of the radial growth of Austrian and Scots pine (autochthonous pine species) trees was conducted using the dendrochronological method in order to identify the differences between the species in terms of the influence of climatic variables on the tree ring formation. Trees were sampled in five experimental areas or five sites. The first site had a Scots pine stand, while the second had an Austrian pine stand, and the other three sites had mixed stands of Scots and Austrian pine. Cross-dating was conducted using visual on-screen techniques of CDendro software and statistical methods using Cofecha software. The tree ring series were standardized using the Arstan program and cubic smoothing spline. It produced Scots pine regional chronology, 145 years long (1870-2014), and Austrian pine regional chronology, 180 years long (1835-2014). Correlation analysis of the relationship between the index of tree-ring width and precipitation and temperature in the characteristic periods of the year showed a negative effect of temperature (except in winter months) and a positive effect of precipitation on the tree ring formation. The statistically significant dependence of the tree-ring width index on the SPEI indices indicates a significant impact of moisture deficiency on the tree ring formation in the period from June to August ($r = 0.33$ in June, $r = 0.45$ in July and $r = 0.47$ in August) for Scots pine and in the period from June to September ($r = 0.36$ in June, $r = 0.43$ in July, $r = 0.47$ in August and $r = 0.30$ in September) for Austrian pine. The analysis of the relationship between climatic parameters and the chronologies of Scots and Austrian pine shows similar relationships between radial growth and climate but the influence of climate is somewhat more pronounced in Austrian pine. In the study area, the radial growth of both tree species is significantly determined by climate conditions. In other words, the chronology of these species has a good climatic signal, especially the drought signal in the summer months.

KEY WORDS: dendrochronology; tree-ring width; Austrian pine; Scots pine; climate; Bosnia and Herzegovina

¹ Prof. dr Vojislav Dukić, University of Banja Luka, Faculty of Forestry, Bulevar vojvode Stepe Stepanovica 75 a 78000 Banja Luka, Bosnia and Herzegovina, corresponding author, e-mail: vojislav.dukic@sf.unibl.org

² MSc Miroslav Mirković, University of Banja Luka, Faculty of Forestry, Bulevar vojvode Stepe Stepanovica 75 a 78000 Banja Luka, Bosnia and Herzegovina

³ Prof. dr Branko Stajić, University of Belgrade, Faculty of Forestry, Kneza Višeslava 1, 11030 Belgrade, Serbia

⁴ Dr Danijela Petrović, University of Banja Luka, Faculty of Forestry, Bulevar vojvode Stepe Stepanovica 75 a, 78000 Banja Luka, Bosnia and Herzegovina

⁵ MSc Marko Kazimirović, University of Belgrade, Faculty of Forestry, Kneza Višeslava 1, 11030 Belgrade, Serbia

⁶ Srđan Bilić, University of Banja Luka, Faculty of Forestry, Bulevar vojvode Stepe Stepanovica 75 a 78000 Banja Luka, Bosnia and Herzegovina

INTRODUCTION

UVOD

Pine forests in Bosnia and Herzegovina, where Scots and Austrian pines are predominant species (> 95%), account for 136,000 ha or 8% of the area of high forests. The growing stock in pine forests amounts to 19,682,000 m³ and wood increment to 582,000 m³ (Čabaravdić et al. 2016). Austrian pine range of distribution includes southern Europe, northwestern Africa, and Asia Minor. Scots pine has a much more extensive range of distribution and covers the area of Europe and northern Asia. Parts of Bosnia and Herzegovina are included both in the Scots pine and Austrian pine ranges of distribution. There are also mixed stands of these tree species.

According to Speer (2010), dendrochronology is one of the most important techniques used to record natural processes and monitor human-caused changes in the environment. Dendrochronology provides temporal studies of the events stored in the structure of tree rings or dated using tree rings. The tree has become an instrument for monitoring the state of the environment since it provides a long-term bioindication that extends throughout its life. According to Worbes (2004), the analysis of tree rings significantly extends the period of tracking and monitoring back in the past and can be considered retrospective biomonitoring.

Dendrochronology as a scientific discipline provides tree-ring data that can be of great assistance in other scientific disciplines that have not used that data before. By combining dendrochronology with other scientific disciplines, several dendrochronology subdisciplines have been developed. One of the most important is dendroecology. The research field of dendroecology was developed by Theodor Hartig and Robert Hartig in Germany in the late 1800s (Schweingruber 1996). According to Amoroso et al. (2017), dendroecology is focused on how climate and other factors, directly and indirectly, influenced past tree-growth patterns. Dendroecological studies have fundamentally shaped contemporary views of forest ecology and forest dynamics of primarily temperate forests. The past few decades have seen a sharp increase in the rate of publishing dendroecological studies that have helped adapt existing forest management strategies to respond to and mitigate current and future global environmental changes.

Scots and Austrian pine species have been the research subject of many dendrochronological and dendroecological studies in Europe and the Balkans. Their results proved that these species are valuable and useful in dendroclimatological and dendroecological analyses (Cedro 2006; Kochanowski and Bednarz 2007; Poljanšek et al. 2012; Helama et al. 2014; Smiljanić et al. 2014; Stajić et al. 2020; Miklić et al. 2021).

This study aimed to establish chronologies of autochthonous pine species (Scots and Austrian pines) for the Zavidovići-Teslić area in central Bosnia and Herzegovina, analyze the influence of climatic variables on the tree-ring formation and identify differences between pine species in terms of the effects of climatic parameters.

MATERIALS AND METHOD

MATERIJALI I METODE

Study Area – Područje istraživanja

The influence of climatic factors on diameter growth, i.e. the formation of tree rings in Scots and Austrian pine trees, was investigated in central Bosnia and Herzegovina, in the Zavidovići-Teslić area, which belongs to the Inner Dinarides. According to the Ecological-Vegetation Regionalisation of Bosnia and Herzegovina (Stefanović et al. 1983), the territory of Bosnia and Herzegovina is divided into four relatively homogeneous areas: Pannonian, Transitional Illyrian-Moesian, Inner Dinarides, and Mediterranean-Dinaric. The Inner Dinarides is divided into six areas, one of which is the Zavidovići-Teslić area (Figure 1). The area is characterized by quite heterogeneous orographic conditions. It is located in a hilly-mountainous belt from 250 to 1320 m above sea level. During most of the year, the area has a modified humid continental climate. From July to August, there is a stronger influence of the Mediterranean climate. The growing season lasts from 180 to 190 days. The area belongs to the central Bosnian ophiolite zone with a very pronounced relief in which serpentized peridotites, igneous rocks, and cherts predominate, and limestones are far less represented.

Scots and Austrian pines are native to the study area of the Zavidovići-Teslić, i.e. the study area is part of the range of distribution of both Scots and Austrian pine in Bosnia and Herzegovina (Fukarek 1958; Stefanović 1958). The fact that Scots and Austrian pine communities are present here is of particular importance for this research.

The research was conducted on five sites or five experimental areas with three different associations. The first site comprises the association of *Abieti-Fagetum serpentinicum* Beus 1980 on eutric cambisol overlaying serpentinites. Scots pine trees attain impressive heights at this site, but as a community of beech and fir grows in the understorey, Scots pine has no perspective here. The second site comprises the association of *Erico-Pinetum nigrae serpentinicum* Stef. 1962 on colluvium over peridotite. Austrian pine is the main edifying species, while sessile oak (*Quercus petraea*) often occurs in the understoreys. Association *Pinetum sylvestris-nigrae* Pavl. 1951 on eutric ranker over peridotite occurs at the third and fourth and eutric cambisol over peridotite at the fifth site. Austrian and Scots

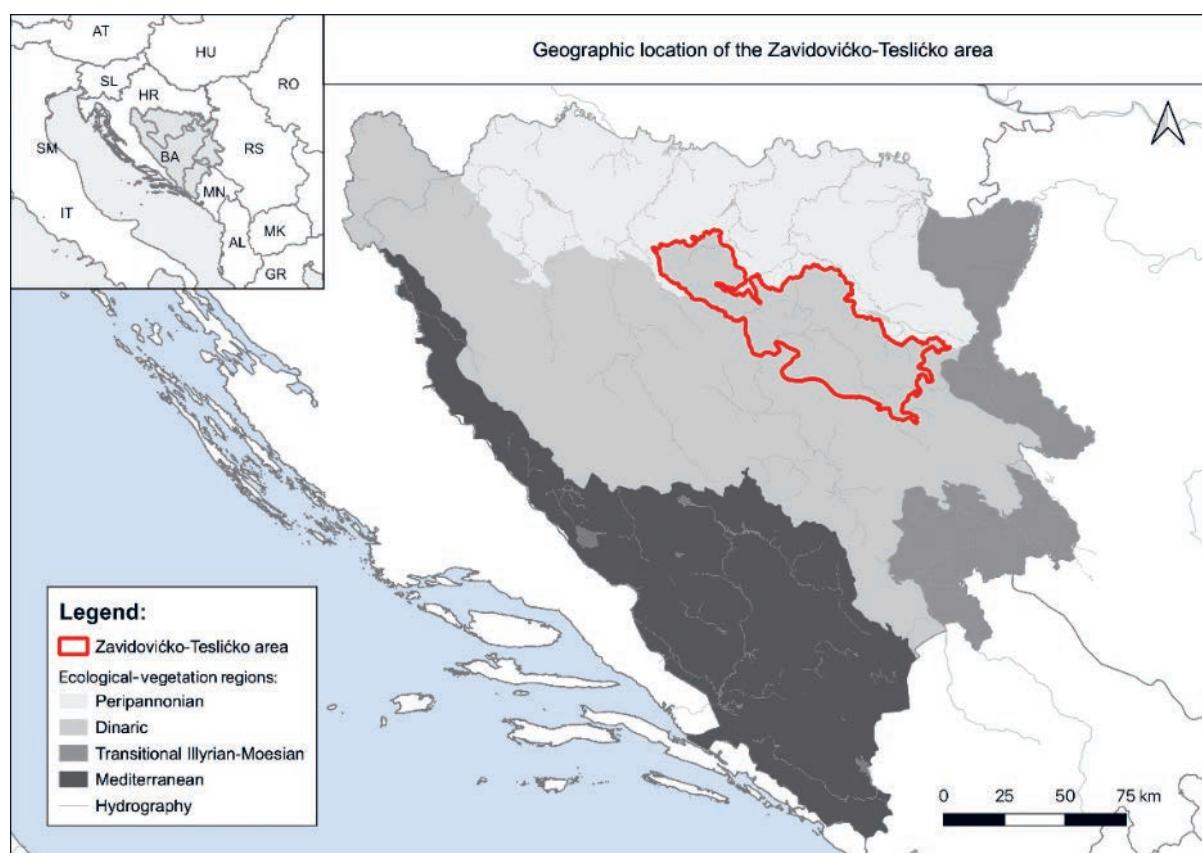


Figure 1. Geographical location of the study Zavidovičko – Tesličko area.

Slika 1. Geografski položaj istraživanog Zavidovičko - Tesličkog područja.

Table 1. Geographic coordinates and characteristics of the sampling sites.

Tablica 1. Geografske koordinate i karakteristike istraživanih lokaliteta.

Site/Lokalitet	1	2	3	4	5
Latitude/Geografska širina	17°38'45.91"	17°42'55.24"	17°52'15.06"	17°42'49.15"	17°41'20.24"
Longitude/Geografska dužina	44°39'22.36"	44°33'58.45"	44°30'12.80"	44°32'10.61"	44°36'41.08"
Altitude/Nadmorska visina (m)	435	490	330	700	365
Exposure/Ekspozicija	SE	WS	W	S	E
Slope/Vagib (°)	15	37	20	33	18
Site class/ P. sylvestris	1.7		3.5	4.2	1.7
Bonitet staništa P. nigra		2.2	2.8	3.5	1.4

pines are edifying species in the overstorey with an even share but sparse canopy. The lower shrub layers are dominated by *Erica carnea* and *Chamaecytisus heuffelii* and the grasses *Brachypodium pinnatum*, *Festuca rupicola*, and *Poa angustifolia*. The altitude of the study sites ranges from 330 to 700 meters. Site classes, according to the local site quality classification for uneven-aged stands (Drinić et al. 1990), range from 4.2 (Site 4) to 1.7 (Site 1 and Site 5) for Scots pine and 3.5 (Site 4) to 1.4 (Site 5) for Austrian pine. In mixed stands, i.e. sites 3, 4, and 5, site conditions according to the local site quality classification are more favourable for Austrian pine trees (Table 1).

Sampling – Uzimanje uzoraka

In July 2015, on the five sampling sites of the Zavidovičko-Teslič area, 72 Scots pine and 72 Austrian pine were sampled. The cores were drilled with the Pressler increment borer at breast height (two cores from opposite sides were extracted). The first site had 15 Scots pine trees, the second 15 Austrian pine trees, while the remaining three comprised mixed stands of these two species, with 15 Scots pine and 15 Austrian pine trees each. The number of trees to be drilled was determined following the research by several authors, according to which the minimum sample size to establish a good-quality individual site chronology is 15

standing trees, provided that two increment cores are taken from each tree (Fritts 1976; Accetto 1977; Levanić 1996). At each site, three additional trees were drilled to serve as a substitute in case samples got damaged in the measurement preparation or sampled trees had heart rot or atypical growth, or for some other reasons that could hinder cross-dating (missing or false tree rings).

Having been prepared in the laboratory, the cores were scanned using a high-performance scanner: the Epson Perfection V30 Photo Scanner. Each increment core that was used to make the chronology passed through the tree center, which provided accurate computation of the tree age. The tree-ring width (TRW) was measured using the Coorecorder 7.6 and CDendro 7.6 software (available at <http://www.cybis.se/forfun/dendro/>).

Chronology development – Razvoj kronologije

Site chronologies of Scots and Austrian pine were developed based on data obtained from tree-ring width measurements. This three-step procedure includes cross-dating, data standardization, and master chronology development. The accuracy of annual tree-ring dating, i.e. determining the calendar year in which it was formed, was verified using the cross-dating procedure. Cross-dating was done by using visual on-screen comparisons and statistical analysis. Visual on-screen techniques in the CDendro program and statistical methods of the Cofecha specialized software (Holmes 1983; Grissino-Mayer 2001) were used. According to Grissino-Mayer (2001), Cofecha software adds a high degree of confidence that tree-ring samples have been measured accurately and cross-dated correctly.

The standardization of tree-ring width time series essentially represents the elimination of the so-called age-related trend. It was performed using Arstan software (AutoRegressive STANdardization; MRWE Application Framework © 1997–2004 Absoft Corporation) and cubic smoothing

spline (Cook and Peters 1981; Cook 1985; Cook and Holmes 1997). The processing in the Arstan program results in three versions of the chronology (tree-ring index): standard, residual, arstan, and a comprehensive overview of the results of statistical analysis. For the comparison with climatic parameters, the arstan chronology was used because the Arstan chronology has the best climate signal.

To assess the possibility of combining the obtained site chronologies to develop master chronologies of Scots and Austrian pine in the Zavidovići-Teslić area, t-values (t_{BP}) according to Baillie and Pilcher (1973) was calculated. The coefficient of agreement (Gleichläufigkeit) – GLK (Huber 1943; Eckstein and Bauch 1969) was also used. It measures the degree of overlap between two chronologies in the observed interval.

Meteorological data – Meteorološki podaci

Meteorological data (mean monthly temperatures and precipitation) used to analyze the impact of climatic parameters on radial growth was measured at the nearest meteorological station (Doboj, 146 m a.s.l, Longitude 44°44' and Latitude 18°06'). The climate in the region is generally characterised by strong temperature seasonality with a maximum in July and August. The maximum sum of precipitation occurs in June and the minimum in January and February. The mean annual air temperature is around 10.9°C and the mean annual sum of precipitation is about 932 mm, with fluctuations ranging from 502 to 1495 mm in the period from 1952 to 2014. The temperature has had an increasing trend in recent decades, while precipitation shows an increase in the variability of the annual sum of precipitation (Figure 2).

The cumulative effect of temperature and precipitation on radial growth was analysed using the Forestry Aridity Index (FAI) and Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI). Higher Forestry Aridity Index values

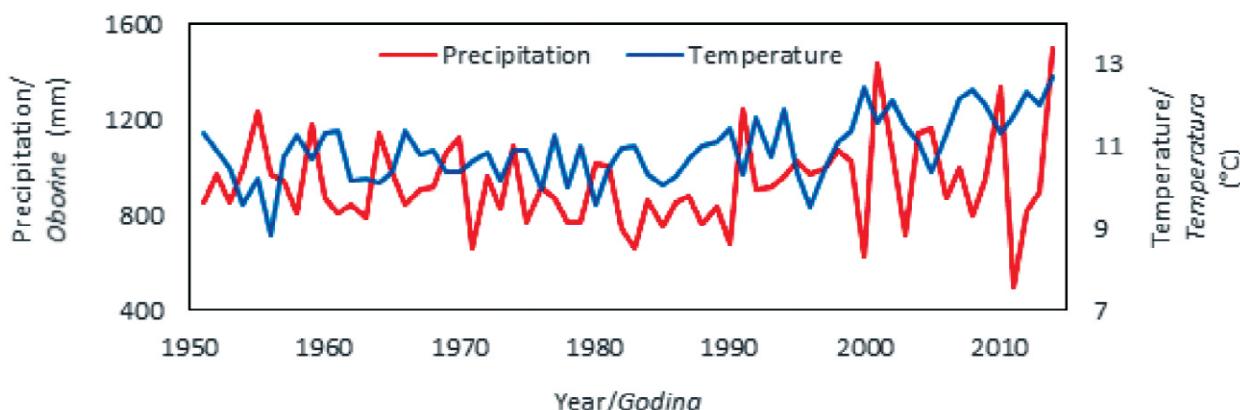


Figure 2. Annual precipitation and temperature of the nearest meteorological station Doboj.

Slika 2. Godišnje količine oborina i temperature najbliže meteorološke stanice Doboj.

point to a more arid climate (Führer et al. 2011). The SPEI was developed to quantify the drought conditions in the study area (McKee et al. 1993). It can be calculated for different time intervals (1, 3, 6, 9, 12, 24, and 48 months) and is based on monthly values of climate water balance calculated using the Thornthwaite method (Vicente-Serrano et al. 2010). Data on the SPEI for the study area were obtained from the global drought monitoring site (<https://spei.csic.es/index.html>).

RESULTS REZULTATI

Table 2 shows the basic characteristics and dendrochronological-statistical parameters (calculated in the Cofecha program) of the analysed series of radial growth values of Scots pine trees per site. The mean diameter of the analysed

trees ranged from 40.0 to 47.4 cm and the mean height from 18.7 to 28.4 m. The average tree age (determined by counting rings at breast height – the so-called developmental age) ranged from 99 to 113 years. The arithmetic mean of all the individual empirical series of tree-ring width (TRW) ranged from 1.53 mm (Site 4) to 1.84 mm (Site 1 and Site 5) and the serial intercorrelation of the empirical tree-ring widths from 0.288 (Site 5) to 0.438 (Site 1). The values of the mean sensitivity ranged from 0.227 (Site 1) to 0.254 (Site 4). Filtered (indexed) data were characterised by significantly different values of analysed parameters. High values of standard deviation (filtered series) that ranged from 0.283 (Site 3) to 0.329 (Site 4) indicated highly variable series and consequently higher sensitivity to environmental changes. The effect of autocorrelation was practically eliminated (all persistence within each series had largely been removed by detrending procedures), which

Table 2. The basic characteristics of trees and dendrochronological-statistical parameters of empirical series of tree-ring width - Scots pine.

Tablica 2. Osnovne karakteristike stabala i dendrokronološko-statistički parametri analiziranih serija širina godova – Bijeli bor.

Characteristics and parameters/ Karakteristike i parametri	Pure stand/Čista sastojina		Mixed stands/Mješovite sastojine	
	Site/Lokalitet 1	Site/Lokalitet 3	Site/Lokalitet 4	Site/Lokalitet 5
Diameter/Promjer (cm)	47.3 (33.5-54.0)	47.4 (30.4-60.3)	40.0 (28.8-51.6)	43.5 (33.4-59.8)
Height/Visina (m)	28.4 (23.3-34.1)	22.4 (18.2-26.0)	18.7 (15.0-22.4)	28.2 (22.7-34.1)
Age/Starost (Years/Godine)	107 (42-133)	113 (75-145)	111 (61-231)	99 (76-109)
Series intercorrelation/Serijska korelacija	0.438	0.379	0.419	0.288
Unfiltered/Empirijski				
TRW _{Mean/Prosjek} (mm)	1.84	1.67	1.53	1.84
Standard deviation/Standardna devijacija (mm)	1.073	0.852	0.648	1.213
Mean sensitivity/Prosječna osjetljivost	0.227	0.231	0.254	0.232
Filtered/Filtrirani				
Standard deviation/Standardna devijacija	0.304	0.283	0.329	0.291
Autocorrelation/Autokorelacija	0.002	-0.007	0.004	0.003

Table 3. The basic characteristics of trees and dendrochronological-statistical parameters of empirical series of tree-ring width - Austrian pine.

Tablica 3. Osnovne karakteristike stabala i dendrokronološko-statistički parametri analiziranih serija širina godova – Crni bor.

Characteristics and parameters/ Karakteristike i parametri	Pure stand/Čista sastojina		Mixed stands/Mješovite sastojine	
	Site/Lokalitet 2	Site/Lokalitet 3	Site/Lokalitet 4	Site/Lokalitet 5
Diameter/Promjer (cm)	47.2 (25.6-74.0)	50.4 (21.8-70.0)	41.7 (33.7-56.9)	48.0 (35.6-66.1)
Height/Visina (m)	24.7 (13.4-31.5)	23.1 (14.8-28.6)	18.3 (15.9-23.0)	28.3 (21.6-34.2)
Age/Starost (Years/Godine)	140 (42-201)	98 (31-132)	78 (56-205)	101 (75-119)
Series intercorrelation/Serijska korelacija	0.516	0.558	0.560	0.391
Unfiltered/Empirijski				
TRW _{Mean/Prosjek} (mm)	1.36	2.05	2.09	1.93
Standard deviation/Standardna devijacija (mm)	0.720	0.850	0.799	1.075
Mean sensitivity/Prosječna osjetljivost	0.243	0.243	0.254	0.264
Filtered/Filtrirani				
Standard deviation/Standardna devijacija	0.301	0.295	0.311	0.339
Autocorrelation/Autokorelacija	0.007	0.013	0.012	0.006

was confirmed by autocorrelation coefficients close to zero (from -0.007 to 0.004).

The mean tree diameter of Austrian pine trees per sampling site ranged from 41.7 to 50.4 cm and the mean height from 18.3 to 28.3 m. The average tree age ranged from 78 to 140 years. The arithmetic mean of all the empirical series of tree-ring widths ranged from 1.36 (Site 2) to 2.09 (Site 4) and the serial intercorrelation of the empirical tree-ring widths from 0.391 (Site 5) to 0.560 (Site 4). The values of the mean sensitivity ranged from 0.243 (Site 2 and Site 3) to 0.264 (Site 5). The standard deviation of the filtered series ranged from 0.295 to 0.339, while the autocorrelation coefficients close to zero (ranging from 0.006 to 0.013) indicated higher sensitivity to environmental changes (Table 3).

The average tree-ring width (TRW) series for Scots and Austrian pines per sampling site (Figure 3) show that the age-related growth trend is clearly observed for both species at all sites except Site 4. It is a site with the oldest individual trees of both species and the worst site conditions according to the local site quality classification.

The removal of age-related growth trends, i.e. the standardisation of the raw tree-ring width series was performed in the ARSTAN software. Raw ring-width series were detrended using cubic smoothing splines (Cook and Peters 1981) with a 50% frequency response cut-off. The adequacy of merging four sites' chronologies into one master chronology was determined based on t-values (t_{BP}) and GLK between site chronologies. Between sites with Scots pine trees GLK were statistically significant and t_{BP} values gre-

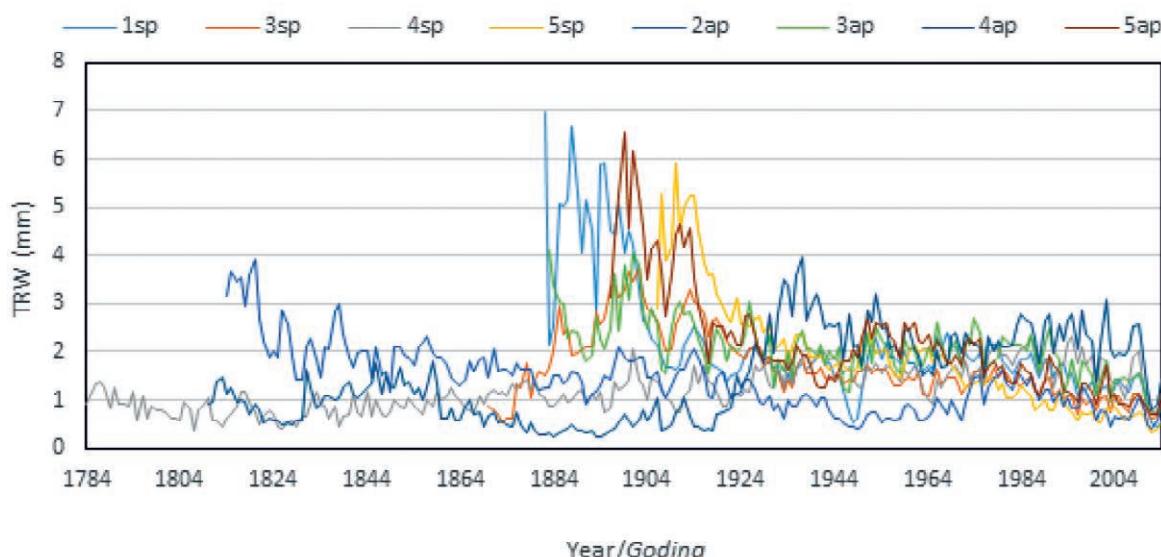


Figure 3. Average empirical TRW series per sampling sites for Scots pine (sp) and Austrian pine (ap).

Slika 3. Prosječne empirijske serije širina godova po lokalitetima za bijeli bor (sp) i crni bor (ap).

Table 4. Overlapping (Ovl), t-value (t_{BP}) and coefficient of agreement (GLK) between site TRW index chronology.

Tablica 4. Preklapanje (Ovl), t-vrijednost (t_{BP}) i koeficijenti podudarnosti (GLK) između kronologija indeksa širina godova po lokalitetima.

Ovl, t_{BP}	Pure stands/Čiste sastojine		Mixed stands/Mješovite sastojine		
	Site/Lokalitet 1	Site/Lokalitet 2	Site/Lokalitet 3	Site/Lokalitet 4	Site/Lokalitet 5
GLK				* ($p < 0.05$)	** ($p < 0.01$)
	Scots pine / Bijeli bor				
Site/Lokalitet 1	-	-	Ovl = 119, $t_{BP} = 4.9$	Ovl = 119, $t_{BP} = 6.8$	Ovl = 105, $t_{BP} = 4.6$
Site/Lokalitet 3	GLK = 0.705**	-	-	Ovl = 130, $t_{BP} = 3.9$	Ovl = 105, $t_{BP} = 4.6$
Site/Lokalitet 4	GLK = 0.658**	-	GLK = 0.645**	-	Ovl = 105, $t_{BP} = 3.8$
Site/Lokalitet 5	GLK = 0.612**	-	GLK = 0.607*	GLK = 0.553*	-
	Austrian pine / Crni bor				
Site/Lokalitet 2	-	-	Ovl = 116, $t_{BP} = 10.9$	Ovl = 116, $t_{BP} = 8.5$	Ovl = 105, $t_{BP} = 9.5$
Site/Lokalitet 3	-	GLK = 0.645**	-	Ovl = 74, $t_{BP} = 7.4$	Ovl = 105, $t_{BP} = 10.2$
Site/Lokalitet 4	-	GLK = 0.986**	GLK = 0.799**	-	Ovl = 74, $t_{BP} = 7.0$
Site/Lokalitet 5	-	GLK = 0.689**	GLK = 0.748**	GLK = 0.646**	-

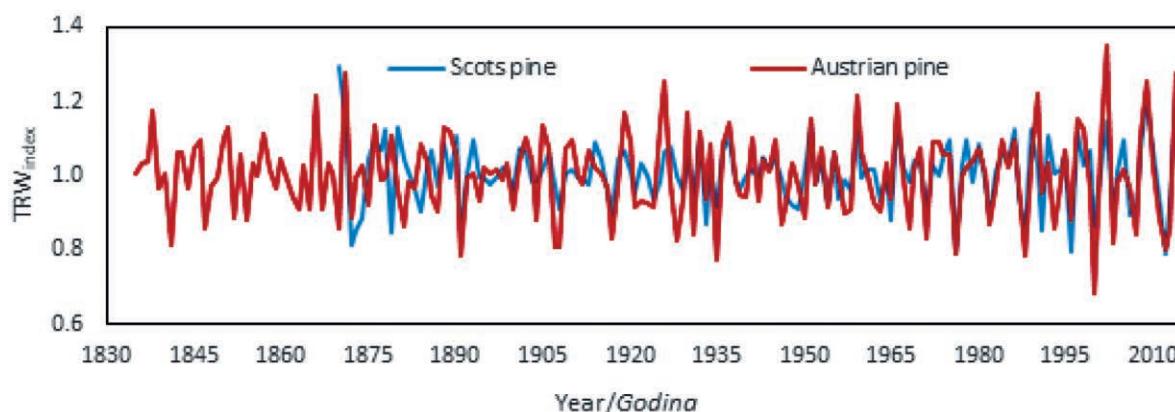


Figure 4. Regional TRW index chronologies of Scots pine and Austrian pine in Zavidovići – Teslić area.

Slika 4. Regionalne kronologije indeksa širina godova bijelog i crnog bora u Zavidovičko-Tesličkom području.

ter than 3.5. The calculated t_{BP} ranged from 3.8 (between Site 4 and Site 5) to 6.8 (between Site 1 and Site 4) and GLK from 0.553 (between Site 4 and Site 5) to 0.705 (between Site 1 and Site 3). Coefficients GLK between sites of Austrian pine trees were also statistically significant and t_{BP} values greater than 3.5. The calculated t_{BP} ranged from 7.0 (between Site 4 and Site 5) to 10.9 (between Site 2 and Site 3) and GLK ranged from 0.645 (between Site 2 and Site 3) to 0.986 (between Site 2 and Site 4). The determined coefficients were higher than the coefficients calculated for Scots pine trees (Table 4).

These results obtained both for Scots pine and Austrian pine trees showed that there was a high similarity and a significant harmonisation between the obtained chronologies at different sites. This indicated that these chronologies were suitable to develop a regional chronology for Scots pine and a regional chronology for Austrian pine in Zavidovići-Teslić area.

According to Wigley et al. (1984), a year with a minimum of 5 series of tree rings was taken as the first year of chronology. A 145-year-long regional chronology of Scots pine was obtained. The first year of the chronology was 1870 and the last 2014 (Figure 4). The average value of the tree-ring width index was 1.006, the standard deviation of the tree-ring width was 0.122, the asymmetry coefficient -0.028, and the flattening coefficient 4.967. The mean sensitivity was 0.134. In order to evaluate the quality and reliability of the obtained chronology for the analysis of the influence of climatic parameters on the formation of tree rings, the values of the EPS (Expressed Population Signal) coefficient were calculated and analysed. This parameter ranged from 0.861 to 0.952 in the period in which the influence of climatic parameters was analysed (from 1952 to 2014). The total length of the obtained regional chronology of Austrian pine was 180 years. The first year of the chronology was 1835 and the last 2014 (Figure 4). The average value of the tree ring-width index was 1.001, the standard deviation of the tree-ring

width was 0.117, the asymmetry coefficient 0.099, and the flattening coefficient 3.255. The mean sensitivity was 0.136. The EPS coefficient values ranged from 0.947 to 0.956 in the period in which the climate impact was analysed.

The analysis of the relationship between the obtained chronologies of Scots and Austrian pine, i.e. t -value ($t_{BP} = 8.5$) and the coefficient of agreement (GLK = 0.7330; $p = 0.00$) revealed a very good agreement between the obtained chronologies. It meant that a significant impact of climatic conditions on tree radial growth could be expected.

In order to determine the influence of climatic parameters on radial growth or formation of tree rings, we further conducted a correlation analysis of the relationship between the tree-ring index and the sum of precipitation and temperature in certain characteristic periods of the year: September and October of the previous year (so), period from November of the previous year to March of the current year (ndJFM), April and May (AM), June, July, and August (JJA), September and October (SO) and growing season (GS). The growing season at the study sites lasts from April to October. Both tree species experienced a negative effect of temperature on the formation of tree rings in the study periods, except in the period from November of the previous year to March of the current year, i.e. in the winter months, when higher temperatures positively affected radial growth. According to the correlation coefficient for Scots pine trees, the dependence of the radial growth index on temperature was statistically significant for the period from June to August. Besides the same period, Austrian pine showed statistically significant dependence for September and October of the previous year and the growing season. The influence of winter temperatures was also statistically significant in Scots pine (Figure 5).

In contrast to temperature, a positive effect of precipitation was found (Figure 6). In both tree species, the correlation between the tree-ring width index and precipitation was statistically significant for the following periods: September

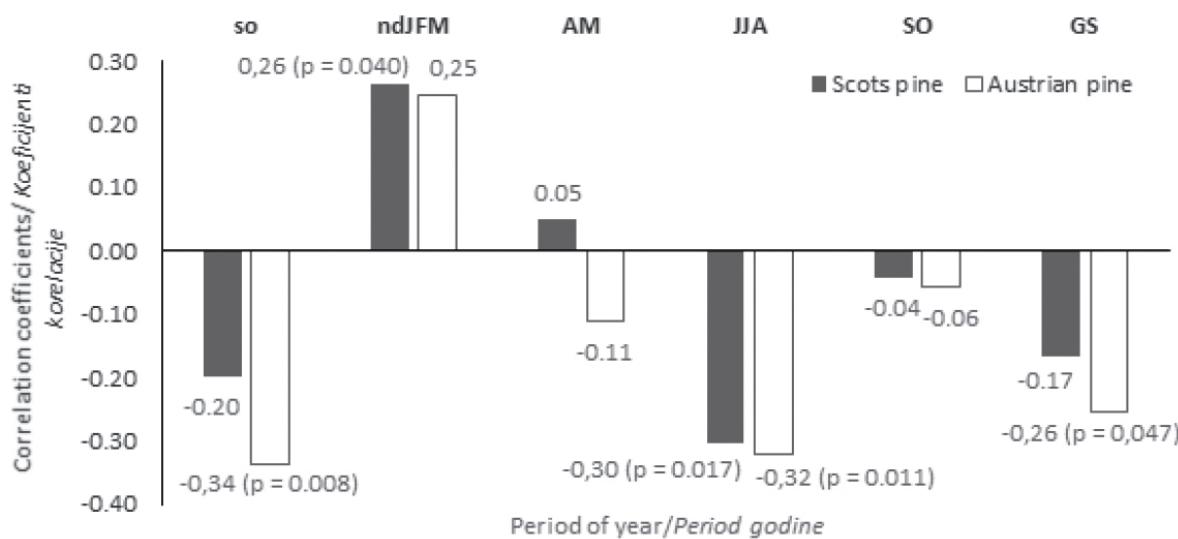


Figure 5. Correlation coefficients between TRW index chronologies and temperature. so - September and October of the previous year, ndJFM - period from November of the previous year to March of the current year, AM - April and May, JJA - June, July and August, SO - September and October, GS - growing season

Slika 5. Koeficijenti korelacije između kronologija indeksa širina godova i temperature. so - rujan i listopad prethodne godine, ndJFM - razdoblje od studenog prethodne do ožujka tekuće godine, AM - travanj i svibanj, JJA - lipanj, srpanj i kolovoz, SO - rujan i listopad, GS - vegetacijsko razdoblje

and October of the previous year, June, July, and August, and the growing season. For Austrian pine, the correlation was also significant for the period April-May. As with temperature, there was little difference between the two species in terms of its influence on the formation of tree rings. Generally, the influence of precipitation is somewhat stronger in Austrian pine.

In order to fully understand the relationship between Scots and Austrian pine in terms of the influence of climate variables on the formation of tree rings, it was necessary to test

the temporal stability of the climate signal in the period for which temperature and precipitation data was available. The correlation between the tree-ring width index and temperature ($ap - t$ and $sp - t$) and precipitation ($ap - p$ and $sp - p$) in the period from June to August was analysed. The temporal stability of the correlation was analysed using a moving correlation with a 30-year-time span and a one-year step. Both species had approximately the same flow of correlation coefficient values both for precipitation and temperature. The correlation coefficient for precipitation in both species

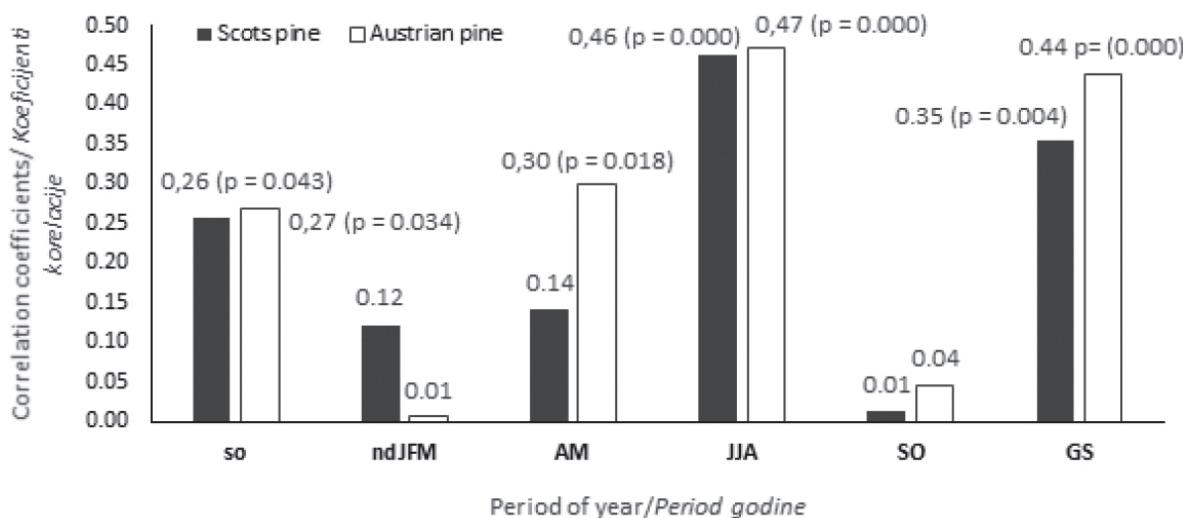


Figure 6. Correlation coefficients between TRW index chronologies and precipitation. so - September and October of the previous year, ndJFM - period from November of the previous year to March of the current year, AM - April and May, JJA - June, July and August, SO - September and October, GS = growing season

Slika 6. Koeficijenti korelacije između kronologija indeksa širina godova i oborina. so - rujan i listopad prethodne godine, ndJFM - razdoblje od studenog prethodne do ožujka tekuće godine, AM - travanj i svibanj, JJA - lipanj, srpanj i kolovoz, SO - rujan i listopad, GS - vegetacijsko razdoblje

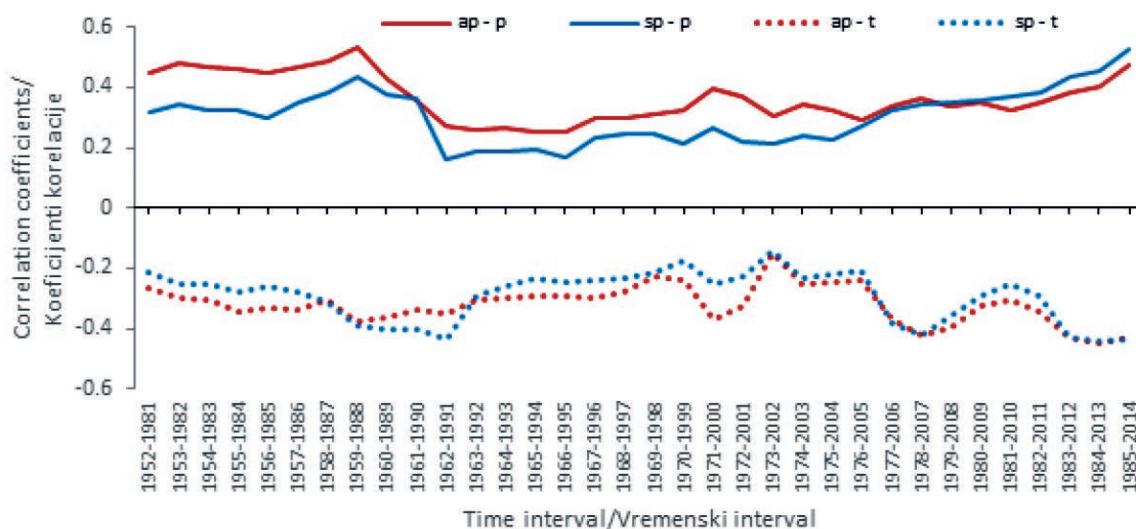


Figure 7. Moving correlation for the total precipitation from June to August and average air temperature from June to August for the period 1952.–2014.

Slika 7. Rezultati pomicnih korelacija za ukupnu količinu oborine od lipnja do kolovoza te za prosječnu temperaturu zraka od lipnja do kolovoza za razdoblje od 1952.–2014. godine.

decreased from 1988 to 1991, then stagnated for a long time and increased in the last decade (Figure 7).

In order to eliminate the influence of the so-called multicollinearity, i.e. intercorrelations between temperature and precipitation (higher precipitation causes lower temperatures and vice versa), which makes it difficult to draw reliable conclusions about the individual influence of these two climatic elements on tree growth, drought indices were used in the analyses of the climate impact on the tree ring formation. The FAI index and SPEI index were selected as suitable for this analysis. The obtained value of the correlation coefficient between the FAI index and the index of the tree-

ring width, i.e. the chronology of Scots pine was -0.46 ($p < 0.00$) and -0.54 ($p < 0.00$) of Austrian pine. The SPEI index, which was developed to define and monitor drought conditions, has been increasingly used in dendrochronological research. In the period from June to September for Austrian pine and June-August for Scots pine, there was a strong and statistically significant dependence of the tree-ring width index on the SPEI index (calculated for a three-month time interval), i.e. lack of moisture had a significant influence on radial growth in the study period (Figure 8).

The pointer year was defined as a year in which more than 90% of the series (in a sample of 10 or more individual tree-

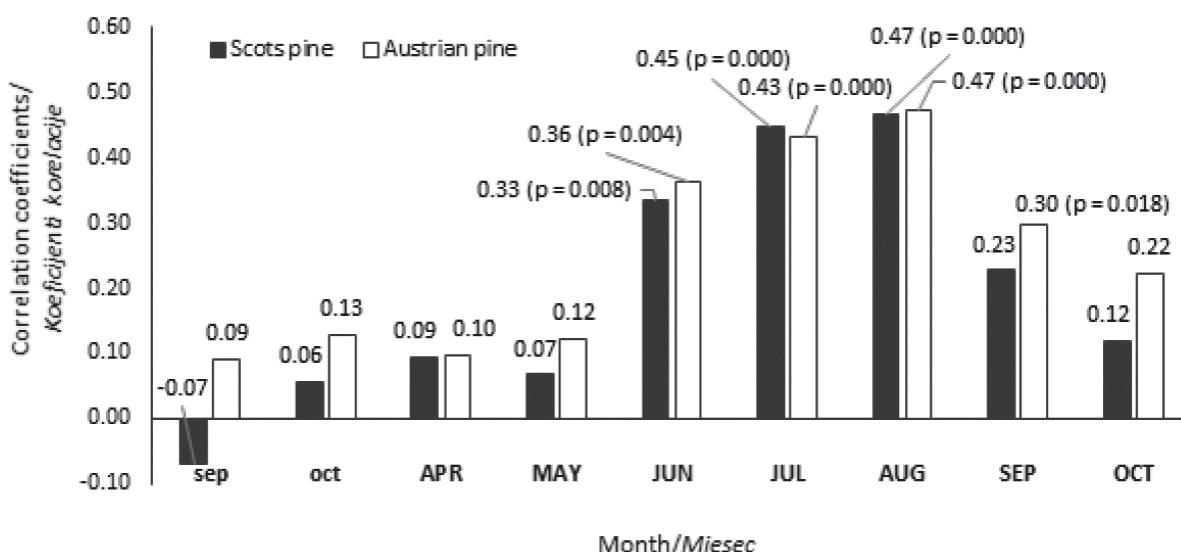


Figure 8. Correlation coefficients between TRW index chronologies and SPEI index.

Slika 8. Koeficijenti korelacija izmedu kronologija indeksa širina godova i SPEI indeksa.

ring series) responded with the same increasing or decreasing trend in tree-ring width compared to the previous year (Schweingruber 1983, Schweingruber et al. 1990). Pointer years were determined for the period for which meteorological data were available. For Scots pine, 1989 and 1997 were identified as positive pointer years and 1976, 1996, 2000, and 2011, as negative i.e. a total of six pointer years were identified. Regarding Austrian pine, 1989, 1997, and 2014 were identified as positive pointer years, and 1976, 2000, and 2003 as negative, i.e. a total of six pointer years.

DISCUSSION

RASPRAVA

Based on the characteristics and dendrochronological-statistical parameters of the analysed series of empirical values of radial growth of Scots pine and Austrian pine trees by site, it can be stated that the data related to the tree-ring width or radial growth made good material for chronology development in Zavidovići-Teslić area. The serial correlation between the empirical values and the master chronology of radial growth by site ranged from 0.288 to 0.438 for Scots pine and 0.391 to 0.560 for Austrian pine. Following the guidelines of Grissino-Mayer (2001), the values of the mean sensitivity were in the category of "intermediate". In filtered (indexed) data, as expected, the effect of autocorrelation was practically eliminated, which was confirmed by autocorrelation coefficients close to zero.

Standardisation, i.e. the removal of the age-related trend from the tree-ring series was performed in the Arstan program. The coefficient of agreement (GLK) and t-value (t_{BP}) showed similar patterns of tree rings in Scots and Austrian pine trees, i.e. matching of site chronologies was good enough to develop a master chronology of Scots pine and master chronology of Austrian pine for the Zavidovići-Teslić area. The determined parameters indicate that Austrian pine trees had a better matching of the obtained site chronologies and that the effect of mixedness did not manifest itself, i.e. no difference was found between pure and mixed stands.

A 145-year-old Scots pine master chronology and a 180-year-old Austrian pine master chronology were obtained. In the period from 1952 to 2014 (when the influence of climatic parameters was analysed), the values of the EPS coefficient (statistical measure showing the level of common signal among the samples used to obtain the chronology) were significantly above the lower limit of chronology certainty and reliability for both chronologies. According to Wigley et al. (1984), this limit amounts to 0.85.

Correlation analysis of the relationship between the radial growth index and precipitation and temperature in certain characteristic periods of the year revealed a negative effect of temperature (except in winter months) on the tree-ring formation in both species. In Scots pine, the dependence of

the radial growth index on temperature was statistically significant for the period from June to August. Besides the same period, Austrian pine showed statistically significant dependence for September and October of the previous year and the growing season. The influence of winter temperatures was also statistically significant in Scots pine. In contrast to temperature, precipitation had a positive effect. Both tree species exhibited significant statistical dependence of radial growth on precipitation for the following periods: September and October of the previous year, June, July, and August, and the growing season. April and May were also significant in Austrian pine trees. As with temperature, there was little difference between the two species in terms of the influence of precipitation on the tree-ring formation, but we can conclude that the influence was generally more pronounced in Austrian pine.

The analysis of the temporal stability of the climate signal showed that the precipitation signal, in both species, exhibited a significant decline in the period from 1988 to 1991 and a growing trend in the last decade. Regarding the temperature signal, neither species had any significant increasing or declining trends in the past period, i.e. the signal was stable. Dendrochronological research of Austrian pine in the Northern Velebit National Park (Croatia) showed that the impact of precipitation was confirmed as stable and relatively high during the study period. Unlike precipitation, the temperature signal dropped significantly after 1996 (Miklić et al. 2021).

The determined value of the coefficient of correlation between the FAI index and the tree-ring width index for both Scots and Austrian pine was statistically significant and negative, which was to be expected because a higher value of the index indicates arid climate conditions (-0.46 for Scots pine and -0.54 for Austrian pine). In the study period, the study area had an average value of the FAI index of 4.86 ($p = 0.05$, confidence intervals: 4.42 and 5.29). According to Matović (2013), based on the value of this index, the upper and lower limits of the potential area of distribution were 2.97 and 6.10 for Austrian pine and 2.80 and 4.10 for Scots pine. The obtained average value and confidence interval of the FAI index indicates that Scots pine is an endangered species in the study area. The survival of Scots pine in these areas may be threatened by the changes expected to occur in the coming period and increase the drought index. Based on the climate and site conditions in the study area, we can conclude that Scots pine is close to its ecological threshold. Unlike Scots pine, Austrian pine grows in different climate conditions, and its distribution is primarily determined by other site conditions.

In the period from June to September for Austrian pine and June to August for Scots pine, high and statistically significant dependence of the tree-ring width index on the SPEI index pointed to the significant impact of moisture defi-

ciency on radial growth of both tree species. Based on the research results related to the dieback of Siberian pine forests, Kharuk et al. (2013) conclude that the SPEI index is likely to be useful as an early warning indicator of climate-related mortality across forests in other areas and regions, especially those composed of drought-sensitive species.

The response of Austrian pine in the study area in terms of the dependence of radial growth on climate is similar to the response of Austrian pine in the surrounding countries, which are characterised by similar climate conditions. According to Miklić et al. (2021), dendrochronological research in the Northern Velebit National Park (Croatia) showed that the main limiting factor for the growth of Austrian pine trees was the lack of moisture in summer. The correlation between the chronology and the sum of summer precipitation from 1954 to 2015 was significant and positive ($R = 0.60$, $p = 0.0099$), which made the signal in the tree-ring width stable and thus suitable for the reconstruction of precipitation. Studies of the impact of temperature and precipitation on the growth of Austrian pine trees in Serbia showed that Austrian pine was in the given conditions very sensitive to summer precipitation. On the other hand, its growth varied much less with temperature variations (Stajić and Kazimirović 2018; Stajić et al. 2020). According to the study of the Austrian pine chronology for the area of the western Balkan Peninsula, i.e. the Dinarides in Bosnia and Herzegovina (Poljanšek and Levanić 2012; Poljanšek et al. 2013), radial growth proved to be more dependent on temperature than precipitation. Different results here obtained can be explained by the fact that the study area in the Dinarides is at a significantly higher altitude than the study area in Zavidovići-Teslić area (the altitude is on average about 600 meters higher).

Unlike Austrian pine, research studies dealing with the dependence of Scots pine radial growth on the climate conducted in the neighbouring countries that are characterised by similar climate conditions, are few. Using the dendrochronological method, Bouriaud and Popa (2009) compared the influence of climatic parameters on radial growth of the three main conifer species in the Romanian Carpathians (Scots pine, Norway spruce, and Silver fir) in mixed stands. Scots pine was the most sensitive to precipitation and the series of Scots pine tree-rings widths could be used for climate reconstruction with an emphasis on precipitation.

Dendrochronological analysis of Scots and Austrian pine in the Słowinski National Park and neighbouring forests showed a positive effect of high air temperature in the winter months (December, February, and March) and a negative effect of air temperature in September of the previous year on the radial growth of Scots and Austrian pine. Growth responses to the temperature of the winter months and September of the previous year were similar in both pine species. A stronger correlation was found in the po-

pulations that grew in better sites. In contrast to temperature, precipitation had no significant effect (Kochanowski and Bednarz 2007). A comparative analysis of the influence of climatic parameters on the growth of Scots and Austrian pine trees in northwestern Poland showed that the two species differed in terms of the relationship between radial growth and climate, despite the significant agreement (harmonisation) of the formed chronologies. Scots pine showed high sensitivity to heat conditions in winter (especially in February) and early spring, while the sum of precipitation in the growing season was less important. In contrast, the cambial activity of Austrian pine largely depended on the sum of precipitation during the growing season (Cedro 2006). Unlike northwestern Poland where Scots pine is an autochthonous and Austrian pine an allochthonous species, in the study area of Zavidovići-Teslić, both species are autochthonous and stands in the investigated sites are of natural origin.

A total of six pointer years were identified in Scots pine and a same number of pointer years in Austrian pine in the period for which meteorological data were available. Of the six pointer years identified in Scots pine, four years or 66% match the pointer years (of the same sign) identified in Austrian pine. The identified pointer years in the Austrian pine chronology for the areas of the western part of the Balkan Peninsula, i.e. the Dinarides in Bosnia and Herzegovina (Poljanšek et al. 2012) do not match the identified pointer years in this study (except 2000). As already mentioned, there is a significant difference between these studies in terms of the average altitude of the investigated sites.

Unlike the research that has shown that the climate signal is not strong enough if only the tree-ring width is observed and it is necessary to use other parameters of tree rings such as density, latewood width and isotope content (Trouet et al. 2012; Klesse et al. 2015; Levanić et al. 2020), the series of tree-ring width indices obtained in this research had a favourable climate signal, especially the drought signal in the summer months.

CONCLUSION ZAKLJUČAK

The analysis of Scots and Austrian pine tree growth, which aimed to determine the similarity of growth patterns of these two tree species and the nature of the impact of climatic parameters on tree growth patterns, was conducted in the Zavidovići-Teslić area using data obtained at five sites. Based on the analysis of the presented characteristics and dendrochronological-statistical parameters of the series of tree rings, it was concluded that the data represent a good material for the development of site chronologies. The obtained local chronologies had quite similar growth patterns and there was a statistically significant agreement

(harmonisation) between the developed site chronologies of both Scots and Austrian pine. However, it is evident that Austrian pine exhibited better agreement.

Significant agreement of the developed site chronologies enabled the development of regional chronologies of Scots and Austrian pine for the Zavidovići-Teslić area. A chronology of Scots pine with a total length of 145 years (1870–2014) and a chronology of Austrian pine with a total length of 180 years (1835–2014) were produced.

Analysis of the relationship between climatic parameters (temperature, precipitation, forestry aridity index, standardized precipitation evapotranspiration index) and the chronologies developed for Scots and Austrian pine indicated similar radial growth-climate relationships, with a more pronounced influence of climate variables on Austrian pine.

Similar relationships between radial growth and climate and significant matching of identified pointer years showed that the radial tree growth of both tree species in the study area was significantly determined by climate conditions, i.e. chronologies of these species had a good climate signal, especially the summer drought signal.

Based on the climate and site conditions in the study area, we can conclude that Scots pine is close to its ecological threshold. That is not the case with Austrian pine. Austrian pine grows in different climate conditions, and its distribution is primarily determined by other site conditions. This should be taken into account when drafting forest management plans for the observed area, and especially when planning the establishment of new forests.

REFERENCES LITERATURA

- Accetto, M., 1977: Razvojna dinamika in naravna regeneracija naravnih gozdov črnega bora (*Pinus nigra* Arnold), Disertacija, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo, 102 p., Ljubljana [In Slovenian].
- Amoroso, M.M., P.J., Baker, L.D., Daniels, J.J., Camarero, 2017: Introduction. In: Amoroso, M.M., L.D., Daniels, P.J., Baker, J.J. Camarero, (ed) Dendroecology: Tree-Ring Analyses Applied to Ecological Studies. Ecological Studies (Analysis and Synthesis). Springer International Publishing, 1-9, Cham.
- Baillie, M.G.L., J.R., Pilcher, 1973: A simple crossdating program for tree-ring research. *Tree-Ring Bulletin*, 33: 7-14.
- Bouriaud, O., I., Popa, 2009: Comparative dendroclimatic study of Scots pine, Norway spruce, and silver fir in the Vrancea Range, Eastern Carpathian Mountains. *Trees*, 23(1): 95–106.
- Cedro, A., 2006: Comparative dendroclimatological studies of the impact of temperature and rainfall on *Pinus nigra* Arnold and *Pinus sylvestris* in Northwestern Poland. *Baltic Forestry*, 12(1): 110-116.
- Cook, E.R., 1985: A time series analysis approach to tree ring standardization. Dissertation, University of Arizona, 171 p., Tucson, USA.
- Cook, E.R., R.L., Holmes, 1997: ARSTAN: chronology development. In: Grissino Mayer, H.D., R.L., Holmes, H.C., Fritts, (Eds) The International Tree-Ring Data Bank Program Library Version 2.1 User's Manual. Laboratory of Tree-Ring Research, The University of Arizona, 75-92, Tucson.
- Cook, E.R., K., Peters, 1981: The smoothing spline: A new approach to standardizing forest interior tree-ring width series for dendroclimatic studies. *Tree-Ring Bulletin*, 41: 45-53.
- Čabaravdić, A., A., Dundjer, A., Avdagić, S., Delić, M., Osmanović, A., Mraković, 2016: Bosnia and Herzegovina. In: Vidal, C., I., Alberdi, L., Hernández Mateo, J., Redmond, (ed) National Forest Inventories: Assessment of Wood Availability and Use. Springer, 181-196, Cham.
- Drinić, P., V., Matić, J., Pavlić, N., Prolić, O., Stojanović, V., Vukmirović, M., Koprivica, 1990: Tablice taksacionih elemenata visokih i izdanačkih šuma u Bosni i Hercegovini. Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, 327 p., Sarajevo. [In Serbian].
- Eckstein, D., J., Bauch, 1969: Beitrag zur Rationalisierung eines dendrochronologischen Verfahrens und zur Analyse seiner Aussagesicherheit. - *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 88, 4: 230-250. [In German].
- Fritts, H.C., 1976: Tree rings and climate. Academic Press, London, 567 p., New York and San Francisco
- Führer, E., L., Horváth, A., Jagodics, A., Machon, I., Szabados, 2011: Application of new aridity index in Hungarian forestry practice. *Időjárás*, 115(3): 205-216.
- Fukarek, P., 1958: Prilog poznavanju crnog bora (*Pinus nigra* Arn. s. Lat.). Radovi poljoprivredno-šumarskog fakulteta Univerziteta u Sarajevu, 3: 1-92. [In Croatian].
- Grissino-Mayer, H.D., 2001: Evaluating crossdating accuracy: A manual and tutorial for the computer program Cofecha. *Tree-Ring Research*, 57(2): 205-221.
- Helama, S., J., Holopainen, M., Timonen, K., Mielikäinen, 2014: An 854-year tree-ring chronology of Scots pine for South-West Finland. *Studia quaternaria*, 31(1): 61–68.
- Holmes, R.L., 1983: Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree-Ring Bulletin*, 43: 69–78.
- Huber, B., 1943: Über die Sicherheit jahrringchronologische Datierung. *Holz als Roh und Werkstoff* 6 (10/12): 263–268. [In German].
- Kharuk, V.I., S.T., Im, P.A., Oskorbin, I.A., Petrov, K.J., Ranson, 2013: Siberian Pine Decline and Mortality in Southern Siberian Mountains. *Forest Ecology and Management*, 310: 312-320.
- Klesse, S., M., Ziehmer, G., Rousakis, V., Trouet, D., Frank, 2015: Synoptic drivers of 400 years of summer temperature and precipitation variability on Mt. Olympus, Greece. *Climate dynamics*, 45(3): 807-824.
- Kochanowski, D., B., Bednarz, 2007: Tree ring chronologies of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), Black pine (*P. nigra* Arnold), and Black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) from the Słowiński National Park and neighbouring forests. *Acta Scientiarum Polonorum, Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria*, 6(4): 29-47.
- Levanič, T., 1996: Dendrokronološka in dendroekološka analiza propadajočih vladajočih in sovladajočih jelk (*Abies alba* mill.) v dinarskem fitogeografskem območju, Disertacija, Univerza v Ljubljani Biotehniška fakulteta-oddelek za lesarstvo, 165 p., Ljubljana. [In Slovenian].
- Levanič, T., J., Jevšenak, P., Hafner, 2020: Stable Isotopes Reveal Climate Signal Hidden in Tree Rings of Endemic Balkan Pines. *Atmosphere*, 11(2): 135.

- Matović, B., 2013: Analysis and projections on impact of climate change, using regional climate model, on the future distribution and growth of major tree species in Montenegro, The final report, Ref. No. UNDP MNE 13-026, 46 p, Podgorica. [In Serbian].
- McKee, T.B., N.J., Doesken, J., Kleist, 1993: The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology, 179-184, Anaheim, California.
- Miklić, B., A., Žmegač, D., Trlin, M., Orešković, S., Mikac, I., Anić, 2021: Klimatska osjetljivost kronologije crnoga bora (*Pinus nigra* Arnold.) na Sjevernom Velebitu. Šumarski list, 145(3-4): 137-144. [In Croatian with English summary].
- Poljanšek, S., D., Ballian, T.A., Nagel, T., Levanić, 2012: A 435-year-long European black pine (*Pinus nigra*) chronology for the Central-Western Balkan region. Tree-Ring Research, 68(1): 31-44.
- Poljanšek, S., Ceglar, A., Levanić, T., 2013: Long-term summer sunshine/moisture stress reconstruction from tree-ring widths from Bosnia and Herzegovina. Climate of the Past, 9(1): 27-40.
- Poljanšek, S., T., Levanić, 2012: Multiple tree-ring parameters from *Pinus nigra* (Arnold) and their climate signal. Zbornik gozdarstva in lesarstva, številka 98: 15-25.
- Schweingruber, F. H. 1983: Der Jahrring. Verlag Haupt, 234 p., Bern-Stuttgart [In German].
- Schweingruber, F.H., 1996: Tree Rings and Environment - Dendroecology. Haupt Press. 609 p., Bern.
- Schweingruber, F.H., D., Eckstein, F., Serre-Bachet, O.U., Bräker, 1990: Identification, presentation and interpretation of event years and pointer years in dendrochronology. Dendrochronologia, 8: 9-38.
- Smiljanić, M., J.W., Seo, A., Läänelaid, M., van der Maaten-Theunissen, B., Stajić, M., Wilmking, 2014: Peatland pines as a proxy for water table fluctuations: Disentangling tree growth, hydrology and possible human influence. Science of the Total Environment, 500 – 501: 52-63.
- Speer, H.J., 2010: Fundamentals of Tree Ring Research, University of Arizona Press, 352 p.
- Stajić, B., M., Kazimirović, 2018: The influence of temperature and precipitation on the increment of black pine (*Pinus nigra* J. F. Arnold): A case study from the area of Mt.Rudnik. Bulletin of the Faculty of Forestry/Glasnik Sumarskog fakulteta, 118: 143-164.
- Stajić, B., M., Kazimirović, V., Dukić, N., Radaković, 2020: First Dendroclimatological Insight into Austrian Pine (*Pinus nigra* Arnold) Climate-Growth Relationship in Belgrade Area, Serbia. South-east European forestry, 11(2): 127-134.
- Stefanović, V., 1958: Areal prirodnog rasprostranjenja bijelog bora (*Pinus silvestris*) u NR Bosni i Hercegovini, Radovi Poljoprivredno-Šumarskog fakulteta u Sarajevu, 3: 147-195. [In Serbian].
- Stefanović, V., V., Beus, Č., Burlica, H., Dizdarević, I., Vukorep, 1983: Ekološko vegetacijska rejonizacija Bosne i Hercegovine, Šumarski fakultetu u Sarajevu, 51 p., Sarajevo. [In Serbian].
- Trouet, V., M.P., Panayotov, A., Ivanova, D., Frank, 2012: A pan-European summer teleconnection mode recorded by a new temperature reconstruction from the northeastern Mediterranean (ad 1768–2008). The Holocene, 22(8): 887-898.
- Vicente-Serrano, S.M., S., Beguería, J.I., López-Moreno, 2010: A Multi-scalar drought index sensitive to global warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index - SPEI. Journal of Climate, 23(7): 1696-1718.
- Wigley, T., K.R., Briffa, P.D., Jones, 1984: On the average value of correlated time series, with applications in dendroclimatology and hydrometeorology. Journal of Applied Meteorology and Climatology, 23(2): 201-213.
- Worbes, M., 2004: Tree-Ring Analysis, Encyclopedia of forest sciences, First edition, Elsevier Academic Press: 586-599.

SAŽETAK

U Zavidovičko - Tesličkom području, u središnjoj Bosni i Hercegovini, dendrokronološkom metodom je proučavan radikalni rast stabala crnog i bijelog bora, autohtonih vrsta u pomatranom području. Cilj je bio identifikacija razlika između spomenutih vrsta glede utjecaja klimatskih čimbenika. Uzorci su uzeti iz stabala s pet lokaliteta. Na prvom lokalitetu je sastojina bijelog bora, na drugom crnog bora, a na ostala tri lokaliteta su mješovite sastojine. Standardizacija serija širina godova (radikalnih prirasta) obavljena je primjenom Arstan programa. Dobivena je regionalna kronologija bijelog bora dužine 145 godina (od 1870. do 2014.) i regionalna kronologija crnoga bora dužine 180 godina (od 1835. do 2014.). Ispitivanje zavisnosti između indeksa širine goda i oborina odnosno temperature u pojedinih karakterističnim periodima godine, pokazalo je negativan utjecaj temperature (osim u zimskim mjesecima) na formiranje goda i pozitivan utjecaj oborina. Statistički značajna zavisnost indeksa širine goda od SPEI indeksa ukazuje na značajan utjecaj nedostatka vlage u periodu lipanj – kolovoz (r = 0,33 u lipnju, r = 0,45 u srpnju i r = 0,47 u kolovozu) za bijeli bor i periodu lipanj - rujan (r = 0,36 u lipnju, r = 0,43 u srpanju, r = 0,47 u kolovozu i r = 0,30 u rujnu) za crni bor na formiranje godova. Analiza odnosa klimatskih parametara i formiranih kronologija bijelog i crnoga bora pokazuje slične odnose između širine goda i klime, ali je utjecaj klimatskih čimbenika nešto više izražen kod crnog bora, kojemu više odgovaraju uvjeti staništa na promatranom području. U promatranom području radikalni prirast stabala obje vrste drveća značajno je uvjetovan klimatskim čimbenicima, odnosno kronologije navedenih vrsta imaju dobar klimatski signal, a posebno signal suše u ljetnim mjesecima.

KLJUČNE RIJEČI: dendrokronologija, širina goda, crni bor, bijeli bor, klima, Bosna i Hercegovina



Hrvatska komora inženjera šumarstva i drvne tehnologije (*Croatian Chamber of Forestry and Wood Technology Engineers*) osnovana je na temelju Zakona o Hrvatskoj komori inženjera šumarstva i drvne tehnologije (NN 22/06).

Komora je samostalna i neovisna strukovna organizacija koja obavlja povjerene joj javne ovlasti, čuva ugled, čast i prava svojih članova, skrbi da ovlašteni inženjeri obavljaju svoje poslove savjesno i u skladu sa zakonom te promiče, zastupa i uskladjuje njihove interese pred državnim i drugim tijelima u zemlji i inozemstvu.

Članovi Komore:

- inženjeri šumarstva i drvne tehnologije koji obavljaju stručne poslove iz područja šumarstva, lovstva i drvne tehnologije.

Stručni poslovi (Zakon o HKIŠDT, članak 1):

- projektiranje, izrada, procjena, izvođenje i nadzor radova iz područja uzgajanja, uređivanja, iskorištavanja i otvaranja šuma, lovstva, zaštite šuma, hortikulture, rasadničarske proizvodnje, savjetovanja, ispitivanja kvalitete proizvoda, sudskoga vještačenja, izrade i revizije stručnih studija i planova, kontrola projekata i stručne dokumentacije, izgradnja uređaja, izbor opreme, objekata, procesa i sustava, stručno osposobljavanje i licenciranje radova u šumarstvu, lovstvu i preradi drva.

Javne ovlasti Komore:

- vodi imenik ovlaštenih inženjera šumarstva i drvne tehnologije,
- daje, obnavљa i oduzima licencije (odobrenja) pravnim i fizičkim osobama za obavljanje radova iz područja šumarstva, lovstva i drvne tehnologije,
- utvrđuje profesionalne obveze članova i njihovo obavljanje u skladu s kodeksom strukovne etike,
- provodi stručne ispite za ovlaštene inženjere,
- drugi poslovi koji su utvrđeni kao javne ovlasti.

Akti koje Komora izdaje u obavljanju javnih ovlasti, javne su isprave.

Ostali poslovi koje obavlja Komora:

- promiče razvoj struke i skrbi o stručnom usavršavanju članova,
- potiče donošenje propisa kojima se utvrđuju javne ovlasti Komore u skladu s kriterijima europske i svjetske prakse,
- zastupa interes svojih članova,
- daje stručna mišljenja kod pripreme propisa iz područja šumarstva, lovstva i drvne tehnologije,
- organizira stručno usavršavanje svojih članova,
- izdaje glasilo Komore te druge stručne publikacije.

Članovima Komore izdaje se rješenje, pečat i iskaznica ovlaštenoga inženjera. Za uspješno obavljanje zadataka te posizvanje ciljeva ravnopravnog i jednakovrijednoga zastupanja struka udruženih u Komoru, članovi Komore organizirani su u strukovne razrede:

- Razred inženjera šumarstva,
- Razred inženjera drvne tehnologije.

Članovi Komore imaju odgovornosti u obavljanju stručnih poslova sukladno zakonskim i podzakonskim aktima te Kodeksu strukovne etike.

USING GIS TECHNIQUES FOR MODELING OF ANTHROPOGENIC NOISE PROPAGATION GENERATED BY A CHAINSAW IN FOREST HARVESTING

KORIŠTENJE GIS TEHNIKA ZA MODELIRANJE ŠIRENJA ANTROPOGENE BUKE KOJU STVARA MOTORNA PILA PRILKOM SJEČE ŠUMA

Abdullah E. AKAY^{1*}, H. Hulusi ACAR², Buse KALKAN²

SUMMARY

Noise is an environmental pollution that negatively affects human health and reduces the performance of employees. Forest harvesting activities are one of the working environments where noise effect is intense. The most common equipment used in forest operations is chainsaw whose noise affects not only the operator but also the wildlife in the territory. The noise maps showing noise propagation can be effectively used in evaluating and controlling the noise effects. In this study, it was aimed to measure the anthropogenic noise levels resulting from the chainsaw used in tree felling and to map its noise propagation with SPreAD-GIS (System for Prediction of Acoustic Detectability) which is a GIS (Geographical Information Systems) based noise prediction software. The study was conducted in Karacabey Flooded Forest within the city of Bursa in Türkiye. The results indicated that the average noise level from the chainsaw was above the danger limit (90 dBA) that causes increased physiological reactions and headache on the workers. According to the noise propagation map, the noise exposure of the employees exceeded the warning limit (85 dBA) and the maximum noise level was 95.96 dBA during the harvesting activity. In some parts of the study area, the noise level was 45 dBA or above, causing negative effects on bird species. It can be concluded that the noise maps can be effectively used to determine noise propagation generated by a chainsaw and evaluate the noise effects on the operators and as well as on the bird species in the perimeter.

KEY WORDS: anthropogenic noise, noise propagation map, SPreAD-GIS, chainsaw

INTRODUCTION

UVOD

Technological innovations, industrial developments and urbanization have provided countless important contributions and facilities to human life, but also brought some undesirable impacts on natural resources and ecosystems. Environmental pollution such as air, water, soil and noise pollutions are the leading among these impacts. One of the important elements of environmental pollution is anthro-

pogenic noise, which is caused by vehicles (used in land, sea or air traffic), construction equipment, electrical machinery and other similar factors.

Unwanted and disturbing sounds are called noise. In other words, noise is a group of complex and variable sound, which has more than one frequency component and high-pressure that disturbs human ears (Maraş et al. 2011). The main factors affecting the propagation of noise are the distance to the sound source, the absorption of the envi-

¹ Prof. Dr. Abdullah E. Akay, Forest Engineering Department, Faculty of Forestry, Bursa Technical University, 16310 Bursa, Türkiye abdullah.akat@btu.edu.tr*

² Prof. Dr. H. Hulusi Acar, MSc. Buse Kalkan, Occupational Health and Safety, Faculty of Health Sciences, İstanbul Yeni Yüzyıl University, 34010 İstanbul, Türkiye

ronment where the sound is emitted, meteorological parameters (temperature, wind, air movements), the absorption of the ground, the presence of forests and wooded areas, and natural and/or artificial barriers in the environment (Aydin 2015).

Some special units and indicators are used in the measurement and evaluation of sound. The A-weighted sound pressure level (dB or dBA) is the unit of sound pressure in which the middle and high frequencies to which the human ear is sensitive are emphasized. The most commonly used sound levels are A-weighted sound levels in noise control studies. Noise, which affects human health physiologically, physically and psychologically, is an environmental pollution that reduces people's performance in working environment, education and home life. Scientific studies conducted on the subject show that more than 20% of the world population is exposed to noise levels above normal and approximately 60% of the European population is exposed to high noise levels during the day (Rivas et al. 2003).

Within the framework of the sustainability of forest resources, the process of benefiting from the functions offered by forests continues and it is expected that this situation will continue in the face of increasing population. When considering the business objectives of the forest resources, one of the most important purposes is the production of wood raw material. Harvesting operations in forestry is one of the working environments where the noise effect can be intense. Depending on the difficulty of the work and the type of equipment used, the effects of the noise exposure of forest workers and operators vary (Neitzel and Yost 2001, Serin and Akay, 2010). The most commonly used equipment in harvesting operations is the chainsaw, which is used in tree cutting, delimiting and bucking stages in the production of forest products. Studies on this subject have shown that the chainsaw is one of the most critical equipment in terms of noise level as well (Cavalli et al. 2004, Potocnik and Poje 2010).

Potocnik and Poje (2010) investigated the chainsaw noise level during forest harvesting operation and found that in addition to moving away from the noise source, atmospheric absorption and other factors were also effective in the reduction of noise propagation in the forest. They reported that they reached the natural noise level of the forest at 252 m away from the noise source generated by the chainsaw. Melemez et al. (2012), as a result of the health examinations of forest workers in harvesting operations, found that the inner ear nerves of the forest worker were damaged due to the noise of the chainsaw. It was stated that the workers could hear the deep sounds they encountered in daily life, but they had difficulties hearing the high-pitched sounds such as telephone and doorbell rings. Taş et al. (2018) measured the average noise level as 80.18 dBA in a study where the

effect of the chainsaw on the operator was investigated. The maximum noise level was measured at the back-cut stage (100.77 dBA) of tree felling operation. Neri et al. (2018) investigated the effect of using electric chainsaw in terms of vibration and noise effects during forest harvesting operation in coniferous forests. After analyzing the noise measurements, they found that the noise level generated by Li-Ion battery saws was between 81 and 90 dBA.

Noise is a pollution element that has an impact on human health, therefore it must be controlled like all other environmental pollution elements. Noise maps showing noise propagation can be effectively used in the assessment and control of the noise impact. The noise map is defined as a numerical model of noise sources (Probst and Huber 2003). They are used to calculate average noise levels in an area, to determine whether the noise is within acceptable limits, and to identify risky areas where employees are adversely affected (Aydin 2015). Barber et al. (2011) investigated the effect of anthropogenic noise caused by energy systems, aircraft and roads in US national parks (Mesa Verde, Grand Teton and Glacier). They developed a noise propagation model with one of the well known GIS based software, called SPread-GIS, by measuring the noise emitted from oil and gas compressor systems located near Mesa Verde National Park. In the model, they found that the noise emitted from 64 compressors was 34.8 dBA in average throughout the park, and 56.8 dBA in the densest area adjacent to the park. The studies conducted on the mapping of anthropogenic noise propagation caused by forestry equipment are rather limited. Proto et al. (2016) examined the modeling of noise propagation caused by harvesting equipment using SPread-GIS software. The measurements were made on the noises caused by the chainsaw during tree cutting, and the tractor and cable logging during the timber extraction from the harvesting unit. They stated that the highest noise emission was realized by the chainsaw.

Knowing that the noise sources and noise levels in a working environment provides important information for determining the effects of noise pollution on different species and ecosystems (Keyel et al. 2017). In a study conducted by Slabbekoorn and Ripmeester (2008), it was stated that the anthropogenic noise that occurs as a result of increasing human activities often interferes with the communication sounds between birds, causing stress in areas such as not being able to receive warning against the predator, not being able to find a partner, and feeding. In a review study conducted by Akay and Acar (2019), how to use SPread-GIS program for modeling noise map was described and the main factors affecting noise propagation in forest (i.e. elevation, land use type, temperature, humidity, wind direction and intensity, climate and weather conditions) were evaluated. Kunc and Schmidt (2019) reported that noise is considered as a serious form of environmental change and

pollution that negatively affects both aquatic and terrestrial species.

In this study, it was aimed to develop a GIS-based noise propagation model considering the noise emission caused by the chainsaw used in tree cutting stage of a forest harvesting operation in Karacabey Flooded Forest within the border of Bursa province in Türkiye. The noise propagation map was produced by using SPreAD-GIS in order to predict the noise level caused by the chainsaw to which the operator and other forest workers working in the harvesting area are exposed. On the other hand, there are a total of 126 bird species in the Karacabey Flooded Forest. In the study, the effects of chainsaw-induced noise on bird species in flooded forest were also evaluated using the noise propagation map.

MATERIAL AND METHOD

MATERIJALI I METODA

Study Area – *Područje istraživanja*

The study was conducted during tree harvesting operation taken place in Section 52 within the border of Karacabey Flooded Forest. The main land cover types in the flooded forest are terrestrial forest, agricultural land, pasture and sand dune (Akay et al. 2017) (Figure 1). The geographical location of the study area is between $40^{\circ}23'38''$ - $40^{\circ}21'43''$ North Latitude and $28^{\circ}23'02''$ - $28^{\circ}52'21''$ - $28^{\circ}34'01''$ East Longitudes. In the study area, the total forest area is approximately 1200 hectares and the average altitude from the sea is 15 m. The dominant tree species in the flooded forest are

ash, oak, alder, willow and poplar, and there are pistachio and larch within the territorial forest boundaries. There are 126 bird species identified through field observations in the flooded forest. Most of these birds are resident species that breed in the area during the spring season.

Noise analysis – *Analiza buke*

Noise level measurements were conducted during the harvesting activities carried out in 2019 in the alder stands located in the flooded forest. The noise level caused by the Husqvarna 365 model chainsaw in tree cutting operation was recorded at 1-second intervals using a PCE 430 Class 1 noise meter. A portable meteorology station (TFA Nexus Funk-wet) was used for measuring climate data (Figure 2). Noise measurements were recorded in 1/1 and 1/3 octave bands between 22-136 dBA and 3 Hz-20 kHz frequency range. When measuring the noise level to which the chainsaw operator was exposed, the noise meter was kept close to the operator's ears (30 cm). In the field measurements, it was ensured that there was no other noise source in the working environment in addition to the chainsaw noise. In order to determine the natural noise level, noise measurements were performed during the period when the chainsaw was not operated and no noise source was active in the area. Within the scope of statistical analysis, tree diameters were divided into three classes (small: < 30 cm, medium: 30-34 cm, large: > 34 cm) to investigate the effect of tree diameters on the noise level caused by the chainsaw. The ranges of the diameter classes were determined considering the tree diameter data obtained in the field study. The diffe-

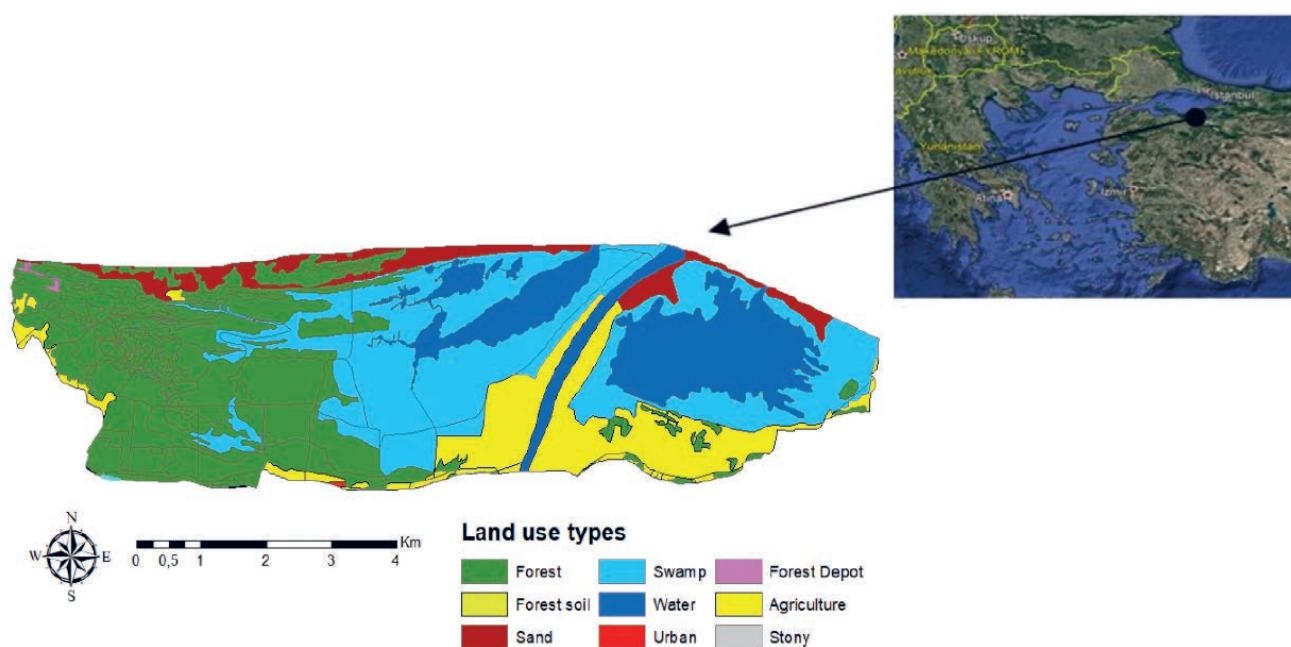


Figure 1. Karacabey Flooded Forest

Slika 1. Poplavna šuma Karacabey



Figure 2. Devices used in the study: a) Chainsaw, b) Noise meter, c) Portable meteorology station

Slika 2. Uredaji korišteni u studiji: a) motorna pila, b) zvukomjer, c) prijenosna meteorološka stanica

rence between the average noise levels according to the diameter classes was examined at the 0.05 significance level with the One-Way ANOVA method.

SPreAD-GIS noise propagation model – SPreAD-GIS model širenja buke

The noise propagation map of the study area was developed with the SPreAD-GIS by using the noise values collected from the chainsaw. SPreAD-GIS, an open source software, has been adapted to the ArcGIS 10.4 software environment using ModelBuilder and Python algorithms. SPreAD-GIS takes into account six propagation factors (spherical propagation, atmospheric absorption, land cover and vegetation, wind, terrain structure, predicted noise propagation) to calculate the spatial propagation of noise (Reed et al. 2009). Among the noise propagation factors, the spherical propagation loss is calculated depending on the distance from the noise source. Atmospheric absorption loss is calculated as a function of air temperature, relative humidity and altitude. Losses due to land cover and vegetation are calculated accord-

ing to the values absorbed by the ground and scattered by the vegetation according to the land cover types (i.e. coniferous forest, hardwood forest, agriculture/grassland/herbaceous, shrubland, bare land, water/swamp, urban). Wind-induced loss is calculated according to the prevailing wind direction, wind speed and seasonal conditions.

The losses due to the terrain structure are calculated according to the decrease in the sound level due to the barrier effect of the hills or ridges on the site. Finally, predicted noise propagation is calculated depending on the difference between the noise emitted from the measured source and the ambient noise level. Thus, it can be determined that the noise emitted from the source can be heard by exceeding the ambient noise and adversely affects the wildlife in the area (Reed et al. 2009). SPreAD-GIS enables the modeling of noise propagation for 1/3 octave frequency bands (400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000 Hz) by considering different noise sources. In this way, noise levels from different machines operating simultaneously can be determined and maps representing noise propagation can be produced.

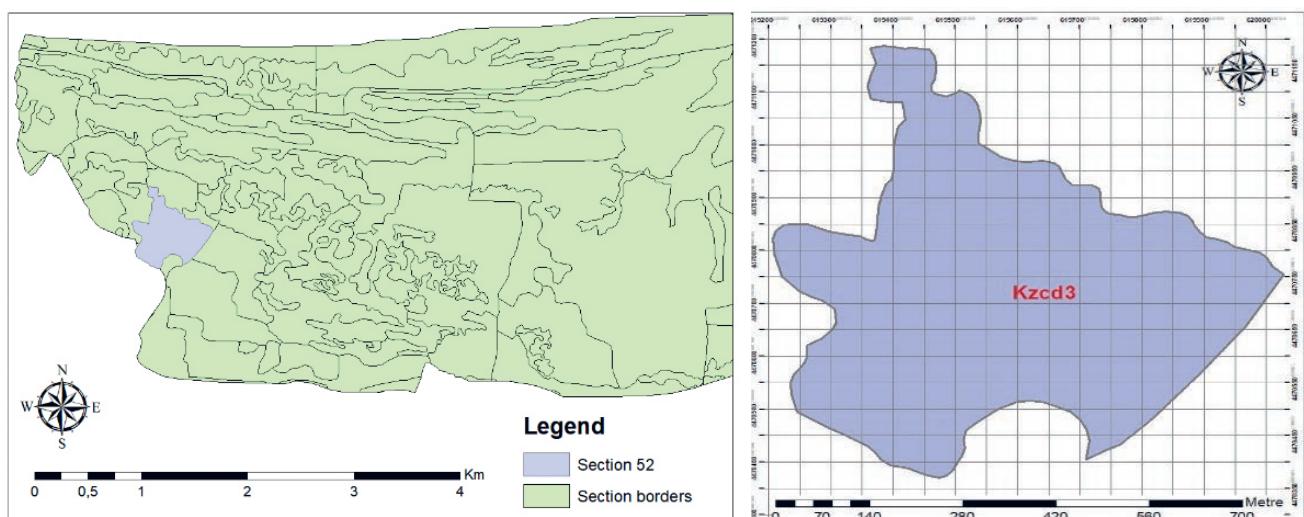


Figure 3. The location of Section 52 (left) and the grids whose centers representing the locations of the noise sources (right)

Slika 3. Položaj odjela 52 (lijevo) i mreže čiji centri predstavljaju lokacije izvora buke (desno)

Model database – *Baza podataka modela*

Before running SPreAD-GIS, the required GIS datasets for the model were obtained and some parameters were determined by field measurements. The database included location of the noise sources, the characteristics of the noise sources, model coverage area (extent), land cover map, Digital Elevation Model (DEM), climate parameters, and the ambient noise conditions in the working environment. The GIS datasets were generated in raster format with 30 m resolution, as required in the model.

Location of the noise sources – *Položaj izvora buke*

The noise source file was developed in the SPreAD-GIS database to represent the locations where the noises are propagated within the study area. Noise measurements were made during the tree cutting operation using a chainsaw in an alder stand in Section 52. The total area of the stand where the measurements were made was 29.41 (about 30 ha) hectares. During the field studies, it was determined that the average length of the alder trees in the area was approximately 25 meters. Considering that the chainsaw operators must work at a safe distance of two tree-lengths during production, the Section 52 was divided into 120 grids with an edge of 50 m. The center point of 120 grids was recorded in the SPreAD-GIS database as locations of the noise source (Figure 2). Since three chainsaw operators work at the same time, noise propagation calculations were made for a total of 40 combinations in the SPreAD-GIS, taking into account three neighboring grids at each time.

Characteristics of the noise sources and model extent – *Karakteristike izvora buke i opseg modela*

SPreAD-GIS allows the user to select from the noise level data of the engines of different machines loaded in the database (Martin et al. 2005). In this study, the weighted noise level values originating from the chainsaw for 500, 1000 and 2000 Hz from 1/3 octave frequency bands were taken into consideration. Another feature of the noise source that needs to be defined is the distance to the noise source. Since the noise meter was placed 30 cm from the operator's ears, 0.30 m was used as the noise source distance. The model extent in SPreAD-GIS represents the spatial scope determined for noise propagation analysis. As the model extent gets larger, the processing time increases in SPreAD-GIS (Reed et al. 2009). In this study, a rectangular shape model extent (4509 m x 14588 m) that covers the Karacabey Flooded Forest was used in order to evaluate the noise propagation beyond Section 52.

Land cover type map and DEM – *Karta zemljišnog pokrova i DEM*

In this study, stand type map of the current forest management plan of Karacabey FMD was used to generate land

Table 1. The land cover types and their codes defined in SPreAD-GIS model

Tablica 1. Tipovi zemljišnog pokrova i njihovi kodovi definirani u SPreAD-GIS modelu

Land cover types <i>Tip zemljišnog pokrova</i>	Codes <i>Kodovi</i>
Coniferous forest <i>Šuma četinjača</i>	CON
Hardwood forest <i>Šuma turde bjelogorice</i>	HWD
Agriculture/grassland/herbaceous <i>Poljoprivreda/travnjaci/zeljaste biljke</i>	HEB
Shrubland/maquis <i>Grmlje/makija</i>	SHB
Bare land <i>Gola zemlja</i>	BAR
Water/swamp <i>Voda/močvara</i>	WAT
Urban <i>Urban</i>	URB

cover data layer. Each land cover type that falls within the model extent was reclassified into one of the seven land cover types defined in the SPreAD-GIS environment (Table 1). Then, DEM was developed by using the digital contour map of Karacabey FMD.

Climate parameters – *Klimatski parametri*

In modeling the noise propagation using SPreAD-GIS, it is necessary to obtain and enter the climatic parameters for the day and season on which the field measurements are performed. These climate parameters include temperature (°C), relative humidity (%), prevailing wind direction (°), wind speed (km/hour), and seasonal conditions. The model also includes a list to defined seasonal conditions, from which the user can select the seasonal condition that best represents the situation at the time of measurement. Seasonal conditions in the list include "a clear, calm summer day", "a clear, calm winter day", "a clear, windy summer day", "a clear, windy winter day", "cloudy and calm", and "cloudy and windy". In this study, the average temperature, relative humidity, wind direction, and wind speed data were collected during the operation by using portable meteorology station. Seasonal conditions were determined and recorded at the time of measurement in the field.

Ambient noise conditions – *Uvjeti ambijentalne buke*

In the last stage, the ambient noise conditions in the harvesting area were defined and then the areas where the noise originating from the chainsaw can be heard at different frequencies were determined in the model. The ambient noise level values for 500, 1000 and 2000 Hz from 1/3 octave frequency bands were measured as in noise source mea-

Table 2. Statistical summary of noise values for diameter classes

Tablica 2. Statistički sažetak vrijednosti buke za klase promjera

Diameter classes Promjer razreda	N N	Average Prosječno	Standard Deviation Standardna devijacija	Noise value Razina buke (dBA)	Standard Error Standardna pogreška	Minimum Najmanja	Maximum Najveća
Small (<30 cm) <i>Mali (<30 cm)</i>	38	99.14	2.94	0.48	89.90	103.30	
Medium (30-35 cm) <i>Srednji (30-35 cm)</i>	42	99.36	2.69	0.42	93.90	104.60	
Large (>34 cm) <i>Veliki (>34 cm)</i>	40	99.65	3.24	0.51	93.10	107.90	

surements and entered into the SPreAD-GIS. In order to determine the ambient noise level, noise measurement was made for five minutes when the chainsaw was not operated and no noise source was active in the field.

Developing noise propagation maps – *Izrada karata širenja buke*

In SPreAD-GIS environment, spatial propagation model of anthropogenic noise was developed by considering six noise propagation factors and three frequency bands (500, 1000, 2000 Hz). Maps showing the noise propagation at intervals of 5 dBA were produced in raster data format as model outputs. Noise propagation calculations in the SPreAD-GIS were conducted for a total of 40 combinations. In the final noise propagation maps, the combination that gives the highest pixel value among the combinations for each pixel was taken into account. By calculating the difference between the noise arising from the noise source and the natural noise levels in the working environment, the areas where the noise emitted from the source is likely to be heard and the areas where the bird species in the area may be affected were determined. The areas with noise levels of 45 dBA and above, which were determined to affect breeding, stress hormone levels and species richness in bird species, were identified for this purpose (Shannon et al., 2016). In addition, regions where the difference between the noise originating from the noise source and the natural noise difference in the area exceeds 20 dBA and above, which is critical for bird species, were determined (Proto et al. 2016).

RESULTS REZULTATI

Noise analysis results – *Rezultati analize buke*

Noise level measurements were performed during the tree cutting stage carried out in the alder stands located in the Section 52 in the study area. The results indicated that the

average tree diameter was approximately 33 cm and the minimum, maximum and average noise values were approximately 72 dBA, 109 dBA and 99 dBA, respectively. Accordingly, it was determined that the average noise level was more than the danger limit (90 dBA) that causes an increase in physiological reactions and headache. It has been determined that the maximum noise level was above 120 dBA, which can cause continuous damage and disturbance of balance in the inner ear. Within the scope of the study, the effect of tree diameters on the noise level caused by the chainsaw was investigated. Although the results of One-Way Analysis of Variance showed that there was no statistically significant relationship between diameter classes and noise level ($p > 0.05$), it was determined that the noise values increased from the small diameter class to the medium and large diameter class (Table 2).

Model database results – *Rezultati modela baze podataka*

In order to produce the noise propagation map using SPreAD-GIS, firstly, the model database was developed. Noise measurements and climate data collection were performed in four periods for 40 combinations and there were 10 combinations in each period. According to the results, the average maximum noise value and average ambient noise for all noise combinations were found to be 109.3 dBA and 42 dBA, respectively (Table 3). On the other hand, average temperature, relative humidity, wind direction and wind speed were found to be 14 °C, 66%, 75° and 5.8 km/h, respectively. Seasonal conditions were determined as “clear, calm summer day” for the first period and “clear, calm winter day” for other three periods.

Necessary digital data layers were produced in order to evaluate the effects of the noise locations, terrain structure, and land cover type on noise propagation in the SPreAD-GIS process. The center point of 120 grids generated in Section 52 was evaluated as the noise source in the SPreAD-GIS database. In order to reflect the impact of the terrain structure into the model, DEM was produced for the bo-

Table 3. Data recorded during the noise measurements

Tablica 3. Podaci zabilježeni tijekom mjerenja buke

Periods Razdoblje	Combinations Kombinacije	Noise Level Razina buke (dBA)	Air temperature Temperatura zraka (°C)	Air humidity Vlažnost zraka (%)	Wind Direction Smjer vjetra (°)	Wind Speed Brzina vjetra (km/hr)	Ambient Noise Ambijentalna buka (dBA)
First <i>Prvo</i>	1	109.5	20.5	57.6	60	4.9	42.8
	2	110.3	20.5	57.6	60	4.9	42.8
	3	109.8	20.5	57.6	60	4.9	42.8
	4	108.8	20.5	57.6	60	4.9	42.8
	5	110.2	20.5	57.6	60	4.9	42.8
	6	109.5	20.5	57.6	60	4.9	42.8
	7	109.9	20.5	57.6	60	4.9	42.8
	8	108.5	20.5	57.6	60	4.9	42.8
	9	107.5	20.5	57.6	60	4.9	42.8
	10	109.0	20.5	57.6	60	4.9	42.8
	11	111.2	12.5	77.5	90	4.9	40.4
	12	110.8	12.5	77.5	90	4.9	40.4
	13	109.3	12.5	77.5	90	4.9	40.4
	14	108.5	12.5	77.5	90	4.9	40.4
Second <i>Drugo</i>	15	108.3	12.5	77.5	90	4.9	40.4
	16	110.1	12.5	77.5	90	4.9	40.4
	17	111.8	12.5	77.5	90	4.9	40.4
	18	101.0	12.5	77.5	90	4.9	40.4
	19	109.2	12.5	77.5	90	4.9	40.4
	20	110.0	12.5	77.5	90	4.9	40.4
	21	110.1	10.2	63	90	7.1	41.3
	22	112.0	10.2	63	90	7.1	41.3
	23	109.4	10.2	63	90	7.1	41.3
	24	109.5	10.2	63	90	7.1	41.3
Third <i>Treće</i>	25	112.8	10.2	63	90	7.1	41.3
	26	110.0	10.2	63	90	7.1	41.3
	27	110.3	10.2	63	90	7.1	41.3
	28	109.1	10.2	63	90	7.1	41.3
	29	110.3	10.2	63	90	7.1	41.3
	30	108.5	10.2	63	90	7.1	41.3
	31	108.7	12.6	67	60	6.3	43.4
	32	108.2	12.6	67	60	6.3	43.4
	33	108.2	12.6	67	60	6.3	43.4
	34	108.4	12.6	67	60	6.3	43.4
Fourth <i>Četvrti</i>	35	108.2	12.6	67	60	6.3	43.4
	36	109.4	12.6	67	60	6.3	43.4
	37	109.7	12.6	67	60	6.3	43.4
	38	108.2	12.6	67	60	6.3	43.4
	39	108.4	12.6	67	60	6.3	43.4
	40	108.4	12.6	67	60	6.3	43.4

boundary of model extent. According to the results, the average elevation at the model extent was 12.88 m, and it varied between 0 and 32.05 m from the sea level. Then, land cover type map was produced for the boundary of model extent and each land cover type was transformed into one of the seven land cover types defined in the SPreAD-GIS. The results showed that the land cover type with the largest area was water bodies and swamps (45.17%), followed by hardwood forest (25.42%) (Table 4). Forest soil, sand dune, stony areas and forest depot in the study area were classified under open areas.

Noise propagation maps – Karte širenja buke

By using SPreAD-GIS, separate noise propagation maps (30 m x 30 m) were first produced for 40 combinations.

Table 4. Spatial distribution of the land cover types

Tablica 4. Prostorni raspored tipova zemljišnog pokrova

Land cover type Tip zemljišnog pokrova	Code	Area (%)
Water/swamp Voda/močvara	WAT	45.17
Hardwood forest Šuma tvrde bjelogorice	HWD	25.42
Agriculture/grassland/herbaceous Poljoprivreda/travnjaci/zeljaste	HEB	14.23
Bare land Gola zemlja	BAR	6.07
Coniferous forest Šuma četinjača	CON	4.04
Shrubland/maquis Grmlje/makija	SHB	3.46
Urban Urban	URB	1.59

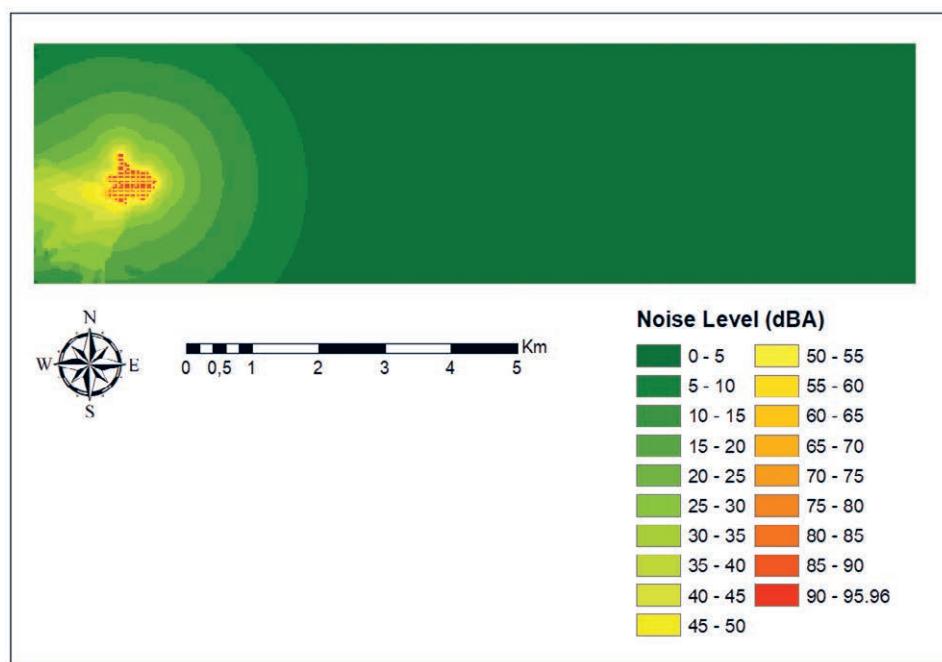


Figure 4. The noise propagation map for the chainsaw-induced noise in the model extent

Slika 4. Karta širenja buke izazvane motornom pilom u opsegu modela

Then, the final noise propagation map was generated considering the combination that gives the highest pixel value among the combinations for each pixel. Figure 4 shows the final propagation map for the chainsaw-induced noise. According to the results, the maximum noise level arising from the chainsaw was determined as 95.96 dBA. This value is above the danger limit (90 dBA) that causes increased physiological reactions and headache.

In order to evaluate the noise exposure of the personnel working around the noise source during the harvesting operation, the areas where the noise is 85 dBA and above (e.g. defined as the warning limit) was detected (Figure 5).

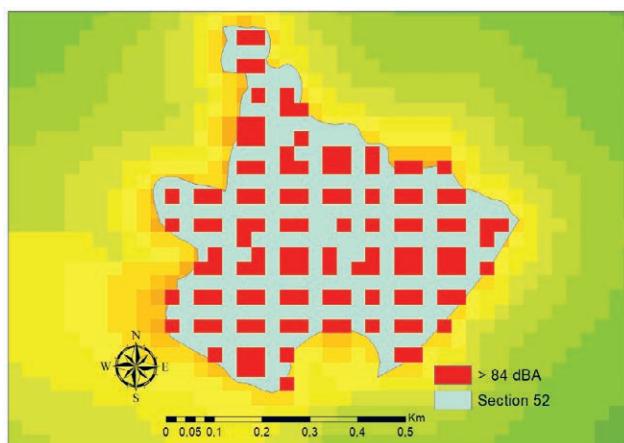


Figure 5. The areas with the noise level of 85 dBA and above in/around Section 52

Slika 5. Područja s razinom buke od 85 dBA i više unutar/oko odjela 52

The results showed that the area exceeding the warning limit was 10.62 ha. The areas with 45 dBA and above noise levels that cause adverse effects on bird species were calculated as 63.18 ha (Figure 6). On the other hand, the areas where the difference between the noise originating from the chainsaw and the ambient noise in the working environment is effective on bird species (20 dBA and above) was determined to be 20.61 ha (Figure 7).

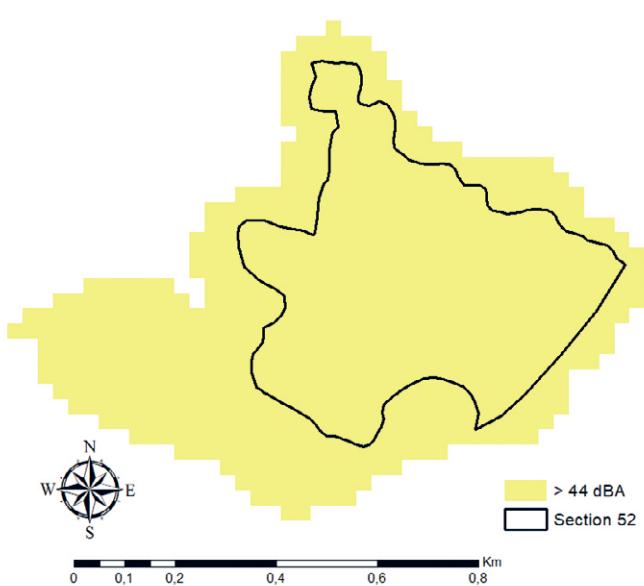


Figure 6. The areas with the noise level of 45 dBA and above in/around Section 52

Slika 6. Područja s razinom buke od 45 dBA i više unutar/oko odjela 52

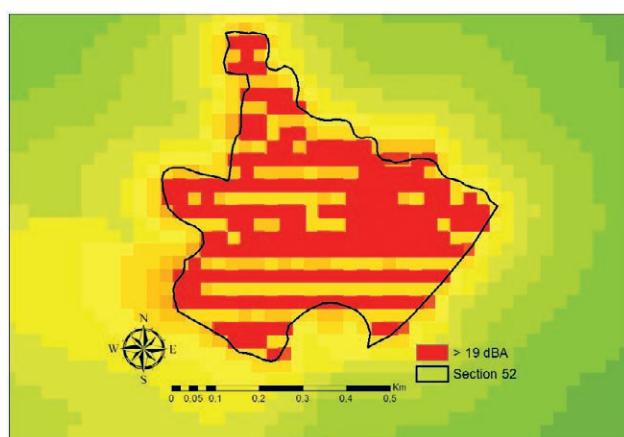


Figure 7. The areas where the difference between the chainsaw-induced noise and the ambient noise was more than 20 dBA in/around Section 52

Slika 7. Područja u kojima je razlika između buke izazvane motornom pilom i buke okoline bila veća od 20 dBA unutar/oko odjela 52

DISCUSSION RASPRAVA

The graphical display of the noise level measurements for the tree cutting operation with the chainsaw is shown in Figure 8. The results indicated that the average noise level (99 dBA) was higher than the danger limit (90 dBA) potentially causing increased physiological reactions and headache. It was found that this noise level exceeds the tolerance limit values on an hour/day (8 hours) basis (NCR, 1986). In a similar study, Serin and Akay (2008) reported that the average noise level caused by the chainsaw during a tree cutting was also over 90 dBA.

It was also found that the measured maximum noise level (117.9 dBA) was at the dangerous noise level that can cause permanent damage to the hearing ability (Polat and Kirikkaya 2004). Taş et al. (2018) reported that the maximum noise level was 100.77 dBA in a similar study investigated the noise level of a chainsaw operation. The effect of

tree diameters on the noise level caused by the chainsaw was investigate based on three diameter classes (small: <30 cm, medium: 30-34 cm, large: > 34 cm) According to the results, the average noise level on thin diameter class was 99.13 dBA, while it was 99.36 dBA and 99.62 dBA for medium and large diameter classes, respectively (Figure 9). In a previous study conducted by (Tunay and Melemez (2003), it was reported that the noise level measured during tree cutting was 104.3 dBA in medium-sized chainsaws and 111.4 dBA in large-sized chainsaws. In another study, the noise levels caused by electric saws were examined, and the average noise level was measured as 92 dBA when cutting logs with a diameter of less than 30 cm, and 95 dBA for logs above 30 cm (Neri et al. 2018).

The noise propagation calculations were evaluated for 40 combinations and these combinations were taken into account when generating the final noise map. After the noise propagation map was produced, it was classified considering the noise ranges effective on human health (Figure 10). According to the results obtained, it was found that in 135.72 ha of the study area, the noise level was in the range of 36-65 dBA, which can disrupt sleep and resting on people. On the other hand, in the 5.49 ha area, it was in the range of 65-85 dBA, which can cause mental harm and ear disorders. And, in the 10.62 ha area, it was in the range of 85-115 dBA, which can result in mental and physical damage and psychosomatic diseases (Polat and Kirikkaya, 2004).

The results also indicated that about half of the Section 52 (49.39%) was in the noise range that impairs sleep and rest on humans, while 34.15% of the area was in the noise range that causes mental and physical harm and psychosomatic diseases (Figure 11). The remaining area (16.46%) was in the noise range that can result in mental harm and ear disorders. In a recent study investigating the effect of chainsaw on the operator in tree cutting, Taş et al. (2018) stated that the average noise level (80.18 dBA) was in the noise range

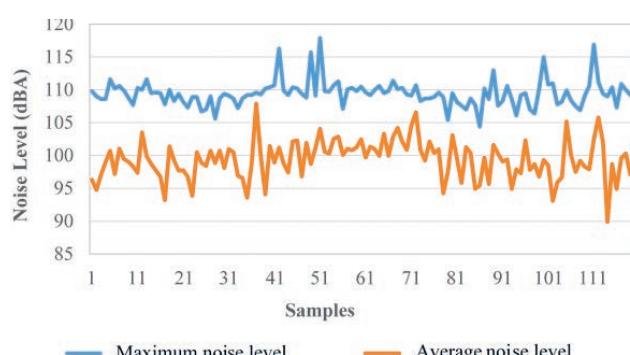


Figure 8. Graphical representation of the measured noise levels in the study

Slika 8. Grafički prikaz izmjereneh razina buke u istraživanju

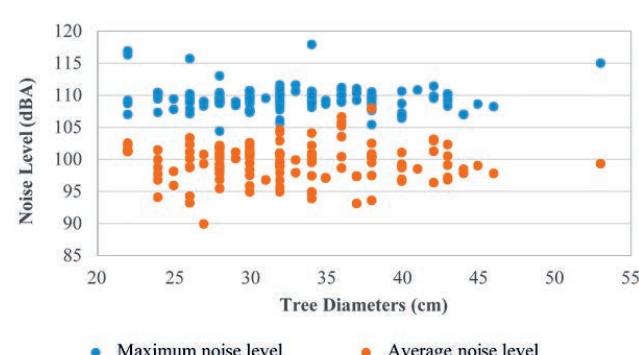


Figure 9. Graphical representation of noise levels according to tree diameter

Slika 9. Grafički prikaz razina buke prema promjeru stabla

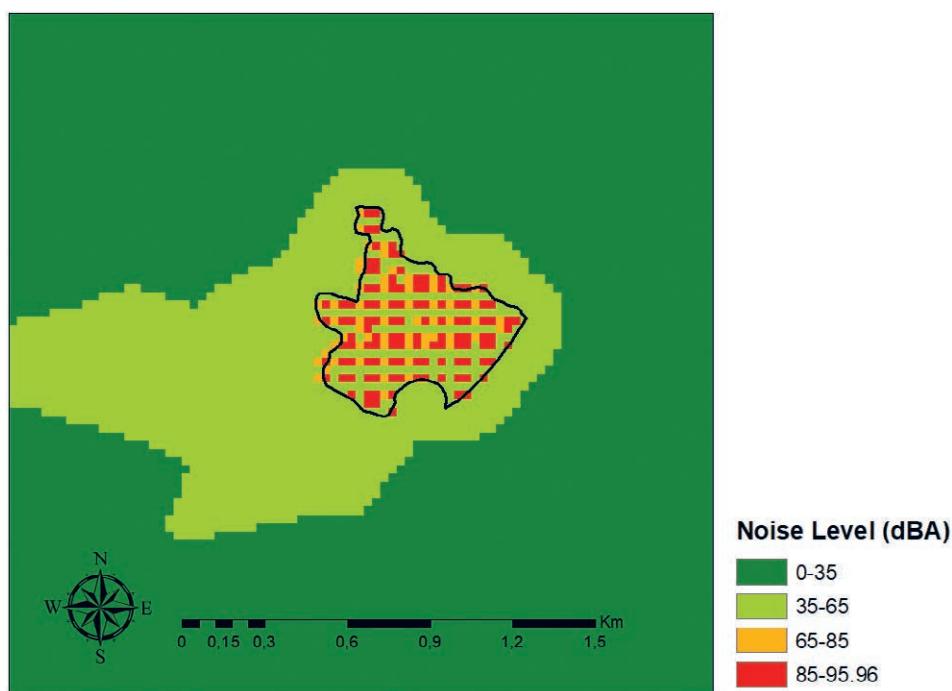


Figure 10. Distribution of noise ranges affecting human health in the study area
Slika 10. Raspodjela raspona buke koja utječe na zdravlje ljudi u području istraživanja

that causes mental and physical harm and psychosomatic diseases. They found that the maximum noise level (100.77 dBA) was in the noise range that can result in mental and physical harm and psychosomatic diseases.

The areas where the noise emitted from the chainsaw may affect the bird species in the study area was determined for Section 52. It was found that the entire section was subject to noise level of 45 dBA (Delaney et al. 1999) and above, which can affect the breeding, stress hormone level and

species richness in bird species. On the other hand, the regions where the difference between the noise from the noise source and the ambient noise exceeds 20 dBA (Proto et al. 2016), which is critical for bird species, was determined to be 18.81 ha. Anthropogenic noise originating from human activities causes adverse effects on birds, especially during the breeding and incubation period, and generates problems in vital functions such as warning against predators and feeding (Slabbekoorn and Ripmeester 2008). It is stated that both aquatic and terrestrial bird species are equally affected by anthropogenic noise (Kunc and Schmidt 2019). It is predicted that 126 resident bird species in the flooded forest subject to the study may be significantly affected by the production activities carried out in the field, especially in the spring, which is the breeding season.

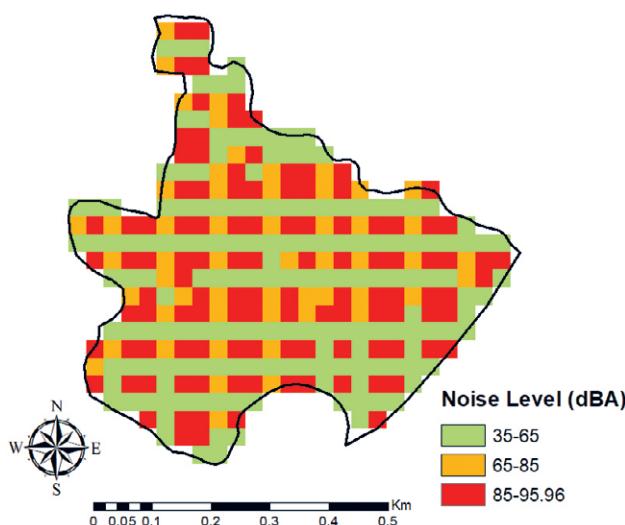


Figure 11. The distribution of noise ranges affecting human health in Section 52
Slika 11. Raspodjela raspona buke koja utječe na zdravlje ljudi u odjelu 52

CONCLUSIONS ZAKLJUČCI

Forest operations in which motorized equipment and heavy machinery are used is one of the working environments with intense noise effect. In this study, the propagation map of the noise caused by the chainsaw used in the tree cutting stage of forest harvesting was produced by using GIS based SPreAD-GIS software. The results showed that the maximum noise level from the chainsaw was above the danger limit (95.96 dBA). According to the results of the noise propagation map, it was found that the noise caused by the chainsaw reached a level that could cause adverse effects on

the bird species, especially during breeding and incubation periods, tree cutting with chainsaw should not coincide with these sensitive periods. In case of necessity, the noise effect should be minimized by using electric powered or Li-Ion battery saws with lower noise levels.

In order to minimize the effect of the noise caused by the chainsaw, it will be safer for the chainsaw operators and other personnel working close to the perimeter to use suitable ear protection equipment. In addition, daily working hours and rest periods should be determined according to the noise levels. In this context, the standard noise exposure times specified in the regulations should be taken into consideration. Timely and correct maintenance and insulation of chainsaws will contribute to the reduction of the noise level caused by the chainsaw. In insulated chainsaws exposed metal parts are isolated from the internal metal motor components with protective insulation.

In addition, considering that the noise from chainsaw changes depending on the type of oil used for chain lubrication, it would be appropriate to evaluate alternative oil types such as vegetable oil and mineral oil to minimize noise exposure. Occupational seminars and trainings should be given to chainsaw operators on the potential impacts of noise on human health and how to prevent these impacts. Employees should undergo periodic health checks, taking precautions to prevent temporary damages from becoming permanent and applying the necessary treatments.

This study has shown that noise propagation maps will make significant contributions in determining the noise level in a study area. However, in future studies, it would be appropriate to evaluate the noise levels arising from chainsaws with different types and power sources. In addition, it will be beneficial to develop noise propagation maps of other harvesting equipment such as harvester, feller-buncher, skidder, agricultural tractor, logging truck. In addition to bird species, other wild animal species affected by anthropogenic noise propagation should be examined in future studies.

ACKNOWLEDGEMENTS

ZAHVALA

This study is funded by The Scientific and Technological Research Council of Türkiye (TUBITAK) with the project number 119O736.

REFERENCES

LITERATURA

- Akay, A.E. and Acar, H.H., 2019: Using GIS Techniques for Modeling Noise Propagation from Mechanized Harvesting Equipment. European Journal of Forest Engineering, 5 (2):92-98.
- Aydin, B., 2015: Noise mapping on a university campus area: Case study for Istanbul Technical University Ayazaga Campus. MSc Thesis. ITU, Institute of Science and Technology, İstanbul. 98 p.
- Barber, J.R., Burdett, C.L., Reed, S.E., Warner, K.A., Formichella, C., Crooks, K.R., and Fristrup, K.M., 2011: Anthropogenic noise exposure in protected natural areas: estimating the scale of ecological consequences. *Landscape Ecology*, 26(9):1281-1296. <https://doi.org/10.1007/s10980-011-9646-7>
- Cavalli, R., Miola, P., and Sartori, L., 2004: Chainsaw noise diffusion in forests managed with different silvicultural systems. *L'Italia Forestale e Montana*, 59(3):375-390.
- Delaney, D.K., Grubb, T.G., Beier, P., Pater, L.L., and Hildegard Reiser, M., 1999: Effects of helicopter noise on Mexican spotted owls, *Journal of Wildlife Management*, 63(1):60-76. <https://doi.org/10.2307/3802487>
- NCR, 1986: Noise Control Regulation, Ministry of Environment and Forestry, 17 p. http://www.istanbulsaglik.gov.tr/w/mev/mev_yon/gurultu_kontrol.pdf
- Keyel, A.C., Reed, S.E., McKenna, M.F., and Wittemyer, G., 2017: Modeling anthropogenic noise propagation using the Sound Mapping Tools ArcGIS toolbox, *Environmental Modelling & Software*, 97:56-60. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.07.008>
- Kunc, H.P. and Schmidt, R., 2019: The effects of anthropogenic noise on animals: a meta-analysis, *Biology Letters*, 15(11):20190649. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2019.0649>
- Maraş, E.E., Maraş, H.H., Maraş, S.S., and Alkuş, Z., 2011: Analysis of the Prediction Method Used in Environmental Noise Mapping from GIS Data, *Map Journal*, 145:52-60.
- Martin, S.A., Leung, A., and Pallini, P., 2005: California off-highway vehicle noise study. Wyle Laboratories, Inc., El Segundo, CA.
- Melemez, K., Tunay, M., Fevzi, Ç. I. Ğ., and Emir, T., 2012: A Case Study on Health Examinations of Forest Workers in Forest Harvesting Works. *Bartin Faculty of Forestry Journal*, 14(21):37-46.
- Neitzel, R. and Yost, M., 2001: Task-based Assessment of Occupational Vibration and Noise Exposures in Forestry Workers. The International Mountain Logging and 11th Pacific Northwest Skyline Symposium, 10-12 December, Seattle, Washington, USA. pp: 21-27
- Neri, F., Laschi, A., Foderi, C., Fabiano, F., Bertuzzi, L., and Marchi, E., 2018: Determining noise and vibration exposure in conifer cross-cutting operations by using li-ion batteries and electric chainsaws. *Forests*, 9(8):501. <https://doi.org/10.3390/f9080501>
- Polat, S. and Kirikkaya, E.B., 2004: Effects of Noise on Education and Teaching. XIII. National Education Science Congress, 6-9 July, İnönü University, Faculty of Education, Malatya., Türkiye.
- Potocnik, I. and Poje, A., 2010: Noise pollution in forest environment due to forest operations, *Croatian Journal of Forest Engineering*, 32(2):137-148.
- Probst, W., Huber, B., 2003: The Sound Power Level of Cities, Sound and Vibration, 263:14-17.
- Proto, A.R., Grigolato, S., Mologni, O., Macrì, G., Zimbalatti, G., and Cavalli, R., 2016: Modelling noise propagation generated by forest operations: a case study in Southern Italy, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 223:841-848.

- Reed, S.E., Mann, J.P., and Boggs, J.L., 2009: SPreAD-GIS: An ArcGIS toolbox for modeling the propagation of engine noise in a wildland setting. Version 1.2. The Wilderness Society, San Francisco, CA. 32 p.
- Rivas, S., Hernandz, R., and Cueto, J.L., 2003: Evaluation and Prediction of Noise Pollution Levels in Urban Areas of Cdiz (Spain). *Journal of the Acoustical Society of America*, 114:2439-2439. <https://doi.org/10.1121/1.4779173>
- Serin, H. and Akay, A.E., 2008: Analysis of the Noise Level During Logging. 14. National Ergonomics Congress 30 October-1 November, Trabzon. pp. 412-416.
- Serin, H. and Akay, A.E., 2010: Noise Level Analysis of a Bulldozer Used in Constructing a Forest Road in Mediterranean Region of Türkiye, *African Journal of Agricultural Research*, 5(19):2624-2628.
- Slabbekoorn, H., and Ripmeester, E.A.P., 2008: Birdsong and anthropogenic noise: implications and applications for conservation. *Molecular Ecology*, 17(1):72-83. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2007.03487.x>
- Taş, İ., Akay, A.E., and Büyüksakallı, H., 2018: Analysis of Noise Level Caused by a Chainsaw During Tree Felling Operations. INES Congress, 30 Octorber-3 November. Alanya, Türkiye.
- Tayyari, F. and Smith, J.L., 2001: Occupational Ergonomics Principles and Applications. Vol. 3, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Tunay, M. and Melemez, K., 2003: Noise Risk When Working with a Chainsaw, Zonguldak Karaelmas University, Bartın Faculty of Forestry, II. Occupational Health and Safety Congress, Bartın, Türkiye.

SAŽETAK

Buka je onečišćenje okoliša koje negativno utječe na zdravlje ljudi i smanjuje učinak zaposlenika. Aktivnosti sječe šuma jedno su od radnih okruženja u kojima je buka intenzivna. Najčešća oprema koja se koristi u šumarstvu je motorna pila, čija buka utječe ne samo na operatera, već i na divlje životinje na teritoriju. Karte buke koje prikazuju širenje buke mogu se učinkovito koristiti za procjenu i kontrolu učinaka buke. U ovome radu cilj je bio izmjeriti razine antropogene buke nastale radom motorne pile koja se koristi pri sjeći stabala i mapirati širenje buke pomoću SPreAD-GIS programa (Sustav za predviđanje akustične detektibilnosti) čija se procjena širenja buke temelji na GIS-u (Geografski informacijski sustav). Istraživanje je provedeno u poplavnoj šumi Karacabey na području grada Bursa u Turskoj. Rezultati su pokazali da je prosječna razina buke motorne pile iznad granice opasnosti (90 dBA), što uzrokuje pojačane fiziološke reakcije i glavobolju radnika. Prema karti širenja buke, izloženost zaposlenika buci prešla je granicu upozorenja (85 dBA), a maksimalna razina buke tijekom rada iznosila je 95,96 dBA. U nekim dijelovima istraživanog područja razina buke iznosila je 45 dBA ili više, što je uzrokovalo negativan utjecaj na vrste ptica. Može se zaključiti da se karte buke mogu učinkovito koristiti za određivanje širenja buke koju stvara motorna pila i procjenu učinaka buke na operatore, kao i na vrste ptica u okruženju.

KLJUČNE RIJEČI: antropogena buka, karta širenja buke, SPreAD-GIS, motorna pila

MAXIMUM ENTROPY NICHE-BASED PREDICTING OF POTENTIAL HABITAT FOR THE ANATOLIAN LEOPARD (*Panthera pardus tulliana* VALENCIENNES, 1856) IN TÜRKİYE

PREDIKTIVNO MODELIRANJE DISTIBUCIJE POTENCIJALNOG STANIŠTA ZA ANATOLSKOG LEOPARDA (*Panthera pardus tulliana* Valenciennes, 1856) U TURSKOJ KORIŠTENJEM MODELA MAKSIMALNE ENTROPIJE

Alptuğ SARI^{1*}

SUMMARY

The Anatolian leopard (*Panthera pardus tulliana* Valenciennes, 1856) is the largest surviving cat species in Türkiye. Despite the adversity they face, leopards still exist in Türkiye. In this study, using the maximum entropy model (Max-Ent), potentially suitable habitats for the Anatolian leopard in Türkiye was surveyed. When evaluating leopard habitat preference, the fact that the species can easily adapt to its habitat and live anywhere with sufficient vegetation and sufficient prey animals was taken into account; only data on climate which affects the geographic distribution patterns and population structures of flora and fauna were examined before. When the climatic variables affecting leopard's distribution were examined, the following had the highest values: isothermally, seasonal temperature, average temperature of the coldest season, minimum temperature of the coldest month, and annual precipitation. Except for the Central Anatolia Region and coastal areas, almost every region in Türkiye contains habitats suitable for the leopard. There are scarce data on leopards' populations and habitats in Türkiye. Therefore, even though ecological niche modelling (ENM) may generate important results when determining potentially suitable habitats, it is clear that this model cannot yield accurate results without considering the areas that the species is known to inhabit but in which no studies were previously conducted. The results that were obtained in the present study can also provide background information related to the long-term conservation of this species.

KEY WORDS: Bioclimatic data, Conservation, Habitat suitability, Leopard, MaxEnt, Türkiye

INTRODUCTION

1. UVOD

The leopard is a predator with one of the widest ranges of food sources in the world, and it can adapt to various climatic zones and ecological environments as long the quantity and quality of prey are high enough (Edgaonkar and

Chellam 2002; Bailey 2005; Sarı et al. 2020). Leopards live in a wide variety of habitats, from semi-desert areas to evergreen forests, and have been found from sea level to top of mountains even near major metropolitan areas (Bothma and le Riche 1989). The number of subspecies of leopard living in the world is stated as eight in total in the taxono-

¹ Associate Prof. Dr. Alptuğ Sarı, Karadeniz Teknikal University, Department of Wildlife Ecology, Management, Trabzon, Türkiye, E-mail: alptugsari@ktu.edu.tr
(*corresponding author)

Corresponding author*: Alptuğ Sarı. E-mail: alptugsari@ktu.edu.tr

mic revision of the Felidae family (Kitchener et al. 2017). The subspecies of leopard living in Türkiye is the Anatolian leopard (*P. p. tulliana* Valenciennes, 1856) (Kumerloeve 1956; Kumerloeve 1975; Borner 1977; Ulrich and Riffel 1993; Kitchener et al. 2017).

Determining the factors affecting the distribution of species is important for wildlife sustainability and protection. One of the first steps in this process is to identify a species and determine the habitats where it is distributed. Also, understanding the relationships between wildlife and habitat will help us anticipate habitat changes in animal populations that may occur and the probable effects of certain policies (Başkaya et al. 2011; Arpacık et al. 2017). Modelling studies aimed at revealing the relationships between a location where a species is known to occur and that location's ecological and environmental conditions have gained significant momentum in recent years (Pearson and Dawson 2003; Peterson et al. 2006). With these models, the potential distributions of the species are determined using data on the presence of species in sample lands. This approach yields results that are significant for understanding the geographical characteristics and distribution of species' habitats (Svenning and Skov 2004). Habitat suitability models are of great importance for predicting the potential distribution of wild animals in response to changes in their habitats (Harte et al. 2008; Süel 2014; Ertuğrul et al. 2017; Evcin 2018). ENM is used extensively not only in determining the geographical distribution of species, but also in understanding biogeographic characteristics, finding unknown populations of species, predicting the results of species moving to new areas, determining conservation areas and in predicting the effects of environmental changes (Holt and Gaines 1992; Kawecki 1995; Karacaoğlu 2013).

One of the many species distribution modelling approaches is the Maximum Entropy (MaxEnt) approach. MaxEnt is a software that models the distribution of species only from existing records of that species (Elith et al. 2010). Also, MaxEnt is known for the good performance and reliability of its statistical modelling in the context of "presence only" data. The MaxEnt approach examines the characteristics of the present locations of a target species and evaluates factors that affect that species' distribution in these areas to estimate a suitability level for the entire area (Baldwin 2009). Since the MaxEnt method gives more accurate results with less data than other methods that use presence data, it is preferred over modelling studies (Hernandez et al. 2006; Wisz et al. 2008). The MaxEnt method is used to determine species' habitat preferences, methods of protection future potential distribution areas (endemic species and endangered species), and the potential spread of invasive species, and actual and potential distribution of disease-causing microorganisms (Pearson et al. 2007; De-

Matteo and Loiselle 2008; Suárez-Seoane et al. 2008; Yost et al. 2008; Süel 2014; Mert and Kıracı 2017).

The number of studies conducted using ENM to determine the suitable habitats for many species with incomplete data has increased in recent years, in both Türkiye and the rest of the world (Zimmermann et al. 2007; Swanepoel et al. 2012; Karacaoğlu 2013; Mondal et al. 2012; Güç et al. 2015; Per et al. 2015; Wilting et al. 2016; Miroğlu and Demirtaş 2017). Zimmermann et al. (2007) identified suitable habitats for leopards in the Caucasus ecological region using the MaxEnt program with ENM, suggesting that this region is potentially suitable for leopard habitats and that more research should be done on the eastern borders of Türkiye. Swanepoel et al. (2012) used ENM to identify habitats in South Africa potentially suitable for protecting leopards whose habitats were shrinking with the increasing population; the study stated that these areas are at least as important as the existing areas. In Western India, Mondal et al. (2012) identified potential habitats for the leopard by ENM using data collected from camera trap images and stated that these areas should be protected to avoid conflicts between humans and leopards. In Türkiye, on the other hand, there are few studies using ENM, and these studies are generally on insect and bird species (Karacaoğlu 2013; Süel 2014; Güç et al. 2015; Per et al. 2015; Yılmaz et al. 2015; Ertuğrul et al. 2017; Mert and Kıracı 2017; Miroğlu and Demirtaş 2017). Evcin (2018) and Evcin et al. (2019) used ENM to identify habitats in Kastamonu/Türkiye potentially suitable for roe deer (*Capreolus capreolus*) which is a mammalian species.

In Türkiye, no study has been conducted to date to model the distribution of the Anatolian leopard, which 1) is at the top of the food pyramid, 2) may be a key species in conservation studies, 3) has been able to survive to date without any conservation activities, and 4) is known to settle in multiple and distant habitats. The present study is the first to create a habitat suitability model for the Anatolian leopard in Türkiye using an ENM approach.

2. MATERIALS AND METHODS

2. MATERIJALI I METODE

Distribution data on leopards in Türkiye between 1971–2021 years were gathered by searching for literature and author's previous field surveys (Sarı 2018; Sarı et al. 2020). Ninety-seven points were selected, especially considering the presence data of the last 50 years. The data older than 50 years old were discarded to remain consistent with the climatological data used for modeling. Another reason for choosing these 97 points is that the climate data of the last 50 years are more reliable. A total of 148 occurrence records in these studies were aggregated: 46 shootings, ten camera trap pictures, six thermal video camera images, twelve no-



Figure 1. Anatolian Leopard distribution records used in this study (■)
Slika 1. Zapisi o distribuciji anatolskog leoparda korišteni u ovoj studiji (■)

tices by local people, 56 sets of tracks, 13 pieces of scat, two ground-scrapings, and three tree-scratchings (Kumerloeve 1971; Baytop 1973; Gürpinar 1974; Kumerloeve 1975; Kumerloeve 1976; Borner 1977; Ulrich and Riffel 1993; Gürpinar 2000; Başkaya 2003; Başkaya and Bilgili 2004; Üstüy 2008; GDNP 2012; GDNP 2016; Arpacık 2018; Sari 2018; Toyran 2018; Sari et al. 2020; Karatas et al. 2021). Some photographs of these records are presented in Appendix-I. In order to prevent overlapping during the imple-

mentation of the model and due to the lack of precision/resolution of climate data or presence points, care was taken to ensure that the distance between the points was not less than 10 km; to this end, when there were areas that were too close to each other, one was randomly selected (Boria et al. 2014; Varela et al. 2014; Zhang et al. 2019a). A total of 97 known leopard occurrence points were generated using ArcGIS 10.2 (Esri, Redlands, California, USA). The distribution of these points on the map is given in Figure 1.

Table 1. Bioclimatic variables used in this study

Tablica 1. Bioklimatske varijable korištene u ovoj studiji

Code Kod	Variable Varijabilna	Code Kod	Variable Varijabilna
BIO1	Annual Mean Temperature	BIO11	Mean Temperature of Coldest Quarter
BIO1	Srednja godišnja temperatura	BIO11	Srednja temperatura najhladnjeg kvartala
BIO2	Mean Diurnal Range (Mean of monthly (max temp - min temp))	BIO12	Annual Precipitation
BIO2	Srednji dnevni raspon (srednja mjeseca (max temp - min temp))	BIO12	Godišnje oborine
BIO3	Isothermality (BIO2/BIO7) (x100)	BIO13	Precipitation of Wettest Month
BIO3	izotermnost (BIO2/BIO7) (x100)	BIO13	Oborine najkišnijeg mjeseca
BIO4	Temperature Seasonality (standard deviation x 100)	BIO14	Precipitation of Driest Month
BIO4	Sezonska temperatura (standardna devijacija x 100)	BIO14	Oborine najsušnijeg mjeseca
BIO5	Max Temperature of Warmest Month	BIO15	Precipitation Seasonality (Coefficient of Variation)
BIO5	Maksimalna temperatura najtoplijeg mjeseca	BIO15	Sezonske oborine (koeficijent varijacije)
BIO6	Min Temperature of Coldest Month	BIO16	Precipitation of Wettest Quarter
BIO6	Minimalna temperatura najhladnjeg mjeseca	BIO16	Oborine najvlažnijeg kvartala
BIO7	Temperature Annual Range (BIO5-BIO6)	BIO17	Precipitation of Driest Quarter
BIO7	Godišnji raspon temperature (BIO5-BIO6)	BIO17	Oborine najsušnijeg kvartala
BIO8	Mean Temperature of Wettest Quarter	BIO18	Precipitation of Warmest Quarter
BIO8	Srednja temperatura najkišnijeg kvartala	BIO18	Oborine najtoplijeg kvartala
BIO9	Mean Temperature of Driest Quarter	BIO19	Precipitation of Coldest Quarter
BIO9	Srednja temperatura najsušnog kvartala	BIO19	Oborine najhladnjeg kvartala
BIO10	Mean Temperature of Warmest Quarter		
BIO10	Srednja temperatura najtoplijeg kvartala		

Leopards can easily adapt to their habitat and live anywhere with sufficient vegetation and sufficient prey animals (Edgaonkar and Chellam 2002; Bailey 2005; Sari et al. 2020). Leopards' habitat selection is mainly based on prey abundance. The leopard is a predator with one of the widest ranges of food sources in the world, and it can adapt to various climatic zones and ecological environments as long the quantity and quality of prey are high enough (Bailey 1993; Nowell and Jackson 1996; Edgaonkar and Chellam 2002; Bailey 2005; Sari et al. 2020). The other ecological parameters such as vegetation, elevation, slope etc. are indirectly important for the species' ecological needs (Sari et al. 2020). When the literature records of the Anatolian leopard in Türkiye are examined, it will be seen that it is recorded in a wide variety of habitats, from semi-desert areas to evergreen forests, from sea level to top of mountains, from forest areas with high closure rate to open areas. When evaluating leopard habitat preference in this study, only climatic data have been examined before and, although climate is a crucial variable affecting the dispersal and layout of plant and animal communities, should also be taken into account (Walck et al. 2011; Zhang et al. 2019a). Another reason for using only climate data is that the exact location of the leopard literature records as points is unknown due to the diversity of observations source/type (shooting, observations, signs of presence). Ninety-seven variables were selected related to leopard distribution, representing bioclimatic factors (Bio 1–Bio 19), these were downloaded from the World Climate Database (www.worldclim.org) (Hijmans et al. 2005) (Table 1).

Data Analysis – Analiza podataka

The main principle of the MaxEnt software is that there are a random variable and uncertainty related to it (Elith et al. 2010). In the maximum similarity method of MaxEnt, the probability of a species being present at each pixel in the studied area is generalized to the entire studied area (Yost et al. 2008). In this study, ten replications were used for each model, and 10% of the dataset included in the analysis was evaluated as test data. To obtain the best results from the modelling methods, the data used in the analyses were obtained at the highest resolution obtained from WorldClim 30" (~900m²). All datasets obtained were in the decimal coordinate system and WGS84 map datum. These datasets were generated by interpolating average monthly climatic data from climate stations around the world (Hijmans et al. 2005). These datasets include data on monthly total precipitation and data on average, minimum, and maximum temperature, and 19 climatic datasets derived from these data. These 19 ecological factors were evaluated to identify potential distribution areas that can provide the same conditions in different regions. Geographical coordinates of the areas where the leopard was found were entered into the program

by taking into account the current climate data consisting of 19 climate dataset; then these coordinates were analysed. MaxEnt (version 3.3.3e), a software that models species niches and distributions, was used to complete ENM (Phillips et al. 2006). MaxEnt predicts species' distributions from bioclimatic data (Elith et al. 2006; Phillips et al. 2006). The MaxEnt algorithm uses bioclimatic and locality point data to find the maximum entropy distribution, and from there predicts species' niches (0 = lowest probability and 1 = highest) (Phillips et al. 2006, Kozak et al. 2008; Phillips and Dudík 2008). Ninety-one presence points were used for the model, and ArcGIS 10.2 software (Esri 2012) was used to estimate distribution maps and climatic variables (Figure 1). The area under the receiver operating characteristic curve (AUC) helped to determine the importance of the model, evaluate its results, and perform a sensitivity analysis on it; a jackknife test was performed to assess the relative importance of variables in the species distribution prediction (Phillips et al. 2006; Zhang et al. 2019b). Threshold independent receiver-operating characteristic analysis (ROC) was used to calibrate the model and evaluate its accuracy. The AUC values of the ROC curve were analyzed to determine the model's success. AUC values close to 1 were considered excellent, descriptive if close to 0.7 and non-informative if close to 0.5 (Phillips et al. 2006; Elith et al. 2006).

3. RESULTS

3. REZULTATI

The model determined the habitat suitability for leopards in Türkiye, and the relationship between suitability and climatic variables was analyzed. When the results were evaluated, the habitat suitability model was found to be highly reliable (Figure 2).

The ROC value of the obtained habitat suitability model was 0.914 (Figure 3). The data analysis found the training data to be AUC values close to 1 as a result of the data anal-

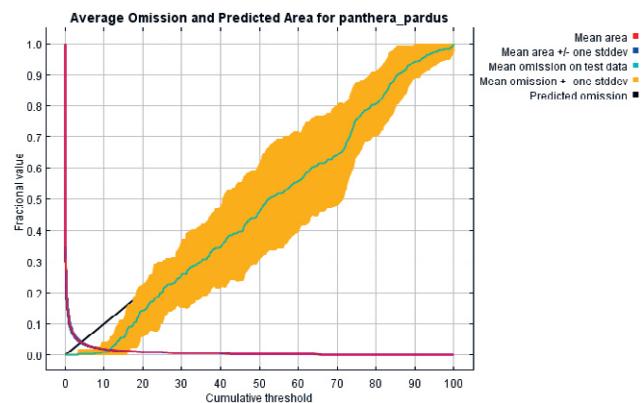


Figure 2. The performance of the habitat suitability model.

Slika 2. Kretanje modela prikladnosti staništa.

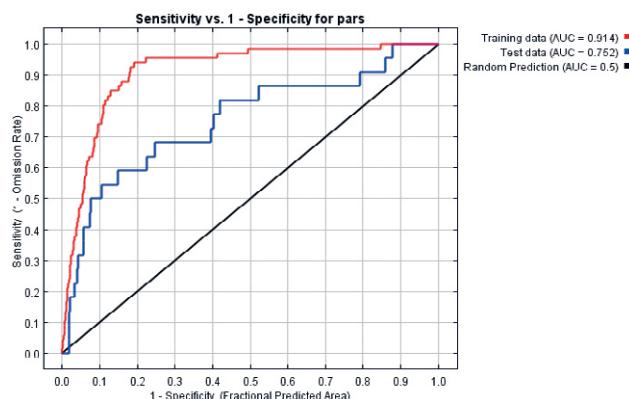


Figure 3. Predicting the area under the receiver operating characteristic (ROC) curve (AUC) to determine the habitat suitability model for leopards in Turkey.

Slika 3. Predviđanje područja ispod krivulje radne karakteristike prijamnika (ROC) (AUC) za određivanje modela prikladnosti staništa za leoparde u Turskoj.

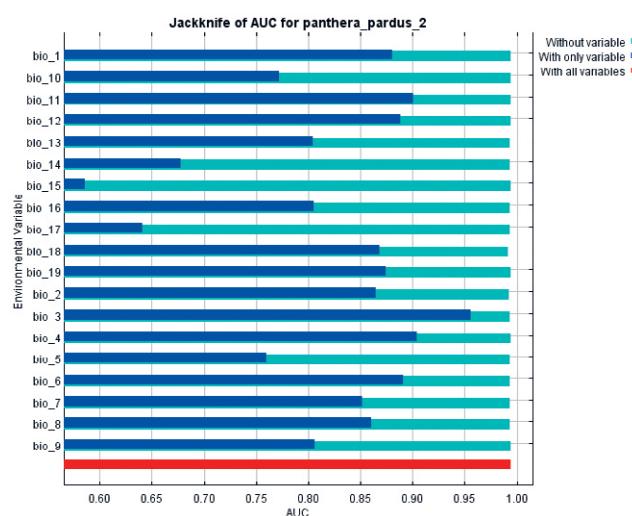


Figure 4. AUC values from modelling the results of the jackknife analysis.

Slika 4. Vrijednosti AUC iz modeliranja rezultata analize nožem.

ysis, indicating that the model was being excellent (Elith et al. 2006; Philips et al. 2006).

When the effect of climatic variables on distribution was examined according to the results of the jackknife test, the following had the highest values: isothermally (bio_3), seasonal temperature (bio_4), average temperature of the coldest season (bio_11), minimum temperature of the coldest month (bio_6), and annual precipitation (bio_12) (Figure 4). When the climatic data were examined based on the results of the model, cold hard winter months were a determining factor in the habitat preference of the leopard.

A habitat map was created for Türkiye based on the program (MaxEnt) and results of the analyses. In the map, red indicates potentially suitable habitats that leopard would prefer the most, and blue colour indicates potentially suitable habitats that are less preferred (Figure 5). The maximum entropy principle of MaxEnt yielded a maximum possible AUC training value of 0.914, indicating that the MaxEnt model can accurately predict the locations of potentially suitable leopard habitats.

According to these results and depending on the climatic data, the leopard populations are distributed in a large area in Türkiye. MaxEnt predicts that leopards have a wide distribution in Türkiye. These results show that, except for the Central Anatolia Region and coastal areas, there are many potentially suitable habitats for leopards in almost all regions in Türkiye.

4. DISCUSSION AND CONCLUSION

4. RASPRAVA I ZAKLJUČAK

This study created a habitat suitability model for leopards in Türkiye from presence-only data. Presence-only data is

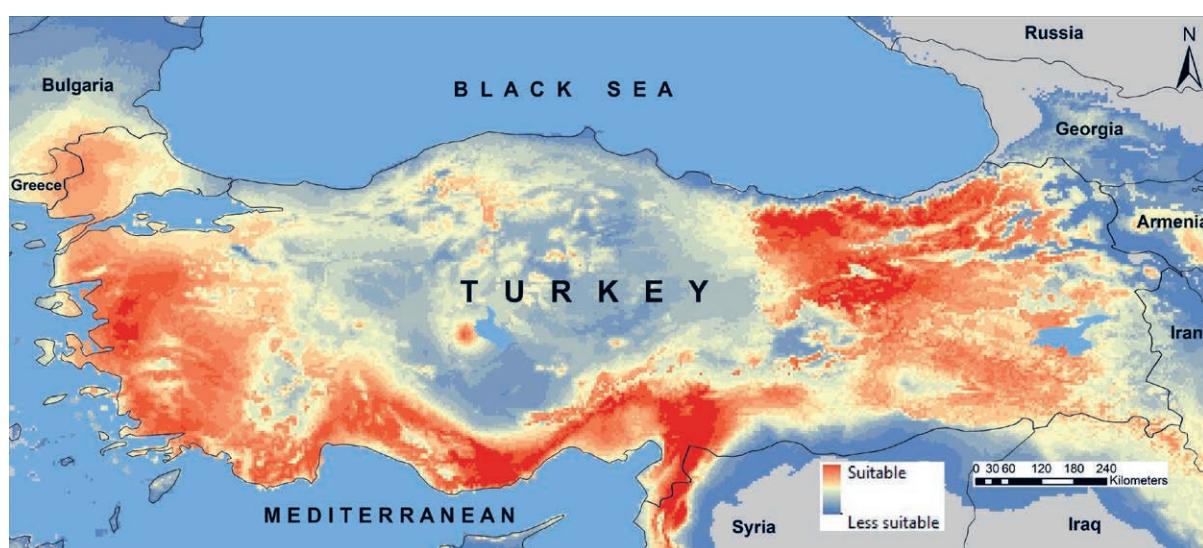


Figure 5. Maximum entropy niche-based potential habitat for the Anatolian leopard in Türkiye

Slika 5. Potencijalno stanište anatolskog leoparda u Turskoj temeljeno na maksimalnoj entropiji

becoming more widely used to model species distributions, which has led to discussions about the types of distributions (e.g., potential vs. realized) it can model that presence-absence data cannot (Hirzel and Le Lay 2008; Soberon and Nakamura 2009; Lobo et al. 2010). As mentioned in previous studies, the subject is complex because of the interplay among data quality (amount and accuracy of species data; ecological relevance of predictor variables; and access to data on disturbances, dispersal limitations, and biotic interactions), modelling method, and scale of analysis (Elith et al. 2011; Mondal et al. 2012).

A pre-requisite for properly rehabilitating a species in an ecosystem understands that species' distribution in detail (Franklin 2013). Although discrepancies exist between various climate modelling systems (Cheaib et al. 2012), the species distribution approach nevertheless functions as an important research tool that is used to estimate and predict the changes occurring in terms of species distribution.

The leopard has the broadest range of prey of all predators in *Felidae*, and it can adapt to multiple climates zones and environments with various ecological features as long as there is an ample food supply; leopards can also inhabit non-mountainous areas (Balme et al. 2009; Henschel et al. 2011). I suggest that leopards frequently use mountainous areas because they offer both a refugia from anthropogenic disturbance and less direct competition with humans for living space (Norton et al. 1996; Gavashelishvili and Lukarevskiy 2008).

A number of studies have identified potentially suitable leopard habitats using ENM and argued that these habitats are as important as those that leopards currently inhabit (Zimmermann et al. 2007; Gavashelishvili and Lukarevskiy 2008; Mondal et al. 2012; Swanepoel et al. 2012; Farhadinia et al. 2015; Ebrahimi et al. 2017). However, this model uses ecological values of the areas where findings related to the species were obtained to make predictions. The current data on the density and habitat use of the leopard, a species that is difficult to study, may be considered insufficient in Türkiye. Therefore, although the habitats predicted by the ecological niche model to be suitable are important, it is clear that this model cannot produce sound results without evaluating the areas known to host the species. Moreover, there are regions where the current data indicate that the leopard density is low or the leopard has gone extinct; acting on the basis of these data can produce very dangerous consequences for the continuity of the species.

The habitat in northeastern and eastern Türkiye would be suitable for the Anatolian leopard, and the area remains interesting for further surveys – mainly the regions bordering Armenia and Iran (Zimmermann et al. 2007). Kumerloeve (1956), Başkaya (2003), Başkaya and Bilgili (2004), Arpacık (2018) and Sarı (2018) also stated that the Eastern

Black Sea Region is a leopard habitat, and there is a settled leopard population in this region. Furthermore, using the MaxEnt program, Zimmermann et al. (2007) identified suitable habitats for the leopard in the Caucasus ecological region, suggesting that this region is potentially suitable for the leopard and that research should be intensified on the eastern borders of Türkiye. Predicted suitable habitats produced using the same program in this research was found to be consistent with the results reported by Zimmerman et al. (2007). Some studies have determined potentially suitable habitats for the leopard using ENM, noting that these areas are at least as important as the existing ones (Zimmermann et al. 2007; Swanepoel et al. 2012; Mondal et al. 2012). However, this model is based on the ecological values of the areas where more species are found. In fact, the results obtained using the program in this study did not reveal all of the available habitats for the leopard in Türkiye. For example, the habitats that the results suggest are suitable for the leopard in Türkiye, such as Çoruh Valley, Çemçe-Madur mountain range, mountainous areas between Lake Van and Hakkari, and the areas ranging from Erzincan-Sivas-Tokat to Sinop forests –in reality-, do not contain any suitable habitats, which render the results of the program somewhat inaccurate. Also, although there is no record of the Anatolian leopard in the Thrace region, the program has shown these areas as suitable habitats by evaluating the climate data.

Presence-only data are useful and can be used to model the same ecological relationships as presence-absence data, provided that biases can be dealt with. Finally, although MaxEnt can predict suitable habitats, it may be less robust in predicting how specific environmental variables influence habitat suitability (Elith et al. 2010; Swanepel et al. 2012).

Climate change often makes environments hotter and drier (IPCC 2014; Ebrahimi et al. 2017). Drought reduces prey availability, which is an important factor for leopards choosing a territory (Carbone and Gittleman 2002; Hebblewhite et al. 2011; Farhadinia et al. 2015; Ebrahimi et al. 2017); it is therefore necessary to take prey distribution into account when modelling potential habitats for the leopard in Türkiye.

Addressing the needs of human beings without defining and preserving the habitats of leopards threatens the latter's survival, and this has important downstream effects on biodiversity. Leopards are timid animals that lead solitary lives, are mostly active at night (they are nocturnal) in large areas, and are difficult to study scientifically; subsequently, there is little data on their population and habitats in Türkiye. Therefore, although ENM may generate important results when determining potentially suitable habitats, it is clear that this model cannot yield accurate results without

considering the areas known to host the species but where no studies have yet been conducted. Moreover, in the regions where the current data indicate that the leopard density is low or the leopard has gone extinct, acting based on these data can produce very dangerous consequences for the continuity of the species.

ACKNOWLEDGMENTS

ZAHVALA

As the author, I would like to thank Dr Ahmet ARPACIK for scientific support.

REFERENCES

LITERATURA

- Arpacık A., Sarı A., Başkaya Ş., 2017: For the future: Sustainable wildlife reserve management in Türkiye. International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR) 36: 250-261.
- Arpacık, A., 2018: Breeding status and diet of leopard (*Panthera pardus*) in Eastern Karadeniz Mountains. Phd Thesis. K.T.Ü. Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Forest Engineering, Trabzon.
- Bailey, TN., 1993: The African Leopard. Ecology and behaviour of a solitary felid. Colombia University Press, New York.
- Bailey, TN., 2005: The African Leopard: Ecology and behavior of a solitary felid. (2nd Ed.), Blackburn Press, Caldwell, New Jersey.
- Baldwin, RA., 2009: Use of maximum entropy modeling in wildlife research. Entropy 11(4): 854-866.
- Balme, G., Hunter LTB., Slotow, R., 2009: Evaluating methods for counting cryptic carnivores. Journal of Wildlife Management 73: 433-441.
- Başkaya, Ş., 2003: Pars (*Panthera pardus*). Forest and Hunting 6: 24-30.
- Başkaya, Ş. Bilgili, E., 2004: Does the leopard *Panthera pardus* still exist in the Eastern Karadeniz mountains of Türkiye? Oryx 38(2): 228-232.
- Başkaya, Ş., Başkaya, E., Arpacık, A., 2011: Relationship between forest protection and hunting tourism in Türkiye. African J. of Agricultural Research 7(4): 5620-5628.
- Baytop, T., 1973: Neue beobachtungen über die verbreitung des kleinasietischen leoparden (*Panthera pardus tulliana*) in der Türkei. Bonner Zoologische Beiträge 24: 183-184.
- Borner, M., 1977: Leopards in western Türkiye. Oryx 14: 26-30.
- Bothma, JDP, Le Riche EAN., 1989: Evidence of a flexible hunting technique in Kalahari leopards. South African Journal of Wildlife Research 19 (2): 57-60.
- Carbone, C., Gittleman, JL., 2002: A common rule for the scaling of carnivore density. Science 295(5563): 2273-2276.
- Cheaib, A., Badeau, V., Boe, J., Chuine, I., Delire, C., Dufrêne, E., Francois, C., Gritti, ES., Legay, M., Pagé, C., 2012: Climate change impacts on tree ranges: Model intercomparison facilitates understanding and quantification of uncertainty. Ecol. Lett. 15: 533-544.
- DeMatteo, KE., Loiselle, BA., 2008: New data on the status and distribution of the bush dog (*Speothos venaticus*): Evaluating its quality of protection and directing research efforts. Biological Conservation 141: 2494-2505.
- Ebrahimi, A., Farashi, A., Rashki, A., 2017: Habitat suitability of Persian leopard (*Panthera pardus saxicolor*) in Iran in future. Environmental Earth Sciences 76: 697-699.
- Edgaonkar, A., Chellam, R., 2002: Food habit of the leopard (*Panthera pardus*) in Sanjay Gandhi National Park, Maharastra, India. Mammalia 2002: 353-360.
- Elith, J., Graham, CH., Anderson, RP., Dudik, M., Ferrier, S., Guisan, A., Hijmans, RJ., Huettmann, F., Leathwick, JR., Lehmann, A., et al., 2006: Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. Ecography 29:129-151.
- Elith, J., Kearney, M., Phillips, S., 2010: The Art of modelling range shifting species. Methods in Ecology and Evolution 1(4): 330-342.
- Elith, J., Phillips, S., Hastie, T., Dudik, M., En Chee, Y., Yates, CJ., 2011: A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. Biodiversity Research 17: 43-57.
- Ertuğrul, ET., Mert, A., Oğurlu, İ., 2017: Mapping habitat suitabilities of some wildlife species in Burdur Lake Basin. Turkish Journal of Forestry 18 (2): 149-154.
- Evcin, Ö., 2018: Population ecology of Roe deer (*Capreolus capreolus*) in Kastamonu and Sinop. PhD thesis. Kastamonu University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Kastamonu.
- Evcin, Ö., Küçük, Ö., Aktürk, A., 2019: Habitat suitability model with maximum entropy approach for European roe deer (*Capreolus capreolus*) in the Black Sea Region. Environ. Monit. Assess. 191: 669.
- Farhadinia, MS., Ahmadi, M., Sharbafi, E., Khosravi, S., Alinezhad, H., Macdonald, DW., 2015: Leveraging trans-boundary conservation partnerships: persistence of Persian leopard (*Panthera pardus saxicolor*) in the Iranian Caucasus. Biol Conserv 191: 770-778.
- Franklin, J., 2013: Species distribution models in conservation biogeography: Developments and challenges. Divers. Distrib. 19: 1217-1223.
- Gavashelishvili, A., Lukarevsky, V., 2008: Modelling the habitat requirements of leopard *Panthera pardus* in west and central Asia. Journal of Applied Ecology 45: 579-588.
- GDNP, 2012: Management and Development plan in Erzurum Çat Wildlife Reserve Area (YHGS). Ministry of Forestry and Water Affairs, General Directorate of Nature Protection Department, Ankara.
- GDNP, 2016: Land and inland water ecosystems biological diversity inventory and monitoring project of Giresun province. Ministry of Forestry and Water Affairs, General Directorate of DKMP, Department of Nature Protection, Ankara.
- Gül, S., Kumlutaş, Y., Ilgaz, Ç., 2015: Climatic preferences and distribution of 6 evolutionary lineages of *Typhlops vermicularis* Merrem, 1820 in Türkiye using ecological niche modeling. Turkish Journal of Zoology 39: 235-243.
- Gürpinar, T., 1974: Anatolian leopard. The Journal of Huning 7-14.
- Gürpinar, T., 2000: Anatolian leopard in pursuit of legend. Green Atlas Environmental Special Issue 60-63.

- Harte, J., Zillio, T., Conlisk, E., Smith, AB., 2008: Maximum entropy and the state variable approach to macroecology. *Ecology* 89 (10): 2700–2711.
- Hebblewhite, M., Miquelle, DG., Murzin, AA., Aramilev, VV., Pikunov, DG., 2011: Predicting potential habitat and population size for reintroduction of the Far Eastern leopards in the Russian Far East. *Biol. Conserv.* 144: 2403–2413.
- Henschel, P., Hunter, LTB., Coad, L., Abernethy, KA., Mühlenberg, M., 2011: Leopard prey choice in the Congo Basin rainforest suggests exploitative competition with human bushmeat hunters. *J. Zool.* 285: 11– 20.
- Hernandez, PA., Graham, CH., Master, LL., Albert, DL., 2006: The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography* 29(5): 773- 785.
- Hijmans, RJ., Cameron, SE., Parra, JL., Jones, PG., Jarvis, A., 2005: Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Int. J. Climatol.* 25: 1965–1978.
- Hirzel, AH., Le Lay, G., 2008: Habitat suitability modeling and niche theory. *J Appl Ecol* 45: 1372–1381.
- Holt, R., Gaines, M., 1992: Analysis of Adaptation in Heterogeneous Landscapes: Implications for the Evolution of Fundamental Niches. *Evolutionary Ecology* 6(5): 433-447.
- Karacaoğlu, Ç., 2013: Ecological niche modelling of *Isophya rizeensis* (Orthoptera: Tettigoniidae). PhD Thesis. Hacettepe University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Ankara.
- Karatas, A., Bulut, Ş., Akbab, B., 2021: Camera trap records confirm the survival of the Leopard (*Panthera pardus* L., 1758) in eastern Türkiye (Mammalia: Felidae). *Zoology in the Middle East*: 1-8.
- Kavecki, T., 1995: Demography of source--sink populations and the evolution of ecological niches. *Evolutionary Ecology* 9 (1): 38-44.
- Kitchener, AC., Breitenmoser-Würsten, CH., Eizirik, E., Gentry, A., Werdelin, L., Wilting, A., Yamaguchi, N., Abramov, AV., Christiansen, P., Driscoll, C., et al., 2017: A revised taxonomy of the Felidae. The final report of the cat classification task force of the IUCN/SSC Cat Specialist Group. *Cat News Special Issue* 11: 80.
- Kozak, A., Kozak, RA., Staudhammer, CL., Watts, SB., 2008: Introductory probability and statistics: Applications for forestry and natural resources. New York.
- Kumerloeve, H., 1956.: Zur Verbreitung des leoparden (*Panthera pardus* L.) in Anatolien. *Der Zoologische Garten* 22: 154–162.
- Kumerloeve, H., 1971: Zum Stand des Vorkommens von *Panthera pardus tulliana* Valenciennes 1856 in Kleinasien. *Der Zoologische Garten* 40: 4-22.
- Kumerloeve, H., 1975: Die säugetiere (Mammalia) der Türkei die säugetiere (Mammalia) Syriens und des Libanon. *Veröffentlichungen der Zoologischen* 18: 69–225.
- Kumerloeve, H., 1976: Leoparden *Panthera pardus tulliana* (Valenciennes, 1856) in Zentralanatolien. *Säugetierkundliche Mitteilungen* 24: 46-48.
- Lobo, JM., Jimenez-Valverde, A., Hortal, J., 2010: The uncertain nature of absences and their importance in species distribution modelling. *Ecography* 33: 103–114.
- Mert, A., Kıracı, A., 2017: Habitat compliance mapping of *Anatololacerta danfordi* (Günter, 1876) in Isparta-Sütçüler Region. *Bilge International Journal of Science and Technology Research* 1(1): 16-22.
- Miroğlu, A., Demirtaş, S., 2017: Ecological niche modeling of *Calopteryx splendens* (Harris, 1782) (Insecta: Odonata) subspecies in Türkiye. *Suleyman Demirel University, Journal of the Institute of Science and Technology* 1: 1-7.
- Mondal, K., Sankar, K., Qureshi, Q., Gupta, S., Chourasia, P., 2012: Estimation of population and survivorship of leopard through photographic capture-recapture sampling in Western India. *World Journal of Zoology* 7(1): 30-39.
- Norton, PM., Lawson, AB., Henley, SR., Avery, G., 1996: Prey of leopards in four mountainous areas of the south-western Cape province. *South African Journal of Wildlife Research* 16: 47–52.
- Nowell, K., Jackson, P., 1996: Wild Cats: Status, survey and conservation action plan. Gland, Switzerland; IUCN/ Species Survival Commission Cat Specialist Group.
- Pearson, RG., Dawson, TP., 2003: Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: Are bioclimate envelope models useful? *Global Ecology and Biogeography* 12: 361-371.
- Pearson, RG., Raxworthy, CJ., Nakamura, M., Peterson, AT., 2007: Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: A test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography* 34: 102- 117.
- Per, E., Erciyes Yavuz, K., Demirtaş, S., 2015: Black-headed buntings (*Emberiza melanocephala* Scopoli, 1769) ecological niche modelling and its state in Türkiye. *Erciyes University, The Journal of Graduate School of Natural and Applied Sciences* 31(2): 89-96.
- Peterson, AT., Sánchez-Cordero, V., Martinez-Meyer, E., Navarro-Siguenza, AG., 2006: Tracking population extirpations via melding ecological niche modeling with land-cover information. *Ecological Modelling* 195(3-4): 229-236.
- Phillips, SJ., Anderson, RP., Schapire, RE., 2006: Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190 (3): 231-259.
- Phillips, SJ., Dudik, M., 2008: Modeling of Species Distributions with MaxEnt: New extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31: 161-175.
- Sari, A., 2018: Habitat use of leopard (*Panthera pardus* Linnaeus, 1758) in North-eastern Anatolia, Türkiye. Phd Thesis. K.T.U. Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Forest Engineering, Trabzon.
- Sari, A., Gündoğdu, E., Başkaya, Ş., Arpacık, A., 2020: Habitat preference by the Anatolian leopard (*Panthera pardus tulliana* Valenciennes, 1856) in North-eastern Anatolia, Türkiye. *Belg. J. Zool.* 150: 153–168.
- Satunin, KA., 1914: Key of the Mammals of the Russian Empire. T.1. Chiroptera, Insectivora, and Carnivora. Tiflis: Tipografiya Kantseliarii Namestnika E.I.V. na Kavkaze.
- Soberon, J., Nakamura, M., 2009: Niches and distributional areas: concepts, methods, and assumptions. *Proc Natl Acad Sci* 106: 19644–19650.
- Suárez-Seoane, S., Moren, ELG., Prieto, MBM., Osborne, PE., Juana, E., 2008: Maximum entropy niche-based modelling of seasonal changes in little bustard (*Tetrax tetrix*) distribution. *Ecological Modelling* 219: 17–29.

- Süel, H., 2014: Habitat conformity modeling of prey species in Isparta-Sutculer region. SDU Institute of Science and Technology, Isparta.
- Svenning, JC., Skov, F., 2004: Limited filling of the potential range in European tree species. Ecology Letters 7: 565-573.
- Swanepoel, LH., Lindsey Somers, PMJ., van Hoven, W., Dalerum, F., 2012: Extent and fragmentation of suitable leopard habitat in South Africa. Animal Conservation 16 (1): 41-50.
- Toyran, K., 2018: Noteworthy record of *Panthera pardus* in Türkiye (Carnivora: Felidae). Fresenius Environmental Bulletin 27 (11):7348-7353.
- Ullrich, B., Riffel, M., 1993: New evidence for the occurrence of the Anatolian leopard, *Panthera pardus tulliana* (Valenciennes, 1856), in western Türkiye. Mammalia-Zoology in the Middle East 8: 5-14.
- URL 1, 2021 : Available from <https://onedio.com/haber/turkiye-nin-belki-de-en-gizemli-canlisi-olan-anadolu-parsi-hak-kindaki-bilmediklerimiz-791072> [accessed on {7 June 2021}]
- URL 2, 2021 : Available from <https://www.milliyet.com.tr/galeri/anadolu-leopari-59-yil-once-denizlide-de-vurulmus-48753/4> [accessed on {7 June 2021}]
- URL 3, 2021: Available from <http://www.aa.com.tr/tr/u/247521--diyarbakirda-leopar-saldirisi> [accessed on {7 June 2021}]
- Üstay, A., 2008: Does the legend of Anatolia live? Anatolian Leopard 37.
- Valenciennes, MA. 1856: Sur une Nouvelle Espèce de Pantrière tuée par M. Tchihatcheff à Ninfé, Village Situé à Huit Lieues Est de Smyrne. Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences 42 : 1035-1039.
- Varela, S., Anderson, RP., Valdes, RG., Gonzalez, FF., 2014: Environmental filters reduce the effects of sampling bias and improve predictions of ecological niche models. Ecography 37: 1084-1091.
- Walck, JL., Hidayati, SN., Dixon, KW., Thompson, KEN., Poschlod, P., 2011: Climate change and plant regeneration from seed. Glob. Chang. Biol. 17: 2145-2161.
- Wilting, A., Patel, R., Pfestorf, H., Kern, C., Sultan, K., Ario, A., Penalosa, F., Kramer-Schadt, S., Radchuk, V., Foerster, DW., Fickel, J., 2016: Evolutionary history and conservation significance of the Javan leopard *Panthera pardus melas*. Journal of Zoology 299: 239-250.
- Wisz, MS., Hijmans, R., Li, J., Peterson, AT., Graham, C., Guisan, A., 2008 : Effects of sample size on the performance of species distribution models. Diversity and Distributions 14(5): 763-773.
- Yilmaz, G., Sevgili, H., Gür, H., 2015: Ecological niche modeling indicates species to be negatively affected by global climate change: *Isophya rectipennis* (Orthoptera, Tettigoniidae) Example. Ecology 2015 Symposium. Sinop. May 06-09, 24.
- Yost, AC., Petersen, SL., Gregg, M., Miller, R., 2008: Predictive modeling and mapping Sage grouse (*Centrocercus Urophasianus*) nesting habitat using maximum entropy and a long-term dataset from Southern Oregon. Ecological Informatics 3(6): 375-386.
- Zhang, K., Zhang, Y., Zhou, C., Meng, J., Sun, J., Zhou, T., Tao, J. 2019a: Impact of climate factors on future distributions of *Paeonia ostii* across China estimated by MaxEnt. Ecological Informatics 50: 62-67.
- Zhang, K., Zhang, Y., Tao, J., 2019b: Predicting the potential distribution of *Paeonia veitchii* (Paeoniaceae) in China by Incorporating Climate Change into a MaxEnt Model. Forests 10(190): 1-14.
- Zimmerman, F., Lukarevsky, VS., Beruchasvili, G., Breitenmoser-Würsten, C., Breitenmoser U., 2007: Mapping the vision – potential living space for the leopard in the Caucasus. Cat News. Special Issue No. 2, ISSN 1027-2992.

SAŽETAK

Anatolski leopard (*Panthera pardus tulliana* Valenciennes, 1856.) je najveća preživjela vrsta mačaka u Turskoj. Unatoč nedaćama s kojima se suočavaju, leopardi još uvijek postoje u Turskoj. U ovoj studiji istražena su korištenjem modela maksimalne entropije (MaxEnt), potencijalno pogodna staništa za anatolskog leoparda u Turskoj. Prilikom procjene preferiranog staništa leoparda, u obzir je uzeta činjenica da se vrsta može lako prilagoditi svom staništu i živjeti bilo gdje ako ima dovoljno vegetacije i lovine; jedino su podaci o klimi koja utječe na zemljopisne obrasce rasprostranjenosti i populacijske strukture flore i faune prethodno ispitani. Nakon ispitivanja klimatskih varijabli koje utječu na distribuciju leoparda, dobivene su sljedeće najviše vrijednosti: izotermno, sezonska temperatura, prosječna temperatura najhladnijeg godišnjeg doba, minimalna temperatura najhladnijeg mjeseca i godišnja količina oborina. Osim regije središnje Anatolije i obalnih područja, gotovo svaka regija u Turskoj sadrži staništa pogodna za leoparda. Nema puno podataka o populacijama i staništima leoparda u Turskoj. Stoga, iako ekološko modeliranje niša (ENM) može proizvesti važne rezultate pri određivanju potencijalno prikladnih staništa, jasno je da ovaj model ne može dati točne rezultate ako ne uzmemu u obzir područja za koja znamo da ih ta vrsta naseljava, ali u kojima još nisu provedena istraživanja. Rezultati dobiveni u ovoj studiji mogu dodatno doprinijeti već poznatim informacijama vezano uz dugoročno očuvanje ove vrste.

KLJUČNE RIJEČI: Bioklimatski podaci, Očuvanje, Pogodnost staništa, Leopard, MaxEnt (model maksimalne entropije), Turska

APPENDIX – I DODATAK – I



Anatolian leopard hunters from the past in Türkiye (URL-1 2021)
Anatolijski lovci na leoparde iz prošlosti u Turskoj (URL-1 2021)



A shot Anatolian leopard from Ankara in 1974 (URL-1, 2021)
Ustrijeljeni Anatolski leopard iz Ankare 1974 (URL-1, 2021)



A shot Anatolian leopard from Bitlis in 2008 (Toyran, 2018)
Ustrijeljeni Anatolski leopard iz Bitlisa 2008. (Toyran, 2018.)

APPENDIX – I

DODATAK – I



A shot Anatolian leopard from Şırnak in 2010 (URL-2, 2021)
Ustrijeljeni Anatolski leopard iz Şırnaka 2010 (URL-2 2021.)

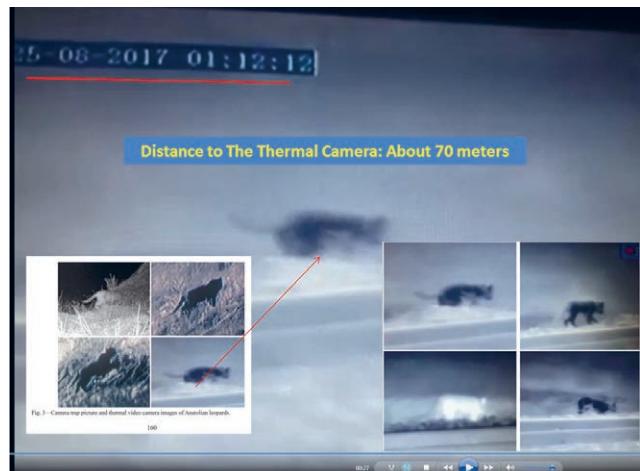


A shot Anatolian leopard from Diyarbakır in 2013 (URL-3, 2021)
Ustrijeljeni Anatolski leopard iz Diyarbakira 2013 (URL-3, 2021.)



Screenshots taken from the thermal camera video from Bingöl in 2015
(Sari 2018; Sari et al., 2020)

Snimke zaslona preuzele iz videa termalne kamere iz Bingöla 2015. (Sari 2018.; Sari et al., 2020.)



Screenshots taken from the thermal camera video from Erzincan in 2017 (Sari 2018; Sari et al., 2020)

Snimke zaslona preuzele iz videa termalne kamere iz Erzincana 2017. (Sari 2018; Sari et al. 2020)

EJA MOČVARICA (*Circus aeruginosus* L.)

Dr. sc. Krunoslav Arač, dipl. inž. šum.

Opisane su dvije podvrste, od kojih nominalnu susrećemo na području cijele Europe osim krajnjeg sjevernog dijela. Naraste u dužinu 43–56 cm s rasponom krila 115–140 cm i težinom 400–800 grama, pa ju po veličini možemo usporediti s škanjcem. Krila su duga s dugim primarnim letnim perima. Rep je dug i uzak. Mužjak i ženka eje močvarice međusobno se razlikuju. Po veličini mužjaci su manji od ženki. Mužjak je smeđi, osim crnih vrhova krila i sivo plavkastih sekundarnih letnih pera i repa. Ženka je tamnosmeđa s svjetlo smeđim tjemenom, grlom i krilnim ramenima. Vezana je za močvarna područja s tršćacima i rogozom na koja se u blizini nadovezuju otvorena prostrana poljoprivredna područja sa žitaricama i livadama. Gnijezda gradi na tlu u gustim tršćacima i rogozištima, iznimno na drveću uz slatke i bočate vode. Gnijezdi jednom tijekom godine od travnja do srpnja. Gnijezdo je građeno od granja, trstike, rogoza i travki. Nese 4–5 (3–8) bijelih jaja s rijetkim žuto smeđim pjegama veličine do 50 mm. Na jajima sjedi ženka (rijetko i mužjak) oko pet tjedana. Mlade ptiće u gnijezdu hrane oba roditelja pet do šest tjedana, te nakon napuštanja gnijezda ostaju s roditeljima još dva do tri tjedna. Hrane se manjim sisavcima (pretežito glodavcima), manjim pticama vodaricama,

gmažovima, žabama, beskralješnjacima i strvinom. Najčešće love iznad otvorenih površina obrušavanjem iz laganog niskog leta.

U Hrvatskoj je malobrojna gnjezdarica močvarnih staništa (uz tokove rijeka Cetine, Drave i Neretve, na ribnjacima Botovo, Donji Miholjac, Grudnjak, Jelas, Končanica, Lipovljani, Našice, u Pokupskom, Poljana i Sloboština, te na Vranskom jezeru kod Pakoštana i Pagu). Gnijezdeća populacija u Hrvatskoj se procjenjuje na oko 50-tak parova. Za vrijeme selidbe možemo je opaziti na cijelom području tijekom mjeseca veljače pa do svibnja i od kolovoza do studenog kao redovitu preletnicu (zabilježene su prstenovane ptice iz Češke, Finske, Italije i Letonije), te malobrojnu i redovitu zimovalicu u priobalju od Paga do Konavala, a neredovitu i rijetku u kontinentalnom dijelu. Većina europske populacije zimuje na području Sredozemlja i podsaharske Afrike (u koju seli u širokom pojusu preko Sredozemnog mora), a u manjem broju osobito za blagih zima na području zapadne i srednje Europe.

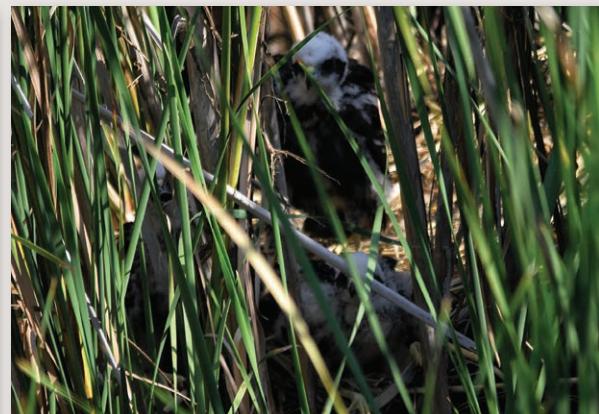
Eja močvarica je zaštićena vrsta u Republici Hrvatskoj, a u Crvenoj knjizi ptica Hrvatske nalazi se na popisu ugroženih vrsta (EN).



Mužjak



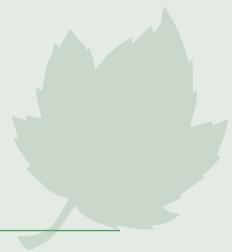
Ženka u lovnu obrušavanjem



Tri mladunca na gnijezdu na malom ribnjaku u Botovu kod Koprivnice

POLJSKI JASEN (*Fraxinus angustifolia* Vahl) U HRVATSKOJ

Akademik Igor Anić



U prigodi obilježavanja Dana hrvatskog šumarstva, 20. lipnja 2020., u velikoj dvorani Hrvatskog šumarskog doma u Zagrebu promovirana je znanstvena monografija Poljski jasen (*Fraxinus angustifolia* Vahl) u Hrvatskoj. Promotori su bili prof. dr. sc. Jurij Diaci, recenzent, prof. dr. sc. Renata Pernar, recenzent i akademik Igor Anić, glavni urednik.

Znanstvena monografija Poljski jasen (*Fraxinus angustifolia* Vahl) u Hrvatskoj najnovije je izdanje Akademije šumarskih znanosti. Ovom knjigom nastavljen je niz znanstvenih monografija u kojima se obrađuju najvažnije vrste drveća i šuma Republike Hrvatske: Hrast lužnjak (*Quercus robur* L.) u Hrvatskoj (1996.), Obična jela (*Abies alba* Mill.) u Hrvatskoj (2001.), Obična bukva (*Fagus sylvatica* L.) u Hrvatskoj (2003.), Poplavne šume u Hrvatskoj (2005.) i Šume hrvatskog Sredozemlja (2011.).

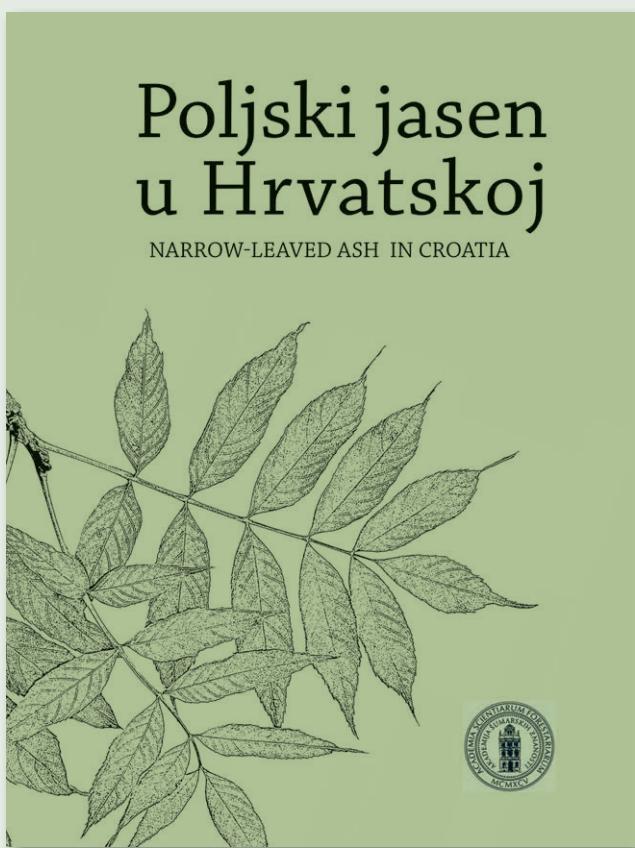
Vrsni znanstvenici šumarske i drvnotehnološke znanosti napisali su 22 rada koji su grupirani u pet poglavlja. Autori

radova svoje znanstvene aktivnosti obavljaju u okrilju Akademije šumarskih znanosti, Fakulteta šumarstva i drvene tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatskog šumarskog instituta u Jastrebarskom i Trgovačkog društva Hrvatske šume d. o. o. Zagreb. U knjigu su ugrađeni rezultati njihovih istraživanja i pregled rezultata drugih istraživanja.

Znanstvena monografija bavi se poljskim jasenom kao vrstom drveća i šumama poljskog jasena. Zbog toga prva dva poglavlja knjige obrađuju problematiku njegove autoekologije (poglavlje 1: Poljski jasen – *Fraxinus angustifolia* Vahl) i sinekologije (poglavlje 2: Šume poljskog jasena). Danas je poljski jasen najugroženija vrsta drveća u Republici Hrvatskoj. Odumiranje stabala i čitavih sastojina doseglo je u čitavom arealu dramatične razmjere. Pojava podseća na katastrofalno odumiranje pitomog kestena i nizinskog briješta. Zbog toga su radovi koji obrađuju zdravstveno stanje poljskog jasena izdvojeni u posebnom poglavlju (poglavlje 3: Zdravstveno stanje poljskog jasena). Nakon toga slijedi poglavlje koje obrađuje gospodarenje šumama poljskog jasena, posebice u današnjim uvjetima odumiranja (poglavlje 4: Gospodarenje šumama poljskog jasena). Posljednje poglavlje knjige odnosi se na drvo poljskog jasena s anatomske, tehnološke i kemijske gledišta (poglavlje 5: Drvo poljskog jasena).

Između ostalog, u knjizi se:

- upućuje na to da iz zasad dostupnih informacija možemo zaključiti da na prostoru Hrvatske nije utvrđena prisutnost tipične podvrste poljskoga jasena (ssp. *angustifolia*), već je najvećim dijelom prisutna podvrsta *oxycarpa*
- opisuje areal poljskog jasena u Hrvatskoj koji se poklapa s nizinama velikih rijeka i njihovih pritoka – Save s Lonjom, Česmom, Odrom i Ilovom, Drave, Dunava, Kupčine (zavala Crne Mlake) i Mirne
- naglašava da se približno 80 % areala nalazi se u Posavlju (uključivši i savske pritoke), a oko 20 % u Podravljiju i Podunavlju te u dolini rijeke Mirne u Istri
- navode razlike sastojina sjemenjača poljskog jasena (~32.000 ha), sastojina sjemenjača hrasta lužnjaka u kojima jasen sudjeluje s $\geq 20\%$ u omjeru smjese (~42.000 ha), ostalih sastojina u kojima je poljski jasen zastupljen s $\geq 20\%$ u omjeru smjese (~4.500 ha) i ostalih sastojina





u kojima je poljski jasen zastupljen s manje od 20 % u omjeru smjese (~105.000 ha)

- navode preporuke za očuvanje genetske raznolikosti poljskog jasena u Hrvatskoj s obzirom na alarmantno zdravstveno stanje
- donose rezultati istraživanja fotosinteze, vodnog statusa, fiziologije stresa i mineralne ishrane.

U knjizi se također opisuje:

- kako poljski jasen raste i kako se razvija na sušim staništima, a kako na vlažnijim staništima
- kako recentne klimatske promjene utječu na stres, vitalnost i odumiranje stabala te na ekološku nišu poljskog jasena
- kako su od klimatskih elemenata i indeksa na odumiranje stabala poljskog jasena najviše utjecali smanjenje godišnje količine oborine, povećanje iznosa referentne evapotranspiracije, odnosno pojava sušnih i izostanak kišnih razdoblja
- kako u sastojinama poljskog jasena dominiraju glejna tla, čija je pedogeneza obilježena i antropogenim utjecajima u formi nakupljanja u tlu onečišćujućih tvari (degradacija kemijskih i bioloških značajki) te u vidu zbijanja tla prilikom izvlačenja drva iz sastojine (degradacija fizičkih značajki)
- kako sastojine poljskoga jasena u Hrvatskoj pridolaze u četiri asocijacije od kojih je najrasprostranjenija šuma poljskoga jasena s kasnim drijemovcem (*Leucojo aestivum-Fraxinetum angustifoliae* Glavač 1959)
- kako se silvidinamika poljskog jasena odvija u rasponu: močvara – močvara/bara – bara; u močvarni cijelogodišnje obilje vlage onemogućuje uspijevanje šume, na prijelazu močvare u baru poljski jasen izgrađuje barsku granicu

šume, dok u bari tvori sastojine inicijalne, optimalne i terminalne faze

- kako staništa sastojina poljskog jasena smatramo idealnima za obitavanje jelena običnog
- kako je danas poljski jasen najugroženija vrsta šumskog drveća u Hrvatskoj: značajna osutost stabala poljskog jasena nezaustavljivo raste od 2007. godine i prema podacima iz 2018. godine ona iznosi vrlo visokih 64,36 %
- kako je u šumama u vlasništvu Republike Hrvatske kojima gospodari tvrtka Hrvatske šume d. o. o. Zagreb u razdoblju 2016. – 2020. sanitarnom sjećom posjećeno 1.138.027 m³ ili 49 % od ukupnog posjećenog etata poljskog jasena
- kako je masovno odumiranje poljskog jasena u sastojinama svih dobnih razreda i na cjelokupnom području Hrvatske najvjerojatnije rezultat zbirnog djelovanja abiotskih čimbenika (klimatskih promjena, hidroloških promjena) i biotskih čimbenika (fitopatogenih gljiva, posebice nove vrste *Hymenoscyphus fraxineus*, povećanja brojnosti jasenove pipe i jasenova potkornjaka)
- kako je moguć razvoj sličnog scenarija poput onog s odumiranjem pitomog kestena i nizinskog briješta
- kako je obnovu, njegu i prevođenje sastojina poljskog jasena važno prilagoditi njihovoj silvidinamici: na barskoj granici šume poljski jasen se ponaša kao pionirska vrsta drveća, u bari se u početku silvidinamičkog razvoja ponaša kao pionirska, a kasnije kao prijelazna vrsta drveća dok je u nizi, na vlažnoj gredi i gredi pratičica hrastu lužnjaku,
- kako uzgajanje šuma poljskog jasena u novonastalim sastojinskim i stanišnim prilikama može uključiti prevođenje sastojinskog oblika (promjenu vrste drveća) koje



Glavni urednik monografije Akademik Igor Anić i recenzenti: Prof. dr. Renata Pernar i Prof. dr. sc. Jurij Diaci

se prilagođava silvidinamičkom statusu i obrastu ugrožene sastojine

- koje su značajke sjemena poljskog jasena, kako razmnožiti poljski jasen reznicama i cijepljenjem, proizvesti njegove sadnice u rasadniku i umjetno obnoviti sastojinu sadnjom šumskih sadnica te koji su uzroci mortaliteta sadnica poljskog jasena kod umjetne obnove i pošumljavanja
- kako osnovati i održavati klonsku sjemensku plantažu poljskog jasena i koliki je značaj klonskih sjemenskih plantaža u očuvanju genetskih izvora poljskog jasena
- kako je prosječna vrijednost drvne zalihe na panju u sastojinama poljskog jasena 245 kn/m^3 , dok su prosječni troškovi pridobivanja drva 117 kn/m^3 ; prosječna vrijednost općekorisnih funkcija šuma poljskog jasena je 310.650 kn/ha
- kako „smeđa srž“ u deblima poljskog jasena dopire do prvih grana te se redovito nalazi u stablima s manjim krošnjama
- kakve su makroskopske karakteristike, tekstura, fizikalna i mehanička svojstva i greške drva poljskog jasena
- kakav je kemijski sastav drva poljskog jasena i mogućnosti njegove primjene u biorafinerijama.

Glavni urednik znanstvene monografije je akademik Igor Anić. U uredničko vijeće izabrani su uz akademika Igora Anića prof. dr. sc. Andrija Bogner, prof. dr. sc. Jura Čavlović, prof. dr. sc. Marilena Idžočić, prof. dr. sc. Milan Glavaš, prof. dr. sc. Ivica Grbac, prof. dr. sc. Davorin Kajba, prof.

dr. sc. Nikola Pernar i prof. dr. sc. Joso Vukelić. Objavljanje knjige pomogli su Ministarstvo znanosti i obrazovanja Republike Hrvatske, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatske šume, d. o. o. Zagreb, Hrvatska komora inženjera šumarstva i drvne tehnologije i Zaklada Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti.

Knjigu su recenzirali dr. sc. Jurij Daci, redoviti sveučilišni profesor na Biotehničkom fakultetu Sveučilišta u Ljubljani, dr. sc. Jasnica Medak, viša znanstvena suradnica na Hrvatskom šumarskom institutu u Jastrebarskom i dr. sc. Renata Pernar, redovita sveučilišna profesorica na Fakultetu šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu. Lektor hrvatskoga teksta je dr. sc. Marko Alerić, izvanredni sveučilišni profesor na Filozofskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Profesorica Ljerka Vajagić je obavila opsežan posao prijevoda na engleski jezik, a profesor Mark Davies lekturu teksta na engleskom jeziku.

Znanstvena monografija Poljski jasen (*Fraxinus angustifolia* Vahl) u Hrvatskoj namijenjena je šumarskim znanstvenicima, praktičarima, studentima i svim zainteresiranim za tu vrstu drveća i funkcioniranje prirodnih ekosustava. Knjigu može razumjeti i inozemna čitalačka publika, jer su svi naslovi, podnaslovi i prilozi opisani na engleskom jeziku. Svaki tekst sadrži opširan sažetak na engleskom jeziku.

Sigurni smo da će ova knjiga pobuditi veliko zanimanje. Ona je odgovor hrvatskih šumarskih znanstvenika na do sad nezabilježenu ugrozu koja se nadvila nad šume poljskog jasena, a time i na čitav ekosustav nizinskih šuma Republike Hrvatske.

Izv. prof. dr sc. DAMIR DRVODELIĆ SLATKI PELIN (*ARTEMISIA ANNUA L.*) I OSTALI PELINI: VAŽNOST, UZGOJ I UPORABA

Prof. dr. sc. Milan Glavaš

Izdavač ove knjige je Denona d. o. o.. Naklada je 500 primjeraka. Recenzenti su prof. dr. sc. Milan Glavaš, dr. sc. Dario Kremer i doc. dr. sc. Sead Ivojević (Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu). Nakladnik je Fakultet šumarstva i drvene tehnologije Sveučilišta u Zagrebu. Knjiga je napisana na 152 stranice, obogaćena je s više od 100 slika. Knjiga započinje predgovorom autora, a zatim slijedi 15 pogлављa. Na kraju je naveden popis korištene literature,

66 stranih i 19 domaćih autora, te 49 internetskih izvora. Knjiga završava bilješkom o autoru.

U predgovoru autor navodi da mu je poticaj za pisanje knjige bila važnost slatkog pelina i uporaba u povijesti, kao i povećan interes za istraživanjem, uzgojem i uporabom te biljke u nas i u svijetu. Nakon toga izražava veliku zahvalnost recenzentima i svima koji su mu davali podršku i na razne načine pomagali svestranom istraživanju slatkog pe-

lina. Poslije toga navodi kome će ova knjiga poslužiti i kako će na ljude utjecati saznanja o slatkom pelinu. Istaže da je posebna vrijednost knjige u objavljinju brojnih recepata. Nadalje se daje prikaz sadržaja knjige prema poglavljima.

1. U uvodnom dijelu navodi da su u knjizi prikazani važnost slatkog pelina, način uzgoja i uporaba. Nastojao je pelin prikazati sa svih gledišta. Navodi što je sve u knjizi napisano na bazi vlastitih istraživanja i literature. Dalje navodi da se u knjizi piše o uporabi gorskog i slatkog pelina. Detaljno su opisani recepti za liječenje gorskim pelinom. Piše i o opasnostima od slatkog pelina. Posebna je vrijednost knjige u prikazu brojnih recepata od slatkog pelina.

2. Na početku navodi da postoji oko 480 vrsta pelina, u nas 17 vrsta. Pelin se koristio prije nekoliko tisuća godina. O njemu postoje razni zapisi. Upotrebljavao se diljem svijeta za liječenje raznih bolesti, čak i uzugajao. Za pomoć pri liječenju karcinoma gorski pelin je poznat kao najučinkovitija vrsta pelina. Dalje navodi kod kojih sve bolesti može pomoci slatki pelin. Broj plantaža slatkog pelina je porastao u cijelom svijetu, pa i kod nas.

3. Na početku su navedena narodna imena i taksonomski status slatkog pelina. Ukazuje na vrste ljekovith pelina u nas. Danas su u uzgoju važni hibridi s visokim prinosom artemizinina i prinos biomase po hektaru. O tome su napisani detaljni podaci. Slijedi opis slatkog pelina i navodi o njegovoj rasprostranjenosti u Hrvatskoj i svijetu. Nabroja 17 vrsta pelina u nas. Detaljno piše o staništu pelina u svijetu i u nas. Isto je navedeno i za gorski pelin. Slijedi tumačenje latinskog naziva slatkog pelina i roda *Artemisia*. Na kraju se daju upute kako razlikovati slatki i gorski pelin.

4. Postoje 23 značajke sjemena slatkog pelina. O tome su navedeni vrlo precizni podaci. Dana su vrlo jasna objašnjenja o građi, biologiji i fiziologiji njegovog sjemena, kao i o njegovoj kvaliteti. Slijede objašnjenja o klijavosti i uporabnoj vrijednosti sjemena i kako se to određuje. Zanimljiv je navod da se iz 1 kg sjemena može uzgojiti preko 3. 800 000 sadnica iz kojih se može podići plantaža površine preko 77 ha.

5. Ovdje autor upućuje da je klijanac slatkog pelina vrlo nježan, osjetljiv i ograničenih zaliha hranjivih tvari u endospermu. U klijancu trebaju biti pravilno razvijeni svi njegovi dijelovi. Nadalje se daju tumačenja o uvjetima klijanja sjemena.

6. Na početku ovog poglavlja ukazuje se kako su izvršeni laboratorijski pokusi klijanja sjemena slatkog pelina. Pokus je trajao više od 20 dana. Utvrđeno je da je za klijanje potrebno svjetlo i visoka zračna vlaga.

7. Tumači se kako je sjeme klijalo u destiliranoj vodi u Petrijevim zdjelicama na temperaturi 23°C. Nakon 5 dana klijavost je iznosila 100 %. Nakon toga klijanci su presaćeni u specijalne lončice. Detaljno se opisuje razvoj preostalih klijanaca.

8. Provedeno je istraživanje utjecaja ekstremno niskih (-40 °C) i ekstremno visokih (+ 60 °C) temperatura na klijavost sjemena slatkog pelina. Klijanje sjemena pratilo se 7 dana. Navedeni su podaci kako je sjeme nicalo svakog dana i kolika mu je bila klijavost s obzirom na ekstremne temperature.

9. Ovo je opširno poglavlje, napisano je na 45 stranica i podijeljeno u 4 podpoglavlja. Za uzgoj slatkog pelina najbolje je rješenje sjetva sjemena. Može se razmnožavati i reznicama. Napisane su detaljne upute za takvo razmnožavanje i zakorjenjivanje biljaka. Upućuje na supstrate potrebne za zakorjenjivanje. Daju se upute za sjetvu na otvorenom i u zaštićenim prostorima. Dalje se govori o rasdaničkoj klijavosti sjemena i proizvodnji klijanaca slatkog peliana, kako sjeme klijije i kakav je klijanac. Vrlo su važni podaci o klimatskim čimbenicima. Najbolji način sjetve na otvorenom je u redove. Upućuje se na potrebna gnojiva i koji su kontejneri najpogodniji za uzgoj i presadnju pelina. Vrlo detaljne upute date su o pikiranju klijanaca u kontejnere i nužnim radovima dok su klijaci u njima. Zatim se daju upute o presadnji razvijenih sadnica. Dati su podaci o morfološkim značajkama korijenskog sustava i i sadnica. Tumači se važnost sadržaja vlage u stabljici i korijenu i biomasi stabljike u suhom stanju.

10. Vrijeme žetve iznimno je važno kako bi se osigurao optimalan sadržaj artemizinina. Kod žetve u punom stadiju cvjetanja dobije se maksimalni prinos biomase, eteričnog ulja i artemizinina.

11. U stakleniku je obavljen pokus zakorjenjivanja slatkog pelina zeljastim reznicama u krutom mediju. O načinu rada i rezultatima daju se objašnjenja. Razmnožavanje reznica u destiliranoj vodi nije dalo najbolje rezultate. Preporuča se autovegetativni način razmnožavanja tehnikom mikropropagacije u kulturi tkiva *in vitro*.

12. Daju se upute i preporuke kako uzbogati slatki pelin u kamenjarima, vertikalnim zidovima, krovnim vrtovima i u posudama. Precizno se upućuje na odabir posuda za uzgoj. Na kraju naglašava da je uzgoj u posudama daleko zahtjevniji i teži od klasičnog uzgoja u tlu.

13. Ovo je izuzetno važno poglavlje, napisano je na 32 stranice. Najprije se, na 6 stranica, govori o uporabi gorskog pelina. Date su detaljne upute kako se izrađuje, čuva i skladišti pelinkovac. Naveden je kemijski sastav pelina. Gorski pelin je vrlo korisna ljekovita biljka, posebice kod problema sa želucem. Od gorskog pelina u mješavini s drugim biljkama (navedene su vrste) pravi se liker Apsint.

Za uporabu slatkog pelina autor upućuje da su od davnina poznate njegove ljekovite vrijednosti. Biljka se proučava u liječenju COVID 19 i nekih viroza. Pri uporabi slatkog pelina nužan je oprez, jer može uzrokovati različite poteškoće, teška trovanja, psihičke poremećaje i niz drugih problema. Slijedi vrlo važno podpoglavlje **Recepti od slatkog pelina**. Podijeljeno je na 11 dijelova. U početku se govori o djelo-

vanju artemizinina. Posebno je značajno da taj spoj djeluje kod širokog spektra karcinoma. O tome je napisano dosta tumačenja. Dalje se daju upute o uzimanju kapsula i čaju koji povećava imunitet i djeluje protiv virusa, bakterija i parazita. Date su upute za pripremu čaja i način uporabe. Date su upute za pripremu tinkture. Ona se koristi za liječenje mnogih bolesti, te za zdravlje cijelog organizma. Navedene su mnoge bolesti za koje se preporučuje tinktura. Navedene su biljke koje se uz slatki pelin koriste za izradu tinkture. Navedeni su detaljni podaci o eteričnom ulju. Ulje se dobiva i iz drugih vrsta pelina. Detaljno je napisano o ulju i za koje se bolesti koristi. Za ishranu kože, smanjenje bolova i kod karcinoma koristi se melem.

Autor knjige je osmislio liker od slatkog pelina i koprive za pojačanje imuniteta. Napisao je vrlo detaljne upute za izradu likera, zatim daje upute za njegovu uporabu.

Autor je osmislio kako s priprema liker od slatkog pelina. O tome daje upute i navodi zašto je liker koristan. Autor je također smislio kako se pravi koncentrirana alkoholna tinktura od slatkog pelina i još 63 vrste biljaka. Tinktura služi za postizanje dobrog imuniteta, za opće zdravlje i kao preventiva u liječenju COVID 19. Naveo je značenje brojnih kemijskih spojeva i način primjene.

14. Na početku navodi da se pelini koriste kao tradicionalni biljni lijekovi kod raznih bolesti, malarije, karcinoma i dr. Za istraživanje artemizinina istraživači su dobili Nobelove

nagrade. O antitumorskoj aktivnosti slatkog pelina u posljednje vrijeme pišu brojni autori i vrše se istraživanja njegove djelatnosti.

15. U domaćoj literaturi o slatkom pelinu se мало pisalo. Zato treba više učiniti na edukaciji i uzgoju te vrste i istraživati njegove spojeve. U Europskoj uniji uvršten je kao hrana. Na stranicama Nacionalne knjižnice medicine objavljeni su brojni citati vezani za slatki pelin, posebice zadnjih godina. To govori o sve većoj važnosti ove biljke za ljudsko zdravlje. Tu vrstu istražuju znanstvenici iz cijelog svijeta.

Zaključak

Prema sadržaju i podacima ovo je izuzetno kvalitetna znanstvena knjiga. Od velike je koristi za znanstvenike, posebice biologe, kemičare i medicinare. Od koristi je za sve koji se bave ljekovitim biljem. Napisi u knjizi su poticaj za proučavanje slatkog pelina i drugih vrsta, za njegov uzgoj i primjenu u medicini. Zainteresirani će naći sve potrebne podatke za uzgoj i korištenje ove izuzetne domaće ljekovite biljke. Knjiga će biti svakome od koristi. Autor je pokazao koliko je proučio pelin, pokazao njegovu vrijednost, a sve je napisao jasno i precizno. Po tomu je izuzetak, pa mu upućujem najveće čestitke. Kolegama šumarima preporučam da prouče ovu knjigu, to će im biti poticaj da koriste slatki pelin za svoje zdravlje i zdravlje svojih najbližih.

OBILJEŽAVANJE ŠUMARSKIH OBLJETNICA U KARLOVCU

Oliver Vlainić, dipl. ing. šum.

Karlovački ogrank Hrvatskoga šumarskog društva svojim planom rada za 2020. godinu zacrtao je obilježavanje više šumarskih obljetnica koje su se poklopile u toj godini. Međutim, pojava pandemije bolesti COVID-19 utjecala je na kašnjenje ostvarenja planiranih aktivnosti, tako da se sve odužilo kroz dvije godine koliko je pandemija bila u zamahu. Zbog toga su nastale i nove okolnosti koje su doprinijele realizaciji nekih dodatnih aktivnosti. Kako su svi događaji opisani u govorima predsjednika Ogranka mr. sc. Ivana Grginčića, voditelja Uprave šuma Podružnice Karlovac Marina Svetića i vijestima objavljenim na mrežnoj stranici Ogranka, oni su poslužili za kronološki prikaz zbiranja.

Otkrivanje spomen-ploče Upravi šuma Karlovačkog generalata

24. veljače 2020., Veleučilište u Karlovcu, Strossmayerov trg
Predsjednik Ogranka mr. sc. Ivan Grginčić upoznao je naznačne sa svrhom okupljanja:

Okupili smo se danas na ulazu u zgradu karlovačkog Veleučilišta kako bi obilježili jednu veliku i značajnu obljetnicu za hrvatsko i karlovačko šumarstvo. Dana 23. veljače 2020. navršilo se 255 godina od osnutka Uprave šuma Karlovačkog generalata. To se smatra utemeljenjem šumarstva na području Hrvatske.

No, tu nije kraj ovogodišnjim značajnim obljetnicama, jer se ove godine navršava 100 godina od početka rada Šumarije Karlovac nadležne za državne šume, 60 godina od osnutka Šumskog gospodarstva Karlovac, 30 godina djelovanja Uprave šuma Podružnice Karlovac u sastavu Hrvatskih šuma d. o. o. te 160 godina od rođenja jednoga karlovačkog šumara, Stjepana Frkića, šumarskog savjetnika koji je ostavio upečatljiv trag u svom šumarskom vijeku, radeći 42 godine kao šumar Slunjske imovne općine. Sve ove obljetnice bit će zabilježene tijekom godine u aktivnostima karlovačkog ogranka HSD-a.

Navest će kratku kronologiju zbivanja važnu za osnutak uprave šuma u Karlovcu.

Sjednica mješovitog povjerenstva pod predsjedanjem zapovjednika Karlovačkog generalata generala Barona pl. Becka trajala je u Karlovcu tri dana: 11., 16. i 23. veljače 1765. Na

sjednici su prezentirani „prvi šumarski stručni opisi i nacrti šuma na Velebitu i Velikoj Kapeli od Dalmatinske međe do Mrkoplja i Ogulina te prvi šumski red za iste, prvo njihovo razdjeljenje u okružja, šumarije i čuvarije i prvi cjenik za drvenu gradju iz njih“. Tadašnja carica i kraljica Marija Teresija odredila je da u buduće ima upravu šuma karlovačkog Generalata voditi General-Comanda u Karlovcu, te namještati šumare i lugare, a da će nadzor nad tima šumama voditi šumar Franzoni, radi čega je on i dodijeljen karlovačkoj General-Comandi. Na sjednici je odlučeno da se za šume Karlovačkog generalata postave tri šumara s pripadajućim osobljem, u tri sjedišta: jedan šumar za šume ličke pukovnije sa sjedištem u Oštarijama na karlobaškoj cesti, jedan šumar za šume otočke pukovnije i dio šuma ogulinske pukovnije sa sjedištem u Krasnu, te jedan šumar za ostale šume u ogulinjskoj i slunjskoj pukovniji sa sjedištem na Petrovoj gori. Šumarnik Franzoni je za spomenute šumare sastavio nacrt instrukcije (naputak) po kojoj će oni biti dužni podučavati dalje svoje podčinjene lugare.

Spomen-ploču otkrivamo na zgradi Veleučilišta u Karlovcu, budući je ona 1765. godine bila sjedište Karlovačkog generalata. Zahvaljujem se Veleučilištu na čelu s dekanicom dr. sc. Ninom Popović na suglasnosti za postavljanje spomen-ploče na zgradi Veleučilišta.

...

Početak organizacije šumarstva 1765. godine dogodio se u Zvjezdi, a od kraja 18. stoljeća (1799. godine) do sredine 19. stoljeća (1840. godine) šumarstvo je imalo svoje sjedište na Turnju. Kasnije su se mijenjala sjedišta šumarskih institucija u kojima se upravljalo šumama od gradskih četvrti Banje i Rakovca do Gaze. Može se reći da je grad Karlovac duboko prožet šumarskom prošlošću. Na kraju i nazivi pojedinih gradskih četvrti vuku svoje nazine iz šume i drveća pa se tako gradske četvrti zovu Dubovac po dubu (hrastu), Grabrik po grabu i Luščić po malom lugu (šumi).

Otkrivanje spomen-ploče šumarskom savjetniku Stjepanu Frkiću

18. prosinca 2020., Rakovac, Karlovac

Predsjednik Ogranka mr. sc. Ivan Grginčić u svom govoru evocirao je uspomenu na šumarskog savjetnika Stjepana



Slika 1. Voditelj UŠP Karlovac Marin Svetić i predsjednik HŠD-a ogranka Karlovac Ivan Grginčić na svečanom otkrivanju spomen-ploče Upravi šuma Karlovačkog generalata

Frkića, 42 godine šumara i 33 godine upravitelja Slunjske imovne općine:

Šumarska struka u Hrvatskoj, a posebno u Karlovcu, imala je ove godine velikih razloga za podsjećanje na svoju dugu i ponosnu prošlost. Hrvatsko šumarsko društvo ogrank Karlovac i Hrvatske šume d. o. o. Uprava šuma Podružnica Karlovac započeli su krajem veljače aktivnosti na obilježavanju 255 godina od osnutka prve poznate uprave šuma u Hrvatskoj otkrivanjem spomen-ploče Upravi šuma Karlovačkog generalata u zgradici Veleučilišta u Karlovcu, koja je nekad bila sjedište generalata. Osim toga, planirane su i druge aktivnosti kojima se željelo zahvaliti našim prethodnicima u šumarstvu za djela i šume koje danas baštinimo. Nažalost, dio aktivnosti je, zbog već spomenute pandemije koja je doista toga usporila i onemogućila, morao biti prolongiran za sljedeću godinu. Ipak, danas ćemo svečanim otkrivanjem spomen-ploče šumarskom savjetniku Stjepanu Frkiću, povodom 160 godina od njegovog rođenja, odati počast jednom karlovačkom šumaru.

...

Djelovanje Stjepana Frkića bilo je vezano za ulicu Rakovac, kako na poslovnom tako i na privatnom planu. Za vrijeme svog službovanja priskrbio je i kupio za Slunjsku imovnu općinu u Karlovcu (Rakovcu) dvije kuće za gospodarstveni ured, šumariju i činovnike (današnje zgrade Rakovac 2 i Rakovac 13) i k tome prikladno zemljište za više gradilišta (današnji prostor zgrade Rakovac 3 s okućnicom u kojoj je djelovala Kraljevska šumska uprava Karlovac / Šumarija Karlovac od 1926. do 1945. godine, a od 1947. do 1968. godine bila je u funkciji Srednje šumarske škole Karlovac kao i zgrada Rakovac 2). Osim tih zgrada, vezanih uz poslovanje Slunjske imovne općine te stanovanje njenih službenika, Stjepan Frkić posjedovao je kuću na adresi Rakovac 39, a njegov sin Zlatko na adresi Rakovac 10 i kći Ana Ercegović, r. Frkić na adresi Rakovac 8.



Slika 2. Tajnik Ogranka Oliver Vlainić, predsjednik Ogranka Ivan Grginčić i voditelj UŠP Karlovac Marin Svetić na svečanom otkrivanju spomen-ploče Stjepanu Frkiću

Ivan Grginčić osvrnuo se i na stoljeće djelovanja Šumarije Karlovac:

Budući se ove godine navršilo 100 godina kako postoji šumarija u Karlovcu, koja gospodari državnim šumama, a prvu vlastitu zgradu imala je baš u kući na kojoj smo postavili spomen-ploču Stjepanu Frkiću, obilježavamo i prvo stoljeće njenog djelovanja. Danas Šumarija Karlovac djeluje kao organizacijska jedinica unutar UŠP Karlovac, jedne od 17 podružnica koliko ih ima u jedinstvenom trgovackom društvu za gospodarenje državnim šumama. Hrvatske šume d. o. o. za dva tjedna, točnije 1. siječnja 2021., imat će svoj 30. rođendan.

Tajnik Ogranka Oliver Vlainić ukratko je upoznao nazočne kako je ulica Rakovac u prošlosti bila „šumarska“ ulica, jer su u njoj postojale šumarske institucije Slunjska imovna općina i Šumarija Karlovac. Zgrada na adresi Rakovac 3 je prva zgrada državne šumarije Karlovac sagrađena upravo za nju 1926. Godine, nakon što je šumarija 1920. godine promijenila sjedište iz Vojnića u Karlovac.

Promocija knjige Olivera Vlainića „ŠumarsKA povijest grada KArlovca“

7. srpnja 2021., Veleučilište u Karlovcu, Strossmayerov trg
Povod izdavanja knjige bila je 2020. godina – godina značajnih šumarskih obljetnica:

- 255 godina (1765. – 2020.) od osnutka Uprave šuma Karlovačkog generalata i Šumarije Petrova gora
- 100 godina (1920. – 2020.) Šumarije Karlovac
- 60 godina (1960. – 2020.) od osnutka Šumskog gospodarstva Karlovac
- 30 godina djelovanja (1991. – 2020.) Uprave šuma Podružnice Karlovac u sastavu Hrvatskih šuma d. o. o.
- 160 godina (1860. – 2020.) od rođenja karlovačkog šumara Stjepana Frkića.



Slika 3. Promocija knjige „Šumarska povijest grada Karlovca“ u Atriju znanja Veleučilišta u Karlovcu

Početak istraživanja šumarske građe započeo je 2006. godine, a 2007. godine Upravni odbor karlovačkog ogranka HŠD-a donio je odluku o izdavanju prve monografije povodom 50 godina osnutka ŠG Karlovac. Istraživanje povjesne građe obavljeno je u Hrvatskom državnom arhivu u Zagrebu, Državnom arhivu u Karlovcu, arhivu Karlovačkog tjednika, Zavičajnom odjelu Gradske knjižnice „Ivan Goran Kovačić“ u Karlovcu te digitalnoj biblioteci Hrvatskoga šumarskog društva.

Značajniji dokumenti prikazani u knjizi su:

- dio zapisnika sjednice mješovitog povjerenstva u Karlovcu iz veljače 1765. godine – rodni list prve i najstarije uprave šuma u Karlovcu i Hrvatskoj
- detalj karte Karlovačkog generalata vojnog kartografa Lovrenića iz 1795. godine s prikazom Turnja – sjedišta kraljičkoga šumskog direktora 1799. – 1840. godine

- karta lokacija najvažnijih šumarskih institucija i mjesta (zgrada i šetnica) vezanih uz šumarstvo u Karlovcu od 1765. godine.

O autoru i knjizi govorili su recenzenti knjige akademik Igor Anić i doc. dr. sc. Karlo Beljan, obojica s Fakulteta šumarstva i drvene tehnologije Sveučilišta u Zagrebu. Akademik Anić u svom obraćanju ukratko je prikazao životopis autora knjige, opisao trodnevnu sjednicu održanu u prostoru Generalata, današnjeg Veleučilišta, u veljači 1765. godine koja je rođendan karlovačkog i hrvatskog šumarstva te na kraju zaključio da knjiga predstavlja još jedan šumarski prilog hrvatskoj znanosti i kulturi bez kojih nema napretka. Docent Beljan naglasio je vrijednost istraživanja iz raznih izvora i povezivanje istraženoga u cjelinu te da autor ne iznosi svoja stajališta već čitatelju ostavlja taj privilegij.

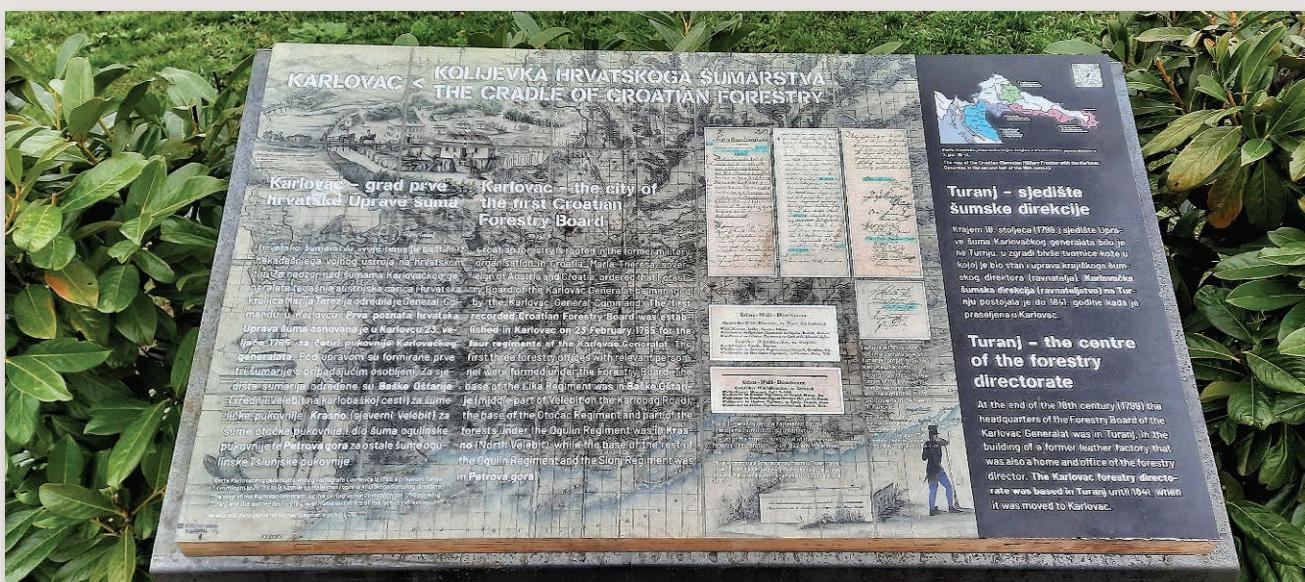
Autor knjige Oliver Vlainić opisao je što ga je motiviralo na pisanje knjige, od kuda ljubav prema povijesti, povod izdavanja knjige te ukratko objasnio dijelove knjige. Na ulazu Veleučilišta nalazi se i spomen-ploča posvećena osnutku Uprave šuma Karlovačkog generalata, što je i ishodište šumarske povijesti grada Karlovca. Knjiga je izdana u nakladi Ogranka, ali finansijski je potpomognuta i od UŠP Karlovac.

Otkrivanje šumarske-info ploče

23. veljače 2022., Turanj, Karlovac

Predsjednik Ogranka mr. sc. Ivan Grginčić u svom govoru između ostalog rekao je:

Šumari Karlovca od 2005. do 2022. godine obilježili su petoricu znamenitih šumara na svom području (Franjo Šporer, Ivo Franjković, Srećko Vanjković, Ilija Lončar i Stjepan Fr-



Slika 4. Šumarska info-ploča u Muzeju Domovinskog rata Karlovac-Turanj



Slika 5. Info-ploča ispred upravne zgrade UŠP Karlovac

kić), tri značajne šumarske institucije (Šumsko gospodarstvo Karlovac, Šumarija Petrova gora i Uprava šuma Karlovačkog generalata) i potaknuli imenovanje dvije šetnice po zaslužnim šumarima u arboretumu Šumarske i drvodjelske škole Karlovac (Šetnica Franje Šporera i Šetnica Jurja Lipovčaka). Postavljenjem šumarske info-ploče u Muzeju Domovinskog rata Karlovac-Turanj ostvaruje se ideja tematske šumarske staze grada Karlovca pod nazivom „Tragom povijesti karlovačkog šumarstva“. Budući je šumarstvo kao struka iznikla unutar vojnog ustroja, smatram da je i to dobra poveznica za postavljanje šumarske info-ploče u ovaj muzej vojne tematike. U dugogodišnjem razdoblju istraživanja šumarske povijesti do sada su izdane tri monografije o povijesti karlovačkog šumarstva, prva o Šumskom gospodarstvu / Upravi šuma Podružnici Karlovac, druga o Hrvatskom šumarskom društvu ogranku Karlovac i treća o šumarskoj povijesti grada Karlovca. Sve nabrojano urađeno je u cilju prezentiranja grada Karlovca kao kolijevke hrvatskoga šumarstva od 1765. godine i grada prve hrvatske Uprave šuma. Time se ujedno i proširuje sadržaj turističke ponude grada.

Ova je info-ploča trebala biti postavljena prije dvije godine kada se obilježavalо 255 godina hrvatskoga šumarstva i kada je postavljena spomen-ploča prvoj upravi šuma u zgradи Veleučilišta u Karlovcu. Razlozi kašnjenja kriju se dijelom zbog pojave i dugog trajanja pandemije izazvane

koronavirusom, a dijelom zbog teškoća koje su se javile u tijeku realizacije projekta. No, u svakom zlu i neko dobro, pa je duži proces iznjedrio i info-ploču postavljenu prošle jeseni ispred upravne zgrade UŠP Karlovac. Na toj ploči, uz sličan tekst kao i na ovoj info-ploči, prikazano je 20 lokacija šumarskih zgrada i šetnica u Karlovcu koje sačinjavaju tematsku stazu „Tragom povijesti karlovačkog šumarstva“. To omogućuje stanovnicima i posjetiteljima našeg grada upoznavanje s jednim dijelom gospodarske povijesti grada koja je dobrom dijelu javnosti malo poznata unatoč svome bogatstvu.

Napomenut ću da je središnjica Hrvatskoga šumarskog društva uspjela ostvariti kontakt s uredništvom TV kalendara na Hrvatskoj radio-televiziji, tako da je danas prvi put emitiran prilog o osnutku Uprave šuma u Karlovcu 23. veljače 1765. Također je na mrežnoj stranici karlovačke knjižnice taj događaj uvršten u zavičajni kalendar.

Želim se zahvaliti svim članovima Ogranka koji su svojim radom sudjelovali u projektu info-ploče. Za realizaciju projekta zahvaljujem se i gradonačelniku grada Karlovca Damiru Mandiću, čiji je ured kroz natječaj za financiranje projekata udruga iz Proračuna Grada Karlovca za 2021. godinu odobrio dio finansijskih sredstava. Zatim se zahvaljujem kolegama šumarima Davoru Popoviću i Davo-



Slika 6. Sudionici svečanog otvorenja šumarske info-ploče na Turnju

rinu Andrijaševiću koji su preko svojih tvrtki donirali preostali dio sredstava za završetak projekta. Bez suglasnosti ravnateljice Muzeja grada Karlovca Hrvanke Božić i konzervatorice Branke Križanić do početka realizacije projekta ne bi ni došlo te im se također zahvaljujem na njihovom odobrenju. Za samu realizaciju zaslužni su dizajn i koordiniranje čitavog procesa dizajnerice Nikoline Jelavić Mitrović iz Zagreba, digitalni tisak tvrtke Pozor iz Sesveta te bravarski radovi Strojobravarskog obrta Nikole Sertića iz Karlovca i tvrtke Izvor-KA iz Zlatar Bistrice. Nadam se da će jednog dana doći i do obnove nekadašnje kožare i sjedišta Karlovačke šumske direkcije, kako bi se u toj zgradi mogao prikazati i dio šumarske povijesti Turnja, Karlovca i Hrvatske.

Otkrivanje drvenih skulptura „1765“

23. veljače 2022., Vojnić

Voditelj UŠP Karlovac Marin Svetić opisao je nastanak ideje i realizaciju drvenih skulptura koje simboliziraju godinu početka hrvatskog šumarstva – 1765. godinu te se zahvalio svim sudionicima i nositeljima izrade:

Šumarije Vojnić sljednica je jedne od prvih triju šumarija osnovanih na području Hrvatske – Šumarije Petrove gora s nadležnošću nad šumama slunjske pukovnije i dijela šuma ogulinske pukovnije. Godine 1765. prilikom osnutka Šumarije Petrove gore dodijeljen joj je jedan šumar s jednim stranim i četiri domaća lugara.

...

Ideju za izradu i postavljanje drvenih skulptura dao je tajnik karlovačkog ogranka Hrvatskoga šumarskog društva Oliver

Vlainić. Uz suglasnost Hrvatskih šuma ideja je uvrštena u godišnji plan investicija UŠP Karlovac te se krenulo u njenu realizaciju. Brigu o građi preuzeo je upravitelj Šumarije Vojnić Ivica Barić. Dizajn i izradu odradila je stolarska radio-nica Šumarske i drvodjelske škole Karlovac na čelu s voditeljem radionice Kristijanom Pavkovićem i uz podršku ravnatelja škole Daniela Perisa. Betonsko postolje s metalnim nosačima i samo postavljanje drvenih skulptura obavili su djelatnici Šumarije Vojnić s upraviteljem Ivicom Barićem. Pripremu i tisak info-ploče odradio je AB studio dizajn Zdenka Barjakovića kojemu je u postavljanju pomogao s izradom drvenog postolja Željko Car. Svima njima srdačno se zahvalujem.

Mislim da sama povijest šumarstva i šumarije u Vojniću, njen značaj u lokalnoj sredini kao i smještaj upravne zgrade šumarije u samom središtu Vojnića zasluzuju primjerenu pozornost uređenju zgrade i okoliša. Vjerujem da ove drvene skulpture daju dodatnu vrijednost središtu Vojnića koje se već duže mijenja i uređuje na korist svojih stanovnika i posjetitelja.

Načelnik općine Vojnić Nikola Andrić u svom obraćanju naglasio je da su šumari znali gospodariti hrvatskim šumama prethodnih skoro 260 godina pa očekuje da će tako biti i idućih 260 godina. Svečanost su uveličali i učenici petog razreda OŠ Vojnić koji su pročitali nekoliko pjesama iz knjige Stablopis.

Drvene skulpture zajednički su otkrili načelnik Vojnića Nebojša Andrić, voditelj Uprave šuma Podružnice Karlovac Marin Svetić, predsjednik Hrvatskoga šumarskog društva Oliver Vlainić i predsjednik karlovačkog ogranka Hrvatskoga šumarskog društva Ivan Grginčić.



Slika 7. Info-ploča ispred zgrade Šumarije Vojnić



Slika 8. Drvne skulpture „1765“ ispred zgrade Šumarije Vojnić

Darivanje šumarskih povijesnih knjiga i dodjela medalje gradonačelnika HŠD-u ogranku Karlovac

21. lipnja 2022., Gradska knjižnica „Ivan Goran Kovačić“ Karlovac

Povodom Dana hrvatskog šumarstva, 20. lipnja, Hrvatsko šumarsko društvo ogrank Karlovac darovalo je Zavičajnoj zbirci Gradske knjižnice „Ivan Goran Kovačić“ Karlovac tri knjige iz vlastite naklade vezane za povijest karlovačkog šumarstva:

1. Jadranka Šalek-Grginčić; Oliver Vlainić: „Šumsko gospodarstvo Karlovac 1960. – Uprava šuma Podružnica Karlovac 2010.“, monografija povodom 50. obljetnice osnutka Šumskog gospodarstva Karlovac izdana 2012. godine
2. Oliver Vlainić: „Hrvatsko šumarsko društvo ogrank Karlovac 1953. – 2018.: 65 godina djelovanja za šume i šumarstvo“, monografija povodom 65. obljetnice osnutka HŠD-a ogranka Karlovac izdana 2018. godine

3. Oliver Vlainić: „ŠumarsKA povijest grada KArlovca“, izdana 2021.

Knjige je ravnateljici knjižnice Jasmini Milovčić predao predsjednik Ogranka Ivan Grginčić. Ravnateljica se zahva-



Slika 9. Predsjednik Ogranka Ivan Grginčić i ravnateljica karlovačke knjižnice Jasmina Milovčić



Slika 10. Predsjednik Ogranka Ivan Grginčić i gradonačelnik Karlovca Damir Mandić



Slika 11. Medalja gradonačelnika grada Karlovca

lila na darovanim stručnim i povijesnim knjigama koje će postati dio zavičajne zbirke koja čini srž knjižnice i povijesnog pamćenja grada Karlovca, ali i Karlovačke županije i šireg zavičaja. Napomenula je da će knjige pomoći i učenicima Šumarske i drvodjelske škole Karlovac u njihovoј edukaciji za šumarsko zvanje.

Prigoda darivanja knjiga iskorištena je i za dodjelu medalje gradonačelnika grada Karlovca HŠD-u ogranku Karlovac „za dugogodišnji rad na promicanju šumarske struke i šumarstva grada Karlovca i Karlovačke županije“. Gradonačelnik Karlovca Damir Mandić pohvalio je rad šumara sljedećim riječima: „Naš Karlovac izgleda ovako zahvaljujući šumarima i svemu što rade. Vjerujem kako je ovo prva stepenica u javnim priznanjima i da će ih u budućnosti biti još. Posljednjih se godina vidi kontinuiran i kvalitetan rad, što se reflektira i na gradski proračun (misleći na povećanje uplata šumskog doprinosa op. aut.)“. Predsjednik Ogranka Ivan Grginčić zahvalio se na dodijeljenoj medalji te istaknuo da je njemu pripala čast preuzeti priznanje u ime svih članova ogranka i generacija šumara koji su stručno djelovali na korist šume i šumarstva posljednja dva i pol stoljeća.

Čitavo zbivanje darivanja knjiga i dodjele medalje održano je u prostoru „Spomen sobe Stjepana i Slavka Mihalića“ u sklopu Zavičajnog odjela karlovačke gradske knjižnice.



Slika 12. Predsjednik Ogranka Ivan Grginčić, gradonačelnik Karlovca Damir Mandić, koordinator programa u knjižnici Robert Badovinac, knjižničarka Zavičajnog odjela Maja Žužak Horvatić, gradska pročelnica Karlovca Daniela Peris, tajnik Ogranka Oliver Vlainić, ravnateljica knjižnice Jasmina Milović, voditelj UŠP Karlovac i predsjednik Gradskog vijeća Karlovca Marin Svetić

Ambijent prošlosti bio je primjereno završetku jednog ciklusa otkrivanja povijesti karlovačkog šumarstva i odavanja počasti svim prethodnim generacijama karlovačkih šumara.

Fotografije: Oliver Vlainić, Lucija Vargović i Igor Čepurkovski

MAĐARSKI ŠUMARI DOBILI PRIZNANJA HRVATSKOG ŠUMARSKOG DRUŠTVA

Zvonimir Ištvan, dipl. ing. šum

Na svečanoj sjednici Hrvatskog šumarskog društva ogranak Koprivnica, koja je održana u utorak 5. srpnja 2022. godine u prostorima šumarije Koprivnica, susreli su se hrvatski i mađarski šumari. Na samom početku sjednice prisutne je pozdravio voditelj Uprave šuma Podružnice Koprivnica **Mirko Kovačev**, dipl. ing. šum. te upoznao goste s osnovnim podacima o šumarstvu Hrvatske, odnosno UŠP Koprivnica. Uslijedio je govor predsjednice HŠD ogranak Koprivnica **Marine Juratović**, dipl.ing.šum., koja je istaknula važnost suradnje hrvatskih i mađarskih kolega šumara u svjetlu klimatskih promjena te ublažavanja njihovog utjecaja na šume i šumska zemljišta. Hrvatsko šumarsko društvo i njegovu ulogu u šumarstvu Hrvatske predstavio je **predsjednik Oliver Vlainić**, dipl. ing. šum.

Nakon pozdravnih govora, uslijedilo je predstavljanje kolega mađarskih šumara kojima će biti uručena priznanja, a to su **Barkóczi István i Mihály László Laci**.

Kolega **Barkóczi István** iz Kapošvara u Republici Mađarskoj, inženjer je šumarstva i bivši direktor Uprave šuma Kapošvar (SEFAG Zrt.), koji je dao nesebičan doprinos održavanju dugogodišnje stručne i prijateljske suradnje između mađarskih i hrvatskih šumara u zadnjih dvadesetak godina. Suradnja se odvijala između Uprave šuma Kapošvar i Direkcije HŠ, Uprave šuma Podružnice Koprivnica te između Mađarskog šumarskog društva i HŠD ograna Koprivnica, a naposljetku je prerasla i u osobnu, prijateljsku suradnju.

Barkóczi István osobno se zalagao za prezentaciju i uvođenje hrvatskog načina prirodne obnove hrasta lužnjaka u mađarskim šumama, kao i primjenu odgovarajućih radova gospodarenja šumama na pomladnim površinama. Također je i dobra iskustva iz rasadničke proizvodnje prenosi svojim kolegama na terenu, a organizirao je i na desetke posjeta mađarskih kolega u obilazak sastojina hrasta lužnjaka tijekom prirodne obnove.

Isto tako, Barkóczi István je u suradnji s Direkcijom Hrvatskih šuma sudjelovao u analizama cijena drvnih sortimenta na nama bliskim tržištima, pa su i HŠ ostvarivale bolje cijene, a njegovom inicijativom Uprava šuma Kapošvar i Uprava šuma Našice zajedno su radili na EU projektima.

Organizirao je i zajedničke lovove za predstavnike HŠ u lovištima Uprave šuma Kapošvar, a uz sve to, kolega Barkóczi István organizirao je i nekoliko izložbi fotografija

hrvatskih kolega, poticao je mađarske šumare fotografije da sudjeluju na salonu fotografija „Šuma okom šumara“, pozivao hrvatske šumare na značajne obljetnice mađarskog šumarskog Društva, kao i na brojna stručna predavanja, lovačke izložbe i kongrese.

Kolega **Mihály László Laci**, šumarski tehničar iz Berzenca u Republici Mađarskoj, dao je nesebičan doprinos održavanju dugogodišnje stručne i prijateljske suradnje između mađarskih i hrvatskih šumara već više od 40 godina. Suradnja se odvijala između velikog broja Uprava šuma iz Mađarske te Direkcije Hrvatskih šuma, kao i gotovo svih Uprava šuma Podružnica te između Mađarskog šumarskog društva i HŠD Zagreb, a posebice HŠD ograna Koprivnica. Suradnja je uspostavljena i između šumoposjednika dviju država, a naposljetku je prerasla i u osobnu, prijateljsku suradnju sa stotinama kolega.

Uz to, kolega Mihály László Laci organizirao je i nekoliko izložbi fotografija hrvatskih kolega, poticao je mađarske šumare fotografije da sudjeluju na salonu fotografija „Šuma okom šumara“, bio je stručni prevoditelj na mnogobrojnim razmjenama i projektima te susretima stručnog karaktera. Mihály László Laci nezaobilazna je kontakt osoba za bilo koju vrstu suradnje između dviju susjednih država.

Na temelju naprijed navedenih obrazloženja, kolege **Barkóczi Istvánu i Mihály László Laciju** dodjeljuje se *Priznanje HŠD-a za osobni doprinos razvoju suradnje hrvatskog i mađarskog šumarskog*.

Priznanja mađarskim kolegama uručio je predsjednik HŠD-a **Oliver Vlainić**, dipl. ing. šum., a prigodne poklone predsjednica HŠD ograna Koprivnica **Marina Juratović**, dipl.ing.šum.

Prigodnim riječima zahvale prisutnima su se obratili **Barkóczi István i Mihály László**, a nakon toga je predsjednik Mađarskog šumarskog društva (Országos Erdészeti Egyesület) i direktor uprave šuma Ipoly Erdő Zrt. **Kiss László**, upoznao prisutne sa šumarstvom Mađarske i slijedim šumarskim društvom. Direktor uprave šuma SEFAG Zrt. **Fehér István**, predstavio je svoju upravu šuma te izrazil zadovoljstvo posjetom i nastavku suradnje šumarskih stručnjaka između susjednih država. **Füsi Balázs**, upravitelj šumarije Iharos koja gospodari šumama uz samu državnu granicu također je pozdravio prisutne i kazao kako mu je



Govor voditelja UŠP Koprivnica, Mirka Kovačeva



Marina Juratović, predsjednica koprivničkog ogranka šumarskog društva, pozdravlja goste

čast što može nastaviti suradnju između mađarskih i hrvatskih kolega.

Po završetku svećane sjednice na gradskom groblju u Koprivnici položeni su vijenci i zapaljene svijeće na grobu **Ivana Švarca**, dipl. ing. šum., koji je tragično preminuo 1998. godine, a koji je bio jedan od začetnika suradnje šumara između hrvatskih i mađarskih šumara. Njemu u spomen na samoj granici dviju država s mađarske strane, u blizini lovačkog doma Čambina 1999. godine podignut je



Pozdravni govor predsjednika Hrvatskog šumarskog društva Olivera Vlainića



Dobitnik priznanja Barkócz István u društvu Marine Juratović i Olivera Vlainića

spomenik koji simbolizira šumarsko prijateljstvo dviju susjednih država. Ovom prigodom su kod spomenika također postavljeni vijenci te zapaljene svijeće, što su učinili kolege mađarski šumari. Iako je duž cijelog područja podignuta bodljikava žica još 2015. Godine, to nije omelo kolege iz susjednih šumarija Repaš i Iharos da svake godine polože vijence i zapale svijeće.

Koprivnički šumari su svoje goste počastili posjetom Starom gradu u Đurđevcu, gdje su pogledali izložbu „Orient i okcident“ Hundertwassera i Hasegawe, zatim izložbu nainog slikara Željka Seleša „Zeleno i plavo“ povodom 50. obljetnice njegovog slikarskog stvaralaštva i naposljetku Interpretacijski centar Picokijade.



Oliver Vlainić i Marina Juratović s dobitnikom priznanja Mihály László Lacijem



Predsjednik Mađarskog šumarskog društva Kiss László govori o šumarstvu Mađarske+



Direktor SEFAG Zrt. Fehér István predstavlja svoju upravu šuma



Zajednička snimka sudionika svečane sjednice ispred zgrade šumarije Koprivnica



Ugodno druženje uz prijateljske razgovore nastavljeno je za ručkom koji je priređen u lovačkom domu Čambina Šumarije Repaš.

Položeni vijenci i zapaljene svijeće na grobu Ivana Švarca



Kod spomenika Ivanu Švarcu na samoj državnoj granici



Ispred Starog grada u Đurđevcu

ZAPISNIK

1. SJEDNICE UPRAVNOG ODBORA HŠD-A 2022. GODINE

održane u lovačkoj kući „Spačva“ i na području UŠP Vinkovci

13. i 14. svibnja 2022. godine s početkom u 11,00 sati

Nazočni: Akademik Igor Anić, Emil Balint, mr. sc. Boris Belamarić, Mario Bošnjak, dipl. ing., Goran Bukovac, dipl. ing., Daniela Cetinjanin, dipl. ing., mr. spec. Mandica Dasović, mr. sc. Damir Dramalija, Ivica Đurčević, dipl. ing. (umjesto Damira Nuića, dipl. ing.), Tihomir Kolar, dip. ing. (umjesto Marine Juratović, dipl. ing.), Ivan Krajačić, dipl. ing., Čedomir Križmanić, dipl. ing., Dorica Matešić, dipl. ing. (umjesto mr. sc. Ivana Grginčića), Darko Mikičić, dipl. ing., Martina Pavičić, dipl. ing., Krasnodar Sabljić, dipl. ing., Zoran Šarac, dipl. ing., Davor Topolnjak, dipl. ing., Oliver Vlainić, dipl. ing., Silvija Zec, dipl. ing., Dražen Zvirotić, dipl. ing., Stjepan Blažičević, dipl. ing., Marina Mamić, dipl. ing. i mr. sc. Damir Delač

Ispričani: prof. dr. sc. Ružica Lučić Beljo, mr. sc. Josip Dundović prof. dr. sc. Milan Glavaš, Goran Gobac, dipl. ing., mr. sc. Ivan Grginčić, Marina Juratović, dipl. ing., mr. sc. Petar Jurjević, prof. dr. sc. Josip Margaletić, Damir Miškulin, dipl. ing., Damir Nuić, dipl. ing., dr. sc. Sanja Perić, Ante Taraš, dipl. ing., prof. dr. sc. Ivica Tikvić, mr. sc. Goran Videc, doc. dr. sc. Dinko Vusić, Herman Sušnik, dipl. ing., dr. sc. Vlado Topić i Biserka Marković, dipl. oec.

U skladu s Programom u 11,00 h članovi su se okupili u Lovačkoj kući „Spačva“, gdje je uz mali domjenak nazočne pozdravio voditelj UŠP Vinkovci Krasnodar Sabljić, dipl. ing.

Kako je na sjednici nazočio 21 član (64%) Upravnog i 2 člana Nadzornog odbora (50%) predsjednik Oliver Vlainić utvrdio je kvorum. Zahvalio je domaćinima na prijemu i svima na odazivu te izrazio zadovoljstvo što se sjednica opet, nakon pandemije korona virusa, održava „uživo“.

Predložio je sljedeći Program i Dnevni red sjednice:

Program:

13.5.2022. – petak:

- 11:00 – dolazak u Lovačku kuću Spačva, pozdrav voditelja UŠP Vinkovci, doručak
- 12:00 – sjednica Upravnog odbora HŠD-a

Dnevni red:

1. Ovjerovljenje zapisnika: 2. sjednice Upravnog odbora HŠD-a 2021. godine i 125. Redovite sjednice Skupštine (objavljeni u Šumarskom listu 5-6/2022) te 1. Elektroničke sjednice Upravnog odbora 2022. i 1. Elektroničke sjednice Skupštine 2022. godine (objavljeni u Šumarskom listu 3-4/2022)

2. Obavijesti

3. Aktualna problematika

4. Šumarski list i ostale publikacije

5. Rasprava po izvješćima i zaključci

6. Pitanja i prijedlozi

- 14:00 – ručak
- 15:30 – polazak za Stare Drenovce – 3 terenska punkta (sve na vrlo maloj udaljenosti i sve s ceste, ne treba

terenska obuća): sastojina u fazi pripremnog sijeka; hrastov mladik; mlada sastojina; pojašnjenje načina gospodarenja hrastom lužnjakom na ovim primjerima

- 16:30 – Poučna staza Stari hrastovi
- 17:00 – polazak prema Šumarskom muzeju Bošnjaci
- 17:30 – Šumarski muzej Bošnjaci
- 18:15 – polazak za Vinkovce
- 18:45 – Lovačka kuća Kunjevci smještaj
- 20:00 – svečana večera

14.5.2022. - subota:

- 8:00 – doručak
 - 9:00 – polazak prema Vinkovcima
 - 9:15 – kratki razgled središta grada
 - 9:45 – polazak prema Vukovaru
 - 10:30 – dolazak u Vukovar, razgled središta, križ uz Dunav, Vukovarski vodotoranj, Memorijalno groblje hrvatskih branitelja,
 - 12:00 – Muzej vučedolske kulture, organizirani obilazak
 - 13:00 – odlazak čamcima do poučne staze uz Dunav
 - 14:00 – ručak uz Dunav i povratak kućama.
- koji je jednoglasno usvojen.

Ad. 1. Zapisnici 2. sjednice Upravnog odbora HŠD-a 2021. godine i 125. Redovite sjednice Skupštine (poslani u Pozivu

za ovu sjednicu, a bit će objavljeni u ŠL 5-6/2022), te 1. Elektroničke sjednice Upravnog odbora 2022. i 1. Elektroničke sjednice Skupštine 2022. godine (objavljeni u ŠL 3-4/2022), jednoglasno su usvojeni.

Ad. 2. Obavijesti:

Događaji od 2. online sjednice UO HŠD 14.12.2021. do 12.5.2022.

1. 14.12.2021. – 2. online sjednica UO HŠD
2. 14.12.2021. – posjet Udruženja inženjera i tehničara šumarstva Federacije Bosne i Hercegovine – tajnik i 2 profesora sa Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Sarajevu
3. 15.-17.12.2021. – 125. sjednica Skupštine HŠD-a – održana online
4. 26.12.2021., HTV 1 – TV kalendar – prilog o osnivanju HŠD-a
5. 12.2021. – povodom 30 godina postojanja trgovackog društva Hrvatske šume d.o.o. izašla monografija „Hrvatske šume – 30 godina u službi održivog razvoja“
6. 14.1.2022. – Sekcija za urbano šumarstvo HŠD-a podnijela zahtjev za učlanjenje u Europsku asocijaciju za arborikulturu (EAC)
7. 18.2.2022. – emisija „Hrvatske šume – hrvatsko zlato“, gost emisije akademik Igor Anić, samo jedna od brojnih emisija i priloga koji su nastali i prikazani unatrag godinu dana, a i starije, prilozi dostupni u Digitalnoj biblioteci HŠD-a pod oznakama:
TV <https://www.sumari.hr/biblio/knjige.asp?tag=TV>
VIDEO <https://www.sumari.hr/biblio/knjige.asp?tag=VIDEO>
MEDIA <https://www.sumari.hr/biblio/knjige.asp?tag=MEDIA>
Ako postoje neobjavljeni snimljeni prilozi o šumarstvu na CD-u, DVD-u ili kazeti dostaviti Branku Meštriću.
8. 21.-22.2.2022. – 1. e-sjednica UO HŠD-a 2022. godine
9. 23.-25.2.2022. – 1. e-sjednica Skupštine HŠD-a 2022. godine
10. 23.2.2022. Karlovac-Vojnić – Hrvatsko šumarsko društvo Ogranak Karlovac i Hrvatske šume d.o.o. UŠP Karlovac obilježili rođendan hrvatskog šumarstva, u Muzeju Domovinskog rata Karlovac-Turanj otkrivena info-ploča o Karlovcu kolijevci hrvatskog šumarstva, a u Vojniću drvene skulpture u obliku znamenki 1765 s info-pločom o osnutku Šumarije Petrova gora, jedne od prve 3 hrvatske šumarije
11. 23.2.2022. HTV 1 – TV kalendar – prilog o rođendanu hrvatskog šumarstva
12. 24.2.2022. – povodom Dana inženjera RH Hrvatskoga inženjerskog saveza organizirao stručni skup „Doprinos STEM-a u realizaciji ciljeva Nacionalnog plana oporavka i otpornosti“ – održan hibridnim načinom, dio sudionika u zgradi HIS-a, ostali online

13. 1.3.2022. Zagreb, Šumarski dom – okrugli stol Sekcije za urbano šumarstvo “In memoriam Viktor Lochert” pod nazivom „Europski standard za orezivanje stabala“, održan hibridnim načinom, dio sudionika u zgradi Šumarskog doma, ostali online, prezentirana hrvatska verzija standarda, predstavnica Europske asocijacije za arborikulturu (EAC) sa sjedištem u Njemačkoj potvrdila sučasnost članica za učlanjenje sekcije HŠD-a u asocijaciju
14. 2.3.2022. Zagreb, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu – Dan inženjera RH u organizaciji Hrvatskoga inženjerskog saveza i Akademije tehničkih znanosti Hrvatske (HATZ), pod sloganom panela „Nacionalni plan oporavka i otpornosti i cjelivotno obrazovanje“, koji je bio posvećen dugoročnom osmišljavanju podizanja konkurentnosti inženjerske struke na domaćem i svjetskom tržištu. Skupu se obratio i novoizabrani rektor Sveučilišta u Zagrebu, prof. dr. sc. Stjepan Lakušić, inače dekan Gradevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Sa skupa je upućena potpora Republici Ukrajini, žrtvi ruske agresije.
15. 18.3.2022. Gospic – povodom 70 godina osnutka Ogranka Gospic održana promocija drugoga dopunjeno izdanja knjige autorica Mandice Dasović i Renate Rudelić „Neke znamenitosti u ličkim šumama“ s podnaslovom „70 znamenitosti povodom 70 godina Hrvatskog šumarskog društva Ogranka Gospic“ (osvrt u Šumarskom listu 3-4/2022)
16. 19.3.2022. Zagreb, povodom Međunarodnog dana šuma, u organizaciji Hrvatskog šumarskog društva Ogranka Zagreb, Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, Sekcije za urbano šumarstvo HŠD i Hrvatskih šuma d.o.o. UŠP Zagreb provedena akcija sadnje sadnica autohtonih šumskih vrsta na južnom dijelu kompleksa urbane šume „Grad mladih“ u Zagrebu. Posadeno je 500 šumskih sadnica hrasta kitnjaka i 20 sadnica šumskih voćkarica (jarebika i brekinja) na površini od 1000 m². Održana i stručna rasprava o problematici održavanja urbanih šuma u Hrvatskoj i razmjenu iskustava između predstavnika znanosti i stručne operative.
17. 21.3.2022. Zagreb, Medvednica – povodom Međunarodnog dana šuma u organizaciji Hrvatskog saveza udruge privatnih šumovlasnika, Hrvatskoga drvnog klastera i časopisa Drvo&Namještaj održan okrugli stol „Održivost gospodarenja šumama i bioraznolikost u RH“
18. 26.3.2022. Zagreb, Medvednica – akcija čišćenja otpada u PP Medvednica, povodom Međunarodnog dana šuma (21.3.) i Svjetskog dana voda (22.3.) Javna ustanova Park prirode Medvednica organizirala je tradicionalnu proljetnu veliku akciju čišćenja otpada u Parku prirode Medvednica. Preko 250 volontera uklonilo je oko 30 tona raznog gradevinskog i drugog otpada.

19. 5.4.2022. Koprivnica – povodom 65 godina osnutka Ogranka Koprivnica održana promocija knjige Zvonimira Ištvania „Hrvatsko šumarsko društvo – Ogranak Koprivnica, 1956. - 2021.“
20. 21.4.2022. Zagreb, HAZU – povodom proteka godine dana od smrti akademika Slavka Matića Razred za prirodne znanosti HAZU organizirao je komemorativni sastanak. Sastanak je vodio tajnik Razreda akademik Ferdo Bašić. U nazočnosti obitelji akademika Matića, predsjednika HAZU akademika Velimira Neidhardta, ostalih akademika te predstavnika važnijih šumarskih institucija održane su tri prezentacije. Akademik Igor Anić govorio je o životu, prof. dr. sc. Milan Oršanić o znanstvenom doprinosu, a Oliver Vlainić, dipl. ing. šum. o stručnom i društvenom doprinosu akademika Slavka Matića.
21. 29.4.2022. Zagreb, FŠDT – održani izbori za dekana Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, između 2 kandidata izabran prof. dr. sc. Josip Margaletić, glavni urednik Šumarskog lista i član upravnog odbora HŠD-a, dvogodišnji mandat počinje 1.10.2022.
22. 2.-6.5.2022. Republika Koreja, Seul – 15. Svjetski šumarski kongres, „Izgradnja zelene, zdrave i otporne budućnosti sa šumama“, 6 pod tema s više sesija, zaključci: ministarski poziv o održivom drvu, poziv mlađih na akciju i Seulska deklaracija o šumama.
23. 5.5.2022. – Sekcija za urbano šumarstvo održalo 5. ovogodišnju sjednicu, pripreme za 4. hrvatski stručni skup o urbanom šumarstvu „Urbane šume – zelena pluća grada“, koji će se održati u Zadru 27.-28.10.2022. (eventualno 29.10. izlet u okolici)
24. Akademik Igor Anić izvjestio je o obilježivanju 100. godišnjice Zavoda za ekologiju i uzgajanje šume na FŠDT. Zbog epidemije korone nije održan znanstveni skup, no pripremljena je prigodna monografija koja će biti dostavljena svim članovima Upravnog odbora HŠD-a.
25. Martina Pavičić najavila je otvaranje ovogodišnjeg Salona fotografija „Šuma okom šumara“ 17. lipnja 2022. godine u sklopu bjelovarske Terezijane, uoči Dana hrvatskog šumarstva. Ove godine 1. nagradu za pojedinačnu dobio je predsjednik HŠD-a Oliver Vlainić, dok je posebna nagrada Goran Cajzek dodijeljena našoj dopredsjednici Mandici Dasović.

Ad. 3. Aktualna problematika

1. Aktualnu problematiku vezanu za obnovu Šumarskog doma od potresa u 2020. godini, kao i o stanju s najmoprimcima, iznio je tajnik Damir Delač. Detaljni prilaz svih događanja vezanih za obnovu Šumarskoga doma bit će prikazan u Šumarskom listu 9-10/2022.

2. Kako je već prošao cijeli niz godina otkako su formirane cijene najma dvorana Šumarskog doma, a potpisivanjem Ugovora o najmu s gradom Zagrebom u korist Stomatološke poliklinike, podrumska dvorana je u najmu te više nije u našoj ingerenciji izdavanja, predložene su nove cijene najma dvorana i to:

Velika dvorana 1500,00 kn (bez PDV-a)
Mala dvorana 500,00 kn (bez PDV-a)
Prijedlog je jednoglasno usvojen.

3. Otvorena su e-savjetovanja o sljedećim prijedlozima pravilnika:

Pravilnik o ciljevima očuvanja i mjerama očuvanja ciljnih vrsta i stanišnih tipova u područjima ekološke mreže – 27.4.-27.5.2022. (1 komentar do 12.5.)

Nacrt natječaja za provedbu Podmjere 4.3. „Potpora za ulaganja u infrastrukturu vezano uz razvoj, modernizaciju i prilagodbu poljoprivrede i šumarstva“ - provedba tipa operacije 4.3.3 „Ulaganje u šumsku infrastrukturu“ (60 milijuna kn) – 29.4.-16.5. (0 komentara do 12.5.)

Nacionalni plan razvoja prerade drva i proizvodnje namještaja Republike Hrvatske za razdoblje od 2022. do 2030. godine i Akcijski plana provedbe za razdoblje od 2022. do 2024. godine. - 10.5.-9.6.2022.

Ad. 4. Šumarski list i ostale publikacije

U odsutnosti Glavnog urednika Josipa Margaletića, njegovo izvješće podnio je tajnik Damir Delač.

1. Objavljeni su brojevi 1-2 i 3-4.
2. Broj 5-6 je u tehničkoj pripremi za objavu.
3. Znanstveno-stručnim radovima su popunjeni brojevi 7-8 i 9-10.
4. U tijeku je popunjavanje broja 11-12.
5. U postupku recenzije trenutno je 10 radova.
6. Od 1. siječnja 2022. godine do 11. svibnja 2022. godine na adresu Uredništva je pristiglo 37 radova .
7. Od 37 radova u recenzijski postupak su poslana 22 rada, od kojih je 14 dobilo pozitivne recenzije .
8. Glavni urednik je odbio poslati u recenzijski postupak 15 radova zbog neprihvatljive tematike te nekvalitetne tehničke pripreme rada (rad nije napisan prema Uputama za autore ili nedostaje prijevod dijela rada na hrvatski jezik).

Ad. 5. Rasprava po izvješćima i zaključci

Sva izvješća jednoglasno su usvojena.

Ad. 6. Pitanja i prijedlozi

Kako se uskoro završava Znanstvena monografija „Poljski jasen u Hrvatskoj“, Oliver Vlainić iznio je prijedlog da se promocija monografije održi na Dan hr-

vatskoga šumarstva 20. lipnja 2022. godine u Šumarskom domu, što je i usvojeno.

Predsjednica HKIŠDT Silvija Zec najavila je 3. konferenciju ovlaštenih inženjera 13.-16. listopada 2022. godine u hotelskom naselju Solaris u Šibeniku te pozvala na sudjelovanje.

Ujedno je izvjestila o 1. sjednici Povjerenstva za izmjene Zakona o šumama održane 6. svibnja 2022. godine.

Martina Pavičić zatražila je pomoć u sufinanciranju kataloga s fotografijama bjelovarskog salona „Šuma okom šumara“.

Dogovoren je da će središnjica sudjelovati u financiranju kataloga u iznosu od 5.000,00 kn.

Izvješće s terenskog dijela programa 1. sjednice zasebno ćemo objaviti u narednom broju ŠL.

Zapisnik sastavio

tajnik HŠD-a

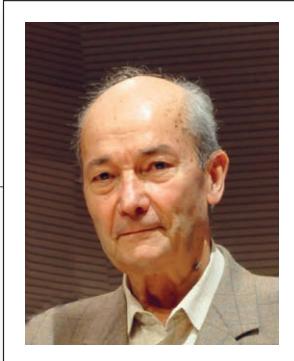
Mr. sc. Damir Delać

Predsjednik HŠD-a

Oliver Vlainić, dipl. ing. šum

Mr. sc. Josip Dundović (1941.-2022.)

Mr. sp. Krešimir Žagar



Poštovana ožalošćena obitelji, dragi prijatelji,

Tuga i nevjerica tog tmurnog kolovoškog subotnjeg popodneva... umro je Josip Dundović. Tužna vijest brzo se proširila i duboko pogodila našičku i šumarsku javnost. Umro je čovjek čije ime su Našičani i šumari diljem Europe uvijek izgovarali i izgovarat će s dubokim poštovanjem.

Josip Dundović rodio se 15. travnja 1941. godine u Delnicama od oca Mije i majke Vice. Životne okolnosti dovode njegovu obitelj u našički kraj, gdje je završio osnovnu školu i Gimnaziju. Iako je rano napustio svoj rodni Gorski kotar bogat šumama, one su ostale upisane u njegovu životnu putanju i habitus budućeg vrhunskog stručnjaka na području šumarstva. 1964. godine diplomirao je na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, a 1996. i magistrirao iz znanstvenog područja ekonomike i organizacije rada u šumarstvu.

Po završetku studija zaposlio se u Šumskom gospodarstvu Krndija Našice, postao pomoćnik upravitelja Šumarije Našice, te upravitelj Šumarije Koška. U međuvremenu je stekao i obitelj, suprugu Veru, sinove Krešimira i Hrvoja, a na poslu veliko povjerenje svojih suradnika i ugled jednog od najobrazovanijih i najkompetentnijih osoba, kojemu se moglo povjeriti nasloženje stručne zadatke.

1971. godine preuzeo je upravljanje radnom jedinicom Cestogradnja Našice, koju je iznimno uspješno vodio punih osamnaest godina, nakon čega je imenovan za upravitelja Šumarije Našice, na kojoj dužnosti ostaje do kraja 1990. godine.

1. siječnja 1991. godine osnovano je Javno poduzeće „Hrvatske šume“ kao jedinstveno poduzeće za gospodarenje šumama na području čitave Republike Hrvatske. Josip Dundović postaje upravitelj novoosnovane Uprave šuma Našice, a od 1. rujna 1991. Vlada Republike Hrvatske imenuje ga direktorom Javnog poduzeća „Hrvatske šume“, odajući mu time priznanje za dotadašnje djelovanje i rad u šumarskoj struci. Na tom iznimno odgovornom i zahtjevnom mjestu imao je mogućnost pokazati svoje ogro-

mno znanje i stečeno iskustvo. U Direkciju Hrvatskih šuma okupio je tada vodeće šumarske stručnjake i s lakoćom donosio odluke i rješavao izazove na koje je nailazio, suočen s gospodarenjem i brigom o šumama i poduzeću u najtežim ratnim i poratnim uvjetima. Kao direktor Hrvatskih šuma zauvijek će ostati zapamćen kao šumarski erudit i vizionar, s istančanim očinskim osjećajem za svakog dje-latnika i prepoznavanjem potrebe za tehnološkim napretkom u svakom segmentu posla. Direktor Hrvatskih šuma ostaje sve do 1996. godine nakon čega obavlja dužnost pomoćnika direktora za plan, razvoj, proizvodnju i komercijalu, te savjetnika Predsjednika Uprave, a 30. lipnja 2006. godine odlazi u zasluženu mirovinu. Ali time ne prestaje svojim djelovanjem, čak naprotiv.

I tijekom rada i u mirovini kolega Josip Dundović bio je iznimno društveno aktivan. Urednik je i autor niza knjiga, monografija i stručnih članaka, te suradnik značajnih šumarskih izdanja. Od 1970. godine bio je član našičkog ogranka Matice hrvatske, član Predsjedništva, Nadzornog odbora, a neko vrijeme i potpredsjednik Hrvatskog šumarskog društva, član Nadzornog odbora Hrvatskog inženjerskog društva, član Hrvatskog ekološkog društva, dopredsjednik sekcije HŠD-a Pro Silva Hrvatska, predsjednik Komisije za znanstveno-istraživački rad u HŠ d.o.o., voditelj Grupacije za biomasu i biopljin od 2005. – 2009., i od 2009. voditelj Grupacije za biomasu Zajednice obnovljivih izvora energije HGK-a te predsjednik Hrvatske udruge za biomasu.

Sudjelovao je na brojnim domaćim i međunarodnim skupovima, okruglim stolovima i simpozijima u Austriji, Njemačkoj, Češkoj, Poljskoj, Slovačkoj, Rumunjskoj i Irskoj ostvarujući bogata poznanstva i veze s eminentnim šumarskim stručnjacima Europe. Ta poznanstva nerijetko su prerastala u čvrsta i iskrena prijateljstva.

I naš grad postavio je na posebno mjesto u Europi...čak dvanaest puta u sklopu festivala Dani slavonske šume organizirao je stručno-znanstveni skup Dani hrvatske biomase kao dio Europskih dana biomase, pri čemu su najpri-

znatiji stručnjaci i znanstvenici iznosili svoja iskustva po pitanju korištenja biomase i bioobnovljivih izvora energije.

Za svoj rad primio je čitav niz nagrada, priznanja i odlikovanja, među kojima ističem RED HRVATSKOG TROLISTA koji mu je 1995. uručio predsjednik Republike Hrvatske dr. Franjo Tuđman, visoko bavarsko odličje BAVARSKI LAV od bavarskog ministra poljoprivrede i šumarstva Josefa Müllera te POVELJU za osobit doprinos razvoju i promicanju šumarske struke u RH. Godine 2014. primio je Nagradu Grada Našica za životno djelo. Tako smo se barem simbolično odužili čovjeku koji je kao gospodarstvenik i čovjek toploga srca neumorno živio za ovaj grad i njegove ljude.

U ime predsjednika te članova Uprave Hrvatskih šuma, u ime svih kolegica i kolega šumara, a posebno u ime nas koji smo imali sreću biti mu bliski suradnici i sugrađani i koji osjećamo istu tugu i bol, izražavam duboku sućut supruzi Veri, sinovima Krešimiru i Hrvoju, unucima Marku, Petru i Mariji, te svim članovima obitelji i prijateljima.

Poštovani Josipe, dragi naš Joško, bili ste osoba čvrstoga, vedrog duha, domoljub i rodobljub, čovjek vjere, neka sve ovo što je nabrojano bude utjeha Vašoj obitelji, a nama koji smo Vas poznavali zalog da u budućnosti slijedimo Vaš primjer, u zajedničkoj nadi za susret u vječnosti!

Počivali u miru i neka Vam je laka hrvatska gruda!

BOŽIDAR VUKELIĆ, dipl. ing. šum. (1934.-2021.)

Dr. sc. Vice Ivančević

Prošle godine napustio nas je kolega Božidar, pripadnik dobrano prorijeđene skupine šumara poodmakle dobi šireg riječkog područja. Njegovim odlaskom u 87. godini života ostali smo siromašniji za jednu ličnost zavidnih ljudskih i stručnih vrijednosti.

Božidar Vukelić, rođen je u Ličkom Lešcu 01.01.1934. godine u višečlanoj obitelji Krasnara, oca Marka, lugara i majke domaćice Nade, rođene Anić. Obitelj zbog prirode posla oca često mijenja boravište pa stoga Božidar nije rođen u Krasnu. U osiguranju školovanja svoje djece obitelj kupuje kuću u Otočcu 1939. godine i trajno napušta Krasno. U novoj sredini Božidar započinje školovanje na četverogodišnjoj Pučkoj školi (1940.-1944. god.), a potom pohađa prvi razred niže gimnazije 1945. god., te sedmo-ljetke do zaključno male mature 1951. god. U nastavku školovanja iskazuje interes za strojarstvo, pa u Osijeku završava srednju strojarsku školu 1955. god. U takvim okolnostima studij strojarstva se nametnuo kao najizgledniji izbor. Međutim, približavanjem upisnih rokova umjesto očekivanog studija strojarstva kolega Božidar se odlučuje za šumsko-industrijski smjer (grupu)na Poljoprivredno-šumarskom fakultetu u Zagrebu 1955. god. To je ustvari bila kombinacija imedu želje njegove obitelji i profesora dr. Milana Anića da upiše studij na biološkom smjeru spomenutog Fakulteta, ali i njegovog afiniteta prema strojarstvu, kao važnog dijela šumsko-industrijskog smjera. Za studentskih praznika nastupa u NK "Sloga" Otočac kao vođa



navale. Njegov mlađi brat Marko diplomirao je na biološkom smjeru Šumarskog fakulteta, a cijeli radni vijek proveo je u šumarstvu ličkoga područja. Uz to, ostavio nam je bogatu ostavštinu radova o povijesti ličkoga šumarstva.

Početkom 1960. god. diplomirao je i odslužio vojni rok, a zatim se u DI Otočac nakratko zaposlio na mjesto pripravnika, pa šefa komercijale (1961.-1963. god.). Privremeno prelazi na rad u šumarstvo u stručnim službama Šumskog gospodarstva Gospic na mjesto šefa Odjela za iskorištavanje šuma (1963.-1967. god.), ali opet se vraća drvnoj industriji gdje postaje direktor DI Perušić (1967.-1969. god.). Zajedno s roditeljima otpočinje gradnju obiteljske kuće u Kostreni, pa stoga kolega Božidar traži posao na širem riječkom području. Uskoro se ukazala mogućnost u riječkoj filijali Exportdrv, najprije za šefa poslovnice piljene građe i šumskih proizvoda (1969.-1992. god.) te kasnije direktora Filijale do umirovljenja (1992.-1998. god.).

Od ostalih poslova izvan radnog vremena izdvajamo njegovo zanimanje za lovstvo i članstvo u lovačkom društvu „Jelen“, Čavli – Grobnik i lovačkoj udruzi „Gacka“ Otočac,

za koje je godinama kao volonter vodio i uređivao godišnje lovnogospodarske planove. Bio je višegodišnji član senjskog šumarskog društva te pretplatnik časopisa „Šumarski list“ i „Lovački vjesnik“. Iako sticajem objektivnih okolnosti nije rođen u Krasnu, već je od djetinjstva bio emocionalno vezan za rodno mjesto svojih roditelja. Stoga je prije više od tri desetljeća zajedno sa suprugom Anicom započeo gradnju kuće u Krasnu. Odlaskom u mirovinu supružnici sve duže vrijeme borave u Krasnu, a manje u Kostreni. Za boravka u Krasnu kolega Božidar prati i posjećuje sva događanja, koja zasigurno doprinose poboljšanju životnih prilika mještana, ali i gostiju. Često posjećuje Velebit diveći se iznova njegovim neponovljivim i originalnim iskonskim ljepotama. Svoju istinsku pripadnost Krasnu potvrđio je kupnjom grobnog mjesta na mjesnom groblju, unatoč posjedovanja obiteljske grobnice u Kostreni.

I tako u smirenom životnom tempu prolaze godine uz postupno pogoršanje zdravlja, sve do njegovog kraja u srpnju prošle godine i posljednjeg isprćaja u Krasnu u nazočnosti velikog broja mještana, kolega prijatelja i znanaca. Oprاشtamo se od našeg Božidara uz lirske stihove Ivice Vukelića, samozatajnog krasnarskog pučkog pjesnika o Krasnu i Velebitu, i to:

Selo moje u duši te nosim
Velebit je trajno zarobio mene
divno Krasno s tobom se ponosim
Planine su lijepe i šume zelene
Šuma draga svugdje oko sela
dolina moja prelijepa i slatka

Počivaj dragi Božidare na tebi najdražoj krasnarskoj grudi u mirnom okruženju prekrasnih velebitskih šuma.

UPUTE AUTORIMA

Šumarski list objavljuje znanstvene i stručne članke iz područja šumarstva, odnosno svih znanstvenih grana pripadajućih šumarstvu, zatim zaštite prirode i lovstva. Svaki znanstveni i stručni članak trebao bi težiti provedbi autorove zamisli u stručnu praksu, budući da je šumarska znanost primjenjiva. U rubrikama časopisa donose se napis o zaštiti prirode povezane uz šume, o obljetcima, znanstvenim i stručnim skupovima, knjigama i časopisima, o zbivanjima u Hrvatskom šumarskom društvu, tijeku i zaključcima sjednica Upravnoga odbora te godišnje i izvanredne skupštine, obavijesti o ograncima Društva i dr.

Svi napisi koji se dostavljaju Uredništvu, zbog objavljivanja moraju biti napisani na hrvatskom jeziku, a znanstveni i stručni radovi na hrvatskom ili engleskom jeziku, s naslovom i podnaslovima prevedenim na engleski, odnosno hrvatski jezik.

Dokument treba pripremiti u formatu A4, sa svim marginama 2,5 cm i razmakom redova 1,5. Font treba biti Times New Roman veličine 12 (bilješke – fusnote 10), sam tekst normalno, naslovi bold i velikim slovima, podnaslovi bold i malim slovima, autori bold i malim slovima bez titula, a u fusnoti s titulama, adresom i električnom adresom (E-mail). Stranice treba obrojati.

Opseg teksta članka može imati najviše 15 stranica zajedno s prilozima, odnosno tablicama, grafikonima, slikama (crteži i fotografije) i kartama. Više od 15 stranica može se prihvati uz odobrenje urednika i recenzentata. Crteže, fotografije i karte treba priložiti u visokoj rezoluciji.

Priloge opisati dvojezično (naslove priloga, glave tablica, mjerne jedinice, nazive osi grafikona, slika, karata, fotografija, legende i dr.) u fontu Times New Roman 10 (po potrebi 8). Drugi jezik je u kurzivu. U tekstu označiti mesta gdje se priložio moraju postaviti.

Rukopisi znanstvenih i stručnih radova, koji se prema prethodnim uputama dostavljaju uredništvu Šumarskoga lista, moraju sadržavati sažetak na engleskom jeziku (na hrvatskome za članke pisane na engleskom jeziku), iz kojega se može dobro indeksirati i abstraktirati rad. Taj sažetak mora sadržavati sve za članak značajno: dio uvoda, opis objekta istraživanja, metodu rada, rezultate istraživanja, bitno iz rasprave i zaključke. Sadržaj sažetka (Summary) mora upućivati na dvojezične priloge – tablice, grafikone, slike (crteže i fotografije) iz teksta članka.

Pravila za citiranje literaturе:

Članak iz časopisa: Prezime, I., I. Prezime, 2005: Naslov članka, Kratko ime časopisa, Vol. (Broj): str.–str., Grad

Članak iz zbornika skupa: Prezime, I., I. Prezime, I. Prezime, 2005: Naslov članka, U: I. Prezime (ur.), Naziv skupa, Izdavač, str.–str., Grad

Članak iz knjige: Prezime, I., 2005: Naslov članka ili poglavlja, Naslov knjige, Izdavač, str.–str., Grad

Knjiga: Prezime, I., 2005: Naslov knjige, Izdavač, xxxx str., Grad

Disertacije i magistarski radovi: Prezime, I., 2003: Naslov, Disertacija (Magisterij), Šumarski fakultet Zagreb. (I. = prvo slovo imena; str. = stranica)

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

Forestry Journal publishes scientific and specialist articles from the fields of forestry, forestry-related scientific branches, nature protection and wildlife management. Every scientific and specialist article should strive to convert the author's ideas into forestry practice. Different sections of the journal publish articles dealing with a broad scope of topics, such as forest nature protection, anniversaries, scientific and professional gatherings, books and magazines, activities of the Croatian Forestry Association, meetings and conclusions of the Managing Board, annual and extraordinary meetings, announcements on the branches of the Association, etc.

All articles submitted to the Editorial Board for publication must be written in Croatian, and scientific and specialist articles must be written in Croatian and English. Titles and subheadings must be translated into English or Croatian.

Documents must be prepared in standard A4 format, all margins should be 2.5 cm, and spacing should be 1.5. The font should be 12-point Times New Roman (notes – footnotes 10). The text itself should be in normal type, the titles in bold and capital letters, the subheadings in bold and small letters, and the authors in bold and small letters without titles. Footnotes should contain the name of the author together with titles, address and electronic address (e-mail). The pages must be numbered.

A manuscript with all its components, including tables, graphs, figures (drawings and photographs) and maps, should not exceed 15 pages. Manuscripts exceeding 15 pages must be approved for publication by editors and reviewers. The attached drawings, photographs and maps should be in high resolution.

All paper components should be in two languages (titles of components, table headings, units of measure, graph axes, figures, maps, photographs, legends and others) and the font should be 10-point Times New Roman (8-point size if necessary). The second language must be in italics. Places in the text where the components should be entered must be marked.

Manuscripts of scientific and specialist papers, written according to the above instructions and submitted to the Editorial Board of Forestry Journal, must contain an abstract in English (or in Croatian if the article is written in English). The abstract should allow easy indexation and abstraction and must contain all the key parts of the article: a part of the introduction, description of research topic, method of work, research results, and the essentials from the discussion and conclusions. The summary must give an indication of bilingual components – tables, graphs and figures (drawings and photographs) from the article.

Rules for reference lists:

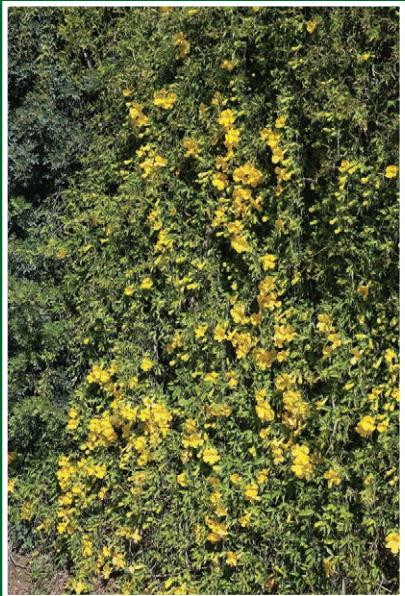
Journal article: Last name, F. F. Last name, 2005: Title of the article, Journal abbreviated title, Volume number: p.–p., City of publication

Conference proceedings: Last name, F. F. Last name, 2005: Title of the article, In: M. Davies (ed), Title of the conference, Publisher, p.–p., City of publication

Book article: Last name, F. 2005: Title of the article or chapter, Title of the book, Publisher, p.–p. City of publication

Book: Last name, F. 2005: Title of the book, Publisher, xxxx p., City of publication

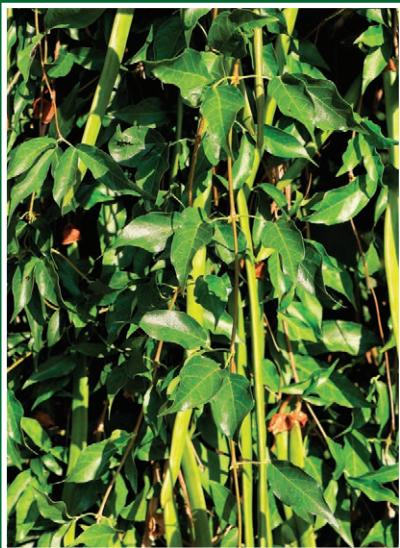
Dissertations and master's theses: Last name, F. 2003: Title, Dissertation (Master's thesis), Faculty of Forestry, Zagreb) (F. = Initial of the first name; p. = page)



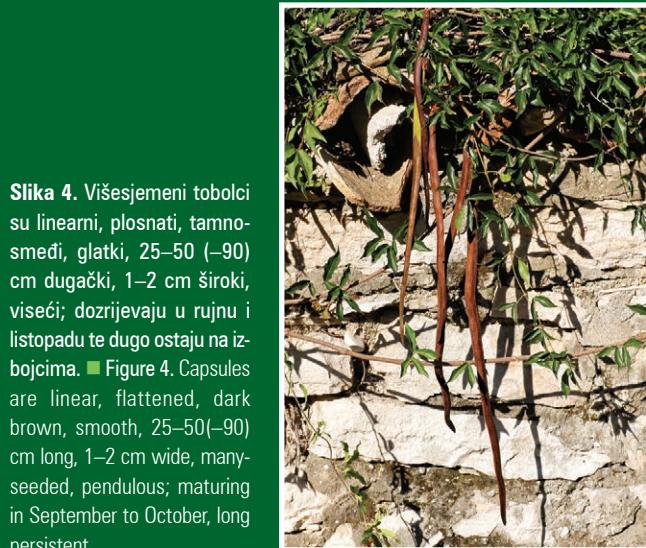
Slika 1. Mačje kandže u Dubrovniku. ■ Figure 1. Cat's claw vine in Dubrovnik.



Slika 3. Cvjetovi su dvospolni, entomofilni, mirisni, žuti, 4–5 cm promjera, pojedinačni ili po nekoliko skupljeni u metlice; cvjetanje je od travnja do kolovoza. ■ Figure 3. Flowers are bisexual, entomophilous, fragrant, yellow, 4–5 cm in diameter, solitary or in several-flowered panicles; flowering in April to August.



Slika 2. Listovi su nasuprotni, sastavljeni od dvije liske, na vrhu s viticom razdijeljenom na tri dijela; liske su eliptične, duguljaste ili obrnuto jajaste, cijelog ruba, sjajne, gole, 6–16 cm dugačke, 1,5–7 cm široke.
■ Figure 2. Leaves are opposite, bifoliate, with a trifid terminal tendril; leaflets are elliptical, oblong or obovate, entire, shiny, glabrous, 6–16 cm long, 1.5–7 cm wide.



Slika 4. Višesjemeni tobolci su linearne, plosnati, tamnosmeđi, glatki, 25–50 (–90) cm dugački, 1–2 cm široki, viseci; dozrijevaju u rujnu i listopadu te dugo ostaju na izbojcima. ■ Figure 4. Capsules are linear, flattened, dark brown, smooth, 25–50(–90) cm long, 1–2 cm wide, many-seeded, pendulous; maturing in September to October, long persistent.

Dolichandra unguis-cati (L.) L.G.Lohmann – mačje kandže (Bignoniaceae)

Rod *Dolichandra* Cham. sadrži osam vrsta drvenastih penjačica, rasprostranjenih u tropskom području Amerike. *Dolichandra unguis-cati* (*Macfadyena unguis-cati* (L.) A.H.Gentry) je vazdazelena ili zimzelena ukrasna biljka, često sađena u područjima s tropskom, subtropskom ili mediteranskom klimom. U nekim je zemljama pobjegla iz uzgoja i postala invazivna vrsta. Može narasti do 15 (20) m visoko, a za podlogu se prihvata viticama zavinutima poput kandži i adventivnim korjeničcima. Kajem proljeća i početkom ljeta ima vrlo lijepе, velike, žute cvjetove, nakon kojih se razvijaju dugački, uski tobolci. Preferira položaj na izravnom suncu ili u polusjeni te hranjivima bogato, vlažno i dobro propusno tlo. Odrasle biljke su tolerantne na sušu i ljetnu vrućinu. Radi održavanja željene veličine i oblika većinom ju treba orezivati.

***Dolichandra unguis-cati* (L.) L.G.Lohmann – Cat's Claw Vine (Bignoniaceae)**

The genus *Dolichandra* Cham. comprises eight species of woody climbers, distributed in tropical America. *Dolichandra unguis-cati* (*Macfadyena unguis-cati* (L.) A.H.Gentry) is widely cultivated as an evergreen or semi-evergreen ornamental plant in many regions with tropical, subtropical or Mediterranean climates, but it has escaped from cultivation and become an invasive species in some countries. It can grow up to 15 (20) m long, attaching itself by clawed tendrils and adventitious roots. In late spring and early summer, it has very beautiful, large, yellow flowers, followed by long, narrow capsules. Cat's claw vine prefers to grow in full sun or partial shade, in fertile, moist, well-drained soil. It is drought and heat tolerant when established. It usually needs pruning to maintain the desired size and shape.