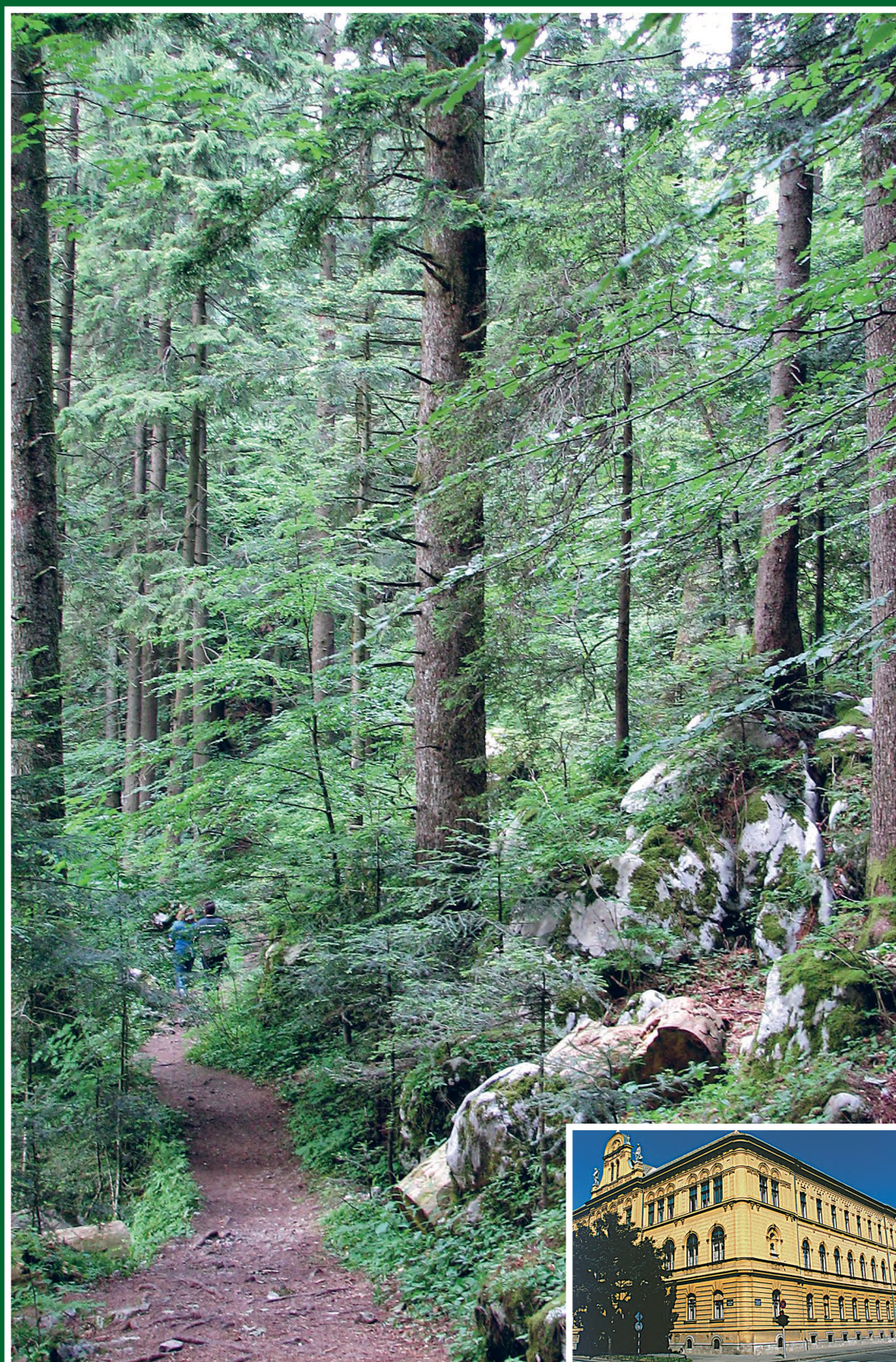


ŠUMARSKI LIST

HRVATSKO ŠUMARSKO DRUŠTVO



UDC 630*
ISSN
0373-1332
CODEN
SULIAB



9-10

GODINA CXLIII
Zagreb
2019



HRVATSKO ŠUMARSKO DRUŠTVO

CROATIAN FORESTRY SOCIETY

članica
HIS

O DRUŠTVU
ČLANSTVO

stranice ogranaka:
BJ DE GO KA SI SP ZA

PRO SILVA CROATIA
SEKCIJA ZA BIOMASU
SEKCIJA ZA ZAŠTITU ŠUMA
EKOLOŠKA SEKCIJA
SEKCIJA ZA KULTURU, SPORT I
REKREACIJU



AKADEMIJA ŠUMARSKIH ZNANOSTI



aktivna karta
Zagreb

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



www.sumari.hr

HRVATSKO ŠUMARSKO DRUŠTVO

173. godina djelovanja
19 ogranaka diljem Hrvatske
oko 2700 članova

IMENIK HRVATSKIH ŠUMARA

14038 osoba
22359 biografskih činjenica
14808 bibliografskih jedinica

ŠUMARSKI LIST

143. godina neprekidnog izlaženja
1090 svezaka na 82908 stranica
15936 članaka od 3000 autora

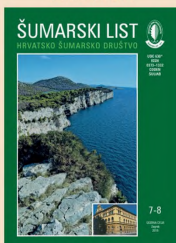
DIGITALNA ŠUMARSKA BIBLIOTEKA

4328 naslova knjiga i časopisa
na 26 jezika od 2932 autora
izdanja od 1732. do danas

IMENIK HRVATSKIH ŠUMARA



ŠUMARSKI LIST



DIGITALNA BIBLIOTEKA




EFN HŠ ŠF HŠI
HKISD DHMZ



Naslovna stranica – Front page:

Zaštićeni objekti:

Park šuma Golubinjak, Gorski kotar, Hrvatska
(Foto: Damir Delač)

Protected landscapes:

Golubinjak Park Forest, Gorski Kotar, Croatia
(Photo: Damir Delač)

Naklada 1650 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 drvne 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
Tisak: 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

Uređivački savjet – Editorial Council:

- | | | |
|-------------------------------------|--|--|
| 1. Akademik Igor Anić | 12. Marina Juratović, dipl. ing. šum. | 23. Dr. sc. Sanja Perić |
| 2. Emil Balint, dipl. ing. šum. | 13. Mr. sc. Petar Jurjević | 24. Davor Prnjak, dipl. ing. šum. |
| 3. Mr. sc. Boris Belamarić | 14. Ivan Krajačić, dipl. ing. šum. | 25. Krasnodar Sabljčić, dipl. ing. šum. |
| 4. Prof. dr. sc. Ružica Beljo Lučić | 15. Čedomir Križmanić, dipl. ing. šum. | 26. Zoran Šarac, dipl. ing. šum. |
| 5. Mario Bošnjak, dipl. ing. šum. | 16. Danijela Kučinić, dipl. ing. šum. | 27. Ante Taraš, dipl. ing. šum. |
| 6. Goran Bukovac, dipl. ing. šum. | 17. Prof. dr. sc. Josip Margaletić | 28. Prof. dr. sc. Ivica Tikvić |
| 7. Mr. sp. Mandica Dasović | 18. Akademik Slavko Matić | 29. Davor Topolnjak, dipl. ing. šum. |
| 8. Mr. sc. Josip Dundović | 19. Darko Mikičić, dipl. ing. šum. | 30. Oliver Vlainić, dipl. ing. šum., predsjednik |
| 9. Prof. dr. sc. Milan Glavaš | 20. Damir Miškulin, dipl. ing. šum. | 31. Doc. dr. sc. Dinko Vusić |
| 10. Goran Gobac, dipl. ing. šum. | 21. Damir Nuić, dipl. ing. šum. | 32. Silvija Zec, dipl. ing. šum. |
| 11. Mr. sc. Ivan Grginčić | 22. Martina Pavičić, dipl. ing. šum. | 33. Dražen Zvirotić, dipl. ing. šum. |

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

1. Šumski ekosustavi – 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. Jozo Franjić,
Šumarska botanika i fiziologija šumskoga drveća
Forest Botany and Physiology of Forest Trees

Prof. dr. sc. Marilena Idžojtić,
Dendrologija – *Dendrology*

Prof. dr. sc. Davorin Kajba,
Genetika i oplemenjivanje šumskoga drveća –
Genetics and Forest Tree Breeding

Prof. dr. sc. Nikola Pernar,
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 Slavko Matić,
urednik područja – *Field Editor*
Silvikultura – *Silviculture*

Urednici znanstvenih grana – *Editors of scientific branches:*

Prof. dr. sc. Zvonko Seletković,
Ekologija i biologija šuma, bioklimatologija –
Forest Ecology and Biology, Bioclimatology

Dr. sc. Sanja Perić,
Šumske kulture – *Forest Cultures*

Dr. sc. Vlado Topić,
Melioracije krša, šume na kršu –
Karst Amelioration, Forests on Karst

Akademik Igor Anić,
Uzgajanje prirodnih šuma, urbane šume –
Natural Forest Silviculture, Urban Forests

Prof. dr. sc. Ivica Tikvić,
Ekologija i njega krajolika, općekorisne funkcije šuma –
Ecology and Landscape Tending, Non-Wood Forest Functions

Prof. dr. sc. Milan Oršanić,
Sjemenarstvo i rasadničarstvo –
Seed Production and Nursery Production

Prof. dr. sc. Željko Španjol,
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*

Izv. prof. dr. sc. Slavko Govorčin,
Nauka o drvu, Tehnologija drva –
WoodScience, Wood Technology

4. Zaštita šuma – Forest Protection

Dr. se. Miroslav Harapin,
urednik područja –*field editor*
Fitoterapeutska sredstva zaštite šuma –
Phytotherapeutic Agents for Forest Protection

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*

Prof. dr. sc. Boris Hrašovec,
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. Renata Pernar,
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*

Izv. prof. dr. sc. Ante Seletković,
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:*

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

Prof. dr. sc. Ivan Martinić,
Organizacija u šumarstvu – *Organization in Forestry*

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

Prof. dr. sc. Vjekoslav Glavač, Njemačka – *Germany*

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

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

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

Glavni i odgovorni urednik – Editor in Chief

Prof. dr. sc. Josip Margaletić

Lektor – Lector

Dijana Sekulić-Blažina

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* 111 (001)

<https://doi.org/10.31298/sl.143.9-10.1>

Ugarković D., Ž. Španjol, I. Tikvić, D. Kapučija, I. Plišo Vusić

Microclimate differences in the degradation stages of Holm oak (*Quercus ilex* L.) forests – Mikroklimatske različitosti degradacijskih stadija šuma hrasta crnike (*Quercus ilex* L.). 391

UDK 630* 453 (001)

<https://doi.org/10.31298/sl.143.9-10.2>

Lukić I., N. Lacković, M. Pernek, C. Schafellner

Redefinicija kritičnih brojeva jajnih legala gubara (*Lymantria dispar* L.) za hrast lužnjak (*Quercus robur* L.) i prvi izračun za običnu bukvu (*Fagus sylvatica* L.) u Republici Hrvatskoj – Redefinition of critical numbers of Gypsy moth (*Lymantria dispar* L.) egg masses for Pedunculate oak (*Quercus robur* L.) and first calculation for Common beech (*Fagus sylvatica* L.) in Republic of Croatia 403

UDK 630* 524 (001)

<https://doi.org/10.31298/sl.143.9-10.3>

Şenyurt M., I. Ercanli

A comparison of artificial neural network models and regression models to predict tree volumes for Crimean Black pine trees in Cankiri forests – Usporedba modela umjetne neuralne mreže za predviđanje drvnog volumena krimskih borova u šumama pokrajine Cankiri. 413

UDK 630* 812 (001)

<https://doi.org/10.31298/sl.143.9-10.4>

Sedlar T., T. Sinković, I. Perić, A. Jarc, S. Stojnić, B. Šefc

Hardness of thermally modified beech wood and hornbeam wood – Tvrdća toplinski modificirane bukvine i grabovine 425

Prethodno priopćenje – Preliminary communication

UDK 630*945

<https://doi.org/10.31298/sl.143.9-10.5>

Jazbec A., M. Vedriš, K. Šegotić

Analiza trajanja studiranja na preddiplomskim studijima Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu – Analysing the duration of studying on undergraduate studies at the Faculty of forestry, University of Zagreb. 435

UDK 630* 111

<https://doi.org/10.31298/sl.143.9-10.6>

Nedeljković J., M. Stanišić, D. Nonić, M. Avdibegović, M. Curman, Š. Pezdevšek Malovrh

Upravljanje klimatskim promjenama u šumarstvu i zaštiti prirode: institucionalni okviri u odabranim zemljama Jugoistočne Europe – Climate change governance in forestry and nature conservation: institutional framework in selected see countries 445

Stručni članci-Professional papers

UDK 630* 181.6 + 187

<https://doi.org/10.31298/sl.143.9-10.7>

Plišo Vusić I., I. Šapić, J. Vukelić

Prepoznavanje i kartiranje šumskih staništa Natura 2000 u Hrvatskoj (II) – 91F0, poplavne šume s vrstama *Quercus robur*, *Ulmus laevis*, *Ulmus minor* i *Fraxinus angustifolia*; 91L0, hrastovo-grabove šume ilirskoga područja – Identification and mapping of Natura 2000 forest habitat types in Croatia (II) – 91F0, riparian mixed forests of *Quercus robur*, *Ulmus laevis*, *Ulmus minor* and *Fraxinus angustifolia*; 91L0, oak-hornbeam forests of the Illyrian area 461

UDK 630* 232.3

<https://doi.org/10.31298/sl.143.9-10.8>

Drvodelić D., I. Poljak, I. Perković, M. Šango, K. Tumpa, I. Zegnal, M. Idžojtić

Ispitivanje laboratorijske klijavosti pitomoga kestena (*Castanea sativa* Mill.) u skladu s pravilima ista – Laboratory germination testing of the Sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) according to ista rules. 469

Zaštita prirode – Nature protection

Arač, K.:

Morski kulik (*Charadrius alexandrius* L.) 479

Kranjčev, R.:

Zapisi iz hrvatskih šuma /2/

Iz svijeta gljiva hrvatskih šuma 479

Obljetnice – Anniversaries

Anić, I.:

Međunarodna asocijacija Pro Silva obilježila 30. obljetnicu osnutka. 481

Iz HŠD-a – From the Croatian forestry association

Delač, D.:

Problematika sušenja poljskog jasena 484

In memoriam

Pleše, B.:

Simo Milković, dipl. inž. šum. (1927. – 2019.) 508

RIJEČ UREDNIŠTVA

HOĆE LI PROMJENOM MINISTRA DOĆI I DO PROMJENE ODNOSA PREMA ŠUMARSKOJ STRUCI?

Više puta pisali smo o tome kako smo očekivali da će ova Vlada ponajprije vratiti šumarstvo u naziv resornog ministarstva, a potom i promijeniti odnos prema šumi i šumarskoj struci. To se na žalost nije dogodilo, tako da je šumarski resor u Ministarstvu na razini dijelova poljoprivrede, primjerice povrtlarstva, iako se radi o resursu koji pokriva gotovo polovicu kopnene površine Republike Hrvatske. O tome da je šuma najsloženiji ekosustav na svijetu, koji samim time zahtijeva visoku stručnost gospodarenja njime pa je i u Ustavu naznačeno da je šuma uz tlo i vode resurs od posebnog interesa za Republiku Hrvatsku, u uređenom gospodarstvu ne bi trebalo to opetovano govoriti. Ne inzistiramo na tome da resorni ministar mora biti istaknuti šumarski stručnjak, ali to onda mora biti državni tajnik ili pomoćnik ministra zadužen za šumarstvo. Ministar pak treba koristiti svaku priliku da se informira o struci, sastavnici njegovog resora, a najlakše će to učiniti nazočnošću barem na nekoliko stručnih skupova na kojima se znanstveno-stručno raspravlja o stanju i problemima u struci – njegovom resoru. Nažalost, smijenjeni resorni ministar nije nazočio niti jednom takvom skupu, pa niti onome u organizaciji Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti, što ocjenjujemo i podcjenjivanjem struke, ali i ove znanstvene institucije. Vidljivi trag u šumarstvu ostavio je jedino osnivanjem „svoje“ Uprave šuma, smanjujući površine susjednih Uprava. Trenutno naš resor vodi drveni tehnolog, što je nelogično, a s čime se očito šumarska struka prešutno slaže, što je pak sramotno. Tko nam uopće vodi i kakvu šumarsku politiku i imamo li dobru strategiju da je provodimo? Kome je zapravo podređena šumarska politika? Opći je dojam da je vode drvoprerađivači i to nažalost oni primarne prerade drva, naravno po netržišnim uvjetima i zanemarujući načela potrajnog gospodarenja.

U svome obraćanju nazočnima na znanstveno-stručnom skupu održanom u povodu Dana hrvatskoga šumarstva, predsjednik Hrvatskoga šumarskog društva Oliver Vlaineć, naznačio je sadašnje probleme šumarstva i stavove struke. Nemamo ništa tome za dodati, nego upućujemo čitatelje da u prošlom dvobroju časopisa pročitaju prikaz sa spomenutoga skupa. Dakle, struka opominje i ukazuje na alarmantno stanje u šumarstvu, kojega resorno ministarstvo očito ne prepoznaje.

Za saniranje stanja nakon ledoloma i vjetroloma u Gorskom kotaru i situacije s katastrofalnim sušenjem jasena te nadolazećega problema s hrastom, našom najvrjednijom vrstom drveća, bit će potrebna znatna financijska sredstva. Gdje ih pronaći ako smo novim Zakonom o šumama znatno smanjili priliv financijskih sredstava od naknade za općekorisne funkcije šuma (OKFŠ), a drvne sortimente prodajemo i dalje po netržišnim uvjetima? Nismo trebali dugo čekati da nova ministrica Odlukom o smanjenju naknada za šume i šumska zemljišta, pokaže kako će se odnositi prema šumi i šumarstvu. Vrijednost bodova je smanjena za 30 do 90 %, ovisno o uzgojnom obliku šume. To će, kaže ona, ubrzati investicijske projekte, jer su navodno mnoge investicije u kojima je bilo potrebno izdvojiti šumu ili šumsko zemljište iz šumsko-gospodarskih planova, bile dovedene u pitanje zbog previsoke naknade za lokalnu i regionalnu samoupravu. Naravno, „nisu ljudi“ platiti privatnicima, koji imaju na stotine tisuća hektara zapuštenog i zaraslog zemljišta, kada je državno (čitaj općenarodno) gotovo besplatno. Uostalom, za njih primjerice: šikara, šibljak, makija, garig i nije „neka šuma“. A najnovije je najava novoga smanjenja naknade za općekorisne funkcije šuma „povećanjem granice ukupnog godišnjeg prihoda i primitka s 3.000.000,00 kn na 7.500.000,00 kn“ što je obrazloženo opterećenjem, kako na poduzetnike, tako i na administrativnu obradu. Ionako smanjenim sredstvima OKFŠ-a, koja se danas većinom koriste za razminiranje i vatrogasnu zajednicu, za „zelene“ radove u šumi na oko milijun hektara krša, preostaje jako malo novaca. Što reći na sve to?

Idemo malo pričati o klimatskim promjenama, kisiku, ugljičnom dioksidu, eroziji, pitkoj vodi, rekreaciji i općenito zaštiti okoliša, gdje je šuma jedan od najznačajnijih i najsloženijih ekosustava, o kojoj i bez stručnog obrazovanja, nažalost svi sve znaju, jer jako vole šumu.

Često spominjemo načelo potrajnosti i osiguranje višenamjenske uloge šume, što je moto poslovanja u šumarstvu, ali za to je ponajprije potrebno promijeniti mišljenje da šumu možemo samo koristiti, a ne ulagati u nju, odnosno vratiti joj dio benefita kako bi bila vječna.

Uredništvo

EDITORIAL

WILL A CHANGE IN THE MINISTRY BRING ABOUT A CHANGE IN THE ATTITUDE TOWARDS THE FORESTRY PROFESSION?

We have written on several occasions about how we expected the present Government to bring the word forestry back into the name of the line ministry and to change its attitude towards forests and the forestry profession. Regrettably, this has not happened, with the final result of the forestry sector within the Ministry being at the level of parts of agriculture, vegetable growing for example, although forests cover almost half of the land area of the Republic of Croatia. Needless to say, the forest is the most complex ecosystem in the world, whose management requires supreme expertise. The Constitution itself states that, along with soil and water, the forest is a resource of particular interest for the Republic of Croatia. We do not insist that the sector minister should be a renowned forestry expert, but the state secretary or assistant minister in charge of forestry should definitely be one. The Minister should take every opportunity to get to know the profession which is a constituent part of his Ministry. The best way to do it is to attend at least several professional symposia in which the status and problems of the profession are discussed on a scientific-professional basis. We regret to say that the deposed department minister did not attend one single gathering, not even the one organized by the Croatian Academy of Sciences and Arts. This we regard as both the belittling of the profession and of the mentioned scientific institution. The only visible trace that he left in forestry was the establishment of "his" Forestry Administration at the expense of reducing the area of the adjacent Administrations. At present, the forestry department is headed by a wood technologist, which is illogical, but even worse, the forestry profession seems to approve of this. Who runs the forestry policy and do we have a good strategy for running it? Who is the forestry policy subjugated to? There is a general impression that the forestry policy is led by wood processors, and what is tragic, by wood processors in primary wood processing, who are guided by non-market conditions and who disregard the principles of sustainable management.

At the scientific-professional gathering held to mark the Days of Croatian Forestry, Oliver Vlaineć, President of the Croatian Forestry Association, mentioned current problems in forestry and attitudes of the profession. We have nothing more to add to this but to ask the readers to read the reviews of the gathering in the past double issue of the journal. Clearly, the profession repeatedly warns of the alarming conditions in forestry which the competent ministry obviously does not recognize.

Considerable financial means will be required to repair the damage caused by ice and wind storms in Gorski Kotar and to remedy the situation with disastrous ash dieback and the oncoming problems with oak, the most valuable tree species in Croatia. Where to find these means if, according to the new Forest Act, the financial means from non-market forest functions fees have been significantly reduced while wood assortments continue to be sold at non-market conditions? We did not have to wait long to see how the new lady minister will treat forests and forestry by her Decision to lower the fees for forests and forest land. The value of the points was reduced by 30 to 90%, depending on the silvicultural form of the forest. To quote her words, this will accelerate investment projects, because, allegedly, many investments in which it was necessary to exclude forests or forest land from forest management plans, were called into question due to excessive fees for local or regional self-managing units. Of course, they are "not crazy" to pay to private owners, who have hundreds of thousands of hectares of abandoned and overgrown land, when the state (read: public) land is almost free of charge. For them a scrub, a thicket, maquis, and garrigue is not much of a forest anyway. The latest is the announcement of a new reduction in the non-market forest function fee by "increasing the level of total annual income from 3 000 000.00 kuna to 7 500 000.00 kuna, which was explained by a burden, both on the entrepreneurs and the administrative processing". Due to reduced means from non-market forest functions, which are currently mainly used for demining and for the fire fighter service, very little is left for "green" operations on about one million hectares of karst. What is there left to say?

Let us talk a little bit about climate change, oxygen, carbon dioxide, erosion, potable water, recreation and environment protection in general, where the forest is one of the most important and most complex ecosystems, and about which everybody, although lacking professional education, knows everything because they all love forests.

We often mention the principle of sustainability and the insurance of the multipurpose role of a forest, which is the motto of business-making in forestry. However, the first step is to change the general belief that the forest can be used without investing into it or without returning to it a part of the benefits. Only if we do so will forests remain an eternal asset.

Editorial Board

MICROCLIMATE DIFFERENCES IN THE DEGRADATION STAGES OF HOLM OAK (*Quercus ilex* L.) FORESTS

MIKROKLIMATSKE RAZLIČITOSTI DEGRADACIJSKIH STADIJA ŠUMA HRASTA CRNIKE (*Quercus ilex* L.)

Damir UGARKOVIĆ^{1*}, Željko ŠPANJOL¹, Ivica TIKVIĆ¹, Dražen KAPUČIJA², Ivana PLIŠO VUSIĆ³

Summary

Maquis and garrigue are the most common degradation stages of Holm oak forests in Croatia. Disorganized and uncontrolled cutting degrades forests and changes their microclimates. Measurements were conducted in a Holm oak forest in the maquis and garrigue degradation stages, and in an Aleppo pine forest with Holm oak. The highest variations of microclimate elements were measured in the degradation stages of Holm oak. The average air and soil temperatures, precipitation, and potential evapotranspiration were highest in the garrigue stage and lowest in the maquis stage. The average volumetric soil water content was highest in the maquis stage (14.28%) and lowest in the garrigue stage (9.46%). The dry season water deficit was highest in the garrigue stage (-73.95 mm) and lowest in the maquis (-60.38 mm). Microclimate conditions in the garrigue degradation stage are less favorable for the growth and development of Holm oak than in high forest stands. The average values of microclimate elements in the Aleppo pine forest stand with Holm oak were within the average range of the microclimate elements of garrigue and maquis.

KEY WORDS: Forest microclimate; forest structure; Holm oak; degradation stages; Aleppo pine

INTRODUCTION

UVOD

In the Mediterranean region, forests have been exposed to intensive anthropogenic impacts for centuries. Examples of such impacts include uncontrolled cutting, grazing, removal of the litter layer, burning and clearing for expansion of agricultural lands, change of use of forests and forest lands for the purpose of developing infrastructure, tourism, raising of vineyards and olive groves, etc. Such long-term processes, in combination with fires, specific climatic conditions, and erosive soils, has gradually led to the general

degradation of the Mediterranean forest ecosystems (Topić and Butorac 2011, Matić et al. 2011). Drought additionally supports a negative anthropogenic influence on these forests. High evaporative losses from forest cover could supply the critical moisture needed to trigger water condensation in ascending air masses as well as promoting rainfall (Millán et al. 1997).

The most important factor limiting the distribution, growth, and development of trees in the Mediterranean ecosystem is the lack of water during summer (Di Castri 1981, Ogaya & Penuelas 2006).

¹ Faculty of Forestry University of Zagreb, Department of Forest Ecology and Silviculture, Svetošimunska cesta 25, Zagreb, 10002, Croatia; Izv. prof. dr. sc. Damir Ugarković, damir.ugarkovic@gs.htnet.hr; Prof. dr. sc. Željko Španjol, zspanjol@sumfak.hr; Prof. dr. sc. Ivica Tikvić, ivica.tikvic@zg.htnet.hr

² Šišljavić 10, Karlovac, 47000, Croatia; Dražen Kapučija, mag. ing. silv., kapucija@hotmail.com

³ City Office for Physical Planning, Construction of the City, Utility Services and Transport, Trg S. Radića 1, Zagreb, 10 000, Croatia; Ivana Plišo Vusić, mag. ing. silv., ivana.pliso-vusic@zagreb.hr

* Correspondence: damir.ugarkovic@gs.htnet.hr Tel.: +385 1 2352592

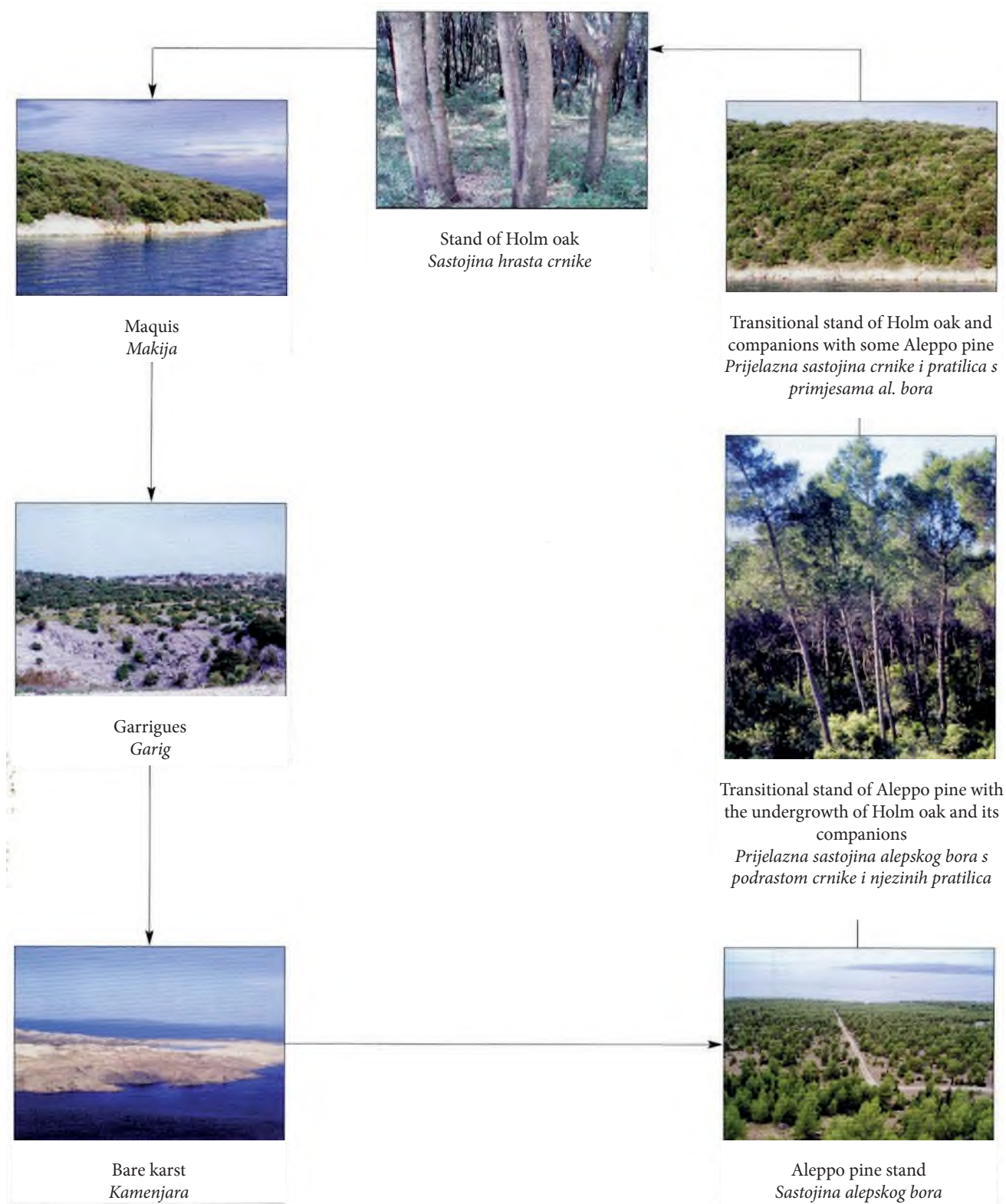


Figure 1. Forest regression (left) and progression assisted by silvicultural treatments (right) in the Mediterranean (Matić et al. 2011).

Slika 1. Shema regresije (lijevo) i progresije šuma potpomognute šumskouzgojnim postupcima (desno) u eumediteranu (Matić i dr. 2011)

Holm oak is a widely distributed Mediterranean oak species found in moderate to dry habitats (Archibold 1995). This is a very important species for the regeneration of deforested areas and abandoned agricultural areas in the Med-

iterranean (Rodà et al. 1999, Rey Benayas and Camacho-Cruz 2004). Holm oak is relatively difficult to raise on such terrains, and has a low survival rate and slow growth rate in comparison to other species involved in the forestation

of these habitats, such as *Pinus* spp. (Baeza *et al.* 1991, Vallejo and Alloza 1999, Navarro Cerrillo *et al.* 2001). Stands of Holm oak (*Quercus ilex* L.) degrade to the maquis and garrigue stages, and the final result of the degradation process is bare karst or rocky vegetation (Figure 1) (Matić *et al.* 2011). In the Croatian part of the Mediterranean, the high silvicultural forms and coppice of Holm oak forests cover 29,000 ha. The degradation stages cover 120,000 ha as maquis and 23,437 ha as garrigue (Čavlović 2010).

Afforestation by Aleppo pine improves habitat characteristics, especially soil conditions. The main role of pine culture is ameliorative: protecting the soil, creating favorable microclimate conditions, improving physical and chemical soil characteristics, and returning the autochthonous broad-leaved vegetation and economic value (Španjol *et al.* 2006). Maestre *et al.* (2003) reported higher soil organic carbon and total nitrogen at a depth of 0–20 cm under pine plantation 30 years after planting. Caravaca *et al.* (2002) found higher aggregate stability at a depth of 0–15 cm under pines 6 years after planting.

While the ultimate mechanism by which Holm oak is degraded appears to be anthropogenic disturbance, the proximate mechanisms are less well-understood. One hypothesis is that, once enough canopy trees are removed or damaged, the understory microclimate becomes inhospitable to the Holm oak understory species. Cutting or thinning forests results in alterations to microclimate conditions (Aussenac 2000). According to Aussenac (2000), it is necessary to study the interactions between forest stands and the microclimate, especially in climatic areas characterized by large water deficits such as those common in the Mediterranean, to improve the understanding of the ecology of forest species, and in particular, their reactions to water deficits under natural conditions. There has been some research into the microclimates below sparse and dense forest canopies, mostly in the subalpine and temperate climate zones (Aussenac 2000, Morecroft *et al.* 1998, Latif and Blackburn 2010, Arx von *et al.* 2013, Ugarković *et al.* 2018). However, there is a lack of research on the subcanopy climate in the degradation stages of forest ecosystems. An analysis of the microclimate data of forest ecosystems could allow for better understanding of the ecological conditions in forest habitats. The forest microclimate is crucial for the growth and survival of tree seedlings and understory vegetation. The microclimate conditions in the degradation stages of a forest ecosystem have not been thoroughly studied. Moreno *et al.* (2007) outlined the positive effects of trees on the microclimate, physical properties of soil, and soil water dynamics. Modifications to the microclimate with evolving forest cover through different stages should be considered when studying the survival and growth of young natural regeneration or in relation to afforestation operations.

The objectives of this study were to determine the microclimate differences in degradation stages of Holm oak forests and stands of Aleppo pine with Holm oak. Future additional work will be done on the growth of regeneration and understory plants.

MATERIALS AND METHODS

MATERIJALI I METODE

The study was conducted within the area of Mljet National Park on the island of Mljet, Croatia. The park covers an area of 5480 ha and is situated on the Northwestern part of the island. The geological substrate is carbonate and siliceous rock and their various forms. Limestone is the most common of the carbonate rocks. The most common soil types are calcocambisol and lithosol, with a lesser share of rendzine on limestone and dolomite. The mean annual air temperature is 16.4 °C, and the mean annual precipitation is 770 mm (Seletković *et al.* 2011). The vegetation of Mljet is composed of 5 forest communities: *Junipero phoeniceae–Pinetum halepensis* Trinajstić 1988, an Aleppo pine forest with Phoenician juniper; *Quercus ilici–Pinetum halepensis* Loisel 1971, an Aleppo pine forest with Holm oak; *Myrto–Quercetum ilicis* (Horvatić 1963) Trinajstić 1985, a Holm oak forest with myrtle; *Fraxino orni–Quercetum ilicis* Horvatić (1956) 1958, a Holm oak forest with manna ash; and *Fraxino orni–Quercetum cocciferae* Horvatić 1957, a Kermes oak forest with manna ash.

Experimental plots were situated in the same soil type and with the same relief characteristics. Relief characteristics were measured by Suunto Tandem 360 PC/360R DG and Garmin GPS64 devices. The study was conducted in 2 forest communities: *Quercus ilici–Pinetum halepensis* and *Myrto–Quercetum ilicis*. Measurements were performed in the high silvicultural forms of Holm oak and Aleppo pine forests and at the degradation stages of maquis and garrigue. Observers measured the diameter at breast height (DBH) with Haglof tree calipers (cm) for every tree from 2 cm DBH and the height (m) of dominant and co-dominant trees in experimental plots by digital Vertex IV to calculate the main structural elements, as follows: number of trees (N), basal area (G), and wood volume (V). On the basis of the measured heights and parameters of the Schumacher–Hallove function of trees, the local tariff for each tree type was calculated. For the green olive tree (*Phillyrea latifolia* L.), Laurustinus (*Viburnum tinus* L.), strawberry tree (*Arbutus undedo* L.), tree heath (*Erica arborea* L.), and Cade juniper (*Juniperus oxycedrus* L.), we used Holm oak parameters for the Schumacher–Hall function. For experimental plots in the garrigue degradation stage, structural elements were not measured; instead, only the heights of the stand were measured.

Table 1. Characteristics of the experimental plots. Abbreviations: Qi-Mc, Holm oak with myrtle; Ph-Qi, Aleppo pine with Holm oak; Nsum, total number of trees; Gsum, basal area (m^{-2} ha); Vsum, wood volume (m^{-3} ha).

Tablica 1. Karakteristike pokusnih ploha. Skraćenice: Qi-Mc, Šuma hrasta crnike s mirtom; Ph-Qi, Šuma alepskog bora s hrastom crnikom; Nsum, ukupni broj stabala; Gsum, temeljnica (m^2/ha); Vsum, drveni volumen (m^3/ha)

Characteristic <i>Karakteristika</i>	Type of forest stand <i>Tip šumske sastojine</i>			
	Garrigue <i>Garig</i>	Maquis <i>Makija</i>	Holm oak <i>Hrast crnika</i>	Aleppo pine–Holm oak <i>Alepsi bor-Hrast crnika</i>
Surface area (ha) <i>Površina (ha)</i>	0.25	0.25	0.25	0.25
Phytocenosis <i>Biljna zajednica</i>	Qi-Mc	Qi-Mc	Qi-Mc	Ph-Qi
Stage <i>Stadij</i>	Degradation <i>Degradirano</i>	Degradation <i>Degradirano</i>	No degradation <i>Nije degradirano</i>	No degradation <i>Nije degradirano</i>
Elevation (m) <i>Nadmorska visina</i>	90-100	100-110	100-115	80-90
Slope (%) <i>Nagib</i>	10-12	9-10	11-14	12-14
Exposure <i>Ekspozicija</i>	West–southwest <i>jug-jugozapad</i>			
Soil type <i>Tip tla</i>	Brunisol on limestone and dolomite <i>Smeđe tlo na vapnencu i dolomitu</i>			
Rock content (%) <i>Kamenitost</i>	60-70	50-60	50-60	50-60
Cover (%) <i>Pokrovnost</i>	40-50	100-100	90-90	90-90
Age (years) <i>Starost (godine)</i>	-	-	65-60	65-70
Stand height (m) <i>Visina sastojine (m)</i>	1.5-2	4-3.5	15-16	17-16
Nsum (N/ha)	-	7400-12800	1626-1550	1364-1470
Gsum (m^2/ha)	-	39.1-48.4	42.3-43.1	33.7-43.9
Vsum (m^3/ha)	-	138.4-175.4	230.7-233.2	252.7-314.4
*Species composition (%) <i>Omjer smjese (%)</i>				
Arbutus unedo	-	23-4	0-0	0-0
Erica verticillata	-	0-18	0-0	0-0
Laurus nobilis	-	6-1	0-0	0-0
Quercus ilex	-	61-53	99-99	3-3
Phillyrea angustifolia	-	8-20	0.5-0.5	1-1
Pinus halepensis	-	0-0	0-0	96-96
Pistacia terebinthus	-	0-0	0-0	0-0
Viburnum tinus	-	2-4	0.5-0.5	0-0

*Species composition expressed in (%) in relation to the overall wood volume of the stand

*Omjer smjese po vrstama je iskazan u (%) u odnosu na ukupni drveni volumen sastojine

Microclimate stations were set up on 12 experimental plots (3 for each forest stand type), and each plot was 60 × 60 m in size. In each experimental plot, 3 Rotronic (HygroLog) and Spectrum (WD 2000) meteorological stations were positioned in subplots (20 × 60 m), corresponding to the low, medium, and large basal areas, to observe within-stand variation (Porté et al. 2004). The air temperature ($^{\circ}\text{C}$), relative

air humidity (%), and precipitation (mm) were measured at 1.5 m from the soil. The soil temperature ($^{\circ}\text{C}$) and soil volumetric water content (%) were measured at a depth of 10 cm. Volumetric soil moisture was measured using an ECHO-25 probe. Calibration of microclimate stations and sensors was carried out by the Meteorological and Hydrological Service of the Republic of Croatia. Minor technical

problems resulted in incomplete series (20% of data missing). In cases where data were missing for all replicates at one site and hour, that time was eliminated for all other sites. This prevented a hot or cold spell from biasing one site while another had missing data (Potter et al. 2001).

The microclimate study was conducted in the period from January 2012 to December 2014, with measurements performed one day per week at hourly intervals, always on the same day of the week. Precipitation was measured using an automatic rain gauge over the entire period and values are presented as the total monthly value. Potential evapotranspiration (PET) was calculated using the Blaney and Criddle method (Šimunić 2016). The dry season water deficit (DSWD) is expressed in mm and can be calculated as $DSWD = p - PET$, where p is the amount of monthly rainfall (mm) and PET (mm) is the monthly potential evapotranspiration (Dufour – Dror and Ertas 2004). The dry season water deficit (mm), potential evapotranspiration (mm), and precipitation were calculated on a monthly level.

Ranges were calculated as differences between the maximum and minimum values. The measured microclimatic elements are expressed as average weekly values. The main effects of the differences and ranges of microclimatic elements among type of forest stands (experimental plots) were determined using Repeated measures ANOVA. We

used the following factors: forest type/degradation stage $\times$ season. There were 4 types of forest stand/degradation stage (garrigue, maquis, Holm oak forest, Aleppo pine with Holm oak forest) and 4 seasons (spring, summer, autumn, winter). Levene's test for homogeneity of variances was not significant. The mean comparison test (Fisher's least significant difference (LSD), $\alpha = 5\%$ tolerance level) was used to test climate element differences between stands. All data were processed using the HW3, SpecWare 9.0 and Statistica 7.1 software packages (StatSoft 2003).

RESULTS REZULTATI

The absolute maximum air temperature (40.1 °C), soil temperature (28.9 °C), and volumetric soil moisture (82.8%) were measured in the garrigue degradation stage. The absolute maximum value of relative air humidity (100%) was measured in the maquis and Holm oak forest with myrtle. In all stand types, the absolute minimum volumetric soil moisture was 0%. The highest amount of potential evapotranspiration was in the garrigue degradation stage (139.48 mm), and the lowest was in the maquis (46.85 mm). The absolute highest water deficit was also in the garrigue (-129.61 mm), and the lowest was in the Holm oak forest (-124.95 mm). The highest absolute annual range of preci-

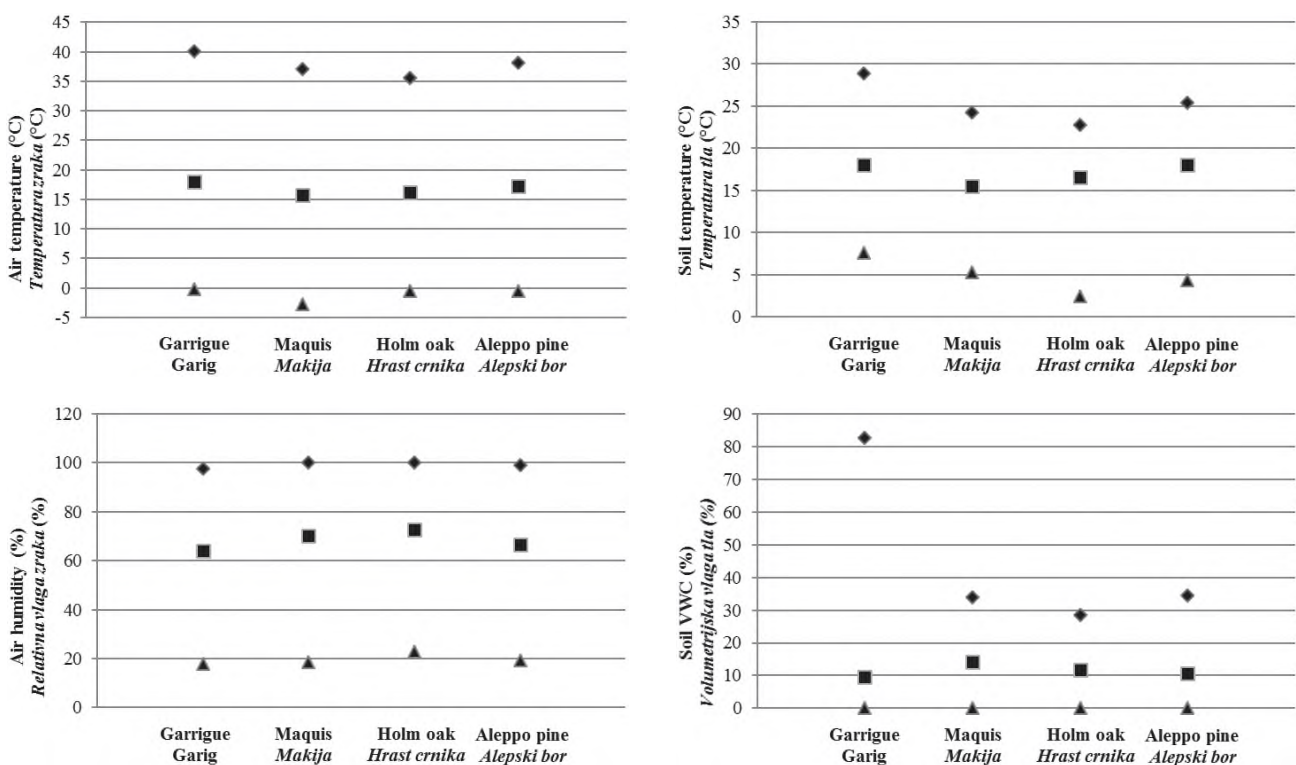


Figure 2. Annual ranges of measured microclimatic elements (♦ max, ■ mean, ▲ min) (Data present values of all weather stations per type of forest stand)

Slika 2. Godišnje kolebanje mjerenih mikroklimatskih elemenata (Podaci predstavljaju vrijednosti svih meteoroloških postaja po tipu šumske sastojine)

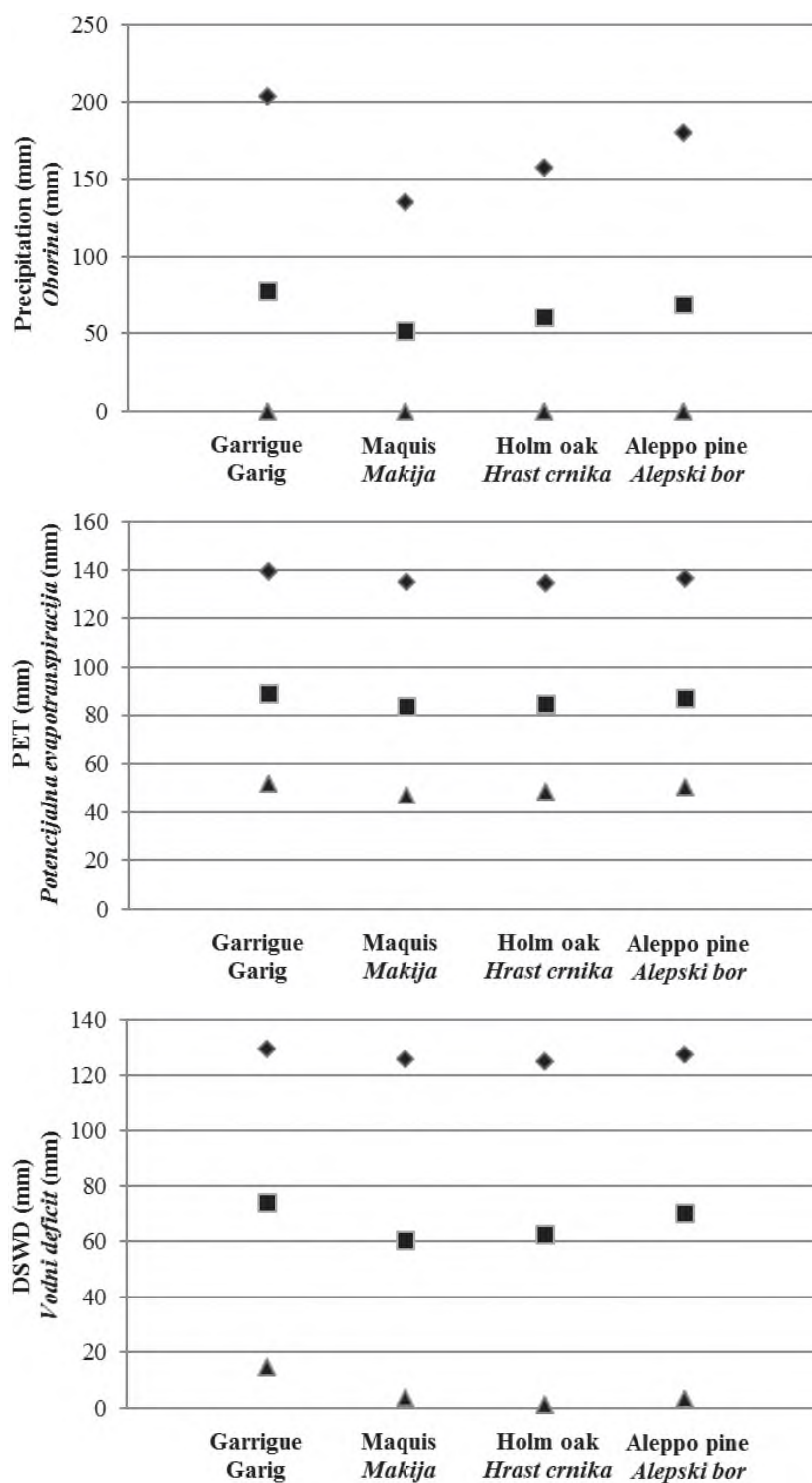


Figure 3. Annual ranges of measured microclimatic elements (♦ max, ■ mean, ▲ min).
(Data present values of all weather stations per type of forest stand)

Slika 3. Godišnje kolebanje mjerenih mikroklimatskih elemenata
(Podaci predstavljaju vrijednosti svih meteoroloških postaja po tipu šumske sastojine)

precipitation (203.40 mm) was found in the garrigue degradation stage and greatest dry season water deficit (-124.27 mm) was found in the Aleppo pine forest stand, while for potential evapotranspiration the highest range was in maquis (88.10 mm) (Figure 2, 3).

The lowest annual range of air temperature (36.07 °C), relative air humidity (77.25%), and volumetric soil moisture (28.60%) were found in the stands of Holm oak with myrtle. In the maquis degradation stage, the annual range of soil temperature was the lowest (19.0 °C). The air and soil tem-

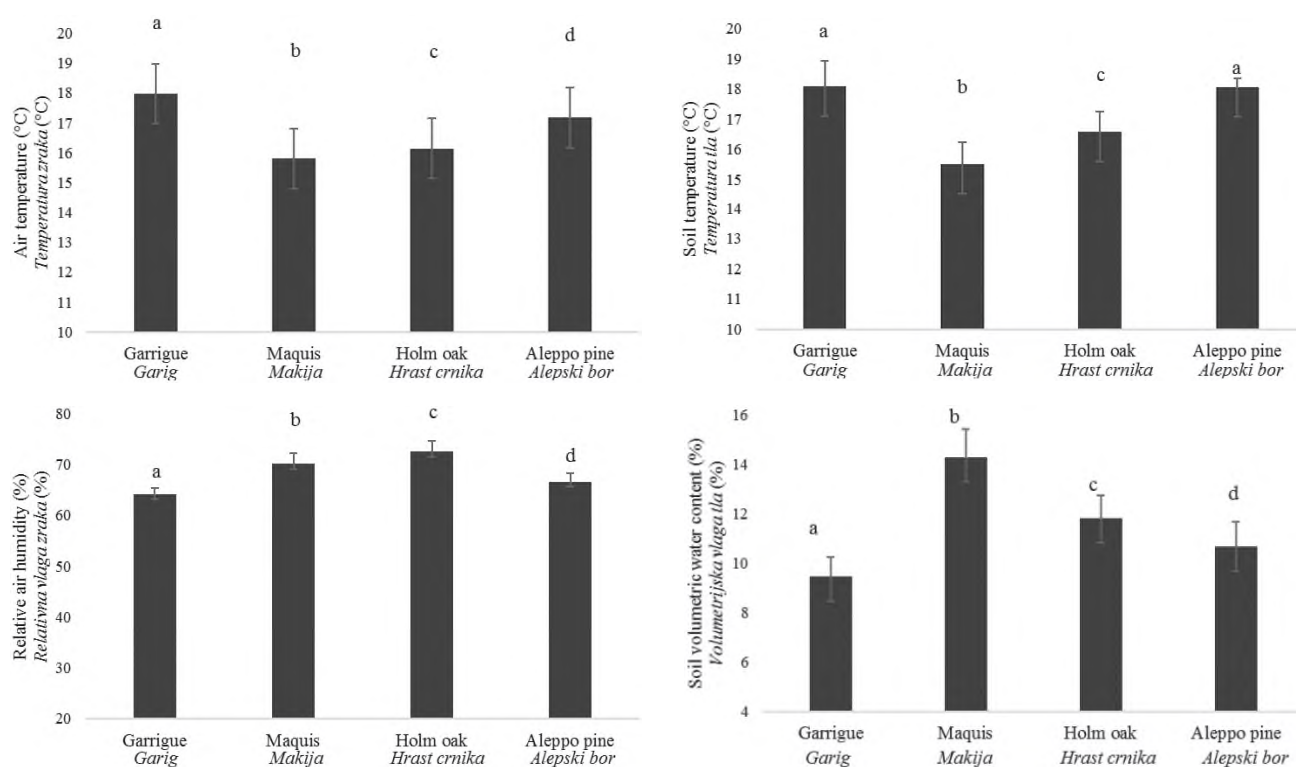


Figure 4. Comparison of the mean values of air and soil temperatures, air humidity, and volumetric soil moisture. (a,b,c,d Values marked with different letters differ significantly, $p < 0.05$, bars represent mean values and standard errors)

Slika 4. Usporedba prosječnih vrijednosti temperatura zraka i tla, relativne vlage zraka i volumetrijske vlage tla (a,b,c,d Vrijednosti označene različitim slovom značajno se razlikuju, $p < 0,05$, stupci predstavljaju prosječne vrijednosti i standardne pogreške)

perature ranges were lower in Holm oak forest stand than in garrigue and Aleppo pine forest stands. In the garrigue degradation stages, range of annual air temperature was 40.25 °C, higher than other types of forest stands. The range of soil temperature in garrigue was 21.30 °C. The highest annual range of relative air humidity (81.31%) was in the maquis. The lowest annual range of relative air humidity was in Holm oak forest (77.25 %). The annual range of volumetric soil moisture was highest in garrigue, 82.80% (Figure 2, 3).

The highest mean air temperature (17.98 °C, $p < 0.0000$, MS = 0.08, df = 150.00) and soil temperature (18.09 °C, $p < 0.0000$, MS = 1.16, df = 147.00) were measured in the garrigue. The lowest mean air temperature (15.81 °C) and soil temperature (15.52 °C) were in maquis (Figure 4).

The highest mean relative air humidity was measured in the Holm oak forest (72.59%), and the highest mean volumetric soil moisture was measured in maquis (14.28%). The air temperature ($p < 0.0000$, MS = 0.08, df = 150.00), relative air humidity ($p = 0.0000$, MS = 9.52, df = 150.00), soil temperature ($p = 0.0000$, MS = 1.16, df = 147.00), volumetric soil moisture ($p < 0.0000$, MS = 5.21, df = 147.00), precipitation ($p = 0.0000$, MS = 66.22, df = 60.00), potential evapotranspiration ($p < 0.0000$, MS = 0.44, df = 60.00), and dry season water deficit ($p = 0.0001$, MS = 24.08, df = 42.00)

differed significantly between the degradation stages of garrigue and maquis (Figures 3 and 4). We found significant difference between the mean air temperatures in the Holm oak forest versus the maquis stage ($p < 0.0000$, MS = 0.08, df = 150.00). The mean values of soil temperature ($p = 0.0000$, MS = 5.21, df = 147.00), relative air humidity ($p = 0.0000$, MS = 9.52, df = 150.00), precipitation ($p = 0.0000$, MS = 66.29, df = 60.00), and potential evapotranspiration ($p = 0.0001$, MS = 0.44, df = 60.00) were higher in the stands of Holm oak in comparison to in the maquis degradation stage. Significant differences were found between the stands of Holm oak and Aleppo pine in the values of air temperature ($p < 0.0042$, MS = 0.08, df = 150.00), relative air humidity ($p = 0.0000$, MS = 9.52, df = 150.00), soil temperature ($p < 0.0001$, MS = 1.16, df = 147.00), volumetric soil moisture ($p < 0.0121$, MS = 5.21, df = 147.00), precipitation ($p < 0.0004$, MS = 66.29, df = 60.00), potential evapotranspiration ($p < 0.0000$, MS = 0.44, df = 60.00), and dry season water deficit ($p < 0.0004$, MS = 24.08, df = 42.00). The highest average precipitation (77.93 mm, $p < 0.0000$, MS = 66.29, df = 60.00) and potential evapotranspiration (89.15 mm, $p < 0.0000$, MS = 0.44, df = 60.00) were in the garrigue degradation stage. The lowest average precipitation (51.95 mm, $p < 0.0000$) and potential evapotranspiration (83.79 mm, $p < 0.0000$) were in the maquis stage. The mean dry season (summer) water deficit was highest in the garrigue

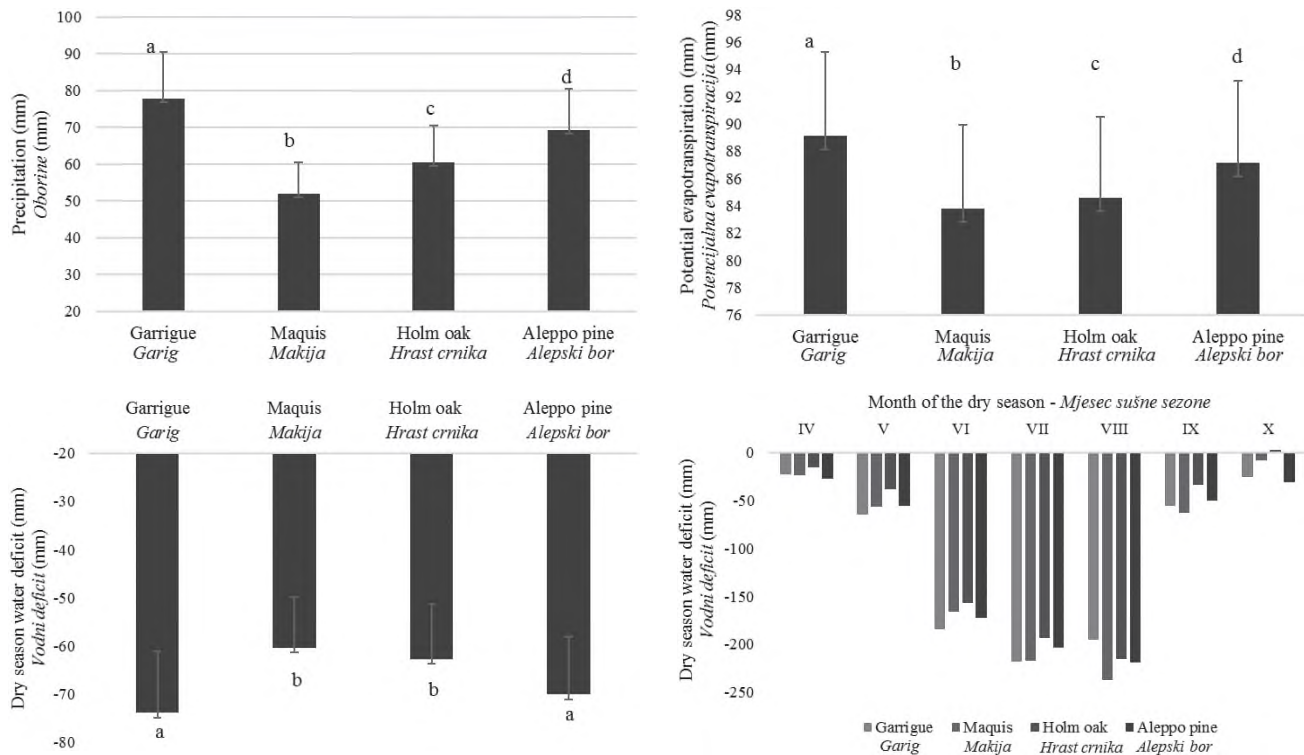


Figure 5. Comparison of mean values of precipitation, potential evapotranspiration, and dry season water deficit. (a,b,c,d Values marked with different letters differ significantly, $p < 0.05$, bars represent mean values and standard errors)

Slika 5. Usporedba prosječnih vrijednosti oborine, potencijalne evapotranspiracije i vodnog deficita u sušnom periodu (a,b,c,d Vrijednosti označene različitim slovom značajno se razlikuju, $p < 0,05$, stupci predstavljaju prosječne vrijednosti i standarne pogreške)

stage (-73.95 mm, $p < 0.0000$, $MS = 24.08$, $df = 42.00$) and lowest in the maquis (-60.38 mm). We found no significant difference in dry season water deficit between Holm oak forest and maquis ($p < 0.4400$, $MS = 24.08$, $df = 42.00$). No significant differences were found in mean dry season water deficits between garrigue (-73.95 mm) and Aleppo pine

forest stand (-70.09 mm, $MS = 24.08$, $df = 42.00$, $p = 0.5038$). The dry season water deficit started in April and ended in October (Figure 4). For all analyzed degradation stages and types of forest stand, the lowest average water deficit was in April, from -15.48 to -26.99 mm, and the highest was in July, from -193.40 to -218.27 (Figure 5).

Table 2. Results from two-factor repeated measures ANOVA testing for the effects of type of forest stand and season on microclimate variables
Tablica 2. Rezultati analize varijance ponovljenih mjerenja (ANOVA) za dva faktora, tip šumske sastojine i godišnje doba, za mikroklimatske elemente

Microclimate Variables Mikroklimatske varijable	Stand type Tip sastojine		Seasons Godišnje doba		Stand type x seasons Sastojina x God. doba	
	F	p	F	p	F	p
Air temp. Temp. zraka	656.01	0.0000	41.80	0.0000	8.54	0.0000
Soil temp. Temp. tla	72.98	0.0000	56.41	0.0000	35.41	0.0000
Air humidity Vlaga zraka	85.56	0.0000	23.07	0.0000	15.32	0.0000
VSM	44.65	0.0000	47.07	0.0000	3.69	0.0000
Precipitation Oborine	45.29	0.0000	2.49	0.0000	2.49	0.0000
PET	328.42	0.0000	26.92	0.0000	3.37	0.0000
DSWD	4.65	0.0067	1.77	0.1984	0.17	0.9952

VSM – volumetric soil moisture, volumetrijska vlaga tla; PET – potential evapotranspiration, potencijalna evapotranspiracija; DSWS – dry season water deficit, vodni deficit u sušnom periodu

According to the results presented in Table 2, the difference between two analysed factors and the interaction of factors stand type $\times$ seasons was statistically significant for all microclimate variables, except dry season water deficit. Differences were established between dry season water deficit and forest stand type and seasons ($p < 0.0000$), while no differences were found in the interaction of those two factors ($p=0.9952$).

The differences in values of dry season water deficit between Holm oak forests and maquis were not statistically significant. Between garrigue and maquis, there was a statistically significant difference in the dry season water deficit in spring ($p=0.0329$), summer ($p=0.0046$) and autumn ($p=0.0256$). In the comparison between Aleppo pine forest stand and maquis, there was a higher value of dry season water deficit during summer ($p=0.0138$), while no differences were detected for spring ($p=0.0577$) or autumn ($p=0.0731$). There were also no statistically significant differences for dry season water deficit by season between the garrigue and Aleppo pine forest stand ($p=0.6369$).

DISCUSSION RASPRAVA

The largest amplitudes for most of the analyzed climatic elements were found in the garrigue degradation stage. This is explained by the structure of this degradation stage, in which plant cover is from 40 to 50% and the crown cover is significantly interrupted. The development of forest from the garrigue stage to Holm oak forest contributes to significant reductions in air and soil temperature ranges. Lower ranges of air and soil temperatures were found in Holm oak forests due the full tree canopy, subcanopy tree layer, and well-developed shrub layer.

Minimal air temperatures were lowest in maquis, meaning that the maquis degradation stage could be a less favorable breeding form for the germination of Holm oak seeds in comparison to the high silvicultural form of Holm oak forests with myrtle. According to Larcher (1969) Holm oak is most sensitive in the germination phase. A temperature drop of -2 to -3 °C is sufficient to cause damage to young plants. According to Potter *et al.* (2001), the buds and leaves of Holm oak are sensitive at a minimum air temperature of -5 °C. The minimum air temperature on the island of Mljet can drop to -5.2 °C (Seletković *et al.* 2011).

When maquis is considered as less favourable breeding form for Holm oak seedling growth and development, light as an ecological factor should be considered. High density and small amount of relative light intensity in maquis form (Oršanić *et al.* 2011) also has a greater impact on young plants.

According to Aussenac (2000) and Ugarković *et al.* (2017), soil temperature is affected by stand structure and plant abundance. In general, forest cover buffers the daily and seasonal temperature differences compared to open ground and notably clear-felled areas. Soil temperature is affected by the nature and density of cover. Soils under forest cover are warmer in the winter and colder in the summer than clear-felled areas (Aussenac 2000).

The highest maximum and average air and soil temperatures were measured in garrigue due to forest gaps indicating higher light intensity. Larger openings appear in the canopy and the stand is unable to modify the climatic elements. The lowest average air and soil temperatures were recorded in the maquis stage and probably resulted from the climate-moderating influence of dense vegetation. Large numbers of plants per unit area in this degradation stage and high plant cover moderate the influence of solar radiation. Differences in air and soil temperature, relative air humidity, volumetric soil moisture, precipitation and potential evapotranspiration between Holm oak forest stand and maquis were significant, but not for dry season water deficit. Maquis is the first degradation stage and certain ecological conditions are less favorable for Holm oak than in a forest with a high silvicultural form. According to the climatic element values, stands of Aleppo pine are more arid than stands of Holm oak and the maquis degradation stage. Reforestation with Aleppo pine as the stage before Holm oak forests, i.e., as a progression toward the return of climatogenic vegetation, improves the microclimate conditions needed for the return of Holm oak.

Air humidity is higher within forests than outside them due to poor internal mixing of internal and external air, and because higher quantities of water move from the soil depths to the air due to plant metabolism (Penzar and Penzar 2000). For that reason, the mean value of relative air humidity was highest in the Holm oak forest with myrtle in which there are tree, subcanopy tree, and shrub layers.

Previous studies have indicated that forest cover has little (Aussenac 2000, Morecroft *et al.* 1998, Gehlhausen *et al.* 2000, Meyer *et al.* 2001) or no (Valigura and Messina 1994) effect on the relative air humidity. In the present study, a significantly lower average air humidity was found in stages with interrupted forest cover (garrigue) and in the Aleppo pine forest stand. Generally, forest cover and tree species composition influence air humidity in Mediterranean forest ecosystems.

The maximum value of volumetric soil moisture was highest in the garrigue stage. Considering the low plant cover in this degradation stage, there is less interception (Nakamura *et al.*, 2017) and much more precipitation falls on the ground in a shorter period of time. Due to the low plant cover and low interception, we hypothesize that there is greater

surface runoff, though additional research is needed to test this hypothesis.

According to Martín et al. (2014), large amounts of precipitation, soil moisture, and relative air humidity had significant and positive influences on tree growth, while high temperatures, evapotranspiration, and solar radiation had significant negative effects. Accordingly, the microclimate conditions in the garrigue degradation stage are less favorable for the growth and development of forest tree species such as Holm oak than in the maquis stage and in high silvicultural form stands. In wetter areas where annual precipitation exceeds 700 mm, soil moisture is always higher under tree crowns than outside tree crowns (Joffre and Rambal 1993). Here, average soil moisture was also found to be significantly lower in garrigue than maquis and high silvicultural forest forms as expected, due to the complete canopies in the maquis stage and high silviculture forest form as opposed to the discontinuous canopy in the garrigue. This sparse canopy and lower interception of precipitation also gave the highest soil moisture range and maximum value in garrigue.

The relative air humidity is known to have ecological significance for the supply of surface soil layers through condensation (Oršanić et al. 2011). Limited moisture will often determine the abundance of Holm oak seedlings for successful regeneration in Mediterranean areas (Oliet and Jacobs 2007). Though many factors can influence acorn production, the summer water status of plants is likely the predominant factor affecting seed growth and acorn production (Carevic et al. 2010). According to the results presented here, the best conditions for volumetric soil moisture and dry season water deficit are found in the Holm oak forest stands and the maquis degradation stage. Despite being a degradation stage, maquis is favourable for the growth of Holm oak, given the values of the dry season water deficit with regard to the ecological water requirements of Holm oak.

Under the current conditions of changing a macroclimate, microclimate conditions are also altered. According to Nunes et al. and Sardans and Peñuelas (Nunes et al. 2017, Sardans and Peñuelas 2004), longer and more frequent periods of drought can be expected in the near future in the Mediterranean forest ecosystems. By the end of the 21st century, precipitation is expected to decline in the Mediterranean as a result of climate change (Limousin et al. 2008) which will certainly have a strong impact on the negative water balance in the soil during the summer months.

Changes in the amount of available water in the soil may be a key factor in tree survival and ecosystem productivity, particularly in semiarid regions (Moreno and Cubera 2008). Due to climate change, the Mediterranean region is becoming drier, and reduced growth can be expected, which will benefit drought-tolerant species such as *Phillyrea latifolia*, while wetter (more mesophilic) species such as Holm oak

will be lost. Holm oak has lower growth rates and higher mortality in drought conditions in comparison to the less susceptible *Phillyrea latifolia* and *Arbutus unedo* (Ogaya et al. 2003), and has a lower ecological amplitude for soil moisture and drought than the *Erica arborea* and *Myrtus communis* species which appear in the garrigue stage.

Considering the ecological requirements of Holm oak, it is not recommended for spaces to be filled in the garrigue degradation stage. Openings in garrigues should be reforested with species that have broader ecological amplitudes for soil conditions, particularly soil moisture, such as Aleppo pine, maritime pine, Turkish pine, and manna ash. Under pine stands, the soil gradually takes on properties that allow for the appearance of species that make up the composition of the Holm oak forest. This is a long-term process that could take 60 to 80 years or more, depending on the habitat conditions (Matić et al. 2011).

The values of all analysed microclimate elements in the Aleppo pine forest stand were more favourable than in the garrigue, with the exception of dry season water deficit. For that reason, the share of Holm oak in Aleppo pine stands is very low, at just a few percent, and Holm oak is almost absent in garrigues (Table 1). There are opposing opinions on Aleppo pine as a pioneer and amelioration tree species. Some claim that it improves the habitat for the return of Holm oak (Španjol et al. 2006), while others suggest that these improvements are unsuccessful (Maestre and Cortina 2004). It is our conclusion that Aleppo pine improves the microclimate conditions for Holm oak, though this is a long-term process.

An understanding of how ecological factors function and the reaction of ecosystem parts to those factors is essential to support the natural functioning of managed forest ecosystems. By associating microclimatic factors with the numerous morphological and biological properties of Holm oak (e.g., germination, height growth, mortality, etc.), this allows us to obtain a better understanding of the functioning of these complex forest ecosystems.

ACKNOWLEDGEMENTS

ZAHVALA

We thank Jakov Nodilo, B.Sc. Forest engineer, an employee of Mljet National Park, to assist with field research.

REFERENCES

LITERATURA

- Archibold, O.W., 1995: Ecology of World Vegetation, Chapman and Hall, London, UK.
- Arx von, G., E.G. Pannatier, A. Thimonier, M. Rebetez, 2013: Microclimate in forests with varying leaf area index and soil moisture: potential implications for seedling establishment in a changing climate. J Ecol, vol. (101): 1201.-1213.

- Aussenac, G., 2000: Interactions between forest stand and microclimate: ecophysiological aspects and consequences for silviculture. *Ann For Sci*, vol. (57): 287.-30.
- Baeza, M.J., A. Pastor, J. Matín, M. Ibáñez, 1991: Mortalidad post implantación en repoblaciones de *Pinus halepensis*, *Quercus ilex*, *Ceratonia siliqua* y *Tetraclinis articulata* en la provincia de Alicante, *Oecologia*, vol. (8): 139.-146.
- Caravaca, F., C. García, M.T. Hernández, A. Roldán, 2002: Aggregate stability changes after organic amendment and mycorrhizal inoculation in the afforestation of a semiarid site with *Pinus halepensis*, *App Soil Ecol* (19): 199.-208.
- Carevic, F.S., M. Fernández, R. Alejano, J. Vázquez-Piqué, R. Tapias, E. Corral, J. Domingo, 2010: Plant water relations and edaphoclimatic conditions affecting acorn production in a holm oak (*Quercus ilex* L. ssp. *ballota*) open woodland. *Agroforest Syst* vol: (78): 299.-308.
- Čavlović, J., 2010: Prva nacionalna inventura šuma u Republici Hrvatskoj (First National Forest Inventory in Republic of Croatia), University of Zagreb Faculty of Forestry and Ministry of Agriculture, Zagreb.
- Di Castri, F., 1981: Mediterranean – type shrublands of the world. In *Mediterranean-type shrublands*, F. Di Castri, D.W. Goodall, R.L. Specht, Elsevier, vol. (2): 1.-52., Amsterdam.
- Dufour – Dror, J.M., A. Ertas, 2004: Bioclimatic perspectives in the distribution of *Quercus ithaburensis* Decne, Subspecies in Turkey and in the Levant, *J Biogeogr*, vol. (31): 461.-474.
- Gehlhausen, S.M., M.W. Schwartz, C.K. Augspurger, 2000: Vegetation and microclimate edge effects in two mixed-mesophytic forest fragments, *Plant Ecol*, vol. (147): 21.-35.
- Horvatić, S., 1957: Pflanzengeographische Gliederung des Karstes Kroatiens und der angrenzenden Gebiete Jugoslawiens, *Acta Bot. Croat.*, vol. (16): 33.-61.
- Horvatić, S., 1958: Tipološko raščlanjivanje primorske vegetacije gariga i borovih šuma, *Acta Bot. Croat*, vol. (17): 1.-98.
- Horvatić, S., 1963: Biljnogeografski položaj i raščlanjivanje naših primorja u svjetlu suvremenih fitogeografskih istraživanja, *Acta Bot. Croat.* vol. (22): 27.-81.
- Joffre, R., S. Rambal, 1993: How tree cover influences the water balance of Mediterranean rangelands, *Ecology*, vol. (74): 570.-582.
- Larcher, W., 1969: Zunahme des Frostabhärtungsvermögens von *Quercus ilex* im Laufe der Individualentwicklung, *Oecol Plant*, vol: (88): 130.-135.
- Latif, Z.A., A. Blackburn, 2010: The effects of gap size on some microclimate variables during late summer and autumn in a temperate broadleaved deciduous forest, *Int J. Biometeorol.*, vol. (54): 119.-129.
- Limousin, J.M., S. Rambal, J.M. Ourcival, R. Joffre, 2008: Modeling rainfall interception in a mediterranean *Quercus ilex* ecosystem: Lesson from a throughfall exclusion experiment, *J Hydrol*, vol: 357 (1-2): 57.-66.
- Loisel, R., 1971: Séries de végétation propres en Provence aux massif des Maures et de l'Estérel, *Bull. Soc. Bot. Fr.*, vol. (118): 203.-236.
- Maestre, F.T., J. Cortina, S. Bautista, J. Bellot, 2003: Does *Pinus halepensis* facilitate the establishment of shrubs under semiarid climate? *For Ecol Manag*, vol (176): 147.-160.
- Maestre, F.T., J. Cortina, 2004: Are *Pinus halepensis* plantations useful as a restoration tool in semiarid Mediterranean areas? *Forest Ecology and Management*, vol. (198): 303.-317.
- Martín, D., J. Vázquez – Piqué, M. Fernández, R. Alejano, 2014: Effect of ecological factors on intra-annual stem girth increment of holm oak, *Trees*, vol. (28): 1367.-1381.
- Matic, S., I. Anić, M. Oršanić, S. Mikac, 2011: Tending and regeneration of forests in the Croatian Mediterranean region, In *Forests of the Croatian Mediterranean*, Matic, S. *Academy of forest sciences*, vol. (1): 387.-392, Zagreb.
- Meyer, C.L., T.D. Sisk, W. Wallace Covington, 2001: Microclimatic changes induced by ecological restoration of Ponderosa pine forests in Northern Arizona, *Restorat Ecol*, vol. (9): 443.-452.
- Millán, M., M.J. Estrela, C. Bardenas, 1997: Meteorological process relevant to forest fire dynamics on the Spanish Mediterranean Coast, *J Appl Meteorol*, vol. (37): 83.-100.
- Morecroft, M.D., M.E. Taylor, H.R. Olivier, 1998: Air and soil microclimates of deciduous woodland compared to an open site, *Agric For Meteorol*, vol. (90): 141.-156.
- Moreno, G., J.J. Obrador, E. García, E. Cubera, M.J. Montero, F.J. Pulido, C. Dupraz, 2007: Driving competitive and facilitative interactions in oak desesas with management practices, *Agrofor Syst*, vol. (70): 25.-40.
- Moreno, G., E. Cubera, 2008: Impact of stand density on water status and leaf gas exchange in *Quercus ilex*, *Forest Ecol Manag*, vol. (254): 74.-84.
- Nakamura, A., R.L. Kitching, M. Cao, T.J. Creedy, T.M. Fayle, M. Freiberg, C.N. Hewitt, T. Itiok, L.P. Koh, K. Ma et al., 2017: Forests and their canopies: Achievements and horizons in canopy science, *Trends Ecol Evol*, vol. (32-6): 438.-451.
- Navarro Cerrillo, R.M., P. Carrasco, R. Amores, G. Palacios, 2001: Seguimiento de trabajos de forestación de tierras agrarias en Andalucía: El caso de Huelva, In *III Congreso Forestal Español*. Sociedad Española de Ciencias Forestales, vol. (3): 745.-750, Granada.
- Nunes, A., M. Köbel, P. Pinho, P. Matos, F. de Bello, O. Correia, C. Branquinho, 2017: Which plant traits respond to aridity? A critical step to assess functional diversity in Mediterranean drylands, *Agric For Meteorol*, vol. (239): 176.-184.
- Ogaya, R., J. Penuelas, J. Martínez – Vilata, M. Mangirón, 2003: Effect of drought on diameter increment of *Quercus ilex*, *Phillyrea latifolia* and *Arbutus unedo* in a Holm oak forest of NE Spain, *Forest Ecol Manag*, vol. (18): 175.-184.
- Ogaya, R., J. Penuelas, 2006: Contrasting foliar responses to drought in *Quercus ilex* and *Phillyrea latifolia*, *Biol Plant*, vol. (50): 373.-382.
- Olliet, J.A., D.F. Jacobs, 2007: Microclimatic conditions and plant morpho-physiological development within a tree shelter environment during establishment of *Quercus ilex* seedlings, *Agr Forest Meteorol*, vol. (144): 58.-72.
- Oršanić, M., D. Drvodelić, D. Ugarković, 2011: Ecological and biological properties of Holm Oak (*Quercus ilex* L.) on the Island of Rab, *Croat J For Eng*, vol. 32(1): 31.-42.
- Penzar, I., B. Penzar, 2000: *Agrometeorologija*, 1st ed., Školska knjiga, Zagreb.
- Porté, A., F. Huard, P. Dreyfus, 2004: Microclimate beneath pine plantation, semi-mature pine plantation and mixed broadleaved-pine forest, *Agr Forest Meteorol*, vol. (26): 175.-182.

- Potter, B.E., R.M. Teclaw, J.C. Zasada, 2001: The impact of forest structure on near-ground temperatures during two years of contrasting temperature extremes, *Agr Forest Meteorol.*, vol. (106): 331.-336.
- Rey Benayas, J.M., A. Camacho – Cruz, 2004: Performance of *Quercus ilex* saplings planted in abandoned Mediterranean cropland after long-term interruption of their management, *Forest Ecol Manag.*, vol (194): 223.-233.
- Rodà, F., J. Retana, C. Gracia, J. Bellot, 1999: Ecology of Mediterranean evergreen oak forests, *Ecological Studies*, Springer, Berlin.
- Sardans, J., J. Peñuelas, 2004: Increasing drought decreases phosphorus availability in an evergreen Mediterranean forest, *Plant Soil*, vol. (267): 367.-377.
- Seletković, Z., I. Tikvić, M. Vučetić, D. Ugarković, 2011: Climatic features and the vegetation of Mediterranean Croatia, In *Forests of the Croatian Mediterranean*, Academy of forest sciences, 157–161, Zagreb.
- StatSoft, Inc, 2003: STATISTICA for Windows. Publisher: StatSoft Inc., Tulsa, USA.
- Šimunić, I., 2016: Regulation and protection of water, Croatian University Press 1, University of Zagreb Faculty of Agriculture, 165 pp, Zagreb.
- Španjol, Ž., D. Barčić, R. Rosavec, D. Ugarković, 2006: Ameliorative role of Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) in the regeneration of climatozonal vegetation, *Period Biol.*, vol. (108): 655.-662.
- Topić, V., L. Butorac, 2011: The anti-erosion, hydrological and water-protective role of Mediterranean forests, In *Forests of the Croatian Mediterranean*, 1st ed., Matic, S. Ed, Academy of forest sciences, vol. (1): 326.-336.
- Trinajstić, I., 1985: Fitogeografsko-sintaksonomski pregled vazdazelenih šumske vegetacije razreda Quercetea ilicis Br.-Bl. u jadranskom primorju Jugoslavije: *Poljopr. Šum.*, vol. (31): 71.-96.
- Trinajstić, I., 1988: O problemu sintaksonomske pripadnosti šuma alepskog bora – *Pinus halepensis* Miller u jadranskom primorju Jugoslavije. *Glas. Šum. Pokuse* 24: 233.-245.
- Ugarković, D., I. Tikvić, M. Šporčić, Ž. Španjol, R. Rosavec, 2017: Utjecaj strukture sastojina na mikroklimu šumskih ekosustava hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) i alepskog bora (*Pinus halepensis* Mill.), *Nova Meh. Šumar* 38: 57.-65., Zagreb.
- 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, *Šumar List* 5-6: 235.-245., Zagreb.
- Vallejo, R., J.A. Alloza, 1999: The restoration of burned lands: the case of eastern Spain. In *Large Forest Fires*, 1st ed., Vallejo, R., Ed Backhuys, vol. (1): 91-108, Leiden.
- Valigura, R.A., M.G. Messina, 1994: Modification of Texas clear-cut environments with Loblolly Pine shelterwoods, *J Environ Manage*, vol. (40): 283.-295.

SAŽETAK

Hrast crnika (*Quercus ilex* L.) je temeljna autohtona šumska vrsta eumediteranskog područja Hrvatske. Hrast crnika pridolazi u svim uzgojnim oblicima i degradacijskim stadijima, a makije i garizi su najčešći degradacijski stadiji crnikovih šuma. Nekontroliranim sječama sastojina sjemenjača i njihovim prevođenjem u degradacijske stadije, mijenjamo mikroklimu određene sastojine. Mikroklimatska istraživanja obavljena su na području otoka Mljet. Mjerenja su obavljena u šumi hrasta crnike, u degradacijskim stadijima makija i garig te u šumi alepskog bora s hrastom crnikom. Tijekom dvije godine mjerena je temperatura zraka (°C), temperatura tla (°C), oborine (mm), relativna vlaga zraka (%) te volumetrijska vlaga tla (%). Potencijalna evapotranspiracija je izračunata prema metodi Blaneau i Criddle. Vodni deficit tijekom sušnog perioda izračunat je kao razlika mjesečne količine oborine (mm) i potencijalne evapotranspiracije (mm). Najveća kolebanja mikroklimatskih elemenata su izmjerena u degradacijskim stadijima hrasta crnike. Najveća apsolutna maksimalna temperatura zraka izmjerena je u stadiju garig, a najveća minimalna u stadiju makije.

Prosječne vrijednosti temperatura zraka i tla, oborine i potencijalne evapotranspiracije su bile najveće u stadiju gariga, a najmanje u stadiju makije. Prosječna vrijednost relativne vlage zraka je imala najveću vrijednost u visokoj šumi hrasta crnike. Prosječna volumetrijska vlaga tla je bila najveća u makiji (14,28 %), a najmanja u stadiju gariga (9,46 %). Vodni deficit u sušnom periodu bio je najveći u stadiju gariga (-73,95 mm), a najmanji u stadiju makije (-60,38 mm). Mikroklimatske prilike u degradacijskom stadiju gariga su nepovoljne za rast i razvoj hrasta crnike u odnosu na mikroklimatske prilike u sastojini visokog uzgojnog oblika. Prosječne vrijednosti mikroklimatskih elemenata u sastojini alepskog bora s hrastom crnikom bile su između prosječnih vrijednosti mikroklimatskih elemenata sastojine gariga i makije. Analiza ovih podataka mikroklimatske služi boljem poznavanju ekoloških prilika šumskih staništa.

KLJUČNE RIJEČI: mikroklima šume, struktura šume, hrast crnika, degradacijski stadiji, alepski bor

REDEFINICIJA KRITIČNIH BROJEVA JAJNIH LEGALA GUBARA (*Lymantria dispar* L.) ZA HRAST LUŽNJAK (*Quercus robur* L.) I PRVI IZRAČUN ZA OBIČNU BUKVU (*Fagus sylvatica* L.) U REPUBLICI HRVATSKOJ

REDEFINITION OF CRITICAL NUMBERS OF GYPSY MOTH (*Lymantria dispar* L.) EGG MASSES FOR PEDUNCULATE OAK (*Quercus robur* L.) AND FIRST CALCULATION FOR COMMON BEECH (*Fagus sylvatica* L.) IN REPUBLIC OF CROATIA

Ivan LUKIĆ¹, Nikola LACKOVIĆ¹, Milan PERNEK^{1*}, Christa SCHAFELLNER²

SAŽETAK

Gubar (*Lymantria dispar*) je jedan od najvažnijih šumskih štetnika na području Republike Hrvatske. Iz sustavnog praćenja gradacija u kontinentalnom području uočeno je da se gubar masovno pojavljuje svakih 10 do 11 godina, dok su u mediteranskom području gradacije češće i nepravilnije u periodicitetu. Kako bi odredili je li potrebno suzbijati gubara, važno je utvrditi intenzitet napada. Intenzitet napada ovisi o gustoći populacije ličinki, a gustoća populacije je povezana s raspoloživom masom lišća u sastojini. S obzirom da za hrast lužnjak postoji metodologija izračuna intenziteta napada, cilj ovoga rada je preispitati i redefinirati kritične brojeve jajnih legala gubara, primjenjujući rezultate recentnih istraživanja. S obzirom da za običnu bukvu do danas nisu poznati kritični brojevi, cilj je bio definirati ih. Za izračun kritičnih brojeva potrebno je izračunati prosječnu masu lišća koju pojede jedna ličinka te prosječnu masu lišća jednog stabla. Laboratorijski pokus prehrane lišćem hrasta lužnjaka i obične bukve postavljen je kako bi se utvrdila prosječna masa pojedenog lišća, a prosječna masa lišća jednog stabla je utvrđena korištenjem dostupnih modela biomase lišća. Rezultati izračuna kritičnih brojeva jajnih legala za hrast lužnjak pokazuju kako je taj broj u odnosu na do sada korišteni viši, što znači da će površina koju treba tretirati biti manja. Rezultati izračuna kritičnih brojeva jajnih legala za običnu bukvu predstavljaju potpuno novi i originalan podatak. Kritične brojeve jajnih legala prikazane u ovome radu potrebno je provjeriti prilikom sljedeće gradacije gubara kroz terensku evaluaciju, kako bi ih potvrdili. Daljnja razrada kritičnih brojeva moguća je korištenjem dostupnih prirasno-prihodnih tablica (bonitet i EGT) te podacima iz nacionalne inventure šume. Korištenje trenutno dostupnih modela biomase ukazuje na potrebu istraživanja mase lišća u krošnji stabala različite starosti za područje Republike Hrvatske, kako bi se usavršila preciznost izračuna kritičnih brojeva jajnih legala gubara.

KLJUČNE RIJEČI: šumski štetnik, gustoća populacije, jajna legla, ličinke

¹ Dr.sc. Ivan Lukić, Division for Forest Protection and Game Management, Croatian Forest Research Institute, 10450 Jastrebarsko, Croatia

¹ Dr.sc. Milan Pernek, Division for Forest Protection and Game Management, Croatian Forest Research Institute, 10450 Jastrebarsko, Croatia *milanp@sumins.hr

¹ Dr.sc. Nikola Lacković, Division for Forest Protection and Game Management, Croatian Forest Research Institute, 10450 Jastrebarsko, Croatia

² Prof.dr.sc. Christa Schafellner, Institute of Forest Entomology, Forest Pathology and Forest Protection, BOKU – University of Natural Resources and Life Sciences, 1190 Vienna, Austria

UVOD

INTRODUCTION

Šumski štetnici svrstani su u biotičke čimbenike koji mogu značajno utjecati na zdravstveno stanje šuma (Androić, 1970). Jedan od istaknutih biotičkih čimbenika je gubar (*Lymantria dispar* L., Lepidoptera, Erebidae), koji se pojavljuje pretežno u hrastovim (*Quercus* spp.) sastojinama te urbanim područjima na različitim vrstama drveća (Kovačević, 1956; Tomiczek i dr., 2007). Smatra se jednim od najznačajnijih šumskih štetnika na području Europe (Turbé i dr., 2012), a od introdukcije 1869. godine invazivno se širi na području Sjeverne Amerike (Forbush i Fernald, 1896). Može se pojaviti na velikim površinama (Jošovec, 1924; Langhoffer, 1926; Kovačević, 1931; Kovačević, 1949; Schmidt, 1956; Androić, 1965), a na značaju posebice dobiva pojavom hrastove pepelnice – *Erysiphe alphitoides* (Griff. et Maubl.) U. Braun & S. Takam (Erysiphales: Erysiphaceae) na europskom kontinentu 1907. godine (Gla-vaš, 1999) te se u kombinaciji, ova dva čimbenika smatraju jednim od najvažnijih biotičkih uzročnika sušenja sastojina hrasta lužnjaka (Kovačević, 1928). Gradacije gubara na području Republike Hrvatske zabilježene su 1877., 1882., 1888. – 1890., 1899., 1908. – 1911., 1914., 1922., 1926., 1930. – 1933. i 1941. godine (Kovačević, 1949; Kovačević, 1956). Nadalje, gradacije su zabilježene 1948. – 1950., 1962. – 1966., 1970. – 1975., 1982. – 1984., 1992. – 1994. i 2003. – 2005. i 2012. – 2014. godine (Pernek i Pilaš, 2005; Pernek i dr., 2008; Pernek, 2018).

Pregledom gradoloških podataka, uočeno je da se gubar u kontinentalnom području pojavljuje svakih 10 do 11 godina u razdoblju od 1970. – 2005. godine (Pernek i dr., 2008). S druge strane, podaci o gradacijama iz mediteranskog područja vrlo su rijetki, ali spominju se gradacije na otoku Braču (Beltram, 1935) i Cresu (Devčić, 1954). Kovačević (1956) opisuje da gradacije traju obično dvije godine, a zabilježene gradacije iz 1988., 1994., 1999., 2001., 2002., 2010. i 2013. potvrđuju razliku između ove dvije regije (Lacković i dr., 2015). Recentno istraživanje metodama molekularno genetike pokazalo je da se populacije gubara koje nastanjuju dvije odvojene regije genetički razlikuju te da su populacije koje nastanjuju Ilirsku obalu Jadranskog mora genetički najraznolikije u Europi (Lacković i dr., 2015; 2018).

Za potrajno gospodarenje šumskim sastojinama u kojima je prisutan gubar, ključni element uspjeha je kvalitetan monitoring i objektivna prognoza stanja populacije kako bi se mjere zaštite mogle primijeniti pravovremeno i racionalno. Androić (1965) na temelju podatka o 12 g lišća koje prosječno konzumira jedna ličinka gubara i prosječne mase lišća za hrastova stabla u sastojinama II. boniteta po Schwapachu (Burger, 1947) izračunava kritični broj ličinki gubara za jedno stablo određenog promjera. Kritični broj po tom modelu izračuna u praksi se nije koristio, već se od druge

polovice 20. stoljeća koristila metoda po intenzitetima zaraze (metoda brojanja jajnih legala po transektu). Prema toj metodi sva stabla na kojima se nalazi barem jedno jajno leglo se broje, a zbroj tako pobrojanih stabala podijeli se s ukupnim brojem stabala u sastojini, iz kojeg se dobije intenzitet zaraze koji se kategorizira u pet klasa (Vasić, 1981; Pernek i Pilaš, 2005). Obračuni novijeg datuma modificirani su na način da se kritični brojevi utvrde za jedno stablo (Androić, 1965; Vajda, 1974; Pernek, 2018). Nadalje se iz dobivenog podatka izračunava kritični broj jajnih legala po hektaru n-starosti sastojine te se razvrstava u tri kategorije rizika (Pernek, 2018).

Za sastojine obične bukve do sada su korišteni kritični brojevi jajnih legala namijenjeni za hrast lužnjak (Pernek, 2018), što kod postupka odluke za tretiranje, gotovo nužno dovodi do moguće pogreške u površinama predviđenim za tretiranje. U dostupnoj literaturi nisu pronađeni podaci izračuna kritičnih brojeva za ovu vrstu drveća te se po prvi puta prikazuju podaci o kritičnim brojevima jajnih legala gubara za običnu bukvu.

Ciljevi istraživanja bili su: preispitati i redefinirati kritične brojeve jajnih legala gubara za sastojine hrasta lužnjaka te definirati kritične brojeve jajnih legala za sastojine obične bukve. Također, neposredni cilj je laboratorijskim pokusom prehrane provjeriti točnost podatka o prosječnoj konzumaciji jedne ličinke (Androić, 1965), koji je izravno povezan s izračunom kritičnih brojeva, čime bi se racionalizirale mjere zaštite, što pak ima izravan odraz na ekološka i ekonomska gledišta primjene zaštitnih sredstava za suzbijanje gubara u šumskim sastojinama (Margaletić i dr., 2007; Pernek, 2018).

MATERIJAL I METODE

MATERIAL AND METHODS

Laboratorijski pokus prehrane – *Laboratory feeding trial*

Laboratorijski pokusi prehrane provedeni su od ožujka do srpnja 2016. godine u laboratoriju za entomološka ispitivanja, Zavod za zaštitu šuma i lovno gospodarenje, Hrvatski šumarski institut (HŠI).

Jajna legla gubara sakupljena su na području UŠP Koprivnica, šumarija Koprivnica, gospodarske jedinice Koprivničke nizinske šume (46°08'31,06" S 16°57'06,01" I) u prosincu 2015. godine u šumskoj zajednici hrasta lužnjaka i običnog graba (*Carpino betuli-Quercetum roboris* Horvat 1956) i čuvana u hladnjaku na 4 °C do početka pokusa. Lišće hrasta lužnjaka (45°39'53,87" S, 15°38'13,62" I) sakupljano je unutar rasadnika (HŠI), dok je lišće obične bukve sakupljano u perivoju dvorca Erdödy, Jastrebarsko (45°40'16,27" S, 15°38'45,15" I). Sakupljena jajna legla premještena su iz hladnjaka u kontrolirane uvjete početkom listanja korište-

nog lišća (obična bukva 30. ožujak 2016.; hrast lužnjak 03. travanj 2016.), nakon čega su ličinke podijeljene u dva odvojena pokusa. Pokusi su provedeni pod kontroliranim uvjetima temperature (20 ± 1 °C), s relativnom vlagom zraka od 65% i dnevno-noćnim uvjetima za rast i razvoj u omjeru od 16:8 sati.

Prvi pokus proveden je hranjenjem ličinki lišćem hrasta lužnjaka od eklozije do kukuljenja. Ličinke su od eklozije do kraja III. larvalnog stadija stavljene u staklene cilindre, gdje su skupno hranjene. Prelaskom u IV. larvalni stadij izdvojeno je 100 ličinki koje su pojedinačno stavljene u Petrijeve posudice te označene brojem. Lišće je svakodnevno davano za hranu ličinkama i vagano neposredno prije stavljanja u Petrijeve posudice. Ostaci lišća koji nisu konzumirani spremjeni su u zasebne PVC posudice za svaku ličinku pojedinačno, kako bi se izračunala prosječna masa pojedenog lišća. Završetkom larvalnog stadija i pojavom kukuljica, bilježeni su datumi kukuljenja te je po izlasku imaga određen spol.

Drugi pokus proveden je hranjenjem ličinki lišćem obične bukve od eklozije do kukuljenja, primjenjujući istu metodologiju kao i za prvi pokus.

Za vaganje je korištena analitička vaga BD ED 100 (ATL 224-I) (SARTORIUS, Göttingen, Njemačka) preciznosti 0,0001 g. Prema metodi koju je opisao Waldbauer (1968), ostaci lišća su sušeni 24 sata na 70 °C u sušioniku ST02 ER (INKOLAB, Zagreb, Hrvatska) i neposredno potom vagani.

ANALIZA PODATAKA

DATA ANALYSIS

Popis kratica koje se koriste u ovom istraživanju:

m_l	prosječna masa pojedenog lišća za jednu ličinku [kg/suhe mase]/average leaf mass consumed per one larvae [dry mass/kg]
m_T	prosječna masa lišća jednog stabla [kg/suhe mase]/average leaf mass per one tree [dry mass/kg]
KB_g	kritični broj ličinki za jedno stablo/critical number of larvae per tree
$KB_{JL(n)}/ha$	kritični broj jajnih legala po hektaru n-starosti sastojine/critical number of egg masses per hectare in stand (n-age)
$KB_{JL(n)}/stablo$	kritični broj jajnih legala za jedno stablo n-starosti sastojine/critical number of egg masses per tree in stand (n-age)
$Normala_{(n)}$	broj stabala po hektaru za sastojinu n-starosti/number of trees per hectare in stand (n-age)

Prosječna masa pojedenog lišća za jednu ličinku (– kg/suhe mase) izračunata je prema formuli (Waldbauer, 1968):

$$m_t = \left(m_{dl} \cdot \left(\frac{m_{lsv}}{m_{lsu}} \right) \right) - m_{nl}$$

m_{dl}	masa ponuđenog lišća ličinki [g/svježe mase]/mass of fresh leaves given to larvae [fresh mass/g]
m_{lsv}	prosječna masa deset listova u svježem stanju [g/svježe mase]/average mass of 10 fresh leaves [fresh mass/g]
m_{lsu}	prosječna masa deset listova u suhom stanju [g/suhe mase]/average mass of 10 dry leaves [dry mass/g]
m_{nl}	masa nepojedenog lišća [g/suhe mase]/mass of leaves leftover [dry mass/g]

Kako bi se masa ponuđenog lišća (m_{dl}) preračunala u protuvrijednost suhe tvari, korišten je omjer deset listova ($\frac{m_{lsv}}{m_{lsu}}$).

Vrijednost omjera deset listova računala se posebno za svaki tjedan ponuđene hrane i to ovim postupkom; posebno odvojenih deset listova (dimenzijama sličnim onima koji su davani ličinkama) izvagano u svježem stanju, zatim sušeni 24 sata na 70 °C i neposredno potom izvagani u suhom stanju, a za preračunavanje je korištena srednja vrijednost omjera deset listova (Waldbauer, 1968).

Izračun prosječne mase lišća jednog stabla (m_T – kg/suhe mase) hrasta lužnjaka napravljen je korištenjem modela višestruke regresije (Zianis i dr., 2005; Krejza i dr., 2017), koji kao ulazne podatke koristi prsni promjer (d) i visinu stabla (h):

$$m_T = a + b \times d^2 + c \times d \times h$$

$$a = 3,147133$$

$$b = 0,016944$$

$$c = -0,016698$$

$$d = \text{prsni promjer stabla (cm)}/\text{diameter at breast height (cm)}$$

$$h = \text{visina stabla (m)}/\text{tree height (m)}$$

Vrijednosti ulaznih podataka u ovom istraživanju preuzeti su iz prirasno-prihodnih tablica za hrast lužnjak, II. bonitet, sa područja Republike Hrvatske (Špiranec, 1975).

Izračun prosječne mase lišća jednog stabla (m_T – kg/suhe mase) obične bukve, napravljen je korištenjem regresijskog modela (Wutzler i dr., 2008):

$$m_T = a \times d^b \times h^c$$

$$a = 0,0377$$

$$b = 2,43$$

$$c = -0,0913$$

$$d = \text{prsni promjer stabla (cm)}/\text{diameter at breast height (cm)}$$

$$h = \text{visina stabla (m)}/\text{tree height (m)}$$

Ulazni podaci za izračun preuzeti su iz prirasno-prihodnih tablica za običnu bukvu, II. bonitet, sa područja Republike Hrvatske (Špiranec, 1975). Konstante korištene u ovom re-

Tablica 1 Kritični brojevi jajnih legala gubara za I kategoriju (hrast lužnjak)**Table 1** Critical numbers of gypsy moth egg masses for category I (pedunculate oak)

Starost Age	m_T (kg/suhe mase) m_T (dry mass/kg)	m_t (kg/suhe mase) m_t (dry mass/kg)	KB_g KB_g	$KB_{ju}/stablo$ $KB_{ju}/tree$	Normala/ha Normal distribution/ha	KB_{ju}/ha KB_{ju}/ha
20	2,76		947	1,89	7890	14947
30	2,57		880	1,76	2510	4419
40	2,87		983	1,97	1200	2360
50	3,80		1304	2,61	720	1877
60	5,40		1853	3,71	490	1816
70	7,42		2546	5,09	360	1833
80	9,95	0,0029	3415	6,83	280	1912
90	12,58		4316	8,63	230	1985
100	15,32		5257	10,51	195	2050
110	18,09		6208	12,42	170	2111
120	20,97		7195	14,39	150	2159
130	23,52		8071	16,14	134	2163
140	26,15		8974	17,95	122	2190

gresijskom modelu sastavljene su na temelju podataka iz 13 istraživanja sa područje središnje Europe (76 lokaliteta, 443 stabla). Uz izračun korištenjem regresijskog modela, za običnu bukvu postoji dostupan podatak sa područja planine Papuk (lokacije Sekulinci i Duboka) iz šumske zajednice *Fagetum croaticum pannonicum* Horv. 1938 koji iznosi 9 t/ha (Lukić i Kružić, 1996). Izračunom, iz navedenog podatka dobivena je vrijednost od (m_T) 8,71 kg/suha tvar ($\bar{t} = 56$ g., $\bar{h} = 25$ m, $N=1033$ /ha) s kojom su izračunati kritični brojevi jajnih legala gubara prethodno opisanom metodom.

Usporedba kritičnih brojeva jajnih legala gubara – Comparison of critical numbers of gypsy moth egg masses

Kako bi se utvrdio učinak razlika u kritičnim brojevima iz ovog istraživanja nasuprot dosad korištenih kritičnih brojeva na definiranje i odabir površina na kojima treba poduzeti mjere zaštite, napravljene su usporedbe za dvije gospodarske jedinice u kojima se provodi procjena stanja napada gubara.

Hrast lužnjak

Za hrast lužnjak odabrana je sastojina sa područja šumarije Nova Gradiška, UŠP Nova Gradiška; gospodarska jedinica Ključevi (2464,19 ha) te podaci o intenzitetu napada za 2012. godinu preuzeti iz baze podataka Izvještajno prognoznih poslova (IPP) (Ministarstvo poljoprivrede). U toj gospodarskoj jedinici se nalaze dvije šumske zajednice, šuma hrasta lužnjaka i velike žutilovke (*Genisto elatae-Quercetum roboris* Ht. 1938) i šuma hrasta lužnjaka i običnog graba (*Carpino betuli-Quercetum roboris* /Anić 1959/ Rauš 1969). Za 2012. godinu pregledano je sveukupno 58 odjela, od ko-

Tablica 2 Kritični brojevi jajnih legala gubara za hrast lužnjak (I – III kategorija)**Table 2** Critical numbers of gypsy moth egg masses for pedunculate oak (categories I-III)

Starost Age	Kategorija I Category I	Kategorija II Category II	Kategorija III Category III
20	>14947	10676-14947	<10676
30	>4419	3156-4419	<3156
40	>2360	1686-2360	<1686
50	>1877	1341-1877	<1341
60	>1816	1297-1816	<1297
70	>1833	1310-1833	<1310
80	>1912	1366-1912	<1366
90	>1985	1418-1985	<1418
100	>2050	1464-2050	<1464
110	>2111	1508-2111	<1508
120	>2159	1542-2159	<1542
130	>2163	1545-2163	<1545
140	>2190	1564-2190	<1564

jih je 76% pripada šumi hrasta lužnjaka i velike žutilovke, a 24% šumi hrasta lužnjaka i običnog graba. Za potrebe ovog istraživanja korišten je samo naziv vrste drveća.

Obična bukva

Za običnu bukvu odabrana je sastojina sa područja šumarije Petrinja, UŠP Sisak; gospodarska jedinica Petrinjčica (4215,48 ha) te podaci iz baze podataka IPP za 2012. godinu. U toj gospodarskoj jedinici su odabrani odsjeci sa šumskom zajednicom šuma bukve s lazarkinjom (*Asperulo odorata-Fagetum Sougnez et Thill* 1959). Sveukupno je pre-

Tablica 3 Kritični brojevi jajnih legala gubara za I kategoriju (obična bukva)
Table 3 Critical numbers of gypsy moth egg masses for common beech (category I)

Starost Age	m_T (kg/suhe mase) m_T (dry mass/kg)	m_t (kg/suhe mase) m_t (dry mass/kg)	KB_g KB_g	$KB_{ju}/stablo$ $KB_{ju}/tree$	Normala/ha Normal distribution/ ha	KB_{ju}/ha KB_{ju}/ha
20	0,23		86	0,17	14100	2422
30	0,67		252	0,50	4270	2151
40	1,39		525	1,05	1960	2059
50	2,37		893	1,79	1140	2037
60	3,61	0,0026	1363	2,73	750	2045
70	5,05		1906	3,81	545	2077
80	6,65		2511	5,02	420	2109
90	8,42		3177	6,35	340	2160
100	10,31		3892	7,78	280	2179

gledano 123 odjela, od kojih 67% pripada prethodno navedenoj šumskoj zajednici. U svrhu ovog istraživanja korišten je isključivo naziv vrste drveća.

REZULTATI RESULTS

Kritični brojevi jajnih legala gubara za hrast lužnjak – *The critical numbers of gypsy moth egg masses for pedunculate oak*

Muške ličinke gubara su prosječno konzumirali lišća hrasta lužnjaka u iznosu od $1,16 \pm 0,03$ g/suhe mase, a ženske $3,27 \pm 0,06$ g/suhe mase. Srednja vrijednost pojedenog lišća hrasta lužnjaka za jednu ličinku (m_t) iznosi $2,91 \pm 0,09$ g/suhe mase ($0,0029$ kg/suhe mase). Ta je vrijednost korištena za izračun kritičnih brojeva jajnih legala za sastojine hrasta lužnjaka. Prosječne mase lišća za jedno stablo (m_T) hrasta lužnjaka određene starosti prikazane su u tablici 1. Kritični brojevi jajnih legala za sve tri kategorije rizika prikazani su u tablici 2.

Tablica 4 Kritični brojevi jajnih legala gubara za običnu bukvu (I-III kategorija)
Table 4 Critical numbers of gypsy moth egg masses for common beech (categories I-III)

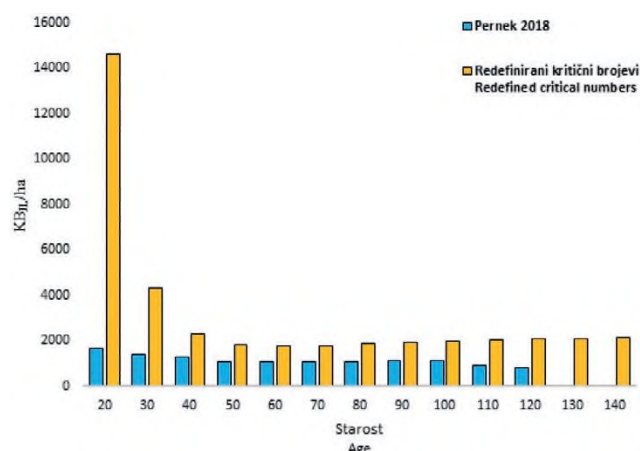
Starost Age	Kategorija I Category I	Kategorija II Category II	Kategorija III Category III
20	>2422	1730-2422	<1730
30	>2151	1536-2151	<1536
40	>2059	1470-2059	<1470
50	>2037	1455-2037	<1455
60	>2045	1461-2045	<1461
70	>2077	1484-2077	<1484
80	>2109	1507-2109	<1507
90	>2160	1543-2160	<1543
100	>2179	1557-2179	<1557

Kritični brojevi jajnih legala gubara za običnu bukve – *The critical numbers of gypsy moth egg masses for common beech*

Mušjaci gubara su konzumirali prosječno lišća u iznosu od $0,99 \pm 0,03$ g/suhe mase, a ženke $3,14 \pm 0,11$ g/suhe mase. Srednja vrijednost pojedenog lišća obične bukve za jednu ličinku (m_t) iznosi $2,65 \pm 0,13$ g/suhe mase ($0,0026$ kg/suhe mase) te je ta vrijednost korištena za izračun kritičnih brojeva jajnih legala za sastojine obične bukve. Prosječne mase lišća za jedno stablo (m_T) obične bukve određene starosti prikazane su u tablici 3. Kritični brojevi jajnih legala za sve tri kategorije rizika prikazani su u tablici 4.

Usporedba kritičnih brojeva jajnih legala gubara – *Comparison of critical numbers of gypsy moth egg masses*

Kritični brojevi jajnih legala utvrđeni ovim istraživanjem veći su u odnosu na dosad korištene (slika 1).



Slika 1 Usporedba dvije metode izračuna kritičnih brojeva jajnih legala gubara za hrast lužnjak (I kategorija)

Figure 1 Comparison of two calculation methods of critical numbers of the gypsy moth egg masses for pedunculate oak (category I)

Tablica 5 Kritični brojevi jajnih legala za običnu bukvu (I kategorija) sa područja planine Papuk

Table 5 Critical numbers of gypsy moth egg masses for common beech (category I) from mountain Papuk

Starost Age	m_T (kg/suhe mase) m_T (dry mass/kg)	m_t (kg/suhe mase) m_t (dry mass/kg)	KB_g KB_g	KB_{ju}/stablo KB_{ju}/tree	Broj stabala/ha Number of trees/ha	KB_{ju}/ha KB_{ju}/ha
56	8,71	0,0026	3287	6,57	1033	6791

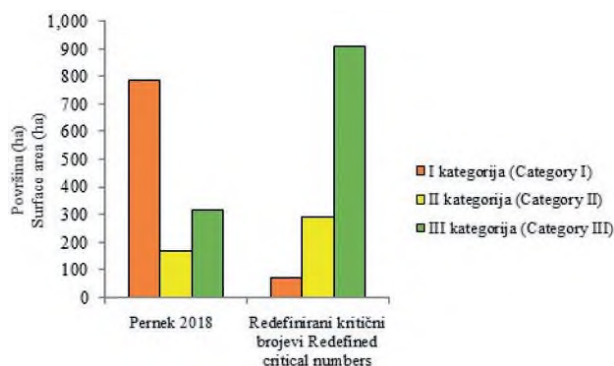
**Slika 2** Usporedba obračuna napadnute površine hrasta lužnjaka (ha) po kategorijama između dvije metode izračuna kritičnih brojeva jajnih legala na području gospodarske jedinice Ključevi, šumarija Nova Gradiška, UŠP Nova Gradiška (Kategorija I- treba tretirati; Kategorija II- iznimno tretirati uz specifičan razlog; Kategorija III ne treba tretirati)

Figure 2 Comparison of attacked pedunculate oak (ha) by categories between two calculation methods for critical numbers of gypsy moth egg masses in management unit Ključevi, forest office Nova Gradiška, FD Nova Gradiška (Category I – control measures needed; Category II – control measures needed only if there is a special reason; Category III – no control measures needed)

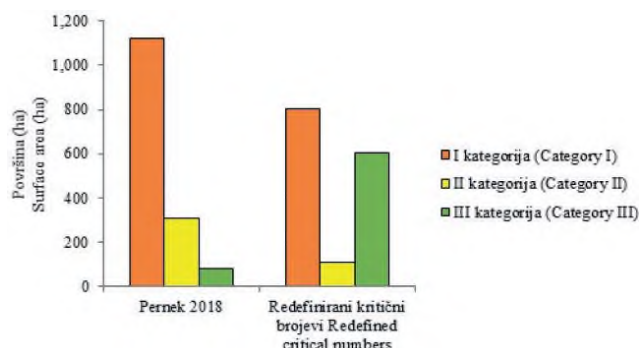
**Slika 3** Usporedba obračuna napadnute površine obične bukve (ha) po kategorijama između dvije metode izračuna kritičnih brojeva jajnih legala na području gospodarske jedinice Petrinjčica, šumarija Petrinja, UŠP Sisak (Kategorija I- treba tretirati; Kategorija II- iznimno tretirati uz specifičan razlog; Kategorija III ne treba tretirati)

Figure 3 Comparison of common beech stands (ha) by categories between two calculation methods for critical numbers of gypsy moth egg masses in management unit Petrinjčica, forest office Petrinja, FD Sisak (Category I – control measures needed; Category II – control measures needed only if there is a special reason; Category III – no control measures needed)

Hrast lužnjak

Prema podacima iz baze podataka IPP za 2012. godinu, površina na kojoj postoji mogućnost golobresta u gospodarskoj jedinici Ključevi iznosi 1270,92 ha, s tim da više od polovice površine pripada u I kategoriju rizika. Korištenjem izračuna

Tablica 6 Kritični brojevi jajnih legala gubara za običnu bukvu sa područja planine Papuk (I-III kategorija)

Table 6 Critical numbers of gypsy moth egg masses for common beech (categories I-III) from mountain Papuk

Starost Age	Kategorija I Category I	Kategorija II Category II	Kategorija III Category III
56	>6791	6791-4851	<4851

prema kritičnim brojevima jajnih legala iz ovog istraživanja, omjer površina između kategorija se vidljivo mijenja (slika 2). Potrebno je napomenuti da je u šest odjela prilikom izračuna kategorije odabrana viša kategorija, s obzirom da su kritični brojevi koji se trenutno koriste iz praktičnih razloga prilagođeni za dobne razrede.

Obična bukva

Prema podacima iz baze podataka IPP za 2012. godinu, površina na kojoj postoji mogućnost golobresta u gospodarskoj jedinici Petrinjčica iznosi 1518,03 ha. Na ovome je primjeru također vidljiva promjena u omjeru površina između kategorija u toj gospodarskoj jedinici (slika 3). Potrebno je napomenuti da je kod jednog odjela prilikom izračuna kategorije odabrana viša kategorija, s obzirom da su kritični brojevi jajnih legala koji se trenutno koriste iz praktičnih razloga prilagođeni za dobne razrede. Kritični brojevi jajnih legala izračunati korištenjem podatka iz istraživanja Lukić i Kružić (1996) prikazani su u tablici 5 i 6.

RASPRAVA DISCUSSION

Dosadašnja istraživanja kritičnih brojeva jajnih legala u Hrvatskoj nisu obuhvatila osnovni podatak koji je potreban za njihov precizan izračun, a to je prosječna masa pojedenog lišća za jednu ličinku. U literaturi je dostupan podatak da jedna ličinka gubara konzumira 12 g lišća (Androić, 1965), za koji nije poznata metoda utvrđivanja niti je jasno definirana vrsta drveća. Ako pretpostavimo da je dostupni podatak od 12 g svježe mase, prosječna masa lišća hrasta lužnjaka ($9,37 \pm 0,30$ g/svježe mase) i obične bukve ($7,86 \pm 0,38$ g/svježe mase) koju konzumira jedna ličinka gubara je vidljivo manja. Izuzev spomenutih istraživanja, jedini dostupni podatak o prosječnoj masi pojedenog lišća je iz Rumunjske, gdje je utvrđeno da mužjak gubara prosječno pojede 1,068 g/suhe mase, dok ženka pojede prosječno 3,395 g/suhe mase (Nețoiu i dr., 2007). Usporedimo li te podatke sa podacima iz ovog istraživanja, vidljivo je da vrijednosti ne od-

stupaju značajno od vrijednosti dobivenih u pokusu s listom hrasta lužnjaka.

Nadalje, šumarska praksa je u pretposljednjoj gradaciji 2003. – 2005. (Pernek, 2018) koristila metodu brojanja jajnih legala po transektu (Vasić, 1981). Ova metoda se koristila do nedavno, iako sama metoda ima veliki nedostatak. Naime, za odluku o tome je li potrebno tretiranje uzimalo se da je za jedno stablo hrasta lužnjaka starosti =80 godina kritično jedno jedino jajno leglo gubara, dok su istraživanja Tropina (1962) utvrdila da je za stablo te starosti kritično oko četiri jajna legla (Androić, 1965; Vasić, 1981; Pernek, 2018). Već ovaj podatak prikazuje izvor sistematske pogreške, pa se nameće potreba za istraživanjima svih čimbenika koji utječu na definiranje površina na kojima je potrebno primijeniti mjere zaštite, a jedan od ključnih čimbenika u tom procesu je definiranje objektivnih i preciznih kritičnih brojeva.

Od gradacije gubara 2012. – 2014. usporedno s intenzitetima napada koristi se novi obračun kritičnog broja jajnih legala s tri kategorije rizika (Pernek, 2018), koji je za izračun uzeo kritične brojeve ličinki gubara za jedno stablo određene starosti (Tropin, 1962) i podatke o broju stabala (normale) iz prirasno-prihodnih tablica za hrast lužnjak (Bezjak, 1992). Tim obračunom napravljena je ušteda od 25% nasuprot obračunu po intenzitetima napada u vidu površine namijenjene za tretiranje. Pernek (2018) ističe potrebu za daljnjim poboljšanjima. Ukazuje na potrebu korištenja korekcijskog faktora te napominje da ovaj postupak zahtijeva dodatni posao prilikom monitoringa i prognoze stanja populacije, ali trebao bi donijeti dodatnu uštedu prilikom tretiranja sastojina.

Izračunom kritičnih brojeva jajnih legala za sastojine hrasta lužnjaka na području Republike Hrvatske prema podacima iz ovog istraživanja uočeno je povećanje u odnosu na dosad korištene. Iz toga proizlazi da bi uporeba prethodno spomenutih metoda donijela dodatnu uštedu naspram izračuna po do sada korištenim kritičnim brojevima, koji predstavljaju vrlo važan čimbenik u definiranju površina na kojima treba primijeniti mjere zaštite od gubara na području Republike Hrvatske. Prema podacima iz baze podataka IPP, u razdoblju od 2012. – 2014. godine zamijećena je velika gustoća populacije gubara na području UŠP Sisak, što je ujedno posljednje razdoblje gradacije gubara na području Hrvatske (Pernek, 2018). Masovna pojava gubara u sastojinama obične bukve potvrđuje opravdanost utvrđivanja kritičnih brojeva za druge vrste drveća osim hrasta lužnjaka.

Konačno, usporedimo li kritične brojeve jajnih legala za sastojinu obične bukve na Papuku sa vrijednostima dobivenim na temelju ovog istraživanja za sastojine starosti 50 ili 60 godina, razlike su vidljive. To ukazuje na potrebu fundamentalnih istraživanja mase lišća u krošnji stabala, kako bi se povećala preciznost izračuna kritičnih brojeva jajnih

legala. Dosadašnja istraživanja nadzemne biomase stabala u našim sastojinama pretežno su se temeljila na izmjeri drvene biomase (Zečić i dr., 2011; Zečić i dr., 2012; Zečić i Vusić, 2013; Stankić i dr., 2014; Krpan i dr., 2015; Zečić i dr., 2015), a samo su pojedina uvrstila i masu lišća u izmjeru (Lukić i Kružić, 1996; Topić i dr., 2009).

Kritične brojeve jajnih legala prikazanih u ovom radu baziraju se na rezultatima konzumacije lišća ličinki u laboratorijskim uvjetima te konačnu upotrebljivost treba provjeriti na terenu prilikom sljedeće gradacije gubara. Daljnja razrada izračuna kritičnih brojeva jajnih legala, moguća je korištenjem prirasno-prihodnih tablica koje uključuju sastojine po svim bonitetima (Špiranec, 1975), ekološko-gospodarske tipove (Bezjak i dr., 1989), ali i podacima iz nacionalne inventure šume, koji bi za ovu namjenu trebali biti strukturirani u obliku prirasno-prihodnih tablica. Podaci nacionalne inventure šuma su trenutno strukturirani u obliku dvoulaznih tablica. Dodatno, kako bi se kritični brojevi jajnih legala prilagodili sastojinama različitih vrsta drveća i dobne strukture, potrebna su istraživanja mase lišća u krošnji stabala različite starosti, za sve šumarstvu značajne vrste drveća.

ZAHVALE ACKNOWLEDGMENTS

Kolegama Krunoslav Araču i Tomislavu Ledinskom iz UŠP Koprivnica zahvaljujemo na pomoći oko sakupljanja jajnih legala. Kolegicama i kolegama Dinki Matošević, Blaženki Ercegovac, Zlatku Huljini, Nikoli Zoriću, Brigiti Mišetić i Ivanki Lacković hvala na pomoći oko laboratorijskih pokusa.

Istraživanje je dijelom financirano sredstvima Hrvatske zaklade za znanost (projekt DIFPEST 7616) te sredstvima programa Izvještajno prognoznih poslova u šumarstvu (Ministarstvo poljoprivrede RH).

LITERATURA REFERENCES

- Androić, M., 1965: Aviokemijska metoda zaštite šuma, Poslovno udruženje šumsko-privrednih organizacija Zagreb i Jugoslaven-ski poljoprivredni-šumarski centar Beograd, 128 str., Zagreb
- Androić, M., 1970: Osnovi zoookologije s osobitim osvrtom na entomofaunu, Poslovno udruženje šumsko-privrednih organi-zacija, 152 str., Zagreb
- Beltram, V., 1935: Pojava gubara (*Lymantria dispar*) na primor-skoj makiji, Šumar. list, 12: 547-554
- Bezjak, K., 1992: Prigušene oscilacije fenomena rasta i prirasta praćene Levakovićevim analitičkim izrazima, U: D. Klepac, K. Čorkalo (ur.), Znanstveni skup o Antunu Levakoviću, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti – Centar za znanstveni rad Vinkovci, 57-83 str., Vinkovci
- Bezjak, K., D. Cestar, V. Hren, Z. Kovačević, J. Martinović, Z. Pelcer, 1989: Uputstvo za izradu karte ekološko-gospodarskih

- tipova brdskog i nizinskog područja (II) SR Hrvatske, Rad. -Šumar. inst. Jastrebar., 24 (79): 1-119
- Burger, H., 1947: Holz, Blattmenge und Zuwachs. 8. Mitteilung: die Eiche, Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchswesen, 25: 211-279
 - Devčić, J., 1954: Napad gubara na otoku Cresu, Šumar. list, 8: 404-405
 - Forbush E.H., C.H. Fernald, 1896: The Gypsy Moth: *Porthetria dispar* (Linn.), Wright and Potter Printing Co., 495 str., Boston
 - Glavaš, M., 1999: Gljivične bolesti šumskog drveća, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet. 281 str., Zagreb.
 - Jošovec, A., 1924: Sušenje hrastovih sastojina šumske uprave u Dragancu, Šumar. list, 12: 639-642
 - Kovačević, Ž., 1928: Sušenje hrastova u Posavini sa entomološko-biološkog gledišta, Šumar. list, 4: 182-185
 - Kovačević, Ž., 1931: Gubar i hrastove šume, Šumar. list, 7: 312-318
 - Kovačević, Ž., 1949: Osvrt na masovnu pojavu gubara, Masovna pojava i suzbijanje gubara (*Lymantria dispar* L.), Institut za šumarska istraživanja Ministarstva šumarstva N.R. Hrvatske, 7-45 str., Zagreb
 - Kovačević, Ž., 1956: *Lymantria dispar* L. – Gubar glavonja, Primijenjena entomologija - III knjiga, Šumski štetnici, Poljoprivredni nakladni zavod, 382-406 str., Zagreb
 - Krejza, J., J. Světlík, P. Bednář, 2017: Allometric relationship and biomass expansion factors (BEFs) for above-and below-ground biomass prediction and stem volume estimation for ash (*Fraxinus excelsior* L.) and oak (*Quercus robur* L.), Trees, 31, (4): 1303-1316
 - Krpan, A.P., Ž. Tomašić, Ž. Zečić, D. Vuletić, 2015: Bioproizvodnost amorfe (*Amorpha fruticosa* L.) u jednogodišnjoj, dvogodišnjoj i četverogodišnjoj ophodnji, Šumar. list, 3-4: 123-134
 - Lacković, N., C. Bertheau, C. Stauffer, M. Pernek, D.N. Avtzis, 2015: Genetic split between coastal and continental populations of gypsy moth separated by Dinaric Alps, J Appl Entomol, 139 (9): 721-726
 - Lacković, N., M. Pernek, C. Bertheau, D. Franjević, C. Stauffer, D.N. Avtzis, 2018: Limited Genetic Structure of Gypsy Moth Populations Reflecting a Recent History in Europe, Insects, 9 (4): 10.3390/insects9040143
 - Langhoffer, A., 1926: Gubar i sušenje naših hrastovih šuma, Glas šum pokuse, 1: 149-246
 - Lukić, N., T. Kružić, 1996: Procjena biomase obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) u panonskom dijelu Hrvatske, Unapređenje proizvodnje biomase šumskih ekosustava, Šumarski fakultet Zagreb, Šumarski institut Jastrebarsko, 131-136 str., Zagreb
 - Margaletić, J., V. Jurjević, M. Glavaš, B. Hrašovec, D. Diminić, 2007: Analiza suzbijanja gubara (*Lymantria dispar* L.) tijekom 2005. godine u državnim šumama Hrvatske, Šumar. list, 11-12: 539-548
 - Nețoiu, C., I. Tăut, M.O. Bădele, S.M. Nică, 2007: Characteristics of the feeding process of the *Lymantria dispar* larvae reared with beech leaves, Oltenia Journal for Studies in Natural Sciences, 23: 105-110
 - Pernek, M., 2018: Novi način obračuna kritičnog broja jajnih legala gubara (*Lymantria dispar* L.) u svrhu prognoze populacije, Šumar. list, 1-2: 59-65
 - Pernek, M., I. Pilaš, 2005: Gradacije gubara – *Lymantria dispar* L. (Lep., Lymantriidae) u Hrvatskoj, Šumar. list, 5-6: 263-270
 - Pernek, M., I. Pilaš, B. Vrbeć, M. Benko, B. Hrašovec, J. Milković, 2008: Forecasting the impact of the Gypsy moth on lowland hardwood forests by analyzing the cyclical pattern of population and climate data series, Forest Ecol Manag, 255: 1740-1748
 - Schmidt, L., 1956: Utjecaj hrane na razvoj gubara (*Lymantria dispar* L.), Glas. šum. pokuse, 12: 105-166
 - Stankić, I., J. Marenče, D. Vusić, Ž. Zečić, Z. Benković, 2014: Struktura nadzemne drvene biomase obične bukve u različitim sastojinskim uvjetima, Šumar. list, 9-10: 439-449
 - Špiranec, M., 1975: Prirasno prihodne tablice poslovno udruženje šumsko privrednih organizacija, Rad. -Šumar. inst. Jastrebar., 25: 1-109
 - Tomiczek, C., D. Diminić, T. Cech, B. Hrašovec, H. Krehan, M. Pernek, B. Perny, 2008: Bolesti i štetnici urbanog drveća, Šumarski institut Jastrebarsko i Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 384 str., Zagreb
 - Topić, V., L. Butorac, G. Jelić, 2009: Biomasa u panjačama planike (*Arbutus unedo* L.) na otoku Braču, Šumar. list, 1-2: 5-14
 - Tropin, I.V., 1962: Aviahimiceskaja zaštita lesa, Sel'hozizdat, 238 str., Moskva
 - Turbé, A., U. Jana, A. de Toni, S. Woodward, A. Schopf, S. Netherer, P. Angelstam, S. Mudgal, P. Sonigo, 2012: Disturbances of EU Forests Caused by Biotic Agents, Final Report European Commission. URL: http://ec.europa.eu/environment/forests/pdf/FBD_report_2012.pdf (accessed 15 February 2019)
 - Vajda, Z., 1974: Nauka o zaštiti šuma, Školska knjiga, 482 str., Zagreb
 - Vasić, K., 1981: Priručnik izveštajne i dijagnostičko prognozne službe zaštite šuma, Savez inženjera i tehničara šumarstva i industrije za preradu drveta Jugoslavije, 336 str., Beograd
 - Waldbauer, G.P., 1968: The Consumption and Utilization of Food by Insects, Adv Insect Physiol, 5: 229-288
 - Wutzler, T., C. Wirth, J. Schumacher, 2008: Generic Biomass Functions for Common Beech (*Fagus sylvatica* L.) in Central Europe – Predictions and Components of Uncertainty, Can J Forest Res, 38 (6): 1661-1675
 - Zečić, Ž., D. Vusić, 2013: Proizvodni potencijal biomase crnog bora (*Pinus nigra* Arn.) u šumskim kulturama, U: I. Anić, Tomić, F., Matić, S. (ur.), Šumarstvo i poljoprivreda hrvatskog sredozemlja na pragu Europske Unije, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, 161-174 str., Zagreb
 - Zečić, Ž., D. Vusić, B. Franjić, 2012: Potencijal biomase obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) u gospodarskoj jedinici Zapadni Papuk Zvečevački, U: B. Katalinić (ur.), 3rd International Conference "Vallis Aurea" Focus on: Regional Development, Polytechnic of Pozega, Croatia & DAAAM International Vienna, Austria, 1139-1147 str., Požega – Vienna
 - Zečić, Ž., D. Vusić, Z. Štimac, M. Cvekan, A. Šimić, 2011: Biomasa nadzemnoga dijela stabla obične jele, europskoga ariša i crnoga bora, Croat J For Eng, 32 (1): 369-377
 - Zečić, Ž., Ž. Tomašić, T. Topalović, D. Vusić, 2015: Produkcija biomase amorfe u gospodarskoj jedinici „Slavir“, Šumar. list, 9-10: 419-427
 - Zianis, D., P. Muukkonen, R. Mäkipää, M. Mencuccini, 2005: Biomass and Stem Volume Equations for Tree Species in Europe, The Finnish Society of Forest Science and The Finnish Forest Research Institute, 63 str., Tampere

SUMMARY

The gypsy moth (*Lymantria dispar*) is one of the most important forest pests in Croatia and a primary biotic factor responsible for oak decline, especially when tree defoliation during mass outbreaks is followed by infections with the oak powdery mildew (*Erysiphe alphitoides*). Population dynamics of gypsy moth differs between the two main regions of Croatia. In the Continental part, outbreaks occur in cycles every 10 to 11 years, the last one was recorded from 2012 – 2014. In the Mediterranean part, outbreaks are more frequent and less synchronized between sites. Key elements for sustainable forest management are forest pest monitoring programs and the assessment of pest population densities in time and space. In the case of gypsy moth, this is especially true since protection measures should be applied properly and only when prognoses of outbreaks predict severe negative impacts on the forest stands. Gypsy moth population density assessment in Croatia is carried out by counting the egg masses along transects in the forest stand. Predictions of infestation levels, through the number of gypsy moth egg masses per tree or hectare, uses five classes. Calculations include the number of trees with at least one egg mass, expressed in percentage of total. In the case of defoliators like gypsy moth, the basis for the prediction of defoliation is the average leaf mass consumed per one larvae. According to Androić (1965) a single larva consumes 12 g leaf material, however, detailed descriptions of the experimental setup and the tree species used for the feeding trials are missing.

The aims of this paper were to (1) redefine the critical numbers of gypsy moth egg masses used so far for pedunculate oak (*Quercus robur*) and (2) define critical numbers for common beech (*Fagus sylvatica*).

Egg masses for the laboratory experiments were collected in the continental region (forest area near city of Koprivnica) in December 2015. First, larvae were fed in groups from hatching to the end of the third instar with pedunculate oak or common beech leaves. Newly emerged fourth instars were then separated and kept individually. Larvae were weighed daily from the start of the fourth instar until the prepupal stage. Mass of pupae were determined three days after pupation. Fresh leaves used for feeding were weighed daily, the unconsumed leaf remains were collected, dried and also weighed. The leaf material was changed weekly. The fresh/dry mass ratio were calculated for each week to assess the dry mass of freshly given leaves. The average dry leaf mass consumed per larva was used to calculate the critical numbers of gypsy moth egg masses per tree and stand. The average leaf mass per one tree was calculated from biomass models on a dry mass basis.

The recalculated critical numbers of gypsy moth egg masses for pedunculate oak are higher in comparison with the ones used until recently. Data relating to critical numbers of gypsy moth egg masses for common beech represent new findings for Croatia. Until recently, all defoliation predictions in common beech stands were based on data used for pedunculate oak. The higher critical numbers of gypsy moth egg masses is confirmed for the management units Ključevi (pedunculate oak) and Petrinjčica (common beech).

In this study we also redefined the the average leaf mass consumed per one larvae. New critical numbers of egg masses still require field validation during the next gypsy moth outbreak. Future research about critical numbers of gypsy moth egg masses could implement data from yield tables (site quality and ecological and economic types (EGT)) and data from the national forest inventory. Usage of currently available biomass models points out the need for further studies about average leaf mass per one tree in Croatia (Table 5 and 6), in order to calculate critical numbers of gypsy moth egg masses more precisely.

KEY WORDS: forest pest, population density, egg masses, larva



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.

A COMPARISON OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORK MODELS AND REGRESSION MODELS TO PREDICT TREE VOLUMES FOR CRIMEAN BLACK PINE TREES IN CANKIRI FORESTS

USPOREDBA MODELA UMJETNE NEURALNE MREŽE ZA PREDVIĐANJE DRVNOG VOLUMENA KRIMSKIH BOROVA U ŠUMAMA POKRAJINE CANKIRI

Muammer ŞENYURT*, İlker ERCANLI

ABSTRACT

In this study, it is aimed to use and compare Artificial Neural Network (ANN) models for predicting individual tree volumes for of Crimean Black Pine trees within the Cankiri Forests. The single and double entry-volume equations and the Fang et al. (2000)'s compatible volume equation based on the classical and traditional methods were used by 360 Crimean Black Pine trees to obtain these tree volume predictions. To determine the best predictive alternative for ANN models, a total of 320 trained networks in the Multilayer Perceptron (MLP) and a total of 20 trained networks in the Radial Basis Function (RBF) architectures was trained and used to obtain the individual tree volume predictions. On the basis of the goodness-of-fit statistics, the ANN-based on MLP 1-9-1 including dbh as an input variable for single entry volume predictions showed a better fitting ability with SSE (2.7763), (0.9339), MSE (0.00910), RMSE (0.0954), AIC (-823.25) and SBC (-1421.81) than that by the other studied volume methods including dbh as an explanatory variable. For double entry volume predictions, including dbh and total height as input variables, ANN based on MLP 2-15-1 resulted in better fitting statistics with SSE (0.8354), (0.9801), MSE (0.00274), RMSE (0.0523), AIC (-579.55) and SBC (-1788.11).

KEY WORDS: Tree Volume Prediction, Artificial Neural Network, Single and double volume equations, Segmented taper equation

INTRODUCTION UVOD

The individual tree volume predictions have been a principal objective of forest inventory studies and these predictions require both the sustainable planning of forest resources

and for the estimations of the forest biomass and carbon stocks (Wiant et. al., 1992; Avery and Burkhart, 2002). Since foresters have a wide part of being aware of the primary importance of volume predictions for forest practices such as sustainable resource management and timber harvesting operations, forest managers have spent many efforts for de-

* Assistant Profesör Muammer Şenyurt, Assistant Profesör İlker Ercanli, Çankırı Karatekin University, Forestry Faculty 18200 ÇANKIRI, TURKEY,
E-mail: msenyurt@karatekin.edu.tr

veloping the individual volume methods and models that could be combined with other forest simulators in forest operations (Clutter et al. 1983; van Laar and Akça 2007).

As the individual trees have no recognizable geometric shape, such as a cylinder, paraboloid, cone, and neyloid, it is not possible to directly calculate tree volume using analytical methods without falling tree. The unique practical solution to this inventory procedure, including felling tree that can be a time consuming and costly operation is the use of allometric relationships between the individual tree volume and other tree attributes such as diameter at breast height, dbh, and height that could be easily and practically measured in forest inventory and could be dendrometrically correlated with the tree volume. These allometric models are statistical equations that can be used to estimate the stem volume or commercial volume of a tree from certain independent variables such as diameter at breast height (dbh) or total height. When included the dbh as independent variables, these equations are called as “Single Entry Tree Volume Equations, while the equations comprised together the dbh and height are called as “Double Entry Tree Volume Equations”. In addition, the equations prepared based on three or more variables such as dbh, tree height and stem diameter at a certain point on a tree (e.g. at 30% of the tree length) or trunk diameter at 7 meters above the ground is called as “Multiple Entry Tree Volume Equations”.

Because of this practical usability of the volume equations in forest inventory, numerous volume equations have been presented and developed by using the statistical techniques in forestry literature over the past several decades. However, these single or double entry volume equations cannot predict the tree volume to any merchantable height or diameter limits and become impracticable to produce the predictions for tree volume by assortments of tree log sizes if stem merchantable standard alter in the forest stand harvesting and yield operations (Reed and Green 1984; Gal and Bella 1995). Alternatively, the stem taper equations that can provide the predictions of diameter at any height of the stem, the height to any specific diameter, merchantable volume and merchantable height to any top diameter and ant stump diameter can be used to obtain the total individual tree volume predictions. Although there are two major categories of taper equations, the segmented polynomial taper equations that were firstly represented by Max and Burhart (1976) has been regarded to most precise for predicting the individual tree volume to any merchantable limits (Jiang et al. 2005). Max and Burhart (1976), Clark et al. (1991), Fang et al. (2000), Jiang et al. (2005) developed the segmented polynomial taper and compatible volume equations that predicted individual tree volume by basing on this compatible taper equation.

While developing these single or double entry volume equations and taper-based equations, the tree data that collected through individual tree measurements are fitted by using the Linear Regression Analysis or Nonlinear Regression Analysis, which are subject to statistical methods. However, these linear or nonlinear equations developed through regression analysis methods can provide accurate and reliable estimations only if certain statistical fundamental assumptions have been assured, which can be listed as a normal distribution of model errors, homogeneity of error variances, no correlation between errors (autocorrelation), and no correlation between independent variables (multicollinearity). Recently, Artificial Neural Networks (ANNs) have gained prominence in the area of forest biometricians, since such networks are able to provide successful predictions without any requirement for the assumptions of statistical assumptions. Artificial Neural Networks (ANNs) are widely used in the estimation-based processes of several fields of engineering, such as aircraft, automobiles, electronics, production, robotics, communications, and civil engineering. ANNs can be a very useful tool in engineering practices and can be a strong tool in data modeling (Esteban et al. 2009; Atkinson and Tatnall 1997; Ashraf et al. 2013; Buğday 2018; Doğan and Buğday 2018). However, there are only a limited number of studies on the use of ANN in the forest applications about modeling individual tree volume predictions. Diamantopolou et al. (2005), Diamantopolou (2006), Özçelik et al. (2010), Soares et al. (2011), Görgens et al. (2009), Silva et al. (2009), Binoti et al., (2014), Bhering et al. (2015), Miguel et al. (2016) and Sanquetta et al. (2018) found the best predictive volume by using ANN with respect to other prediction methods. In addition to these studies, it is particularly necessary to conduct more studies on artificial neural networks that can be defined as a member of artificial intelligence and ANN as the new technique may probably provide an opportunity to obtain more accurate and predictive volume predictions in the field of forestry beyond classical regression models. Thus, the objectives of the present study are (1) to develop Artificial Neural Network Models for predicting of individual tree volumes of Crimean Black Pine trees within the Çankırı Forests and (2) to evaluate various ANN having different neuron contents and transfer functions for the volume predictions with the single and double entry volume equations and Fang et al. (2000)’s compatible volume equation.

MATERIAL AND METHOD

MATERIJAL I METODA

In this study, 360 tree samples that were selected from different diameters and heights to reflect the variability in volume were used to model the individual tree volume of

Table 1. Summary statistics for sample trees**Tabela 1.** Ukupna statistika za uzorke drveća

		Number of trees Broj stabala	Min. Min	Max. Max	Mean Aritmetička sredina	Std. Deviation Standardna devijacija
Modeling Data Modeliranje podataka	dbh (cm) Prsni promjer (cm)	306	4.0	50.3	24.6	10.0
	Height (m) Visina (m)		3.8	18.7	11.7	2.6
	Volume (m ³) Volumen (m ³)		0.0046	2.0203	0.4077	0.3717
Validation Data Podaci o provjeri valjanosti	dbh (cm) Prsni promjer (cm)	54	5.0	52.1	29.0	13.6
	Height (m) Visina (m)		5.7	18.7	12.1	2.9
	Volume (m ³) Svezak (m ³)		0.0065	1.8343	0.6414	0.5539

Crimean Black Pine trees of Cankiri Forests located in Cankiri and Sarıkaya Planning Units, Cankiri Forest Enterprise, Ankara Forest District Directorate. Sample trees were cut at the bottom log height (0.3 m), and the stump diameter was measured at 0.3 meters, then other measurements were made as precisely as possible at 1-meter intervals (1.3 m, 2.3 m, 3.3 m etc.) using a steel measuring tape. Furthermore, the total heights of the trees were also measured with a steel measuring tape. During these measurements, in cases where the tree trunks were oddly shaped, not cylindrical, two vertical cross-sectional diameters were measured, and their average was taken into consideration. The sample trees were randomly split into two data sets, the modeling and the validation data sets, using the random number function RANUNI implemented in the SAS statistical package (Statistical Analysis System [SAS Institute], 2009). Of those, about 85 % (306 sample trees) were used to train ANN models and fit the single and double entry volume equations and Fang et al. (2000)'s compatible volume equation, and the remaining 54 sample trees were reserved for the evaluation of the validation and testing. The summary statistics, such as the mean, standard deviations, minimum and maximum for dbh, height, and volume attributes used for modeling and validation data set, are given in Table 1. Figure 1 illustrates the diameter at breast height - volume relations of the sample trees for model fitting and validation data set.

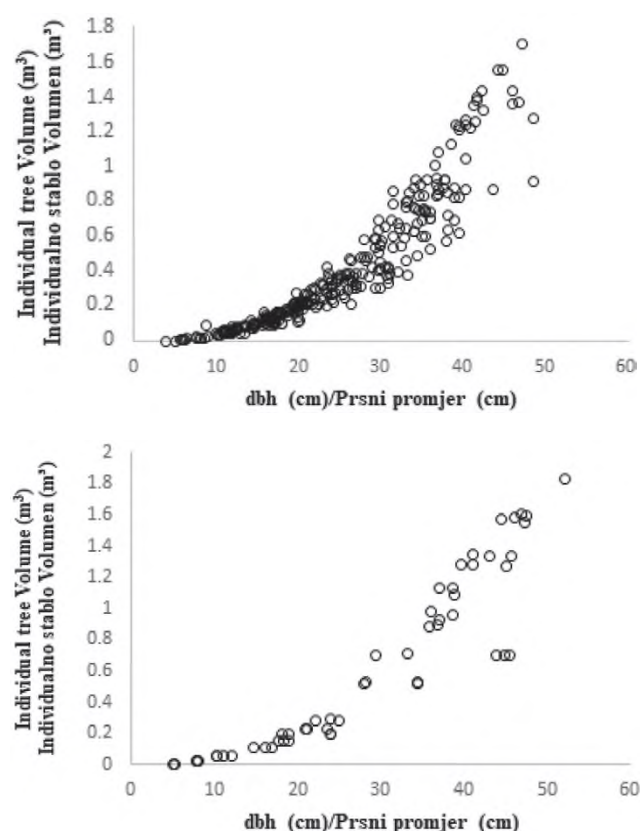
Based on these data, three-segment volumes (bottom log, sections, and top) were calculated for each sample tree, and the sum of these values provided the total stem volume. The bottom log was assumed to be cylindrical, while the top segment was accepted to have a cone-shape. As the section lengths were the same, Huber's equation was used to define the volume of each section. The equations used to calculate tree volumes are given below.

$$\text{Bottom log volume; } V_{\text{bottom}} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{0.3}^2 \cdot 0.3 \quad (1)$$

Huber formula for sections;

$$V_{\text{section}} = \frac{\pi}{4} \cdot (d_{1.3}^2 + \dots + d_n^2) \cdot 2 \quad (2)$$

$$\text{Top segment; } V_{\text{top}} = \frac{1}{3} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_{\text{top}}^2 \cdot h_{\text{top}} \quad (3)$$

**Figure 1.** The relationships between individual tree volume and dbh for modeling (a) and validation data set (b).

Slika 1. Odnos između pojedinih drvnih volumena i dbh za set modela (a) i podataka za vrednovanje (b)

Single and Double Entry Volume Equations – Jenoulazne i dvoulazne volumne jednadžbe

To develop single and double entry volume equations predicting the relationships between individual tree volume and dbh and total height, some nonlinear regression models were used in this study. These single and double entry volume equations were developed by using the nonlinear regression analysis, including the total tree volume as the dependent variable and dbh for single entry equation and dbh and total height for the double entry equation as the independent variables. This linear regression analysis was performed by using PROC MODEL procedure of the SAS/ETS V9 software. In regression analyses, these nonlinear models that provided better predictive volume values than other equations were used to obtain the individual tree volume predictions:

The single-entry volume equation: $V = b_0 \cdot dbh^{b_1}$ (4)

The double-entry volume equation: $V = b_0 \cdot (dbh^2 \cdot h)$ (5)

Taper-based volume predictions – Volumna predviđanja temeljena na konusu (taper-based)

From various taper equations, Fang et al. (2000)'s equation presented better predictive results for modeling individual tree taper and compatible volume in many studies (Diéguez Aranda et al. 2006; Corral-Rivas et al. 2007; Crecente-Campo et al. 2009; Pompa et al. 2009; Li and Weiskittel 2010; Tang et al. 2016). In this study, the taper equation of Fang et al. (2000) was fitted to obtain the individual taper-based tree volume predictions and compared with the predictions obtained from the volume equations and ANN models. Fang et al. (2000) presented the segmented taper equation that assumes three sections with a variable-form factor (Corral-Rivas et al. 2007). Fang et al. (2000)'s stem taper equation is as follows:

$$d = c_1 [H^{(k-b_1)/b_1} (1-g)^{(k-\beta)/\beta} \alpha_1^{l_1+l_2} \alpha_2^{l_2}]^{0.5} \quad (6)$$

Where $k = \frac{\pi}{40000}$

$$g = h/H \quad \begin{cases} I_1 \text{ if } p_1 \leq g \leq p_2; 0 \text{ otherwise} \\ I_2 \text{ if } p_2 \leq g \leq p_3; 0 \text{ otherwise} \end{cases}$$

$$p_1 = h_1/H \quad p_2 = h_2/H$$

$$\beta = b_1^{1-(l_1+l_2)} b_2^{l_1} b_3^{l_2} \quad \alpha_1 = (1-p_1)^{(b_2-b_1)k/b_1 b_2}$$

$$\alpha_2 = (1-p_2)^{(b_3-b_2)k/b_2 b_3}$$

$$r_0 = ((1-0.3)/H)^{k/b_1} \quad r_1 = (1-p_1)^{k/b_1}$$

$$r_2 = (1-p_2)^{k/b_2}$$

$$c_1 = \sqrt{\frac{a_1 D^{a_2} H^{a_3-k/b_1}}{b_1(r_0-r_1) + b_2(r_1-\alpha_1 r_2) + b_3(\alpha_1 r_2)}}$$

Where, d: stem diameter over bark (cm) at a height h (m), D: diameter at breast height over bark (cm), h: measuring the height (m), H: total height (m), p_1 and p_2 are relative heights from ground level in the two inflection points, a_1 , a_2 , a_3 , b_1 , b_2 , b_3 , c_1 are the equation parameters to be predicted by nonlinear regression. Fang et al. (2000) integrated its segmented taper equation to obtain compatible total volume equation. This compatible volume equation is as follows:

$$V = a_0 dbh^{a_1} h^{a_2} \quad (7)$$

The prediction of the parameters of this segmented taper equation of Fang et al. (2000) was obtained by using the PROC MODEL.

Artificial Neural Network Models – Modeli umjetne neuronske mreže

Within the scope of this study, the predictions of individual tree volumes were obtained by using Artificial Neural Network (ANN) models. ANN is a mathematical modeling method inspired by biological neural systems, such as the human brain, and the estimations of ANN is created using computer software, developed according to the physiology of the human brain (Gurney 1999; Demuth and Beale 2001). The artificial neural network model comprises layers with structurally connected nerves. Essentially, these layers are classified as the input layer, the hidden layer and the output layer (Kurup and Dudani 2002). These layers cover artificial neurons called process elements. As a result of their structure, composed of multiple non-linear artificial neurons that can be organized as several layers and work coordinately, they are very successful in solving non-linear complex problems and creating estimations (Nasr et al. 2003). For ANN, miscellaneous neural structures, input, and output (target) variables in the system to be estimated are defined; then, using these definitions, ANN analyses the data and presents weight values to provide the best possible estimations with minimum error (Fausett 1994). In ANN literature, this process is called network training. ANN is used to provide several different weight values and using these values the output estimations are obtained through the addition and activation functions. Using the estimation values obtained through ANN, the change of errors calculated are analyzed, based on the observation values of the output variable defined in the first place, and the process is complete when the errors reach a minimum level and the error-related changes have reached a fixed point (Fausett 1994; Demuth and Beale 2001).

In this study, Artificial Neural Network models were evaluated as an alternative method to predict the individual tree volume by using diameter at breast height and a total height of trees as explanatory variables. This neural network model building involved some training, verification and testing process by randomly total sample plots partitioning into training (75% of all data), verification (15% of all data) and test (the remaining 10% of all data) data. Various computer software applications have been developed to operate the ANN process and present estimations, the STATISTICA® software was selected to train the ANN models because this software provides multiple comparisons for different ANN structures, including various network architectures, a number of neurons and activation function in the input, hidden and output layers. When developing these network models, a total of 320 trained networks in the Multilayer Perceptron (MLP) and a total of 20 trained networks in the Radial Basis Function (RBF) architectures were trained and used to obtain the individual tree volume predictions. For those aiming, in ANNs training process with MLP, the number of neurons of the input layer ranged from 1 to 20 neurons options, four activation functions, e.g. identity, logistic, tan-sig, and exponential functions, in the hidden layer, correspondingly four activation functions in output layer were used (20X4X4=320 alternatives; 20: number of neurons, 4: number of transfer functions in the hidden layer and 4: number of transfer functions in the output layer). In RBF, the number of neurons of the input layer ranged from 1 to 20 neurons options, the hidden layer has the activation function as being on the isotropic Gaussian basis and identity function was used in the output layer. MLP includes a feedforward neural network architecture based on the input, hidden and output layers with a bias term. In MLP, the training algorithm is Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno (BFGS), which is a robust training algorithm with very fast convergence with the Hessian matrix.

Comparison Criteria – Kriteriji za usporedbu

After the individual tree volume predictions were obtained by these three methods, including the single and double volume equations, the Fang et al. (2000)'s compatible volume equation and ANN models, these three volume prediction methods were compared by using some evaluation criteria based on the magnitudes and distributions of predictions' residual. These evaluation criteria are some goodness-of-fit statistics including the sum of squared errors (SSE), Akaike's information criterion (AIC), Schwarz Bayesian criterion (SBC), Root Mean Square Error (RMSE), Mean Squared Error (MSE) and Adjusted Coefficient of Determination (R^2_{adj}). In these criteria, it is desirable for the SSE, MSE, RMSE, AIC, and SBC to have a small value as possible, while the R^2_{adj} is expected as close as possible to 1. The formulae for these statistical values are provided below:

$$\text{Mean squared errors (MSE)} = \sum_{i=1}^n \frac{(V_i - \hat{V}_1)^2}{n - p} \quad (8)$$

$$\text{Root mean squared error (RMSE)} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(V_i - \hat{V}_1)^2}{n - p}} \quad (9)$$

$$\text{The Sum of Squared error (SSE)} = \sum_{i=1}^n (V_i - \hat{V}_1)^2 \quad (10)$$

Adjusted coefficient of determination

$$(R^2_{adj}) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (V_i - \hat{V}_1)^2 (n-1)}{\sum_{i=1}^n (V_i - \hat{V}_1)^2 (n-p)} \quad (11)$$

$$AIC = n \cdot \ln \left(\frac{SSE}{n} \right) + 2 \cdot p \quad (12)$$

$$SBC = n \cdot \ln \left(\frac{SSE}{n} \right) + p \cdot \ln(n) \quad (13)$$

In these formulae listed above; represents the calculated volume; represents the estimated volume, represents average volume, n represents the number of data and p represents the number of parameters within the model.

To further evaluate these network models, the independent data, including 54 sample trees were used in predicting the tree volume values that were not included in training neural networks. These evaluations were performed by analysis of the difference (residual values) between observed and predicted values for validation data set, 54 sample trees. The t-paired test was used to evaluate the null hypothesis of mean prediction residuals equal to zero. If the null hypothesis tested by t-paired test revealed that the null hypothesis could not be rejected and mean residuals statistically not significantly different from zero, these ANN models were applicable for predicting tree volume values based on the dbh and height variables in studied forest stands.

RESULTS REZULTATI

In this study, the prediction methods including single and double entry volume equations, the Fang (2000)'s compatible volume equation and artificial neural network models were used to obtain the individual tree volume predictions. The parameter estimates with probability levels for the single and double volume equations and the segmented taper equation of Fang et al. (2000) are given in Table 2. All parameters of estimates for these nonlinear models were found to be significant at the 0.05 level ($p < 0.05$). The predicted single and double-entry volume equations and Fang et al. (2000)'s volume equations are as follow:

The single-entry volume equation:

$$V = 0.000203 \cdot dbh^{2.2985} \quad (14)$$

The double-entry volume equation:

$$V = 0.000448 \cdot (dbh^2 \cdot h) \quad (15)$$

Table 2. The parameter estimates with probability levels and the goodness-of-fit statistics for the single and double volume equations and the segmented taper equation of Fang *et al.* (2000)

Tabela 2. Parametarske procjene s razinama vjerojatnosti i goodness-of-fit statistikom za jenoulazne i dvoulazne volumne jednadžbe i segmentiranu konusnu jednadžbu (Fang *et al.* 2000).

Model Model	Parameters parametri	Estimate Procjena	Standard error Standardna pogreška	t value t vrijednost	Pr > t
Single entry volume equation Jednoulazna volumna jednadžba	b_0	0.000203	0.0000164	12.34	<0.0001
	b_1	2.2985	0.02582	0.98	<0.0001
Double entry volume equation Dvoulazna volumna jednadžba	b_0	0.0000448	0.00000038	116.54	<0.0001
	a_0	0.00004	0.0000024	16.42	<0.0001
	a_1	1.922847	0.0153	125.85	<0.0001
	a_2	1.097805	0.0284	38.70	<0.0001
The segmented taper equation of Fang <i>et al.</i> (2000)	b_0	0.000018	0.0000029	5.94	<0.0001
Segmentirana konusna jednadžba (Fang <i>et al.</i> 2000).	b_1	0.000036	0.00000032	109.10	<0.0001
	b_2	0.00003	0.00000069	43.75	<0.0001
	p_1	0.137606	0.0354	3.89	0.0001
	p_2	0.713357	0.0212	33.63	<0.0001

Fang (2000)'s compatible volume equation:

$$V = 0.0004 \cdot (dbh^{1.922847} \cdot h^{1.097805}) \quad (16)$$

Various artificial neural network structures based on the MLP, 320 of alternatives, and BRF, 20 of alternatives, including different alternatives for the numbers of neuron and activation functions were evaluated to determine the best predictive ANN structures predicting the individual tree volume. In MLP for single entry volume predictions, inclu-

ding dbh as an input variable, the best predictive results were obtained by the neural network architectures, including 9 neurons in hidden layer with the tan-sig activation function in both input layer and output layer. The best predictive finding in RBF including dbh as input variable was obtained by the neural network architectures, including 7 neurons in hidden layer with Gaussian activation function and identity activation function in the output layer. In double volume predictions with dbh and total height as input

Table 3. The goodness-of-fit statistics for three methods including the single and double entry volume equations, the taper equation of Fang *et al.* (2000) and best predictive artificial neural network models

Tabela 3. Statistika *goodness-of-fit* za tri metode uključujući jednoulazne i dvoulazne volumne jednadžbe, konusnu jednadžbu Fang *et al.* (2000) i najbolje predvidive modele umjetne neuralne mreže

Technique/ Tehnika	Input variable Ulazna varijabla	SSE		MSE	RMSE	AIC	SBC
ANN based on MLP 1-9-1 ANN temeljen na MLP 1-9-1	dbh Prsni promjer	2.7763	0.9339	0.00910	0.0954	-823.25	-1421.81
ANN based on RBF 1-7-1 ANN temeljen na RBF 1-9-1	dbh Prsni promjer	3.5419	0.9157	0.01161	0.1078	-748.97	-1353.25
Single volume equation Jednoulazna volumna jednadžba	dbh Prsni promjer	3.8539	0.9082	0.01264	0.1124	-723.23	-1327.51
ANN based on MLP 2-15-1 ANN temeljen na MLP 2-15-1	dbh total height Prsni promjer Ukupna visina	0.8354	0.9801	0.00274	0.0523	-579.55	-1788.11
ANN based on RBF 2-9-1 ANN temeljen na RBF 2-9-1	dbh total height Prsni promjer Ukupna visina	2.6344	0.9373	0.00864	0.0929	-229.26	-1437.82
Double volume equation Dvoulazna volumna jednadžba	dbh total height Prsni promjer Ukupna visina	2.0293	0.9517	0.00665	0.0816	-918.85	-1523.13
Taper equation of Fang et al. (2000) Taperova jednadžba od Fang (Fang et al. 2000)	dbh total height Prsni promjer Ukupna visina	3.4715	0.9173	0.01138	0.1067	-755.10	-1359.38

variables, the neural network architecture of MLP with 15 neurons in hidden layer with the exponential activation function in both input layer and output layer resulted in best predictive volume values. The best satisfactory results in RBF including dbh and total height as input variables were obtained by the neural network architectures, including 9 neurons in hidden layer with Gaussian activation function and identity activation function in the output layer. Table 3 presented the comparative results for prediction methods, including the single and double entry volume equations, the Fang (2000)'s compatible volume equation and best predictive artificial neural network models based on the values of goodness-of-fit statistics such as SSE, AIC, SBC, RMSE, MSE and . From these fitting statistics, SSE was 2.7763 and 3.8539 for single entry volume predictions and 0.8354 and 3.4715 for double entry volume predictions; was 0.9082 and 0.9339 for single entry volume predictions and 0.9173 and 0.9801 for double entry volume predictions; MSE was 0.00910 and 0.01264 for single entry volume predictions and 0.00274 and 0.01138 for double entry volume predictions; RMSE was 0.0954 and 0.1124 for single entry volume predictions and 0.0523 and 0.1067 for double entry volume predictions; AIC was -823.25 and -723.23 for single entry volume predictions and -918.85 and -229.26 for double entry volume predictions: SBC was -1421.81 and -1327.51 for single entry volume predictions and -1788.11 and -1359.38 for double entry volume predictions. On the basis of the goodness-of-fit statistics, the ANN-based on MLP 1-9-1 including dbh as an input variable for single entry volume predictions showed better fitting ability with SSE (2.7763), (0.9339), MSE (0.00910), RMSE (0.0954), AIC (-823.25) and SBC (-1421.81) than that by the other studied volume methods including dbh as an explanatory variable. For double entry volume predictions including dbh and total height as input variables, ANN based on MLP 2-15-1 resulted in better fitting statistics with SSE (0.8354), (0.9801), MSE (0.00274), RMSE (0.0523), AIC (-579.55) and SBC (-1788.11).

In figure 2, the residuals against predicted volume obtained by single entry volume equation (a), ANN based on MLP 1-9-1 (b) and ANN based on RBF 1-7-1 (c) were presented. In figure 3, it was showed that the residuals against predicted volume obtained by double entry volume equation (a), Fang (2000)'s compatible volume equation (b), ANN based on MLP 2-15-1 (c) and ANN based on RBF 2-9-1 (d). It is seen that ANN based on MLP 1-9-1 (Fig. 2b) and ANN based on MLP 2-15-1 (Fig. 3c) presented better predictive results than others and there are no serious failure of homoscedasticity, violations of the assumption of the constant variance in predictions obtained by the ANN based on the MLP.

Further, analyze were performed to evaluate the best predictive ANN based on MLP 1-9-1 for single-entry volume

predictions and ANN based on MLP 2-15-1 for double-entry volume predictions. These validation processes were realized with the analysis of the difference between observed and predicted tree volume values (residual values) based on

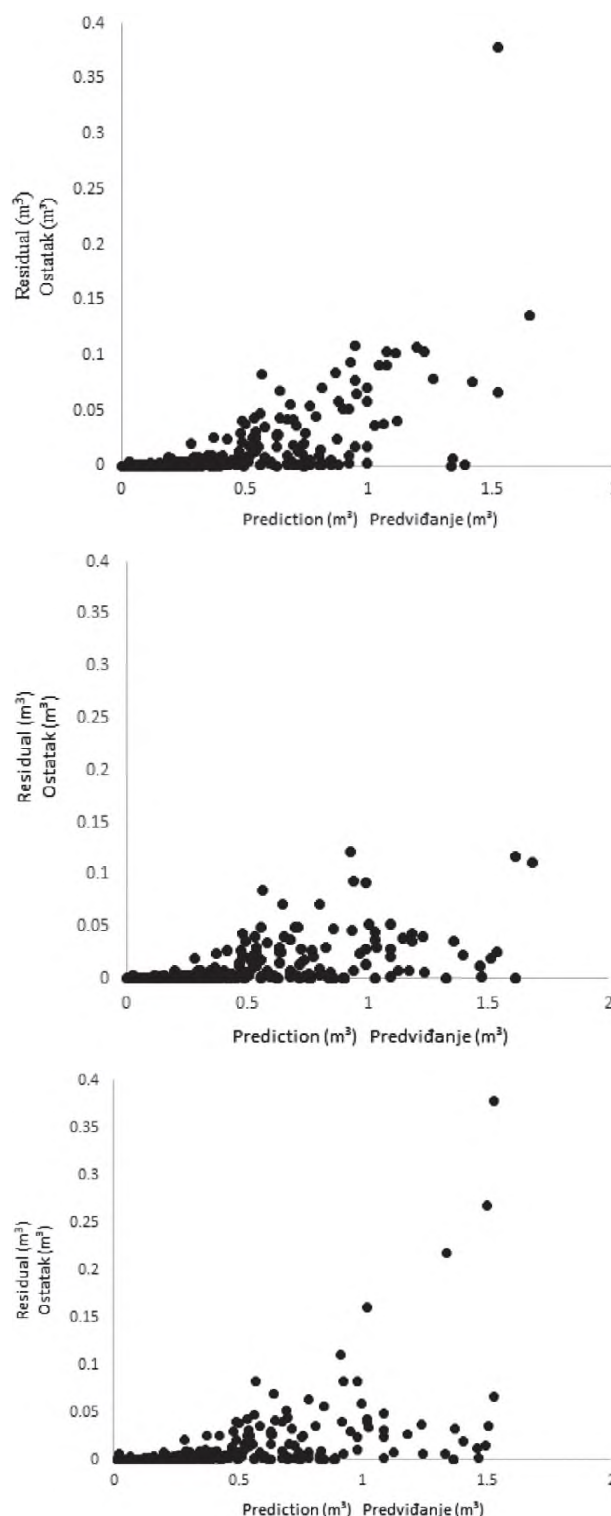


Figure 2. The residuals against predicted volume obtained by single entry volume equation (a), ANN based on MLP 1-9-1 (b) and ANN based on RBF 1-7-1 (c)

Slika 2. Razlika od predviđenog volumena dobivenog jednoulaznom volumnom jednačom (a), ANN temeljen na MLP 1-9-1 (b) i ANN temeljen na RBF 1-7-1 (c)

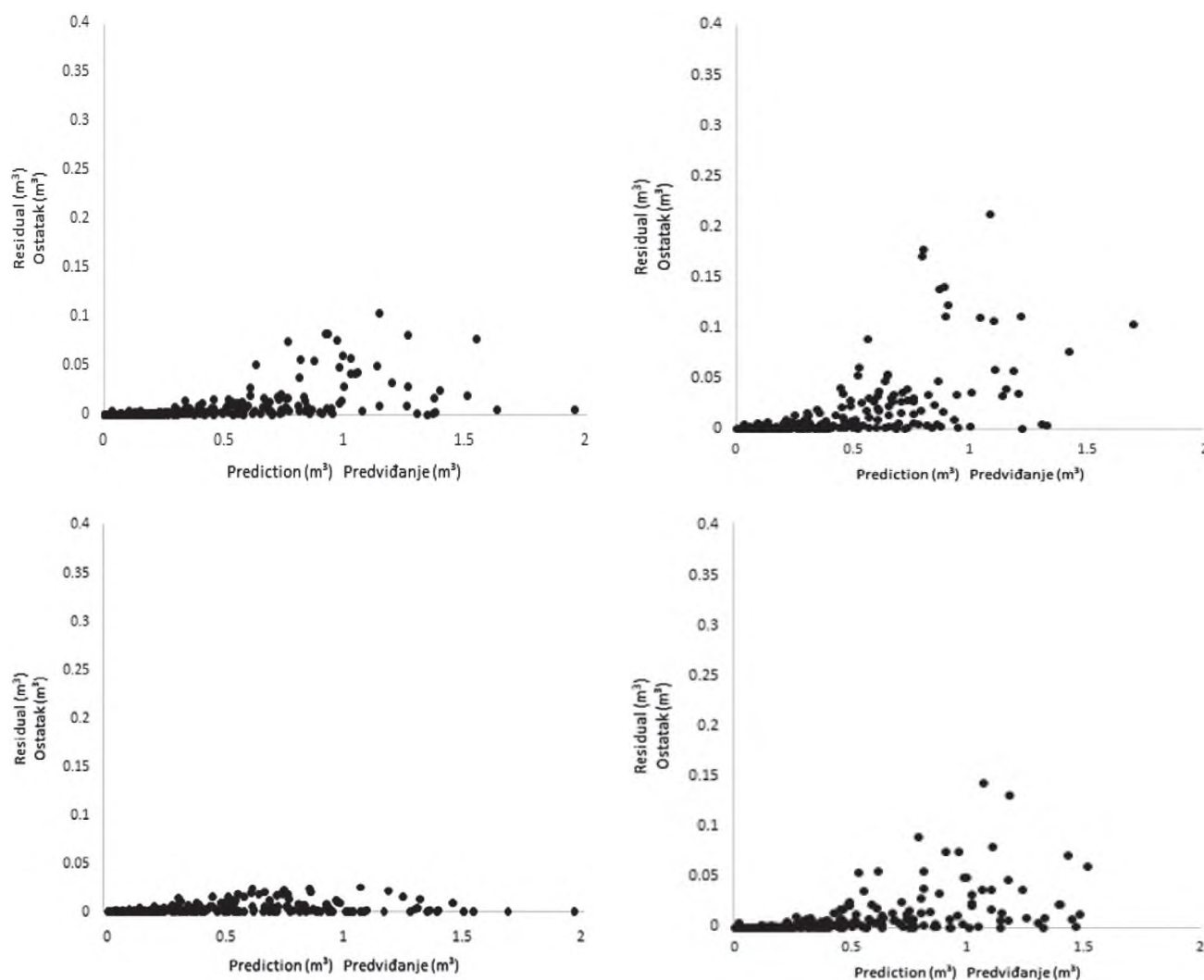


Figure 3. The residuals against predicted volume obtained by double entry volume equation (a), Fang (2000)'s compatible volume equation (b), ANN based on MLP 2-15-1 (c) and ANN based on RBF 2-9-1 (d)

Slika 3. Razlika od predviđenog volumena dobivenog dvoulaznom volumnom jednačbom (a), kompatibilna volumna jednačba - Fang (2000) (b) temeljena na MLP 2-15-1 (c) i ANN temeljena na RBF 2-9-1 (d).

the t-paired test evaluating null hypothesis of a mean prediction residual equal to zero including validation data set, 54 sample trees. The results for t-paired test show that the mean residuals predicted from ANN based on MLP 1-9-1 for single-entry volume predictions are not significantly different from zero, $t \text{ value} = -0.364$, $p = 0.718 > 0.05$. Also, the mean residuals predicted from ANN MLP 2-15-1 for double-entry volume predictions are not significantly different from zero, $t \text{ value} = 0.559$, $p = 0.578 > 0.05$

DISCUSSION RASPRAVA

In this study, it was aimed to obtain the individual volume predictions of Crimean Black Pine in Çankırı Forests by using Artificial Neural Network Models. Also, the single and double entry-volume equations and the Fang et al. (2000)'s compatible volume equation based on the classical

and traditional methods were used to acquire these tree volume predictions. The single-entry volume equation accounted for about 90.82 % of the total variance in volume predictions, however, the best predictive ANN based on MLP 1-9-1 and ANN based on RBF 1-7-1 presented about 93.37 % and 91.57 % of explanatory at the total variance of volume predictions, respectively. To include dbh and height as independent in tree volume predictions, the double-entry volume equations and the Fang (2000)'s compatible volume equation accounted for about 95.17 % and 91.73 % of the total variance in volume predictions, respectively. The ANN-based on MLP 2-15-1 and ANN based on RBF 2-9-1 including dbh and height as input variables presented the best predictive results including about 98.01 % and 93.73 % of the total variance in volume predictions, respectively. The principal purpose of this study was to reveal the usability of prediction methods based on the Artificial Neural

Network models in individual tree volume predictions. As evaluated some goodness-of-fit statistics including SSE, AIC, SBC, RMSE, MSE and R^2_{adj} based on the amounts and distributions of predictions' residual, it can be concluded that the ANNs can be utilized for the prediction of individual tree volumes. Furthermore, better predictive individual volume predictions can be achieved by the use of ANN models with respect to single and double entry volume equations and compatible volume equation classical analysis. However, not being able to supply adequate samples for certain data ranges in the training of ANNs may cause adverse results, such as failing to ensure expected volume growth laws. For example, sampling large-diameter trees from low site quality will provide short tree samples, as a result of which increasing diameters could represent volume reduction in the samples. As the ANN structure provides flexible estimations, in parallel with this change in the data, it may indicate a decreasing volume trend with single input volume estimations based on dbh upon afterward a certain diameter level. Estimations provided by ANN structures depend, to a great extent, on the data structures used to train the network. If adequate and balanced sampling cannot be provided, these estimations will be negatively affected in terms of ensuring growth legalities.

Successful volume predictions of the ANN models for Crimean Black Pine trees may be attributed to ANN's success in modeling non-linear trend development. While developing regression models, it is checked whether they meet certain basic statistical assumptions (standard distribution and homogeneity of error variances, no correlation between errors, autocorrelation, no correlation between independent variables), which is not the case for ANN. It is because regression models are able to provide successful estimations in which such statistical assumptions have been realized, while the estimations provided by ANNs do not depend on the realization of those assumptions. In this sense, as well as their success in volume estimations, ANNs also have the advantages owing to the fact that they do not depend on statistical assumptions.

However, a significant issue that must be addressed, based on the results of the estimations for the studies to be conducted with ANNs, is the determination of a successful ANN structure among the various ANN structures that have different network algorithm and numbers of neurons. Providing certain estimations on trees and stands using ANN, an artificial intelligence application is a new method, and studies are required to determine which ANN structures will be able to provide successful estimations. In this study, ANN based on MLP 1-9-1 for single entry volume predictions including dbh as an input variable and ANN based on MLP 2-15-1 for double entry volume predictions including dbh and height as input variable provided more predictive results than other ANN structures. Nevertheless,

the successes of prediction for different ANN structures should be analyzed and prominence should be given to studies conducted to determine ANN structures providing the best estimations. Conformity of the estimations provided by ANN structures with growth laws, regarding the growth trends of trees, should be assessed, which is another issue that must be approached with caution.

REFERENCES LITERATURA

- Ashraf, M. I., Z. Zhao, A. Bourque, D.A. MacLean, F. Meng, 2013: Integrating biophysical controls in forest growth and yield predictions generated with artificial intelligence technology, *Canadian Journal of Forest Research*, 43, 1162–1171.
- Atkinson, P.M., A.R. Tatnall, 1997: Introduction: neural networks in remote sensing, *Int. J. Remote Sens.* 18(4): 699–709.
- Avery, T.E., H.E. Burkhart, 2002: *Forest measurements*, 5th ed. New York: McGraw-Hill, 456 p.
- Bolat, F., 2015: Predictions for Oriental beech tree heights based on the artificial neural network in Kestel forests, The 10th International Beech Symposium, 1-6 September 2015, Kastamonu, Safranbolu, TURKEY.
- Bhering, L.L., V.S. Junqueira, L.A. Peixoto, C.D. Cruz, B.G. Lavioia, 2015: Comparison of methods used to identify superior individuals in genomic selection in plant breeding, *Genet Mol Res*, 14(3):10888–10896.
- Binoti, M.L.M.S., D.H.B. Binoti, H.G. Leite, 2013: Aplicação de redes neurais artificiais para estimação da altura de povoamentos equiâneos de eucalipto, *Rev. Arvore*, 37(4):639–645.
- Buğday, E., 2018: Application of Artificial Neural Network System Based on ANFIS Using GIS for Predicting Forest Road Network Suitability Mapping, *Fresenius Environmental Bulletin*, Volume 27 – No. 3/2018 pages 1656–1668.
- Clark, A., R.A. Souther, B.E. Schlaegel, 1991: Stem profile equations for southern tree species, *USDA For. Serv. Res. Pap. SE-282*.
- Clutter, J.L., J.C. Fortson, L.V. Pienaar, G.H., Brister, R.L. Bailey, 1983: *Timber management: A quantitative approach*, John Wiley & Sons, Inc., 333 p.
- Corral-Rivas, J.J., U. Diéguez-Aranda, S. Corral, F. Castedo, 2007: A merchantable volumen system for major pine species in El Salto, Durango (Mexico), *For. Ecol. Manage.*, 238: 118–129.
- Crecente-Campo, F., M. Tomé, P. Soares, U. Diéguez-Aranda, 2010: A generalized nonlinear mixed-effects height-diameter model for *Eucalyptus globulus* L. in northwestern Spain, *Forest Ecology and Management*, 259, 943–952.
- Demuth, H., Beale, M., 2001: *Neural network toolbox For use with Matlab*, User's Guide, V4, 25.
- Diamantopoulou, M. J., 2005: Predicting fir trees stem diameters using Artificial Neural Network models, *Southern Forests: a journal of Forestry Science*, 205, 39–44.
- Diamantopoulou, M.J., 2006: Tree-Bole Volume Estimation on Standing Pine Trees Using Cascade Correlation Artificial Neural Network Models, *Agricultural Engineering International: the CIGR ejournal*. Manuscript IT 06 002, Vol. VIII.

- Diamantopoulou, M. J., R. Özçelik, 2012: Evaluation of different modeling approaches for total tree-height estimation in the Mediterranean Region of Turkey, *Forest Systems*, 21, 3, 383–397.
- Diamantopoulou, M. J., R. Özçelik, F. Crecente-Campo, Ü. Eler, 2015: Estimation of Weibull function parameters for modeling tree diameter distribution using least squares and artificial neural networks methods, *Biosystem engineering*, 133, 33–45.
- Diéguez-Aranda U., F. Castedo, J.G. Álvarez, A. Rojo, 2006: Compatible taper function for Scots pine plantations in North-western Spain, *Can. J. For. Res.*, 36: 1190–1205.
- Doğan, S., E. Buğday, 2018: Modeling of Temporal and Spatial Changes of Land Cover and Land Use by Artificial Neural Networks: Kastamonu Sample, *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 20 (3): 653–663, doi: 10.24011/barofd.467974.
- Elmas, Ç., 2003: Artificial Neural Networks (Theory, Architecture, Education, Practice) Yapay Sinir Ağları (Kuram, Mimari, Eğitim, Uygulama), Seçkin Publishing, Ankara, TURKEY, p.22–37.
- Ercanlı, İ., S. Keleş, M. Şenyurt, A. Günlü, F. Bolat, K. Kurt, 2014: Development of Compatible Body Diameter and Body Volume Equations for Crime pine stands Shaped Within the Limits of Tarsus Forest Enterprise with Mixed Effect Modeling Approach, TUBITAK Quick Support Projects Program. Projekt number: TOVAG-1130729.
- Ercanlı, İ., A. Kahriman, F. Bolat, 2015: Applications of an artificial neural network for predicting the relationships between height and age for oriental beech, The 10th International Beech Symposium, 1–6 September 2015, Kastamonu, Safranbolu / TURKEY
- Ercanlı, İ., A. Günlü, M. Şenyurt, F. Bolat, A. Kahriman, 2016: Artificial neural network for predicting stand carbon stock from remote sensing data for even-aged scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands in the Taşköprü-Şiflik forests, 1st International Symposium of Forest Engineering and Technologies (FETEC 2016): Forest Harvesting and Roding in Environmentally Sensitive Areas, 02–04 June 2016, 2016, Bursa, Turkey
- Esteban, L.G., F.G. Fernandez, P. de Palacios, 2009: MOE Prediction in *Abies pinsapo* boiss. Timber: application of an artificial neural network using non-destructive testing, *Computers, and Structures*, 87, 1360–1365.
- Fang, Z., B.E. Borders, R.L. Bailey, 2000: Compatible volume-taper models for loblolly and slash pine based on a system with segmented-stem form factors, *Forest Science*, 46, 1, 1–11.
- Fausett, L., 1994: Fundamentals of neural networks architectures, Algorithms, and applications, Prentice Hall, USA.
- Firat, F., 1973: Dendrometry. 4th edition, Istanbul University Forest Faculty, Publishing number: 1800, Istanbul, TURKEY.
- Firat, M., 2002: Determination of Depth of Convection around Bridge Legs Placed in Linear and Curved Rivers by Artificial Neural Networks, . Phd thesis. Pamukkale Natural And Applied Science.
- Firat, M., M. Güngör, 2004: Determination of Carried Suspended Sediment Concentration and Amount by Artificial Neural Networks, *IMO Technical Journal*, 15, 3, 3267– 3282.
- Gal, J., I.E. Bella, 1994: New stem taper functions for 12 Saskatchewan timber species, *Nat. Resour. Can., Can. For. Serv., Northwest Region, North. For. Cent., Edmonton, Alta., Canada, Inf. Rep. NOR-X-338*.
- Gorgens, E.B., H.G. Leite, H.N. Santos, J.M. Gleriani, 2009: Estimación do volume de árvores utilizando redes neurais artificiais, *Rev. Arvore* 33(6):1141–1147 gorgens.
- Gurney, K., 1999: An introduction to neural networks, UCL Press, UK.
- Jiang, L., J.R. Brooks, J. Wang, 2005: Compatible taper and volume equations for yellow-poplar in West Virginia, *Forest Ecology and Management*, 213, 399–409.
- Kalipsız, A., 1999: Dendrometry. Istanbul University Forest Faculty Publishing number:3194/354, İstanbul.
- Kapucu, F., H. Yavuz, A.U. Gül, N. Mısırlı, 2002: Production and management principles of chestnut stands, Tubitak TAGTOG TARP, Projekt number 2229.
- Kurup P. U., N.K. Dudani, 2002: Neural Networks for Profiling Stress History of Clays from PCPT Data. *Journal of Geotechnical & Geoenvironmental Engineering*, 128, 7, 569–580.
- Li, R., A.R. Weiskittel, 2010: Comparison of model forms for estimating stem taper and volume in the primary conifer species of the North American Acadian region, *Annals Forest Science*, Vol.67; pp.302–317.
- Max, T.A., H.E. Burkhart, 1976: Segmented polynomial regression applied to taper equations, *For. Sci.* 22(3):283–289.
- Miguel, E.P., F.C.M. Mota, S.J. Teo, R.G.M. Nascimento, F.A. Leal, R.S. Pereira, A.V. Rezende, 2016: Artificial intelligence tools in predicting the volume of trees within a forest stand, *African Journal of Agricultural Research*, v. 11, n. 21, p. 1914–1923.
- Nasr, G. E., E.A. Badr, C. Joun, 2003: Backpropagation neural networks for modeling gasoline consumption. *Energy Conversion and Management*, 44 (6), 893–905.
- Orhunbilge, N., 2002: Applied Regression and Correlation Analysis, Istanbul University Faculty of Management publishing, 2nd edition, Istanbul, Turkey.
- Özçelik, R., M.J. Diamantopoulou, H.V. Wiant, J.R. Brooks, 2010: Estimating tree bole volume using artificial neural network models for four species in Turkey, *Journal of Environmental Management*, 91, 3, 742–753.
- Özçelik, R., M.J. Diamantopoulou, H.V. Wiant, J.R. Brooks, 2010: Estimating tree bole volume using artificial neural network models for four species in Turkey, *Journal of Environmental Management*, 91, 3, 742–753.
- Özçelik, R., M.J. Diamantopoulou, F. Crecente-Campo, Ü. Eler, 2013: Estimating Crimean juniper tree height using nonlinear regression and artificial neural network models. *Forest Ecology and Management*, 306, 52–60
- Özçelik, R., M.J. Diamantopoulou, J.R. Brooks, 2014: The use of tree crown variables in over-bark diameter and volume prediction models. *iForest-Journal of Biogeosciences and Forestry*, 7:132–139.
- Pompa G.M., J.J.R. Corral, M.A. Díaz V, M.S. y Martínez, 2009: Función de ahusamiento y volumen compatible para *Pinus arizonica* Engelm., en el Suroeste de Chihuahua, *Revista Ciencia Forestal en México*, 34(105):119–136.
- Quiñonez-Barraza, G., los Santos-Posadas, D., Héctor, M., Álvarez-González, J.G., Velázquez-Martínez, A., 2014: Sistema compatible de ahusamiento y volumen comercial para las principales especies de *Pinus* en Durango, México *Agrociencia* 48, 553–567.
- Sanquetta C.R., A. Behling, A.P. Dala Corte, M.S. Ruza, A. Simon, J.F.B. São José, 2014: Relação hipsométrica em inventários

- pré-corte em povoamentos de *Acacia mearnsii* De Wild. Científica 42(1):80-90.
- Soares, F.A.A.M.N., E.L. Flôres, C.D.E.L. Cabacinha, G.A. Carrijo, A.C.P. Veiga, 2011: Recursive diameter prediction and volume calculation of eucalyptus trees using Multilayer Perceptron Networks, Computers, and Electronics in Agriculture, v.78, n.1, p. 19-27.
 - Silva, M.L.M., D.H.B. Binoti, J.M. Gleriani, H.G. Leite, 2009: Ajuste do modelo de Schumacher e Hall e aplicação de redes neurais artificiais para estimar volume de árvores de eucalipto, Rev. Arvore, 33(6):1133-1139.
 - Şentürk, N., 1997: Arrangement of ash (*Fraxinus angustifolia* Wahl. subsp. *Oxyarpa* (Bieb. Ex Willd.) Franco & Rocha Afonso) body volume and wood volume tables, . Phd thesis. Pamukkale Natural And Applied Science.
 - Reed, D.D., E.J. Green, 1984: Compatible stem taper and volume ratio equations, For. Sci. 30(4):977-990.
 - Tang, X., C. Pérez-Cruzado, L. Fehrmann, J.G. Álvarez-González, Y. Lu, C. Kleinn, 2016: Development of a Compatible Taper Function and Stand-Level Merchantable Volume Model for Chinese Fir Plantations, PLoS ONE 11(1): 1-15
 - Topçu, İ.B., M. Sarıdemir, 2008: Prediction of Compressive Strength of Concrete Containing Fly Ash Using Artificial Neural Networks and Fuzzy Logic. Computational Materials Science, 41, 305-311.
 - Van Laar, A., A. Akça, 2007: Forest mensuration, Springer, Dordrecht, 383 pp.
 - Wiant, H.V.Jr., G.B. Wood, T.G. Gregoire, 1992: Practical guide for estimating the volume of a standing sample tree using either importance or centroid sampling, Forest Ecology, and Management, 49, 333-339.
 - Yavuz, H., 1995: Compatible and incompatible trunk diameter models, Karadeniz Technical University Faculty of Forestry spring seminars, faculty publication number:49, 101-106.
 - Yavuz, H., 1999: Volume Functions and Volume Tables for Crimean pine in Taşköprü Region, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23, 1181-118.
 - Yavuz, H., O.E. Sakıcı, 2002: Scientific and practical examination of body profile models, Conceptual expansions and new targets in forest management symposium, Istanbul, Turkey, p.233-241.

SAŽETAK

Cilj ovog rada je usporediti modele umjetne neuralne mreže (ANN) za predviđanje pojedinih drvnih volumena krimskih borova u šumama Çankirija. Jednoulazne i dvoulazne jednadžbe i kompatibilna volumna jednadžba Fang *et al.* (2000) temeljena na klasičnim i tradicionalnim metodama primijenjena je na 360 krimskih borova u cilju dobivanja ovih drvnih volumena. Kako bi se odredila najbolja alternativna metoda za predviđanje ANN modela, ukupno je obučeno 320 treniranih mreža u višeslojnom perceptronu (MLP) i ukupno 20 treniranih mreža u arhitekturi Radial Basis Function (RBF). Na temelju statistike *goodness-of-fit*, ANN u smislu MLP 1-9-1 uključujući dbh kao input varijablu za jednoulazna volumna predviđanja pokazao je bolju *fitting* sposobnost sa SSE (2.7763), Radj2 (0.9339), MSE (0.00910), RMSE (0.0954), AIC (-823.25) i SBC (-1421.81) nego onaj u ostalim proučavanim volumnim metodama koje uključuju dbh kao eksplanatornu varijablu. Za dvoulazna volumna predviđanja, što uključuju dbh i ukupnu visinu kao input varijable, ANN temeljen na MLP 2-15-1 rezultirao je boljom *fitting* statistikom sa SSE (0.8354), Radj2 (0.9801), MSE (0.00274), RMSE (0.0523), AIC (-579.55) and SBC (-1788.11).

KLJUČNE RIJEČI: Predviđanje drvnog volumena, umjetna neuralna mreža, krimski bor, linearna analiza regresije, šume Cankiri



HRVATSKA KOMORA
INŽENJERA ŠUMARSTVA
I DRVNE TEHNOLOGIJE

Prilaz Gjure Deželića 63, 10000 Zagreb
Telefon: ++385(1)376-5501
Telefax: ++385(1)376-5504
www.hkisdt.hr; info@hkisdt.hr

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 usklađuje 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 HKISDT, 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, obnavlja 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 interese 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 postizanje ciljeva ravnopravnoga 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.

HARDNESS OF THERMALLY MODIFIED BEECH WOOD AND HORNBEAM WOOD

TVRDOĆA TOPLINSKI MODIFICIRANE BUKOVINE I GRABOVINE

Tomislav SEDLAR¹, Tomislav SINKOVIĆ¹, Ivana PERIĆ², Andrej JARC¹, Srđan STOJNIĆ³, Bogoslav ŠEFC¹

SUMMARY

There is increasing number of products made of thermally modified wood (mainly floor coverings) in wood market. Thermal modification at temperatures above 160 °C in oxygen free environment is known to alter the physical and mechanical properties of wood, among others. In this work, change in Brinell hardness of beech wood and hornbeam wood subjected to 200 °C in oxygen free environment for 48 hours was investigated in relation with unmodified wood of the same species. Beech and hornbeam were selected because of the impacts of climate change as well as future predictions on the distribution of beech and hornbeam in South East Europe. Wood hardness was investigated on cross, radial and tangential sections. The dependence of wood hardness on wood density was also shown. All measurements were performed at 12% EMC (equilibrium moisture content) of wood. The average values of Brinell hardness of thermally modified beech wood and hornbeam wood were significantly different and smaller than the average values of unmodified beech wood and hornbeam wood. As expected, thermal modification caused weight reduction and consequently, decrease in the density of beech wood and hornbeam wood. Applied thermal modification reduced Brinell hardness of beech wood cross section for 3%, radial section for 15%, and tangential section for 25%. Applied thermal modification reduced Brinell hardness of hornbeam wood cross section for 6%, radial section for 18%, and tangential section for 13%.

Applied thermal modification negatively influenced Brinell hardness on all three sections of investigated beech wood and hornbeam wood. The recorded decrease in hardness still does not hinder the use of such modified wood in non-load-bearing wood structures and wood flooring.

KEY WORDS: Brinell hardness, thermally modified wood, beech wood, hornbeam wood

INTRODUCTION UVOD

Climate change is expected to have a profound effect on the forests of temperate and Mediterranean bioclimatic zones, where extreme abiotic events (e.g. drought, storm, forest fires, etc.) and associated changes in biotic disturbance regimes are supposed to be the major climate change related impacts (Hlásny et al. 2014). In such circumstances, drought-induced mortality, changes in forest growth rate and

shift of species distribution range are expected across Europe (Lindner et al. 2010).

Several studies conducted for the regions of Balkan and Central Europe evidenced that climate change might significantly affect future production and distribution range of the main tree species. For example, study conducted by Stojanović et al. (2014) demonstrated possible significant change of bioclimatic niches for the most important forest tree species in Serbia before the end of 21st century. Li-

¹ Ass. prof. Tomislav Sedlar, Ph.D., Prof. Tomislav Sinković, Ph.D., Andrej Jarc, mag. ing. techn. lign, Assoc. prof. Bogoslav Šefc, Ph.D., Department of Wood Science, Faculty of Forestry, University of Zagreb, Svetošimunska 25, 10000, Zagreb (Croatia), e-mail: tsedlar@sumfak.hr; tsinkovic@sumfak.hr; bsefc@sumfak.hr

² Ivana Perić, Ph.D., Department of Production Organisation, Faculty of Forestry, University of Zagreb, Svetošimunska 25, 10000, Zagreb (Croatia)

*Corresponding author: e-mail: iperic@sumfak.hr

³ Ass. prof. Srđan Stojnić, Ph.D., Institute of Lowland Forestry and Environment, University of Novi Sad, Novi Sad (Serbia), e-mail: srdjan.stojnic@uns.ac.rs

kewise, giving a comprehensive review on potential impact of climatic changes on forest vegetation shift in Slovenia, Kutnar and Kobler (2011) stated that the share of thermophilous forests, which are less economically interesting, will increase significantly (from the present 14% to a range between 50% and 87%), replacing the currently predominant mesic forests. This situation is particularly worrying concerning European beech, which although cover an extensive natural range, and which is also known to be vulnerable to drought (Rose et al. 2009). Indeed, Lakatos and Molnar (2009) documented mass mortality of beech trees in Hungary, as a consequence of a damage chain, caused by drought period from 2000 to 2004, while Czúcz et al. (2011) found that 56–99% of existing European beech forests in Hungary might fall outside their bioclimatic niche by 2050. Finally, using Ellenberg's climate quotient (EQ) Stojanović et al. (2013) showed that 90% of beech forests in Serbia (southeast Europe) may be outside their present bioclimatic niche until the end of 21st century. Therefore, it seems that alternative forests tree species, such as hornbeam, will need to be used intensively in the future in order to meet raising demands of wood industry.

Using of hornbeam, which is known for its high density, hardness, toughness and wear-resistance (Fodor et al. 2017), would be justified from both ecological point of view, as well as taking into account projected climate change effects on forest ecosystems in Central and Southern Europe. Namely, certain studies on a long-term natural forest dynamics in a mixed stands evidenced a quantitative increase of late-successional species, such as *Carpinus betulus*, whereas parallel decline was observed for economically more important tree species (e.g. *Picea abies*, *Fraxinus excelsior*, *Quercus robur*, etc.) (Bernadzki et al. 1998). Finally, according to aforementioned EQ, European beech is dominant tree species at the areas with EQ less than 30 (Ellenberg, 1988), whereas higher EQs (i.e. regions with dryer and warmer climate) are more suitable for hornbeam growing. Although very rare, certain studies evidenced naturalization and formation of large pure stands by this species in the regions with EQ over 30, thus suggesting that climatic change might positively affect the distribution of hornbeam in the future (Jensen et al. 2004).

Thermal modification of wood at high temperatures causes permanent changes in chemical and physical properties (Aytin et al. 2015; Welzbacher et al. 2009). Thermal modification of wood increases its moisture resistance, improves dimensional stability, enhances resistance against biological deterioration, and contributes to uniform colour change from original to dark brownish tones (Kollmann et al. 1975; Stamm, 1956; Tjeerdsmā et al., 1998; Kotilainen et al., 2000; Yildiz, 2002; Avadi et al., 2003; Rousset et al., 2004; Hill, 2006; Živković et al. 2008; Sinković et al., 2011; Sahin, H. T. et al. 2011; Mitani and Barboutis, 2014). Heating changes wood

colour acquiring a darker tonality which is often caused by the formation of color degradation produced from hemicelluloses (Sehlstedt-Persson 2003, Sundqvist 2004). The colour of wood is important from the aesthetic point of view.

However, thermal modification decreases mechanical properties of wood. Mass loss, lower density of thermally modified wood are caused by heating regime, procedure, duration, relative humidity and wood moisture content (Vernois, 2001; Alén et al., 2002; Esteves et al., 2007; Candan et al., 2013; Laine et al., 2016; Lykidis et al., 2016; Li et al., 2017; Boruvka et al., 2018). These undesirable changes may limit application of thermally modified wood in wood construction.

Although there are scientific papers with measured reduced values of hardness of beech and hornbeam wood after heat treatment (Yildiz, 2002; Gunduz et al., 2009), their results are difficult to compare with each other due to the use of different treatment regimes. This paper aims to check and compare the decrease in the density and hardness of Brinell wood due to the equal treatment of beech and hornbeam wood with high temperature. Beech and hornbeam were selected precisely because of the aforementioned impacts of climate change as well as predictions on the distribution of beech and hornbeam in South East Europe.

The aim of this article was to investigate and compare Brinell hardness on three main sections of thermally modified and unmodified beech wood and hornbeam wood and to determine wood mass and wood density reduction after thermal modification.

MATERIAL AND METHODS

MATERIJAL I METODE

Research was carried out on beech wood and hornbeam wood. Trees selected for research came from the Papuk region and originate from the same economic unit which means they had the same conditions for growth. Trees were selected according to HRN ISO 3129:1999. One bark to bark core, length of one meter, was cut out from each tree. Then the cores were sawn in half its length. A half of core was used to make samples of unmodified beech and hornbeam wood and the other half was thermally modified at 200 °C for 48 hours. The entire process from the beginning of thermal modification to the cooling of the heat chamber lasted for 72 hours.

After the thermal modification cores were sawn into specimens 30 mm × 30 mm × 20 mm (R, T, L) for the purpose of testing wood hardness. Only the samples without any natural wood defects (bark, cracks, reaction wood) were taken in consideration. Three series of samples were prepared, depending on the investigated cross section. The hardness of wood was investigated according to Brinell (HRN ISO 3350:1999) on cross, radial and tangential section. Wood density was investigated according to HRN ISO

Table 1 Survey of statistical values for Brinell hardness on cross, radial and tangential section of unmodified and thermally modified beech wood
Tablica 1. Prikaz statističkih vrijednosti čvrstoće po Brinell-u na poprečnom, radijalnom i tangენტnom presjeku recentne i toplinski modificirane bukvine

Unrated beech wood <i>Recentna bukovina</i>						Heat treated beech wood <i>Toplinski modificirana bukovina</i>					
Cross section <i>Poprečni presjek</i>		Radial section <i>Radijalni presjek</i>		Tangential section <i>Tangentni presjek</i>		Cross section <i>Poprečni presjek</i>		Radial section <i>Radijalni presjek</i>		Tangential section <i>Tangentni presjek</i>	
$\rho_{12\%}$	HB _C	$\rho_{12\%}$	HB _R	$\rho_{12\%}$	HB _T	$\rho_{12\%}$	HB _C	$\rho_{12\%}$	HB _R	$\rho_{12\%}$	HB _T
g/cm ³	N/mm ²	g/cm ³	N/mm ²	g/cm ³	N/mm ²	g/cm ³	N/mm ²	g/cm ³	N/mm ²	g/cm ³	N/mm ²
50	50	53	53	51	51	N	54	54	53	53	51
0,688	68,1	0,652	20,0	0,673	28,3	MIN	0,577	61,2	0,577	18,7	0,596
0,718	73,3	0,718	31,1	0,715	39,1	AVER	0,657	71,3	0,643	26,4	0,650
0,753	77,7	0,783	41,5	0,759	53,1	MAX	0,722	85,1	0,718	33,3	0,723
0,020	2,411	0,034	5,391	0,026	6,417	SD	0,038	5,325	0,036	3,705	0,039
0,000	5,813	0,001	29,063	0,001	41,183	CV	0,001	28,351	0,001	13,725	0,002
											29,453

^a $\rho_{12\%}$ – density at 12% EMC, HB_{C12%} – Brinell hardness on cross section at 12% EMC, HB_{R12%} – Brinell hardness on radial section at 12% EMC, HB_{T12%} – Brinell hardness on tangential section at 12% EMC, N – number of samples, MIN – minimum value, AVER – mean value, MAX – maximum value, STDEV – standard deviation, CV – coefficient of variation

^a $\rho_{12\%}$ – gustoća pri sadržaju vode od 12%, HB_{C12%} – tvrdoća po Brinell-u poprečnog presjeka pri sadržaju vode od 12%, HB_{R12%} – tvrdoća po Brinell-u radijalnog presjeka pri sadržaju vode od 12%, HB_{T12%} – tvrdoća po Brinell-u tangენტnog presjeka pri sadržaju vode od 12%, N – broj uzoraka, MIN – minimalna vrijednost, AVER – aritmetička sredina, MAX – maksimalna vrijednost, STDEV – standardna devijacija, CV – koeficijent varijacije

3131:1999. Brinell hardness was tested on “Shimadzu AG-X 100kN”, universal machine for testing the mechanical properties of wood, with test load for hardwood species (1000 N) and a 10 mm diameter indenter.

Statistical analysis of the results and their comparison was carried out in specialized statistical program Statistica 8. Statistical analysis has shown the number of measured samples, minimal, maximal and average value of certain measured properties, standard deviation, as well as their coefficient of variation. Comparison study between investigated Brinell hardness of beech and hornbeam wood was carried out by Mann Whitney test.

RESULTS AND DISCUSSION

REZULTATI I RASPRAVA

Investigated Brinell hardness of thermally modified beech wood is lower than unmodified beech wood on all three sections. Average Brinell hardness of thermally modified beech wood was lower for 3% on cross section, it was lower for 15% on radial section and it was lower for 25% on tangential section (Table 1). Statistical analysis showed there is significant difference between Brinell hardness of thermally modified and unmodified beech wood on all three sections (Table 2 and Figure 2).

Table 2 Mann Whitney test of difference between Brinell hardness of thermally modified and unmodified beech wood

Tablica 2. Mann Whitney test razlike između tvrdoće po Brinell-u toplinski modificirane i recentne bukvine

Thermally modified	Unmodified	HB _{C12%} unmodified beech wood, cross section <i>HB_{C12%} recentna bukovina, poprečni presjek</i>	HB _{R12%} unmodified beech wood, radial section <i>HB_{R12%} recentna bukovina, radijalni presjek</i>	HB _{T12%} unmodified beech wood, tangential section <i>HB_{T12%} recentna bukovina, tangentni presjek</i>
HB _{C12%} thermally modified beech wood, cross section <i>HB_{C12%} toplinski mod. bukovina, poprečni presjek</i>		p = 0.01 Z = 2.537		
HB _{R12%} thermally modified beech wood, radial section <i>HB_{R12%} toplinski mod. bukovina, radijalni presjek</i>			p < 0.001 Z = 4.479	
HB _{T12%} thermally modified beech wood, tang. section <i>HB_{T12%} toplinski mod. bukovina, tangentni presjek</i>				p < 0.001 Z = 6.562

Note: Correlations are significant at p < 0.05

Bilješka: Razlika je signifikantna kod p < 0,05

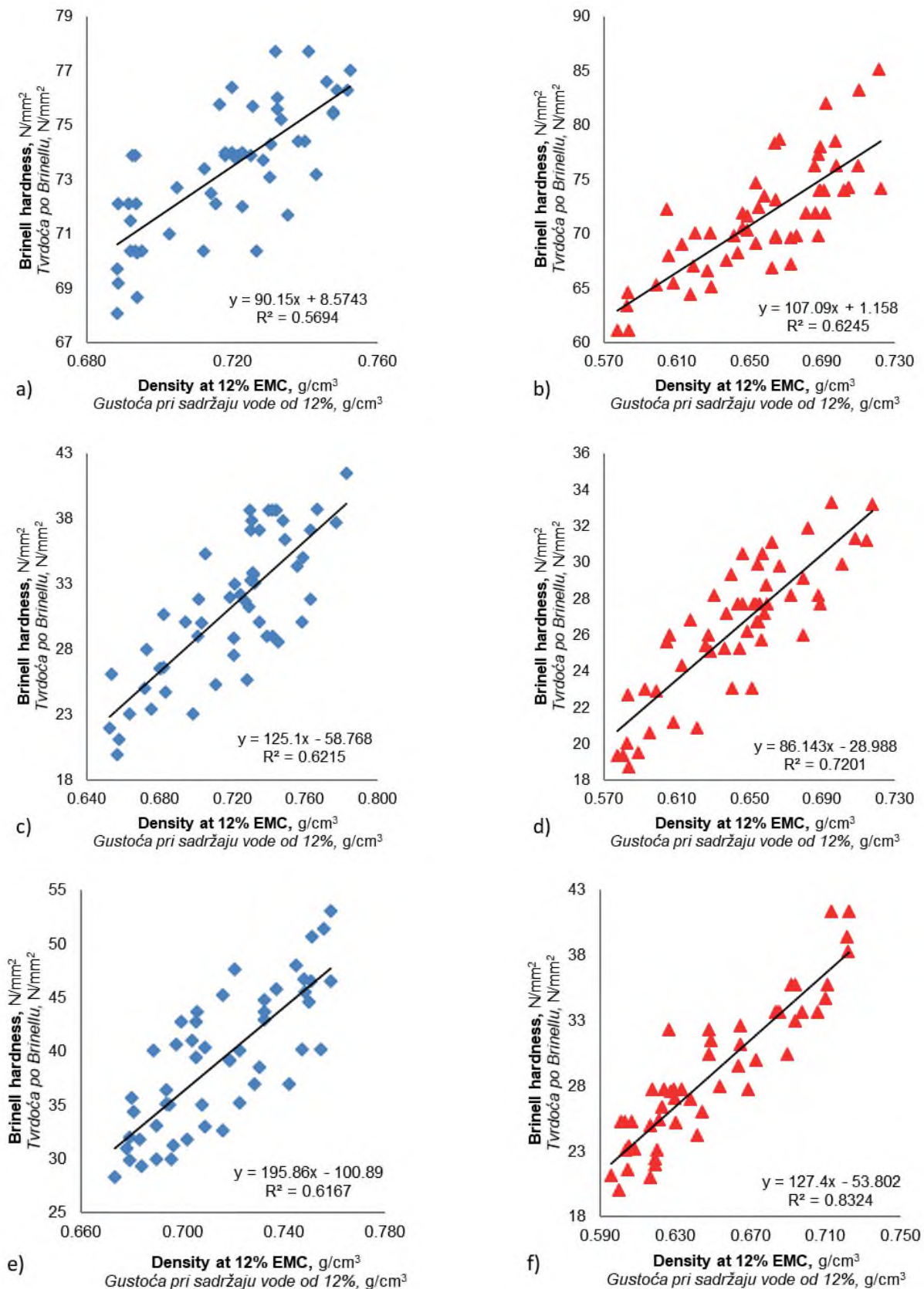


Figure 1 Relationship between Brinell hardness and density at 12% EMC; a) unmodified beech wood on cross section; b) thermally modified beech wood on cross section; c) unmodified beech wood on radial section; d) thermally modified beech wood on radial section; e) unmodified beech wood on tangential section; f) thermally modified beech wood on tangential section

Slika 1. Odnos tvrdoće po Brinell-u i gustoće pri sadržaju vode od 12%; a) recentne bukovine na poprečnom presjeku; b) toplinski modificirane bukovine na poprečnom presjeku; c) recentne bukovine na radijalnom presjeku; d) toplinski modificirane bukovine na radijalnom presjeku; e) recentne bukovine na tangentialnom presjeku; f) toplinski modificirane bukovine na tangentialnom presjeku

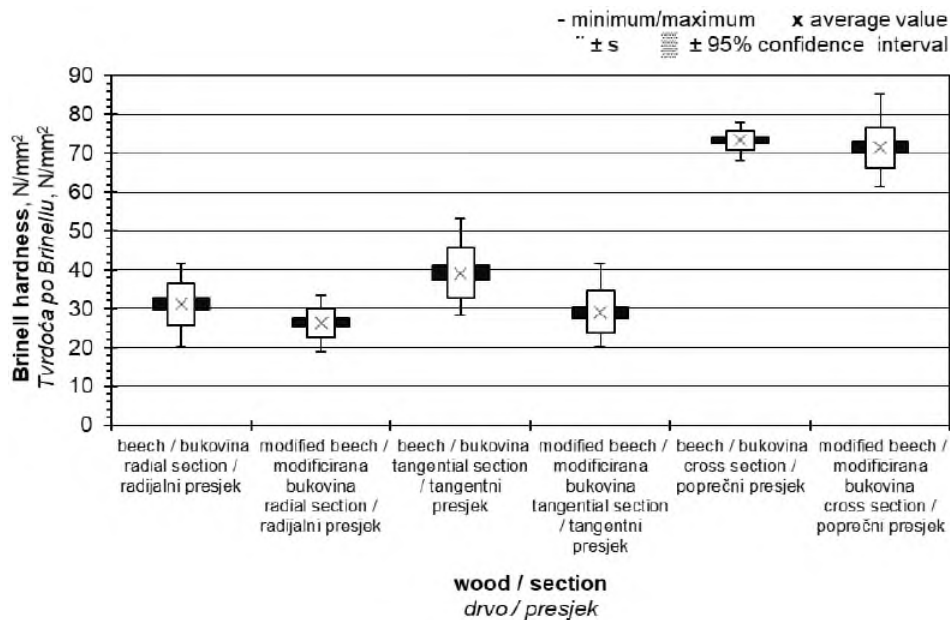


Figure 2 Statistical analyzes of Brinell hardness on cross, radial and tangential section between unmodified and thermally modified beech wood
Slika 2 Statistička analiza tvrdoće po Brinellu poprečnog, radijalnog i tangentskog presjeka, između recentne i topliski modificirane bukovine

Table 3 Survey of statistical values for Brinell hardness on cross, radial and tangential section unmodified and thermally modified hornbeam wood
Tablica 3. Prikaz statističkih vrijednosti čvrstoće po Brinell-u na poprečnom, radijalnom i tangentskom presjeku recentne i topliski modificirane grabovine

Untrated hornbeam wood Recentna grabovina						Heat treated hornbeam wood Toplinski modificirana grabovina					
Cross section Poprečni presjek		Radial section Radijalni presjek		Tangential section Tangenti presjek		Cross section Poprečni presjek		Radial section Radijalni presjek		Tangential section Tangenti presjek	
$\rho_{12\%}$	HB _C	$\rho_{12\%}$	HB _R	$\rho_{12\%}$	HB _T	$\rho_{12\%}$	HB _C	$\rho_{12\%}$	HB _R	$\rho_{12\%}$	HB _T
g/cm ³	N/mm ²	g/cm ³	N/mm ²	g/cm ³	N/mm ²	g/cm ³	N/mm ²	g/cm ³	N/mm ²	g/cm ³	N/mm ²
51	51	53	53	51	51	N	53	53	57	57	53
0,702	73,8	0,703	29,9	0,709	27,9	MIN	0,579	62,3	0,558	18,0	0,525
0,736	80,6	0,732	33,2	0,735	37,2	AVER	0,675	75,8	0,670	27,3	0,660
0,776	91,6	0,755	36,8	0,761	45,8	MAX	0,752	90,2	0,758	34,3	0,741
0,022	3,578	0,014	1,844	0,015	4,450	SD	0,050	7,895	0,039	4,109	0,051
0,000	12,805	0,000	3,402	0,000	19,801	CV	0,003	62,334	0,002	16,888	0,003

^a $\rho_{12\%}$ – density at 12% EMC, HB_{C,12%} – Brinell hardness on cross section at 12% EMC, HB_{R,12%} – Brinell hardness on radial section at 12% EMC, HB_{T,12%} – Brinell hardness on tangential section at 12% EMC, N – number of samples, MIN – minimum value, AVER – mean value, MAX – maximum value, STDEV – standard deviation, CV – coefficient of variation

^a $\rho_{12\%}$ – gustoća pri sadržaju vode od 12%, HB_{C,12%} – tvrdoća po Brinell-u poprečnog presjeka pri sadržaju vode od 12%, HB_{R,12%} – tvrdoća po Brinell-u radijalnog presjeka pri sadržaju vode od 12%, HB_{T,12%} – tvrdoća po Brinell-u tangentskog presjeka pri sadržaju vode od 12%, N – broj uzoraka, MIN – minimalna vrijednost, AVER – aritmetička sredina, MAX – maksimalna vrijednost, STDEV – standardna devijacija, CV – koeficijent varijacije

The decrease in beech wood hardness recorded in this work was less than the decrease in beech wood hardness recorded by Yildiz (2002). He determined the greatest decrease in hardness values when beech samples were treated at 180 °C for 10 h, and hardness decrease of 25.9%, 45.1%, and 41.8% were observed for longitudinal, radial, and tangential directions, respectively.

The ratio between Brinell hardness and density at 12% EMC of thermally modified and unmodified beech wood on three sections are shown in Figure 1. It was determined that the changes in wood density significantly affect Brinell hard-

ness on all sections of thermally modified and unmodified wood.

Investigated Brinell hardness of thermally modified hornbeam wood is lower than unmodified hornbeam wood on all three sections. Average Brinell hardness of thermally modified hornbeam wood was lower for 6% on cross section, it was lower for 18% on radial section and it was lower for 13% on tangential section (Table 3). Statistical analysis showed there is significant difference between Brinell hardness of thermally modified and unmodified hornbeam wood on all three sections (Table 4 and Figure 4).

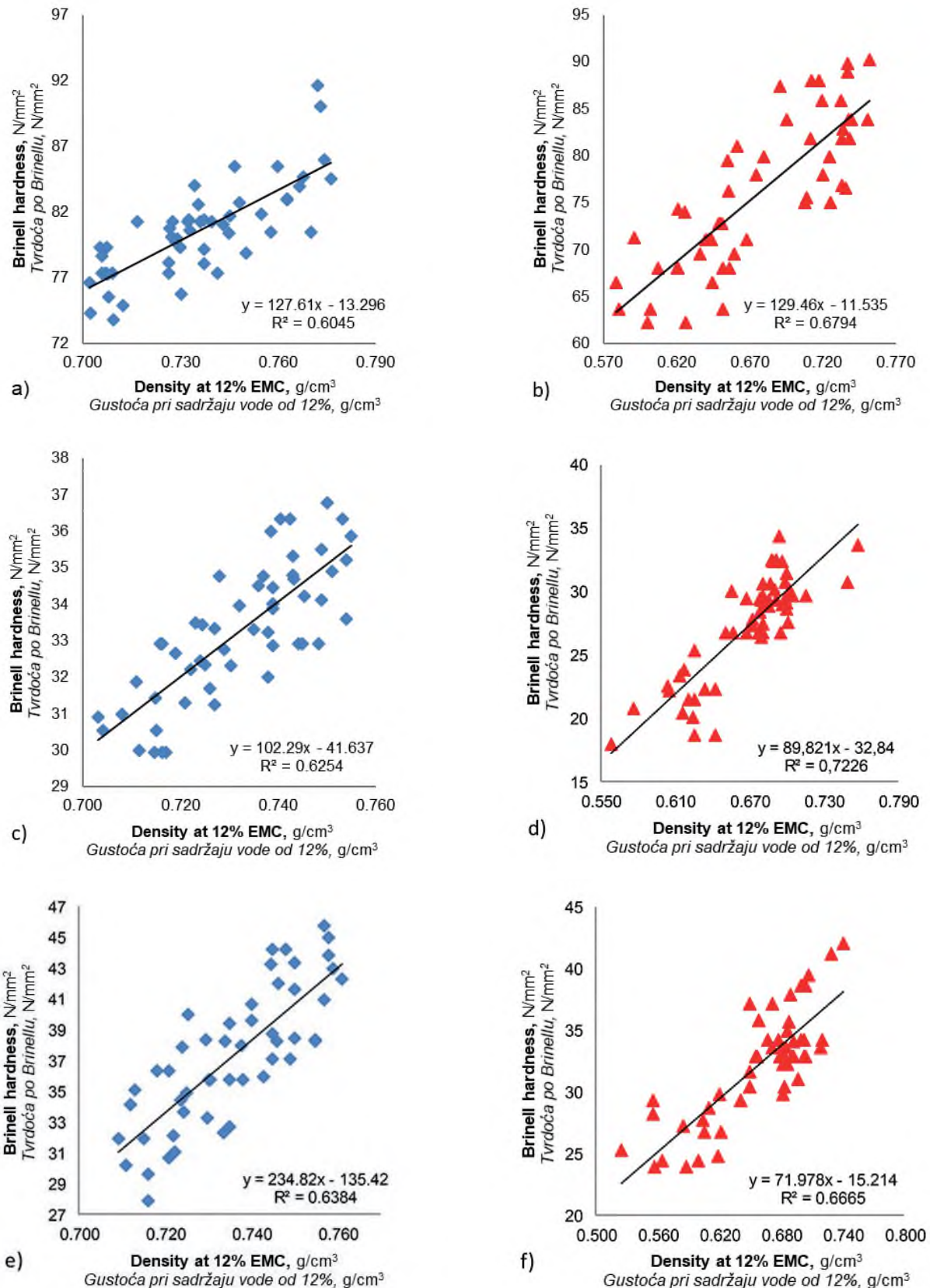


Figure 3 Relationship between Brinell hardness and density at 12% EMC; a) unmodified hornbeam wood on cross section; b) thermally modified hornbeam wood on cross section; c) unmodified hornbeam wood on radial section; d) thermally modified hornbeam wood on radial section; e) unmodified hornbeam wood on tangential section; f) thermally modified hornbeam wood on tangential section

Slika 3. Odnos tvrdoće po Brinell-u i gustoće pri sadržaju vode od 12%; a) recentne grabovine na poprečnom presjeku; b) toplinski modificirane grabovine na poprečnom presjeku; c) recentne grabovine na radijalnom presjeku; d) toplinski modificirane grabovine na radijalnom presjeku; e) recentne grabovine na tangentialnom presjeku; f) toplinski modificirane grabovine na tangentialnom presjeku

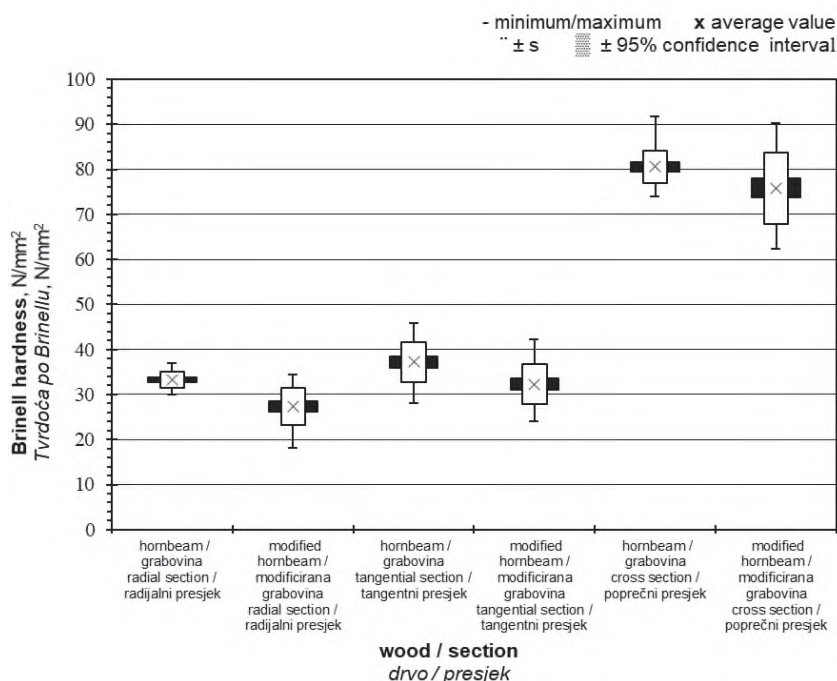
Table 4 Mann Whitney test of difference between Brinell hardness of thermally modified and unmodified hornbeam wood

Tablica 4. Mann Whitney test razlike između tvrdoće po Brinell-u toplinski modificirane i recentne grabovine

Thermally modified	Unmodified	HB _{C12%} unmodified hornbeam wood, cross section <i>HB_{C12%} recentna grabovina, poprečni presjek</i>	HB _{R12%} unmodified hornbeam wood, radial section <i>HB_{R12%} recentna grabovina, radijalni presjek</i>	HB _{T12%} unmodified hornbeam wood, tangential section <i>HB_{T12%} recentna grabovina, tangenti presjek</i>
HB _{C12%} thermally modified hornbeam wood, cross section <i>HB_{C12%} toplinski mod. grabovina, poprečni presjek</i>		p = 0.001 Z = 3.254		
HB _{R12%} thermally modified hornbeam wood, radial section <i>HB_{R12%} toplinski mod. grabovina, radijalni presjek</i>			p < 0.001 Z = 7.857	
HB _{T12%} thermally modified hornbeam wood, tang. section <i>HB_{T12%} toplinski mod. grabovina, tangenti presjek</i>				p < 0.001 Z = 4.821

Note: Correlations are significant at p < 0.05

Bilješka: Razlika je signifikantna kod p < 0,05

**Figure 4** Statistical analyzes of Brinell hardness on cross, radial and tangential section between unmodified and thermally modified hornbeam wood
Slika 4. Statistička analiza tvrdoće po Brinellu poprečnog, radijalnog i tangenti presjeka, između recentne i toplinski modificirane grabovine

The decrease in hornbeam wood hardness recorded in this work was less than decrease in hornbeam wood hardness recorded by Gunduz *et al.* (2009). He determined following decrease in hardness values of hornbeam wood samples treated at 210 °C for 12 h: 38% for longitudinal direction (cross section), 55% for radial direction (tangential section), and 54% for tangential direction (radial section).

The ratio between Brinell hardness and density at 12% of moisture content of thermally modified and unmodified hornbeam wood on three section are shown in Figure 3. It

was determined that the changes in density significantly effect Brinell hardness on all sections of thermally modified and unmodified wood.

CONCLUSIONS ZAKLJUČAK

Thermal modification at 200 °C in oxygen free environment for 48 hours expectedly reduced wood mass and caused the reduction of density in beech wood and hornbeam wood.

The density of thermally modified beech wood and hornbeam wood was about 10% lower than density of untreated wood.

Brinell hardness of thermally modified beech wood decreased for 3%, 15%, and 25% on cross, radial, and tangential section, respectively.

Brinell hardness of thermally modified hornbeam wood decreased for 6%, 18%, and 13% on cross, radial, and tangential section, respectively.

Mann-Whitney's test found that all differences in Brinell hardness between thermally modified and unmodified wood were significant.

From these results, it is apparent that thermal modification adversely affects the wood hardness on all three sections in beech wood and hornbeam wood, although the wood hardness for the nonbearing wood structures and wood flooring is satisfactory.

The thermal modification processes of wood are still being investigated. Although thermally modified wood exhibits advantages in terms of aesthetic properties such as uniformity and change of color in darker tones and some technical properties, such as increased dimensional stability and improved resistance to decaying fungus, one should be aware of its drawbacks as compared to unmodified wood. It is necessary to develop the experience of the impact of thermal modification on each type of wood individually, as it has been shown that their properties change differently.

REFERENCES LITERATURA

- Alén, R., Kotilainen, R., Zaman, A. 2002: Thermochemical behavior of Norway spruce (*Picea abies*) at 180–225°C. *Wood Science and Technology*, 36: 163–171. <https://doi.org/10.1007/s00226-001-0133-1>
- Bernadski, E., Bolibok, L., Brzeziński, B., Zajackowski, J., Zy-bura, H. 1998: Compositional dynamics of natural forests in the Białowieża National Park, northeastern Poland. *Journal of Vegetation Science*, 9: 229–238. <https://doi.org/10.2307/3237122>
- Boruvka, V., Zeidler, A., Holec, T., Dudík, R. 2018: The impact of heat treatment on the hardness of European birch wood. *Proceedings of 8th Hardwood Conference on New Aspects of Hardwood Utilization - From Science To Technology*, 38–39, Sopron, Hungary.
- Candan, Z., Korkut, S., Unsal, O. 2013: Thermally compressed poplar wood (TCW): physical and mechanical properties. *Drvna industrija*, 64(2): 107–111. <https://doi.org/10.5552/drind.2013.1216>
- Czucz, B., Gálhidy, L., Mátyás, C. 2011: Present and forecasted xeric climatic limits of beech and sessile oak distribution at low altitudes in Central Europe. *Annals of Forest Science*, 68: 99–108. <https://doi.org/10.1007/s13595-011-0011-4>
- Ellenberg, H. 1988: *Vegetation Ecology of Central Europe*, fourth ed. Cambridge University Press, Cambridge. <https://doi.org/10.1002/fedr.19901010711>
- Esteves, B., Velez Marques, A., Domingos, I., Pereira, H. 2007: Influence of steam heating on the properties of pine (*Pinus pinaster*) and eucalypt (*Eucalyptus globulus*) wood. *Wood Science and Technology*, 41: 193–207. <https://doi.org/10.1007/s00226-006-0099-0>
- Fodor, F., Lankveld, C., Németh, R. 2017: Testing common hornbeam (*Carpinus betulus* L.) acetylated with the Accoya method under industrial conditions. *iForest* 10: 948–954. <https://doi.org/10.3832/for2359-010>
- Hill, C. 2006: *Wood Modification, Chemical, Thermal and Other Processes*. John Wiley and sons, Ltd.
- Hlásny, T., Mátyás, C., Seidl, R., Kulla, L., Merganičová, K., Trombik, J., Dobor, L., Barcza, Z., Konôpka, B. 2014: Climate change increases the drought risk in Central European forests: What are the options for adaptation? *Central European Forestry Journal*, 60: 5–18. <https://doi.org/10.2478/forj-2014-0001>
- HRN ISO 3129:1999 - Wood - Sampling methods and general requirements for physical and mechanical tests.
- HRN ISO 3131:1999 - Wood - Determination of density for physical and mechanical tests.
- HRN ISO 3350:1999 - Wood - Determination of static hardness.
- Jensen, L. U., Lawesson, J. E., Balslev, H., Forchhammer, M. C. 2004: Predicting the distribution of *Carpinus betulus* in Denmark with Ellenberg's Climate Quotient. *Nordic Journal of Botany*, 23: 57–67. <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.2003.tb00368.x>
- Kotilainen, R., Toivannen, T., Alén, R. 2000: FTIR monitoring of chemical changes in softwood during heating. *Journal of Wood Chemistry and Technology*, 20(3): 307–320. <https://doi.org/10.1080/02773810009349638>
- Kutnar, L., Kobler, A. 2011: Prediction of forest vegetation shift due to different climate-change scenarios in Slovenia. *Šumarski list*, 3–4: 113–126. <https://hrcak.srce.hr/67619>
- Laine, K., Segerholm, K., Walinder, M., Rautkari, L., Hughes, M. 2016: Wood densification and thermal modification: hardness, set-recovery and micromorphology. *Wood science and technology*. 50 (5): 883–894. <https://doi.org/10.1007/s00226-016-0835-z>
- Lakatos, F., Molnar, M. 2009: Mass mortality of beech on Southwest Hungary. *Acta Silvatica & Lignaria Hungarica*. 5: 75–82.
- Li, T., Cai, J.B., Avramidis, S., Cheng, D.L., Walinder, M.E.P., Zhou, D.G., 2017: Effect of conditioning history on the characterization of hardness of thermo-mechanical densified and heat treated poplar wood. *Holzforschung*. 71(6): 515–520. <https://doi.org/10.1515/hf-2016-0178>
- Lindner, M., Maroschek, M., Netherer, S., Kremer, A., Barbat, A., Garcia-Gonzalo, J., Seidl, R., Delzon, S., Corona, P., Kolstrom, M., Lexer, M., Marchetti, M. 2010: Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 259: 698–709. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.023>
- Lykidis, C., Nikolakakos, M., Sakellariou, E., Biribilis, D. 2016: Assessment of a modification to the Brinell method for determining solid wood hardness. *Materials and structures*. 49(3): 961–967. <https://doi.org/10.1617/s11527-015-0551-4>
- Mitani, A., Barboutis, I. 2014: Changes caused by heat treatment in color and dimensional stability of beech (*Fagus sylvatica* L.) wood. *Drvna industrija*, 65(3): 225–232. <https://doi.org/10.5552/drind.2014.1250>
- Rose, L., Leuchner, C., Köckemann, B., Buschmann, H. 2009: Are marginal beech (*Fagus sylvatica* L.) provenances a source

for drought tolerant ecotypes. *European Journal of Forest Research* 128: 335-343. <https://doi.org/10.1007/s10342-009-0268-4>

- Rousset, P., Perre, P., Girad, P. 2004: Modification of mass transfer properties in poplar wood (*P. robusta*) by a heat treatment at high temperature. *Holz als Roh und Werkstoff* 62: 113-119. <https://doi.org/10.1007/s00107-003-0459-5>
- Sahin, H. T., Arslan, M. B., Korkut, S., Sahin, C. 2011: Colour changes of heat-treated woods of red-bud maple, European Hornbeam and Oak. *Color Research and Application*, 36(6): 462-466. <https://doi.org/10.1002/col.20634>
- Sehlstedt-Persson, M. 2003: Colour responses to heat treatment of extractives and sap from pine and spruce. *Proceedings of 8th International IUFRO Wood Drying Conference*, pp 459-464, Brasov, Romania.
- Sinković, T., Govorčin, S., Sedlar, T. 2011: Comparison of physical properties of untreated and heat treated beech and hornbeam. *Drvna Industrija*, 62(4): 283-290. <https://doi.org/10.5552/drind.2011.1118>
- Stamm, A.J. 1956: Thermal degradation of wood and cellulose. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 48: 413-417. <https://doi.org/10.1021/ie51398a022>
- Stojanović, D.B., Kržić, A., Matović, B., Orlović, S., Duputic, A., Đurđević, V., Galić, Z., Stojnić, S. 2013: Prediction of the European beech (*Fagus sylvatica* L.) xeric limit using a regional climate model: An example from southeast Europe. *Agricultural and Forest Meteorology*, 176: 94-103. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2013.03.009>
- Stojanović, D., Matović, B., Orlović, S., Kržić, A., Trudić, B., Galić, Z., Stojnić, S., Pekeć, S. 2014: Future of the main important forest tree species in Serbia from the climate change perspective. *South-east European forestry* 5: 117-124. <https://doi.org/10.15177/see-for.14-16>
- Sundqvist, B. 2004: Colour changes and acid formation in wood during heating. *Doctoral Thesis*, Luleå University of Technology, pp 50, Luleå, Sweden.
- Tjeerdsma, B., Boonstra, M., Militz, H. 1998: Thermal modification of non-durable wood species. Part 2. Improved wood properties of thermally treated wood. *The International Research Group on Wood Preservation, Document No. IRG/WP 98-40124*.
- Vernois, M. 2001: Heat treatment of wood in France state of the art. *Proceedings of Special Seminar „Review on heat treatments of wood“*, Antibes, France.
- Yildiz, S. 2002: Effects of heat treatment on water repellence and antiswelling efficiency of beech wood, *Document No. IRG/WP 02-40223*.
- Živković, V., Prša, I., Turkulin, H., Sinković, T., Jirouš-Rajković, V. 2008: Dimensional stability of heat treated wood floorings. *Drvna industrija*, 59(2): 69-73. <https://hrcak.srce.hr/25408>

SAŽETAK

Na tržištu se pojavljuje velik broj proizvoda (uglavnom podnih obloga) od toplinski modificiranog drva. Poznato je da se drvu mijenjaju fizička i mehanička svojstva djelovanjem temperatura viših od 160 °C u okolišu siromašnome kisikom. U prikazanom radu istraživana je promjena tvrdoće po Brinell-u toplinski modificirane bukovine i grabovine u odnosu na recentno drvo, i to na tri glavna presjeka drva: poprečnom, radijalnom i tangentnom. Bukovina i grabovina odabrane su zbog utjecaja klimatskih promjena, kao i predviđanja na rasprostranjenost bukve i graba u Jugoistočnoj Europi. Drvo je modificirano u okolišu siromašnom kisikom 48 sati pri 200 °C. Također je prikazana i ovisnost tvrdoće drva po Brinell-u o gustoći drva. Sva su mjerenja provedena pri ravnotežnom sadržaju vode drva od 12 %. Prosječne vrijednosti tvrdoće po Brinell-u toplinski modificirane bukovine i grabovine statistički se značajno razlikuju i manje su od prosječnih vrijednosti tvrdoće recentne bukovine i grabovine. Toplinskom modifikacijom bukovine i grabovine očekivano je došlo do smanjenja mase, a time i do smanjenja gustoće ispitanih uzoraka. U ovom istraživanju utvrđeno je da se primijenjenom toplinskom modifikacijom bukovini smanjila prosječna vrijednost tvrdoće po Brinell-u za 3% na poprečnom presjeku, za 15% na radijalnom presjeku i za 25% na tangentnom presjeku. Grabovini se istovrsnom toplinskom modifikacijom smanjila tvrdoća po Brinell-u za 6% na poprečnom presjeku, za 18% na radijalnom presjeku i za 13% na tangentnom presjeku.

Primijenjenom toplinskom modifikacijom drva smanjena je tvrdoća po Brinell-u na sva tri presjeka istraživane bukovine i grabovine. Međutim, zabilježeno smanjenje tvrdoće još uvijek ne priječi uporabu tako modificirane bukovine i grabovine u nenosivim drvenim konstrukcijama i drvenim podnim oblogama.

KLJUČNE RIJEČI: tvrdoća po Brinell-u, toplinski modificirano drvo, bukovina, grabovina

PRIJE STO GODINA: ŠUMARSKI LIST 9-10/1919.

Pitanje šumarske terminologije.

Napisao: Z. Turkalj, kot. šumar.

Poradi rata zaspalo je i pitanje šumske terminologije, potaknuto u ovome listu god. 1912. Uredjenjem države SHS. postaje to pitanje opet aktuelnim, pogotovo kad se radi o jedinstvenoj šumskoj terminologiji na čitavome teritoriju kraljestva SHS.

Jedinstvena terminologija imade uzeti svoje mjesto kako u šumarkoj književnosti i nastavi, tako i u službenoj, trgovačkoj i privatnoj praksi.

Dok se to provede trebati će mnogo rada i mnogo radenika, a uzato proći će i dosta vremena. Baš zato, što će trebati mnogo rada, valja s njime odmah započeti. Ani bene coepit, dimidium facti habet.

Ja sam već jednom javno istaknuo, da šumar ne dospijeva biti lovac niti se uzgojem divljači baviti, a sada dodajem. da još manje na književnost dospijeva.

Za književni rad treba uopće mnogo volje, a što i još glavnije raspoloženja i vremena.

Bilo mi je u dužnosti, da o gornjem pitanju svoje mnijenje istaknem, jer sam to još bivšem uredniku ovoga lista sada nadsavjetniku gospodinu Kosoviću obećao.

ANALIZA TRAJANJA STUDIRANJA NA PREDDIPLOMSKIM STUDIJIMA ŠUMARSKOG FAKULTETA SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

ANALYSING THE DURATION OF STUDYING ON UNDERGRADUATE STUDIES AT THE FACULTY OF FORESTRY, UNIVERSITY OF ZAGREB

Anamarija JAZBEC¹, Mislav VEDRIŠ², Ksenija ŠEGOTIĆ³

SAŽETAK

Iako se šumarstvo smatra tradicionalnom strukom i područjem znanosti, njegova važnost i značenje u današnjim prilikama povećane svijesti o klimatskim promjenama i dobrobiti održivog razvoja prirodnih ekosustava svakim danom sve više raste. Suvremeni i ažurirani studijski programi neophodni su uvjet za primjereno obrazovanje stručnjaka za gospodarenje šumskim ekosustavima i proizvodima.

Bolji uvid u studentsku socioekonomsku pozadinu i motivaciju za studij mogu poslužiti za unapređenje studijskih programa, kao i pomoć studentima u postizanju boljih rezultata. Provedeno je istraživanje radi usporedbe trajanja preddiplomskog studija i postignute prosječne ocjene s analizom čimbenika koji bi mogli na to utjecati. Proveden je upitnik među studentima (N=185) diplomskih studija Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu akademske godine 2016/2017. Analizom varijance testirane su razlike između prosječnih ocjena studija i trajanja studija. Za procjenu utjecaja čimbenika na trajanje studija provedena je višestruka linearna regresija.

Približno trećina studenata dolazi iz Zagreba. Više od dvije trećine studenata na šumarskom odsjeku je završilo gimnaziju, dok su na drvnotehnološkom odsjeku dvije trećine studenata završile srednje strukovne škole. Prosječne ocjene i trajanje studija ne razlikuju se statistički značajno po studijskim programima ni po spolu. Prosječna ocjena studija i trajanje studija statistički su značajno negativno korelirani za sva tri studijska programa. Statistički značajni prediktor trajanja studija za sva tri studijska programa je prosječna ocjena studija. Za studij Šumarstvo dodatni prediktori za kraće studiranje su stipendija i osobna motivacija, dok su za studij drvne tehnologije spol (M), stipendija i završena srednja škola (gimnazija).

KLJUČNE RIJEČI: uspjeh studenata, prosječna ocjena, trajanje studija, regresijska analiza, studijski program

UVOD INTRODUCTION

Šumarstvo kao struka i znanost s dugogodišnjom tradicijom u Hrvatskoj nalazi se pred izazovima usklađivanja s

današnjim ekološkim, društvenim i gospodarskim okolnostima, gdje prirodni resursi dobivaju novo značenje (Anić 2019). Osim toga, prirodne promjene od kojih su najistaknutije one klimatske, nameću potrebu prilagodbe gospodarenja šumama.

¹ Prof. dr. sc. Anamarija Jazbec, Zavod za izmjernu i uređivanje šuma, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, Zagreb, e-mail: jazbec@sumfak.hr

² Doc. dr. sc. Mislav Vedriš, Zavod za izmjernu i uređivanje šuma, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, Zagreb, e-mail: mvedris@sumfak.hr

³ Prof. dr. sc. Ksenija Šegotić, Zavod za procesne tehnike, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, Zagreb, e-mail: segotic@sumfak.hr

Bitna sastavnica i temelj šumarstva svakako je šumarska naobrazba koja se u Hrvatskoj provodi na visokoškolskoj razini od 1898. godine (Božić 2018). U sklopu prilagodbe na promjene potaknute Bolonjskom deklaracijom (1999.), od akademske godine 2005./06. studiji na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu izvode se na tri razine – preddiplomski, diplomski i poslijediplomski, čime je dotadašnji četverogodišnji dodiplomski sveučilišni studij preustrojen u preddiplomski (3 god.) i diplomski (2 god.) studij. Na Šumarskom odsjeku provode se dva preddiplomska sveučilišna studija (Šumarstvo – ŠO i Urbano šumarstvo, zaštita prirode i okoliša – UŠ) i dva diplomska (Šumarstvo: smjer Uzgajanje i uređivanje šuma s lovnom gospodarenjem – DUULG i smjer Tehnike, tehnologije i menadžment u Šumarstvu – DTTM i Urbano šumarstvo, zaštita prirode i okoliša – DUŠ). Na drvnotehnološkom odsjeku provodi se jedan preddiplomski (Drvena tehnologija – DT) i dva diplomska sveučilišna studija (Drvnotehnološki procesi – DTP i Oblikovanje proizvoda od drva – DTOB).

U današnjim okolnostima od obrazovnog sustava se sve više očekuje prilagodba društvenim prilikama, te se nameće potreba analize i planiranja ishoda nastavnog procesa, kao i čimbenika koji potpomažu ili otežavaju sam tijek studiranja. U tom kontekstu vrijedan je prilog iskazati uspješnost studiranja mjerljivim pokazateljima kao što su prosječna ocjena i trajanje studija. Takva se analiza može provesti iz službenih statističkih podataka pojedinih obrazovnih ustanova (usp. Tešija i dr. 2013, Zrakić i Juračak 2012). Uvođenjem Informacijskog sustava visokih učilišta RH (ISVU) (Borčić 2003) na Šumarskom fakultetu od 2007. godine digitaliziran je sustav ocjenjivanja studenata (prolaznosti), što također omogućuje brojne analize uspješnosti studiranja. Međutim, utjecaj pojedinih čimbenika na prolaznost i trajanje studija nije moguće pratiti bez dodatnog anketiranja samih studenata.

Kako bi se pokušalo utvrditi čimbenike koji utječu na ishod i trajanje studiranja na preddiplomskim studijima Šumarskoga fakulteta, što je i glavni cilj ovog istraživanja, osmišljen je anketni upitnik za studente svih diplomskih studija oba odsjeka Šumarskog fakulteta koji su završili jedan od preddiplomskih studija na Šumarskom fakultetu: Šumarstvo; Urbano šumarstvo, zaštita prirode i okoliša; Drvena tehnologija.

MATERIJALI I METODE

MATERIAL AND METHODS

Tijekom akademske godine 2016./2017., uz odobrenje Dekana i predmetnog nastavnika, anketirani su studenti svih diplomskih studija na oba odsjeka. Od ukupno 220 upisanih studenata na sve diplomske studije anketirano ih je 185 (84,09%). Distribucija broja upisanih i broja anketiranih studenata diplomskih studija prikazana je u Tablici 1. Upitnik je sadržavao tri grupe pitanja. Prva grupa pitanja bila je vezana za spol (m/ž), godinu rođenja, županiju prebivališta, studij, smjer i godina diplomskog studija na kojem se nalaze prilikom ispunjavanja upitnika. Druga grupa pitanja vezana je za preddiplomski studij i uvjete studiranja: godina upisa, završena srednja škola (strukovna/gimnazija), koji je na prioritetnoj listi bio Šumarski fakultet prilikom upisa, upisani studij i smjer, godina završetka preddiplomskog studija, primanje stipendije tijekom preddiplomskog studija (da/ne), zaposlenost tijekom preddiplomskog studija (da/ne), prosječna ocjena preddiplomskog studija, te glavna motivacija da se završi Šumarski fakultet (vlastiti interes / interes obitelji). Prosječna ocjena (GPA) računa se kao prosjek ocjena svih položenih predmeta u rasponu od 2 do 5, pri čemu 5 predstavlja najbolju ocjenu. Treća grupa pitanja koja nije uvrštena u ovu analizu bila je vezana za rezultate državne mature. Treba napomenuti da su svi podaci dobiveni od samih studenata. Primijenjenim načinom priku-

Tablica 1. Tablica frekvencija upisanih i anketiranih studenata po studijima i godinama studija

Table 1. Frequency table of enrolled and surveyed students by study programmes

Diplomski studijski program / Master Study programme							
Godina studija Year of study	DUULG	DTTM	DUŠ	DTP	DTOB	Ukupno Total	anketirani/upisani (%) surveyed/enrolled (%)
	Broj anketiranih/broj upisanih Surveyed/enrolled						
1.godina 1st year	27/31	15/16	32/33	12/16	7/7	93/103	90,29%
2.godina 2nd year	30/36	20/21	22/34	12/17	8/9	92/117	78,63%
Ukupno Total	57/67	35/37	54/67	24/33	15/16	185/220	84,09%

Nazivi diplomskih studija: DUULG – Šumarstvo: smjer Uzgajanje i uređivanje šuma s lovnom gospodarenjem; DTTM – Šumarstvo: smjer Tehnike, tehnologije i menadžment u Šumarstvu; DUŠ – Urbano šumarstvo, zaštita prirode i okoliša; DTP – Drvnotehnološki procesi; DTOB – Oblikovanje proizvoda od drva

Master study programmes: DUULG – Forestry: Silviculture and Management planning with Wildlife management; DTTM – Forestry: Techniques, Technologies and Forestry Management; DUŠ – Urban Forestry, Nature conservation and Environmental protection; DTP – Wood Technology Processes; DTOB – Wood Product Design

pljanja podataka nisu bili obuhvaćeni studenti preddiplomskih studija koji nisu upisali diplomski studij, kao ni oni koji nisu završili preddiplomski studij, što predstavlja određeno ograničenje u interpretaciji rezultata. Analizom prosječnih ocjena studenata preddiplomskih studija studenata koji su završili preddiplomski studij akademske godine 2015./2016. iz ISVU-a vidljivo je da je odnos prosječnih ocjena po studijskim programima približno jednak onim dobivenim putem upitnika.

STATISTIČKA ANALIZA STATISTICAL ANALYSIS

Za sve analizirane varijable napravljena je deskriptivna statistika. Za kategorijske varijable to su frekvencije i relativne frekvencije, a za numeričke: minimum, medijan, maksimum, aritmetička sredina i standardna devijacija. Razlike u trajanju, kao i prosječnoj ocjeni preddiplomskog studija

s obzirom na smjer studija i spol studenta testirane su dvo-faktorskom analizom varijance s interakcijom studija i spola. Korelacijskom analizom testirana je povezanost prosječne ocjene i trajanja preddiplomskog studija po smjerovima. Utjecaj analiziranih varijabli (spol, stipendija, prosječna ocjena, završena srednja škola, prioritet fakulteta pri upisu, zaposlenost tijekom studija i motivacija upisa) na trajanje studija analizirana je višestrukom regresijskom analizom posebno po studijima. Razlika u trajanju preddiplomskog studija i prosječnim ocjenama preddiplomskog studija po upisanim smjerovima diplomskih studija analizirana je jednofaktorskom analizom varijance. S obzirom da trajanje studija i prosječna ocjena studija nisu normalno distribuirane za potrebe statističkih analiza (ANOVA i višestruka regresija) su logaritmirane. Grafički prikazi su napravljeni s originalnim podacima.

Za sve statističke analize razina značajnosti (pogreška tipa I) od 5% smatrana je statistički značajnom ako nije drukčije

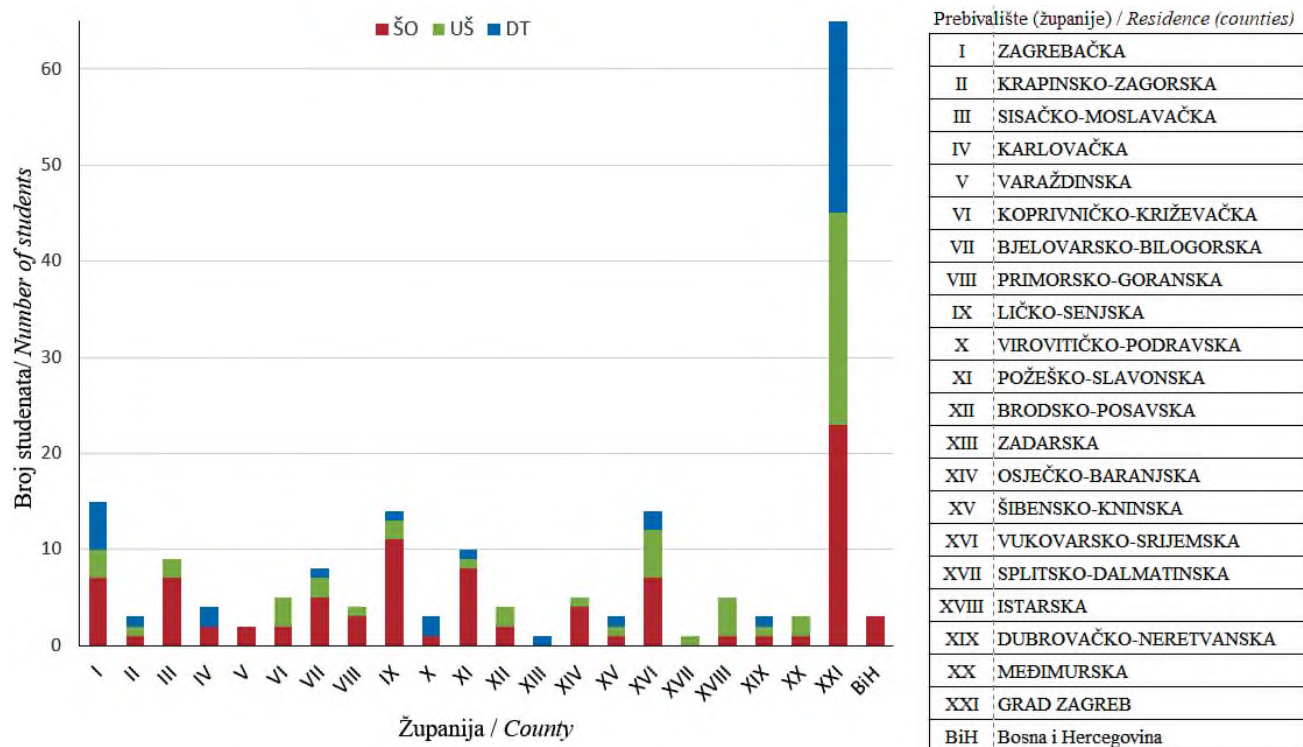
Tablica 2. Frekvencije i relativne frekvencije za kategorijske varijable: spol, srednja škola, motivacija, zaposlenost i stipendija prema studijskim programima

Table 2. Frequency table for categorical variables (sex, type of high school, motivation, employment and grant) by study programmes

		Studijski programi Study programme			
		ŠO	UŠ	DT	Ukupno Total
Spol Sex	Studentice <i>F</i>	18 19,78%	35 64,81%	9 23,08%	62 33,70%
	Studenti <i>M</i>	73 80,22%	19 35,19%	30 76,92%	122 66,30%
	Ukupno <i>Total</i>	91 (49,46%)	54 (29,35%)	39 (21,20%)	184 (100%)
Vrsta srednje škole High school type	Gimnazija <i>Gymnasium</i>	61 67,03%	45 83,33%	11 28,21%	117 63,59%
	Strukovna <i>Vocational</i>	30 32,97%	9 16,67%	28 71,79%	67 36,41%
	Ukupno <i>Total</i>	91 (49,73%)	54 (29,19%)	39 (21,08%)	184 (100%)
Motivacija Motivation	Osobni <i>Personal</i>	83 91,21%	48 88,89%	35 92,11%	166 90,71%
	Interes obitelji <i>Family</i>	8 8,79%	6 11,11%	3 7,89%	17 9,29%
	Ukupno <i>Total</i>	91 (49,73%)	54 (29,51%)	38 (20,77%)	183 (100%)
Zaposlenost Employment	Da <i>Yes</i>	48 52,17%	30 55,56%	26 66,67%	104 56,22%
	Ne <i>No</i>	44 47,83%	24 44,44%	13 33,33%	81 43,78%
	Ukupno <i>Total</i>	92 (49,73%)	54 (29,19%)	39 (21,08%)	185 (100%)
Stipendija Grant	Da <i>Yes</i>	21 22,83%	12 22,22%	12 30,77%	45 24,32%
	Ne <i>No</i>	71 77,17%	42 77,78%	27 69,23%	140 75,68%
	Ukupno <i>Total</i>	92 (49,73%)	54 (29,19%)	39 (21,08%)	185 (100%)

Nazivi preddiplomskih studija: ŠO –Šumarstvo; UŠ –Urbano šumarstvo, zaštita prirode i okoliša; DT – Drvna tehnologija

Undergraduate study programmes: ŠO –Forestry; UŠ – Urban Forestry, Nature conservation and Environmental protection; DT – Wood Technology



Slika 1. Broj anketiranih studenata po prebivalištu (županije) i studijskim programima
Figure 1. Number of students by place of residence (counties) and study programmes

naznačeno. Statističke analize napravljene su u statističkom paketu SAS Software 9.4 (SAS Institute Inc), a grafički prikazi u SAS9.4 (korelacijska analiza) i Excelu (stupčasti graf), te ANOVA u statističkom paketu STATISTICA (TIBCO Software Inc. 2018).

REZULTATI I RASPRAVA RESULTS AND DISCUSSION

Iz Tablice 2 vidljivo da je broj studenata koji su završili preddiplomski studij i upisali diplomski studij bio na studijima Šumarstvo i Drvna tehnologija skoro 4 puta veći od broja studentica, dok je na studiju Urbano šumarstvo broj studenata za 45,7% manji od broja studentica.

Gimnaziju je završilo 63,6% studenata, dok je strukovne škole završilo 36,4% studenata. Gimnaziju je na studiju Šumarstvo završilo dvostruko više studenata nego strukovne škole, dok je na studiju Urbano šumarstvo, zaštita prirode i okoliša 4 puta više, a na studiju Drvne tehnologije je situacija donekle obrnuta pa je 2,5 puta veći broj studenata koji su završili strukovne škole od gimnazije. Što se tiče motivacije da se završi Šumarski fakultet samo njih 9% je navelo da glavni motiv za završetak fakulteta nije bio vlastiti interes, nego interes obitelji. Najveći udio takvih studenata je na studiju Urbanog šumarstva, zaštita prirode i okoliša (11,11%). Preko polovice studenata (56%) je radilo tijekom preddiplomskog studija i to najveći udio na drvno tehnolo-

škom odsjeku (66,67%). 24% studenata je tijekom preddiplomskog studija primalo stipendiju. Na žalost, podatci o veličini stipendije po godinama studiranja nisu bili upotrebljivi za analizu.

Analiza studenata prema županijama pokazuje da više od trećine (35,33%) studenata dolazi iz Grada Zagreba, a ostale županije su zastupljene s manje od 10%, pri čemu je Zagrebačka županija zastupljena s 8,15% studenata, slijede Ličko-senjska i Vukovarsko-srijemska s 7,61%, te Požeško-slavonska s 5,43%. Sve ostale županije su zastupljene s manje od 5% (Slika 1).

Od svih anketiranih studenata njih 60,11% se izjasnilo da im je Šumarski fakultet bio prvi izbor pri upisu na fakultet, za njih 20,79% bio je drugi, za 9,55% treći, a preostalih 9,55% se izjasnilo da im je Šumarski fakultet bio od četvrtog do desetog mjesta (Tablica 3).

Prosječna dob svih anketiranih studenata je bila $24,93 \pm 1,55$ god. Iz tablice 4. Vidljivo je da polovica studenata za 4 godine završi preddiplomski studij. Iz tablice 4 i slike 4. vidljivo je da studenti koji završe preddiplomski studij Urbano šumarstvo, zaštita prirode i okoliša u prosjeku završe preddiplomski studij nakon 4,18 godina, drvnu tehnologiju nakon 4,28, a Šumarstvo nakon 4,64 godine. Pritom je njihova prosječna ocjena preddiplomskog studija na Šumarstvu 3,26, Drvnoj tehnologiji 3,34, a na Urbanom šumarstvu, zaštiti prirode i okoliša 3,44 s približno jednakom standardnom devijacijom (varijabilnosti) prosječne ocjene.

Tablica 3. Tablica frekvencija anketiranih studenata prema prioritetu izbora Šumarskog fakulteta prilikom upisa

Table 3. Frequency table of surveyed students by studies and priority of Forestry faculty at the time of enrollment

	Prioritet priority	studij / study			Total
		ŠO	UŠ	DT	
Frekvencija Frequency		62	27	18	107
% od ukupnog % of Total	1.	34,83	15,17	10,11	60,11
% redka Row %		57,94	25,23	16,82	100
% stupca Column %		69,66	50	51,43	
	2.	14	15	8	37
		7,87	8,43	4,49	20,79
		37,84	40,54	21,62	100
		15,73	27,78	22,86	
	3.	6	6	5	17
		3,37	3,37	2,81	9,55
		35,29	35,29	29,41	100
		6,74	11,11	14,29	
	4.	1	2	1	4
		0,56	1,12	0,56	2,25
		25	50	25	100
		1,12	3,7	2,86	
	5.-10.	6	4	3	13
		3,37	2,25	1,69	7,3
		46,15	30,77	23,08	100
		6,74	7,41	8,57	
Ukupno Total		89	54	35	178
		50	30,34	19,66	100

Nazivi preddiplomskih studija: ŠO –Šumarstvo; UŠ –Urbano šumarstvo, zaštita prirode i okoliša; DT – Drvna tehnologija

Undergraduate study programmes: ŠO –Forestry; UŠ – Urban Forestry, Nature conservation and Environmental protection; DT – Wood Technology

Valja naglasiti da službeni podatci dostupni u ISVU sustavu daju niži prosjek ocjena nego je dobiven anketom, ali prati odnos studija dobiven kod anketiranih studenata, što je najvjerojatnije rezultat da neki od studenata (s nižim prosjekom) ne upisuju diplomski studij na Šumarskome fakultetu. Akademске godine 2015./2016. na preddiplomskom studiju Šumarstvo 107 studenata je završilo preddiplomski studij s prosječnom ocjenom $3,09 \pm 0,39$, na studiju Urbano šumarstvo, zaštita prirode i okoliša 81 student s prosječnom ocjenom $3,32 \pm 0,39$, a na studiju Drvna tehnologija 47 studenata s prosječnom ocjenom $3,21 \pm 0,42$. Pregledom baze anketiranih studenata diplomskih studija samo njih 7 je imalo prekid u studiranju između završetka preddiplomskog studija i upisa diplomskog. Pet studentica je završilo preddiplomski 2014, jedan student 2011, a jedan 2012. godine. Negativni statistički značajni koeficijenti korelacije između trajanja preddiplomskog studija i prosječne ocjene ukazuju nam da studenti koji dulje studiraju imaju i nižu prosječnu

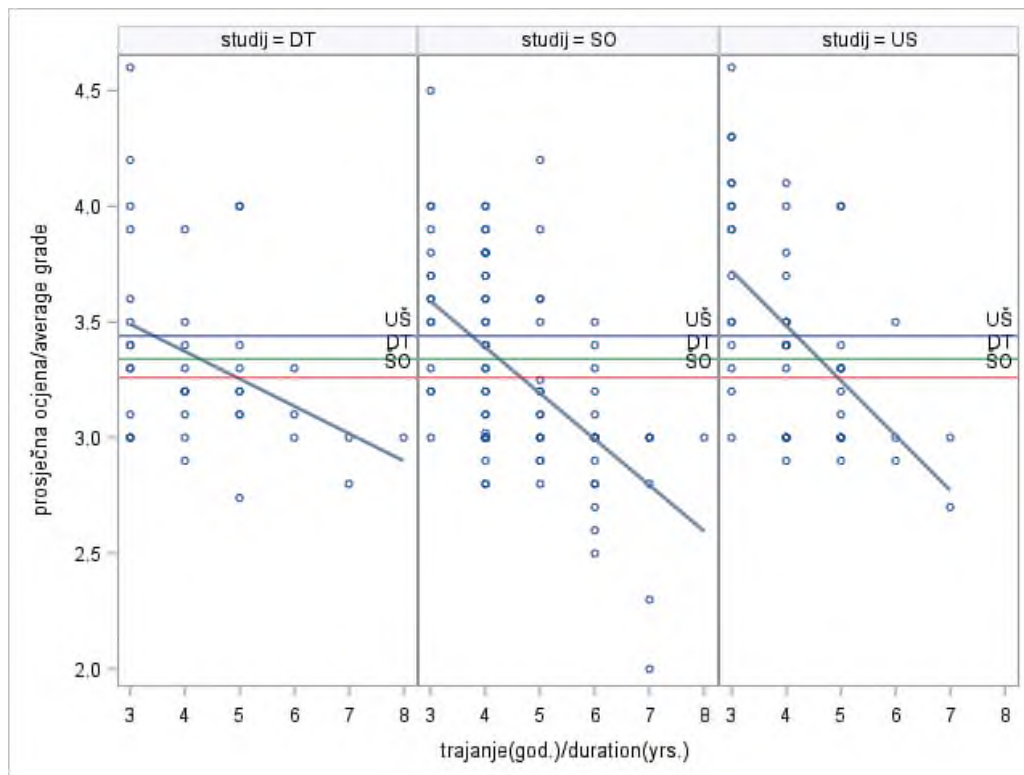
ocjenu studija (Tablica 4 i Slika 2). Takva negativna veza duljine studiranja i uspjeha iskazanog ocjenom očekivana je, te je u skladu sa sličnim istraživanjima (Katsikas i Dergiades, 2009).

Uspješnost studiranja iskazana prosječnom ocjenom i trajanjem studija uspoređena je između muških i ženskih ispitanika te studijskih programa. Rezultati testiranja razlika statističke značajnosti razlika u trajanju i prosječnoj ocjeni prikazani su u Tablici 5.

Iz Tablice 5 i Slika 3 i 4 vidljivo je da ne postoji statistički značajna razlika u trajanju, kao ni u uspjehu preddiplomskog studija po studijima. Za razliku od nekih istraživanja (usp. Creech i Sweeder 2012), ne postoji statistički značajna razlika po spolu ni kod trajanja, ni kod prosječne ocjene preddiplomskog studija. Iako te razlike nisu statistički značajne (Tablica 5) na Slici 3 je vidljivo da su studentice na Urbanom šumarstvu, zaštiti prirode i okoliša u prosjeku kraće studirale od muških kolega, dok je na Drvnoj tehnologiji situacija obrnuta, a na Šumarstvu je ta razlika zanemariva. Što se tiče prosječnih ocjena studentice na Urbanom šumarstvu, zaštiti prirode i okoliša i Drvnoj tehnologiji imaju bolji prosjek od kolega, dok su na Šumarstvu kolege uspješniji. Interakcija spola i studija nam ukazuje da se trajanje i prosječna ocjena ponašaju približno jednako po spolu i smjeru studija, iako bi se prema F vrijednosti interakcije za trajanje moglo zaključiti da bi veći uzorak možda i pokazao statistički značajnu razliku duljine trajanja preddiplomskog studija po studijima i spolu.

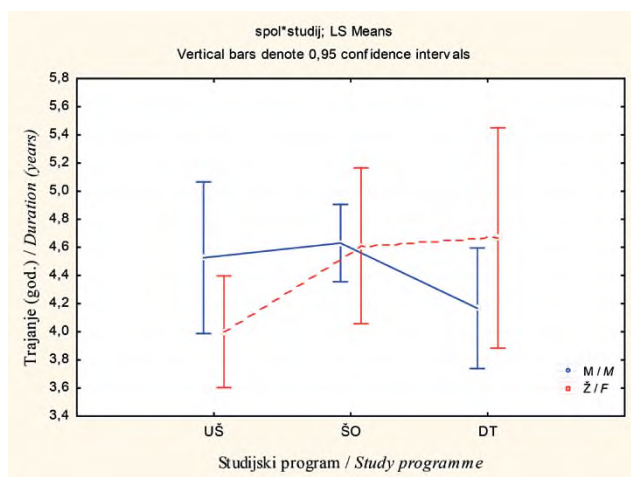
Jedan od glavnih ciljeva ovog istraživanja bio je spoznati koji su glavni faktori koji utječu na duljinu studija. U Tablici 6 prikazani su rezultati višestruke regresije, gdje je zavisna varijabla bila logaritmirano trajanje studija, a nezavisne varijable su bile spol, stipendija, prosječna ocjena preddiplomskog studija, završena srednja škola, prioritet Šumarskog fakulteta na listi pri upisu na fakultet, zaposlenost tijekom preddiplomskog studija te motivacija upisa na Šumarski fakultet.

Jedina varijabla koja se je za sva tri studija pokazala statistički značajnom je prosječna ocjena preddiplomskog studija. Pogledamo li procijenjene parametre koji su negativnog predznaka, nam potvrđuje da studenti koji studiraju kraće imaju i višu ocjenu studija. Prevedemo li te procijenjene parametre u mjesece, povećanje prosječne ocjene za 1 smanjuje trajanje studija na Šumarstvu za 8,93 mjeseca, 9,31 mjeseca na Urbanom šumarstvu, zaštiti prirode i okoliša i 9,98 mjeseci na Drvnoj tehnologiji. Što se tiče završene srednje škole za sva tri studija pokazalo se da gimnazijalci studiraju kraće, samo što na šumarskom odsjeku to nije statistički značajno, dok se na Drvnoj tehnologiji pokazalo da studenti sa završenom gimnazijom statistički značajno kraće studiraju od kolega sa završenom strukovnom školom. Primanje stipendije skraćuje vrijeme studiranja za sva tri studijska programa, s time



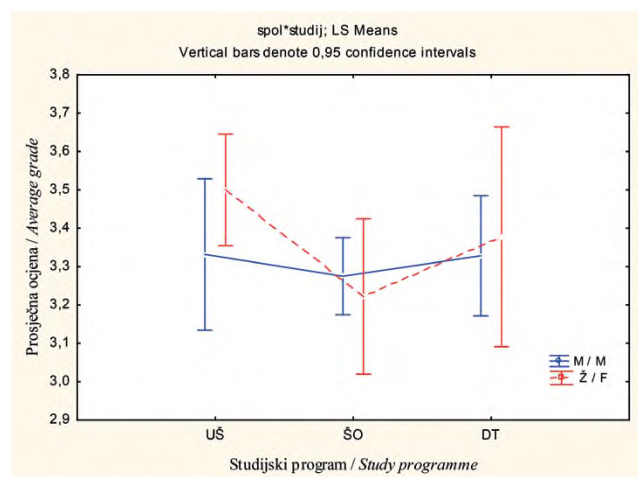
Slika 2. XY grafički prikaz (scatter plot) trajanja (god.) i prosječne ocjene preddiplomskog studija po studijima s ucrtanom prosječnom ocjenom cijelog studija. Plava padajuća linija prikazuje povezanost ocjene i trajanja studiranja.

Figure 2. Scatterplot of average grade vs. duration of undergraduate studies with horizontal lines representing total average grade. Blue descending line represents relationship of average grade and duration.



Slika 3. Aritmetičke sredine i 95% intervali pouzdanosti trajanja preddiplomskog studija po studijima i po spolu

Figure 3. Arithmetic means and 95% confidence intervals for duration of undergraduate studies by study programmes and sex



Slika 4. Aritmetičke sredine i 95% intervali pouzdanosti prosječne ocjene preddiplomskog studija po studijima i po spolu

Figure 4. Arithmetic means and 95% confidence intervals for average grade of undergraduate studies by study programmes and sex

da kod Urbanog šumarstva, zaštiti prirode i okoliša taj utjecaj nije statistički značajan. Zaposlenost tijekom studija produljuje vrijeme studiranja za studente Šumarstva i Drvne tehnologije, odnosno negativno utječe na proces studiranja, što se pokazalo i u drugim istraživanjima (Callender, 2008), dok je kod Urbanog šumarstva, zaštiti prirode i okoliša obrnuto, ali se ta veza ni kod jednog studija nije pokazala stati-

stički značajnom, slično kao i u istraživanju Katsikasa i Panagiotidisa (2010). Prioritet pri upisu također se nije pokazao statistički značajnim prediktorom duljine studiranja, dok se osobna motivacija pokazala bitnim prediktorom duljine studiranja, ali samo na studiju šumarstvo (ŠO) se pokazala statistički značajnom. Utjecaj spola na trajanje studija statistički se značajnim prediktorom pokazao samo kod

Tablica 4. Rezultati deskriptivne statistike: broj ispitanika, minimum, medijan, maksimum, aritmetička sredina i standardna devijacija kontinuiranih varijabli: dob, trajanje studija i prosječna ocjena preddiplomskog studija, te koeficijenti korelacije za trajanje i ocjenu

Table 4. Descriptive statistics (sample size, minimum, maximum, arithmetic mean and standard deviation) for continuous variables: age, study duration, average grade (GPA), and correlation coefficients between duration and average grade

Studij study	N	Varijabla Variable	Min.	Median	Max.	Aritmetička sredina Mean	Std Dev.	Koeficijent Korelacije Correlation coefficient
ŠO	92 (49,7%)	Dob (god.) Age (yrs)	22	25	30	25,14	1,58	$r = -0,56$ $p < 0,0001$
		Trajanje (god.) Duration (yrs)	3,00	4,00	8,00	4,64	1,22	
		Prosječna ocjena Average grade	2,00	3,20	4,50	3,26	0,43	
UŠ	54 (29,2%)	Dob (god.) Age (yrs)	22	24	28	24,56	1,36	$r = -0,55$ $p < 0,0001$
		Trajanje (god.) Duration (yrs)	3,00	4,00	7,00	4,18	1,05	
		Prosječna ocjena Average grade	2,70	3,40	4,60	3,44	0,45	
DT	39 (21,1%)	Dob (god.) Age (yrs)	22	25	29	24,97	1,68	$r = -0,38$ $p = 0,018$
		Trajanje (god.) Duration (yrs)	3,00	4,00	8,00	4,28	1,32	
		Prosječna ocjena Average grade	2,74	3,20	4,60	3,34	0,41	

ŠO – Šumarstvo; UŠ – Urbano šumarstvo, zaštita prirode i okoliša; DT – Drvena tehnologija

ŠO – Forestry; UŠ – Urban Forestry, Nature conservation and Environmental protection; DT – Wood Technology

Drvene tehnologije, gdje studentice dulje studiraju od muških kolega (Tablica 6).

Budući da su u anketi sudjelovali studenti svih pet diplomskih studija, dodatno je bilo moguće ocijeniti razlike u trajanju i prosječnoj ocjeni preddiplomskih studija, ovisno o tome koji su diplomski studij odabrali po završetku preddi-

plomskog. Rezultati analize varijance i regresije za navedene dvije varijable prikazani su u nastavku.

Rezultati analize varijance trajanja preddiplomskih studija prema upisanim diplomskim studijima kao i njihova prosječna ocjena prikazani su u Tablici 7. Vidljivo je da postoje statistički značajne razlike u trajanju preddiplomskog stu-

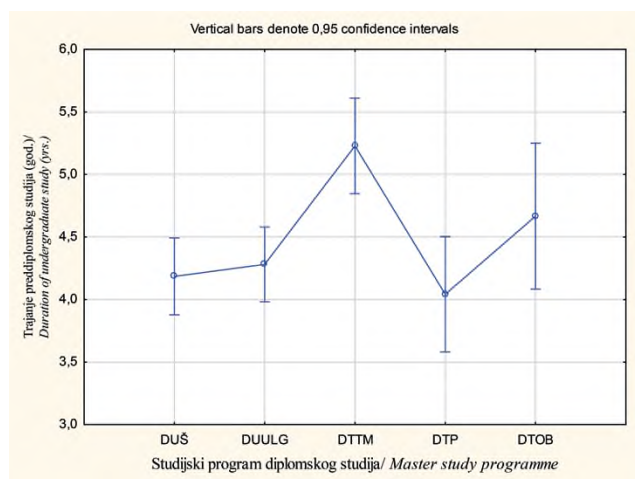
**Slika 5.** Aritmetičke sredine i 95% intervali pouzdanosti trajanja preddiplomskog studija po smjerovima koje su studenti upisali na diplomskom studiju.

Figure 5. Arithmetic means and 95% confidence intervals for duration of undergraduate study, shown by subsequently attended graduate study programmes

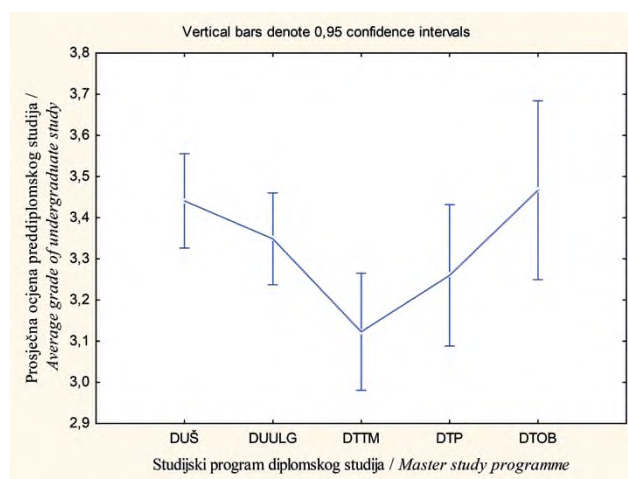
**Slika 6.** Aritmetičke sredine i 95% intervali pouzdanosti prosječne ocjene preddiplomskog studija po smjerovima koje su studenti upisali na diplomskom studiju

Figure 6. Arithmetic means and 95% confidence intervals for average grade of undergraduate study, shown by subsequently attended graduate study programmes

Tablica 5. Rezultati dvofaktorske analize varijance za varijable ln trajanje i ln prosječna ocjena preddiplomskog studija po studiju, spolu te interakciji studija i spolu.

Table 5. Results of two-way ANOVA for ln duration and ln average grade by study, sex and interaction study*sex

Varijabla Variable		Ln trajanje Ln duration			Ln prosječna ocjena Ln average grade		
Izvor varijabilnosti Source	SS DF	Varijanca Variance	F vrijednost F Value	Pr > F	Varijanca Variance	F vrijednost F Value	Pr > F
Studij Study	2	0,07129	1,06	0,3498	0,0300	1,84	0,1612
Spol sex	1	0,0002	0,00	0,9500	0,0069	0,43	0,5135
Studij*spol Study*sex	2	0,1211	1,80	0,1691	0,0160	0,98	0,3762

Tablica 6. Rezultati višestruke linearne regresijske analize za zavisnu varijablu ln trajanje po studijima

Table 6. Results of multivariate linear regression for dependent variable ln duration by study programmes

Varijabla Variable Ln(trajanje) Ln(duration)	Studijski program Study programme								
	ŠO			UŠ			DT		
	F(7;79)=6,52; p<0,001 R ² =0,366			F(7;46)=4,71; p<0,001 R ² =0,418			F(7,27)=7,81; p<0,001 R ² =0,669		
	PE	t	p	PE	t	p	PE	t	p
Odsječak Intercept	2,61			2,51			2,25		
Spol (M/Ž) Sex (M/F)	-0,03	-0,53	0,600	-0,07	-1,18	0,244	0,16	1,98	0,058
Stipendija (ne/da) Grant (No/Yes)	-0,11	-1,98	0,051	-0,10	-1,46	0,152	-0,26	-3,63	0,001
Prosječna ocjena Average grade	-0,29	-5,21	<0,001	-0,25	-3,54	<0,001	-0,18	-2,31	0,028
Srednja škola (struk/gimn) High school type (voc./gymn.)	-0,01	-0,07	0,943	-0,05	-0,64	0,527	-0,31	-4,24	<0,001
Prioritet (1 maks) Priority (1 max)	<0,001	0,02	0,980	0,009	0,41	0,683	0,01	0,76	0,454
Zaposlenost (ne/da) Employment (no/yes)	0,07	1,60	0,11	-0,03	-0,46	0,648	0,11	1,47	0,152
Motivacija (obitelj/osobna) Motivation (family/personal)	-0,17	-1,98	0,051	-0,15	-1,57	0,123	-0,22	-1,48	0,151

PE – procijenjeni parametar, ŠO –Šumarstvo; UŠ –Urbano šumarstvo, zaštita prirode i okoliša; DT – Drvna tehnologija

PE – parameter estimate, ŠO –Forestry; UŠ – Urban Forestry, Nature conservation and Environmental protection; DT – Wood Technology

Tablica 7. Rezultati jednofaktorske analize varijance za ln trajanje i ln prosječne ocjene preddiplomskog studija po smjerovima koje su studenti upisali na diplomskim studijima. Aritmetičke sredine i standardne devijacije su za izvorne podatke.

Table 7. Results of one-way ANOVA for variables ln duration and ln average grade on undergraduate studies, between graduate studies groups of students. Means and standard deviations are for original data

Diplomski studijski program Graduate study programme	N	trajanje duration			prosječna ocjena average grade				
		A.S. Mean	St. dev.	ANOVA	Tukey post hoc test	A.S. Mean	St. dev.	ANOVA	Tukey post hoc test
DUULG	57	4,28	1,13	F(4,180)=6,35 p<0,0001	A	3,35	0,41	F(4,180)=3,82 p=0,0053	AB
DUŠ	54	4,19	1,05		A	3,44	0,45		A
DTTM	35	5,23	1,14		B	3,12	0,44		B
DTP	24	4,04	1,37		A	3,26	0,34		AB
DTOB	15	4,67	1,18		AB	3,47	0,49		AB

A.S. – aritmetička sredina; St.dev. – standardna devijacija; Tukey-ev post hoc test: različita slova znače statistički značajnu razliku (p=0,05)

A.S. – arithmetic mean; St.dev. – standard deviation; Tukey post-hoc test: different letters mark statistical significant difference (p=0,05)

dija, kao i prosječnoj ocjeni preddiplomskog studija prema kasnije upisanim diplomskim studijima. U prosjeku su na preddiplomskom studiju najkraće studirali studenti diplomskog studija Drvnotehnoški procesi (DTP) (4,04 god.) iako je njihova standardna devijacija (varijabilnost) najveća (1,37 god.), a najdulje studenti diplomskog studija smjer Tehnike, tehnologija i management (DTTM) (5,23 god.). Tukeyev post-hoc test pokazuje da se u trajanju preddiplomskog studija statistički značajno razlikuju studenti koji su upisali diplomski studij smjer Tehnike, tehnologija i management, od studenata koji su upisali smjer Uzgajanje i uređivanje šuma s lovnim gospodarenjem (DUULG) (4,28 god.), studij Urbano šumarstvo (DUŠ) (4,19 god.) i DTP (4,04 god.), a ne razlikuju se u trajanju od studenata koji su upisali Oblikovanje proizvoda od drva (DFOB) (4,67 god.). Najbolju prosječnu ocjenu preddiplomskog studija imali su studenti koji su upisali diplomski studij DFOB (3,47), dok su najlošiju prosječnu ocjenu imali studenti koji su upisali diplomski studij smjer tehnike, tehnologija i management (3,12).

Tukeyev post hoc test potvrđuje da su prema prosječnoj ocjeni preddiplomskog studija jedino studenti koji su upisali diplomski studij Urbano šumarstvo, zaštita prirode i okoliša (3,44) imali statistički značajno viši prosjek ocjena preddiplomskog studija od studenata diplomskog studija Tehnike, tehnologija i management (3,12). Ostali studiji se ne razlikuju statistički značajno. Iako studenti diplomskog studija Oblikovanje proizvoda od drva imaju najvišu prosječnu ocjenu preddiplomskog studija njegov 95% interval pouzdanosti je "najširi", jer ima najmanje studenata (15), pa je standardna pogreška najveća.

ZAKLJUČCI CONCLUSIONS

Rezultati dobiveni analizom ankete studenata Šumarskog fakulteta pokazali su da je trajanje studija povezano s uspjehom iskazanim pomoću prosječne ocjene, što ukazuje da ne treba zanemariti niti jedan od ta dva pokazatelja pri ocjeni konačnog uspjeha studenata. Osim toga potvrđeno je da stipendiranje, kao i osobna motivacija skraćuju vrijeme studiranja. Utvrđene razlike u ocjenama i trajanju studija između pojedinih preddiplomskih, kao i diplomskih studija, mogle bi poslužiti kao polazišta za buduće promjene i unaprjeđenje studijskih programa.

Uz sva ograničenja anketnog ispitivanja, dobiveni rezultati pokazuju da se anketa i provedene statističke analize mogu biti vrlo korisna sredstva za prikupljanje podataka o studiranju te za analizu uspješnosti studija.

Nastavak istraživanja pomoću sličnih anketa bilo bi poželjno provesti, kako bi se mogao pratiti trend uspješnosti

studiranja tijekom vremena, posebice u okolnostima kada zbog demografskih i društvenih promjena nastaju novi izazovi pred visokoškolskim šumarskom naobrazbom u Republici Hrvatskoj.

ZAHVALA ACKNOWLEDGEMENT

Istraživanje i analiza podataka provedeni su uz potporu Sveučilišta u Zagrebu „Analiza trajanja studiranja na preddiplomskim studijima Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu“. Zahvaljujemo studentima na suradnji i Mirjani Prša na pomoći oko podataka o prosječnim ocjenama iz ISVU-a.

LITERATURA REFERENCES

- Anić, I., 2019: Važnost šumarske nastave i znanosti na Sveučilištu u Zagrebu za razvoj hrvatskog šumarstva. *Šumarski list* 143(1-2): 59-69.
- Borčić, M. (ur.), 2003: Informacijski sustav visokih učilišta. Ministarstvo znanosti i tehnologije Republike Hrvatske, Zagreb, 63 str.
- Božić, M. (gl. ur.), 2018: 120 godina Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. *Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu*, Zagreb, 264 str.
- Callender, C., 2008: The impact of term-time employment on higher education students academic attainment and achievement. *Journal of Education Policy*, 23(4): 359-377.
- Creech, L. R., Sweeder, R. D., 2012: Analysis of student performance in large-enrollment life science courses. *CBE life sciences education*, 11(4): 386-91.
- Katsikas, E., Dergiades, T., 2009: Using degree grades as indicator of performance in a Greek university of social studies. *Evaluation & Research in Education*, 22(1): 33-49.
- Katsikas, E., Panagiotidis, T., 2010: Student status and academic performance: an approach of the quality determinants of university studies in Greece. *GreeSE paper No. 40*. Hellenic Observatory, London School of Economics and Political Science, London, UK, 45 str.
- SAS Software 9.4. SAS Institute Inc., Cary, NC
- Tešija, R. A., Maslov Kružičević, S., Banožić, A., Esteban, C. D., Sapunar, D., Puljak, L., 2013: Impact of extended course duration and stricter study organization on attrition and academic performance of medical students. *Croatian medical journal*, 54: 192-197.
- TIBCO Software Inc., 2018: Statistica (data analysis software system), version 13. <http://tibco.com>.
- Zajednička deklaracija europskih ministara obrazovanja potpisana u Bologni, Bolonjski proces, Europski prostor visokog obrazovanja, 19.6.1999. <https://mzo.hr/sites/default/files/migrated/bolonjska-deklaracija.pdf>
- Zrakić, M., Juračak, J., 2012: Analiza uspjeha studenata agroekonomskih studija na Agronomskom fakultetu u Zagrebu. *Agroecologia Croatica* 2 (1): 1-7.

SUMMARY

Although forestry is often considered as a traditional field of applied science, it resumes its importance in context of increased awareness of climate change and benefits coming from natural ecosystems. Updated and contemporary study programmes are needed to ensure an adequate education on managing forest ecosystems and its products.

A better insight in student background and their motivation for studies are welcome to improve the study programmes and also to find the ways how to help students achieve better results. A case study research was carried out to measure success of studies by duration of studies and average grades achieved, with possible causes. Three undergraduate study programmes on Zagreb Faculty of Forestry were analyzed (Forestry $N=94$, Urban forestry $N=54$ and Wood Technology $N=39$), with data acquired from a questionnaire among forestry graduate students on the same faculty academic year 2016/2017. A Factorial ANOVA was performed to test differences between the studies, and a multivariate linear regression for the influence of predictor variables on the duration of study.

Although this profession is associated with people from rural areas, about one third of all students comes from the capital city (Figure 1). Students of Wood Technology (DT) are mostly coming from vocational schools (70%) while Forestry (ŠO) and Urban Forestry (UŠ) students are mostly from gymnasiums (67% and 83%). For about 91% of students main motivation was a personal sake rather than a family interest (9%). Average scores and the duration of study on three study programmes have not been proven significantly different between the studies, nor between male and female students (Table 5). A longer time of study is proven to negatively correlated with the average grades on all study programmes: ŠO ($r = -0,56$), UŠ ($r = -0,55$) and DT ($r = -0,38$) (Table 4.). Statistically significant predictor for duration (with logarithmic transformation) on all study programmes in regression analysis was the average grade, with negative sign, thus leading to a shorter study time. Additional statistically significant predictors for ŠO were obtained grant and personal motivation (negative sign), and for DT were sex, obtained grant, and type of high school (Table 6).

KEY WORDS: academic performance, average grade, duration of study, regression analysis, study programme

UPRAVLJANJE KLIMATSKIM PROMJENAMA U ŠUMARSTVU I ZAŠTITI PRIRODE: INSTITUCIONALNI OKVIRI U ODABRANIM ZEMLJAMA JUGOISTOČNE EUROPE

CLIMATE CHANGE GOVERNANCE IN FORESTRY AND NATURE CONSERVATION: INSTITUTIONAL FRAMEWORK IN SELECTED SEE COUNTRIES

Jelena NEDELJKOVIĆ¹, Mirjana STANIŠIĆ², Dragan NONIĆ³, Mersudin AVDIBEGOVIĆ⁴,
Marta CURMAN⁵, Špela Pezdevšek MALOVRH⁶

SAŽETAK

Klimatske promjene su jedan od najvećih izazova za postizanje ciljeva održivog razvoja. Formiranje odgovarajućih institucionalnih okvira za upravljanje klimatskim promjenama, koji uključuju i koordiniraju brojne interese i aktivnosti različitih aktera, razina i sektora, problem je i za zemlje jugoistočne Europe. Bosna i Hercegovina (BiH), Hrvatska, Slovenija i Srbija imaju značajne prirodne resurse koji su bili ugroženi proteklih godina zbog prirodnih katastrofa, što je utjecalo i na sektor šumarstva. Cilj rada je proučiti institucionalne okvire u šumarstvu i zaštiti prirode, kao i stavove ispitanika o kompetencijama relevantnih institucija i organizacija, identificirati potrebe za poboljšanjem postojećeg okvira i ocijeniti njihove interese i utjecaje u procesu upravljanja klimatskim promjenama. Prikupljanje podataka provedeno je korištenjem intervjua, u razdoblju od studenog 2016. do travnja 2017. godine. Protokol za intervju sastojao se od 22 pitanja podijeljenih u pet skupina. U svrhu ovoga rada analizirani su odgovori na pitanja u vezi s institucionalnim okvirima za upravljanje klimatskim promjenama u šumarstvu i zaštiti prirode. Uzorak je činilo 29 ispitanika (Federacija BiH-8, Hrvatska-6, Slovenija-5, Srbija-10), odnosno predstavnika javnih uprava i javnih službi u šumarstvu i zaštiti prirode, poduzeća i ustanova za gospodarenje državnim šumama i upravljanje zaštićenim područjima, obrazovnih i istraživačkih organizacija te organizacija civilnog sektora. Ispitanici su odabrani probnim uzorkovanjem (uzorak na bazi vrijednosnog suda). Ispitanici su bili predstavnici institucija i organizacija na nacionalnoj razini upravljanja u šumarstvu i zaštiti prirode, koji su izravno ili neizravno povezani s problematikom klimatskih promjena u odabranim oblastima. O postojećim institucionalnim okvirima, 52,4% ispitanika nema pozitivno mišljenje, a 85,7% se zalaže za njihovo unapređenje, u smislu poboljšanja suradnje i koordinacije između različitih sektora, institucija i organizacija. Značajne su razlike u procjeni interesa i utjecaja institucija i organizacija u upravljanju klimatskim promjenama među ispitanicima iz Slovenije i Hrvatske, kao i onima iz Federacije BiH i Srbije. Ispitanici iz područja zaštite prirode procjenjuju da je interes veći u odnosu na predstavnike šumarskog sektora (ispitanici iz područja zaštite prirode smatraju da je interes

¹ Dr. Jelena Nedeljković, docent, Sveučilište u Beogradu-Šumarski fakultet, Beograd; e-mail: jelena.nedeljkovic@sfb.bg.ac.rs

² Mirjana Stanišić, PhD student, Sveučilište u Beogradu-Šumarski fakultet, Beograd; e-mail: mirjana.stanistic@sfb.bg.ac.rs

³ Dr. Dragan Nonić, redoviti profesor, Sveučilište u Beogradu-Šumarski fakultet, Beograd; e-mail: dragan.nonic@sfb.bg.ac.rs

⁴ Dr. Mersudin Avdibegović, redoviti profesor, Univerzitet u Sarajevu-Šumarski fakultet, Sarajevo; e-mail: mavdibegovic@gmail.com

⁵ Marta Curman, stručna suradnica, Hrvatski šumarski institut, Zavod za međunarodnu znanstvenu suradnju jugoistočne Europe – EFISEE; e-mail: martac@sumins.hr

⁶ Dr. Špela Pezdevšek Malovrh, izvanredni profesor, Univerzitet u Ljubljani, Biotehnički fakultet, Odsjek za šumarstvo i obnovljive šumske resurse; e-mail: spela.pezdevsek.malovrh@bf.uni-lj.si

„veoma visok“ – prosječna ocjena 4,6, a iz sektora šumarstva da je „visok“ – prosječna ocjena 4,1). Potrebna su daljnja istraživanja o suradnji i koordinaciji svih sudionika na različitim razinama upravljanja, kao i drugih elemenata koji, uz institucionalne okvire, dovode do stvaranja odgovornog sustava upravljanja klimatskim promjenama i rješavanja različitih izazova klimatskih promjena.

KLJUČNE REČI: institucionalni okviri, upravljanje klimatskim promjenama, šumarstvo, zaštita prirode, jugoistočna Europa

1. UVOD INTRODUCTION

Pojam održivog razvoja postao je jedan od vodećih koncepta današnjice. Na sastanku Ujedinjenih naroda o održivom razvoju, koji je održan 2015. godine, Generalna skupština Ujedinjenih naroda usvojila je Agendu za održivi razvoj do 2030. godine. Agenda 2030, uključuje sve tri dimenzije održivog razvoja: ekonomski rast, socijalnu inkluziju i zaštitu okoliša, definirane kroz 17 ciljeva održivog razvoja⁷. Ciljevi održivog razvoja obuhvaćaju širok spektar problema koje bi trebalo riješiti, pri čemu je upravljanje klimatskim promjenama predstavljeno kao jedan od prioriteta (Cilj 13 – Akcija za klimu: poduzimanje hitne akcije u borbi protiv klimatskih promjena i njezinih posljedica).

Upravljanje klimatskim promjenama (engl. climate change governance) obuhvaća širok spektar aktivnosti vezanih za ublažavanje i prilagođavanje, i zahtjeva njihovu koordinaciju između brojnih sektora u međunarodnim, nacionalnim, regionalnim i lokalnim razmjerima (Meadowcroft, 2009; Keskitalo, 2010; Fröhlich, Knieling 2013). U procesu uspješnog upravljanja klimatskim promjenama, jedan od najznačajnijih elemenata predstavljaju institucije, koje trebaju, uz pružanje osnove za implementaciju strategija i politika (Nedeljković, Stanišić, 2019), osigurati i njihovu međusobnu interakciju (Keskitalo, 2010). Institucije, također, imaju ključnu ulogu u razvoju kapaciteta različitih sektora za upravljanje klimatskim promjenama (Gupta *et al.*, 2010).

Većina zemalja u razvoju imaju nedovoljno jake institucije koje su manje sposobne upravljati ekstremnim događajima kao što su prirodne nepogode. Za države s jakim i funkcionalnim institucijama obično se pretpostavlja da imaju veću sposobnost prilagodbe sadašnjim i budućim prirodnim nepogodama. Međutim, prirodne nepogode, koje su pogodile SAD ili neke razvijene države zapadne Europe, pokazuju

da jake institucije i druge determinante kapaciteta za prilagođavanje⁸ ne moraju nužno smanjiti „osjetljivost“⁹ na klimatske promjene, ako te njihove karakteristike nisu prisutne i kod aktivnosti u praksi (2014/a).

Da bi se upravljanje klimatskim promjenama provodilo u praksi, potrebna je „... koordinacija i interakcija na svim razinama upravljanja“ (Živojinović *et al.*, 2015), uz „... uspostavljanje institucionalnog i sistemskog pristupa suradnji na različitim razinama upravljanja“ (Nonić *et al.*, 2017). U nekim slučajevima, „...odsustvo takve koordinacije može, čak dovesti do neadekvatne adaptacije ili povećane ranjivosti u određenom području, kao rezultat aktivnosti u drugoj“ (Juhola, Westerhoff, 2011).

Pitanje upravljanja klimatskim promjenama je ponajprije smatrano problematikom koja je u nadležnosti samo sektora okoliša. Međutim, „...sada se ono smatra izazovom koji zahtjeva učesće i suradnju više sektora kako bi se izbjegli potencijalni sukobi“ (Juhola, Westerhoff, 2011).

Institucionalni okviri upravljanja u šumarstvu i zaštiti prirode obuhvaćaju brojne organizacije. Oni određuju „... odgovornosti i nadležnosti različitih institucija, javnih i privatnih, na različitim razinama“ (FAO, 2011). U kontekstu šumarstva, „...razvoj sektora zavisi od institucionalnog okvira koji obuhvaća „pravila igre“, kao i veliki broj organizacija, javnih i privatnih, s različitim mandatima, ulogama i funkcijama“ (2014/a). Kada se govori o institucionalnom okviru u šumarstvu, u obzir treba uzeti „...širok spektar organizacija, poticaja, mandatnog sistema i propisa“, koji „... utječu na rezultate sektora“ (World Bank, 2005). U organizacije u sektoru šumarstva ubrajaju se, uz ostale, i „...javne agencije, privatna poduzeća, nevladine organizacije, sindikati, zadruge“ (Gane, 2007).

Istraživanje je obavljeno s **ciljem** proučavanja institucionalnih okvira u šumarstvu i zaštiti prirode, kao i stavova ispi-

⁷ Više informacija je dostupno na adresi: <https://sustainabledevelopment.un.org/sdgs>

⁸ engl. adaptive capacity – sposobnost sustava, ustanova, ljudi i drugih organizama da se prilagode potencijalnoj šteti, da iskoriste mogućnosti ili da odgovore na posljedice (2014/a).

⁹ engl. sensitivity – stupanj u kojem su sustav ili vrsta pogođeni, bilo nepovoljno ili korisno, zbog varijabilnosti ili promjene klime (2014/a).

Tablica 1. Pregled broja i strukture ispitanika po državama i institucijama/organizacijama

Table 1. The number and structure of the respondents by country and institutions/organizations

Institucija/organizacija Institution / organization		FBiH Federation B&H		Hrvatska Croatia		Slovenija Slovenia		Srbija Serbia	
		Broj ispitanika Number of respondents	Šifra ispitanika Code of respondents	Broj ispitanika Number of respondents	Šifra ispitanika Code of respondents	Broj ispitanika Number of respondents	Šifra ispitanika Code of respondents	Broj ispitanika Number of respondents	Šifra ispitanika Code of respondents
Javna uprava u šumarstvu i zaštiti prirode Public administration in forestry and nature conservation	Ministarstvo nadležno za šumarstvo Ministry responsible for forestry	2	FBiH-1 FBiH-2			1	SVN-1	1	SRB-1
	Ministarstvo nadležno za zaštitu prirode Ministry responsible for nature conservation	1	FBiH-3			1	SVN-2	1	SRB-2
Javna služba u šumarstvu i zaštiti prirode Public services in forestry and nature conservation	Javna služba u šumarstvu Public service in forestry					1	SVN-3		
	Javna služba u zaštiti prirode Public service in nature conservation							1	SRB-3
Poduzeća i ustanove za gospodarenje državnim šumama i upravljanje zaštićenim područjima Enterprises and organizations for state forest and protected areas management	Javna poduzeća za gospodarenje državnim šumama Public enterprises for state forest management	2	FBiH-4 FBiH-5	1	HRV-1			2	SRB-4 SRB-5
	Poduzeća i ustanove za upravljanje zaštićenim područjima Enterprises and organizations for protected areas management	1	FBiH-6	1	HRV-2			2	SRB-6 SRB-7
Obrazovne i istraživačke organizacije Educational and research organizations	Fakulteti za šumarstvo Faculties of forestry			1	HRV-3			1	SRB-8
	Fakulteti za zaštitu prirode (ekologiju) Faculties for nature conservation (ecology)			1	HRV-4			1	SRB-9
	Istraživačke organizacije u šumarstvu Research organizations in forestry			1	HRV-5	1	SVN-4	1	SRB-10
Organizacije civilnog sektora Civil society organizations	NVO u zaštiti prirode NGOs in nature conservation	1	FBiH-7	1	HRV-6	1	SVN-5		
	Strukovna udruženja u šumarstvu Professional associations in forestry	1	FBiH-8						
UKUPNO TOTAL		8		6			5		10

tanika u vezi s nadležnostima relevantnih institucija i organizacija, utvrđivanjem potreba za unapređenjem postojećih okvira i ocjenom njihovih interesa i utjecaja, u procesu upravljanja klimatskim promjenama u odabranim državama jugoistočne Europe.

Istraživanje je provedeno u Federaciji Bosne i Hercegovine (FBiH), kao jedan od dva entiteta u BiH), Republici Hrvatskoj (HRV), Republici Sloveniji (SVN) i Republici Srbiji (SRB), državama sličnih prirodnih karakteristika, ali različitih razina integracije u odnosu na EU¹⁰. Također, zajednička karakteristika ovih država je da su, u razdoblju 2014.-2018. godine, bile izložene mnogobrojnim prirodnim nepogodama (mraz, oluja, poplave i sl.), koje su prouzročile velike štete u sektoru šumarstva.

2. METOD RADA METHODS

Za ispitivanje sličnosti i razlika u stavovima ispitanika u odnosu na institucionalne okvire za upravljanje klimatskim promjenama u šumarstvu i zaštiti prirode, korištena je komparativna metoda. Statistička analiza je korištena za obradu dijela primarnih podataka. Za potrebe proučavanja nadležnosti institucija i organizacija, korištena je metoda analize. Primjenom iste metode, definirane¹¹ su institucije i organizacije u odabranim državama. Uz to, za obradu drugog dijela primarnih podataka korištena je metoda analize sadržaja.

Kao istraživačka tehnika za prikupljanje podataka korišten je pojedinačni usmjereni intervju (Malhotra, 2007).

¹⁰ Slovenija je članica EU od 01.05.2004. godine, a Hrvatska od 01.07.2013. godine. Srbija je, kao zemlja u statusu kandidata započela pregovore o pristupanju 21.01.2014. godine, a BiH je predala formalni zahtjev za članstvo 15.02.2016. godine.

¹¹ Podaci o institucijama i organizacijama u šumarstvu i zaštiti prirode na nacionalnoj razini, kao i njihovim nadležnostima vezanim za upravljanje klimatskim promjenama, prikupljeni su iz sekundarnih izvora (izvještaji, studije, internet stranice i sl.)

Ispitanici su odabrani korištenjem neslučajne metode izbora **uzorka**, tj. primijenjen je namjerni uzorak na bazi vriednosnog suda (Malhotra, 2007). Ispitanici su bili predstavnici institucija i organizacija na nacionalnoj razini upravljanja u šumarstvu i zaštiti prirode¹², koji su izravno ili neizravno povezani s istraživanom problematikom.

Za potrebe ovog istraživanja odrađeno je 29 intervjua (osam u FBiH, šest u HRV, pet u SVN i deset u SRB), čija je struktura¹³ prikazana u tablici 1.

Nakon kontaktiranja ispitanika telefonom i obrazloženja cilja istraživanja, dogovoreni intervjui provedeni su izravno (engl. „*face to face*“) sa sedam ispitanika iz SRB i pet iz HRV. Preostalim ispitanicima iz HRV i SRB, koji nisu bili u mogućnosti odraditi izravan intervju, kao i svim ispitanicima iz SVN i FBiH, upitnici su poslani elektronskim putem.

Podaci su prikupljeni u razdoblju od studenog 2016. godine do travnja 2017. godine.

Za prikupljanje podataka, korišten je **upitnik** sastavljen od pet grupa pitanja, u vezi sa:

1. klimatskim promjenama;
2. strateškim i zakonodavnim okvirima šumarstva i zaštite prirode, s posebnim osvrtom na problematiku klimatskih promjena;
3. institucionalnim okvirima šumarstva i zaštite prirode, s posebnim osvrtom na nadležnosti u vezi s upravljanjem klimatskim promjenama;
4. institucionalnom i međusektorskom suradnjom;
5. mjerama za upravljanje klimatskim promjenama.

Upitnik se sastojao od 22 pitanja, uz kombinaciju otvorenih i zatvorenih pitanja.

Za potrebe ovoga rada analizirani su odgovori na pitanja koja se odnose na institucionalne okvire, odnosno stavovi ispitanika o:

- postojećim institucionalnim okvirima (institucijama i organizacijama) na nacionalnoj razini, nadležnim za pitanja klimatskih promjena;
- potrebi za unapređenjem postojećih institucionalnih okvira šumarstva i zaštite prirode, u pogledu upravljanja klimatskim promjenama;
- interesu i utjecaju institucije/organizacije na upravljanje klimatskim promjenama.

Pitanja koja se odnose na stavove o postojećim institucionalnim okvirima i potrebi za unapređenjem bila su otvorena, odnosno, ispitanici su samostalno formulirali odgovore. Interes i utjecaj ispitanika ocjenjivani su korištenjem petostupnjevane Likertove skale¹⁴.

Podaci su obrađeni na dva načina:

1. metodom analize sadržaja (korištene su matrice „podrške i protivljenja“ (engl. „*advocate-opponent*“);
2. analizom frekvencija (u softveru SPSS, ver. 22), za obradu odgovora na pitanja, koja predstavljaju kategorijske varijable.

3. INSTITUCIONALNI OKVIRI ZA UPRAVLJANJE KLIMATSKIM PROMJENAMA INSTITUTIONAL FRAMEWORK FOR CLIMATE CHANGE GOVERNANCE

U sve četiri odabrane države, postoje različite institucije i organizacije u šumarstvu i zaštiti prirode, koje su nadležne za upravljanje klimatskim promjenama (Shema 1).

Institucije i organizacije, na različitim razinama upravljanja u šumarstvu i zaštiti prirode, obuhvaćaju:

- javnu upravu;
- javne službe;
- javna poduzeća i ustanove;
- obrazovne i istraživačke organizacije;
- organizacije javnog sektora.

Njihov detaljni pregled po državama, kao i primarni ciljevi u okviru nadležnosti, koji su zajednički za sve spomenute institucije i organizacije, prikazan je u tablici 2.

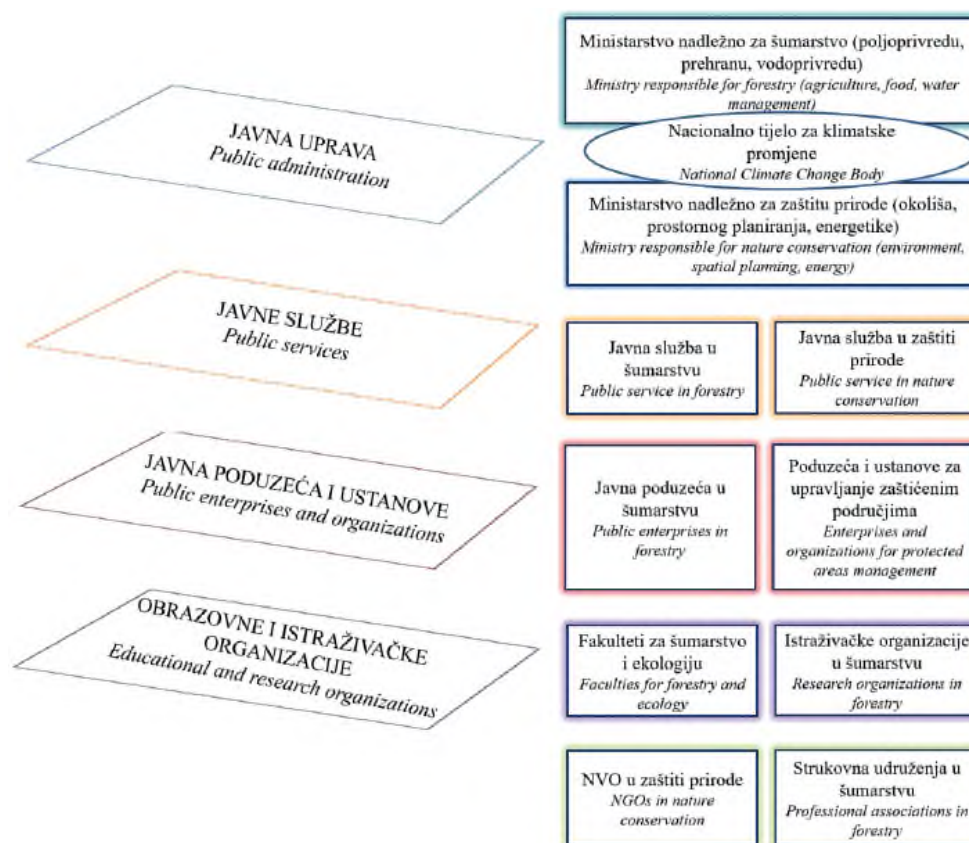
Analizom institucionalnih okvira za upravljanje klimatskim promjenama u sve četiri odabrane države, moguće je uočiti da je u FBiH i SRB šumarstvo objedinjeno u okviru istog ministarstva sa sektorima vodoprivrede i poljoprivrede, dok je u SVN i HRV objedinjeno sa sektorom ishrane i poljoprivrede. Kada je u pitanju područje zaštite prirode, ona je većinom dio sektora zaštite okoliša. U SRB je prisutno samostalno ministarstvo zaštite okoliša, dok je u ostalim državama, ova oblast povezana s turizmom (FBiH), energetikom (HRV) ili prostorom (SVN).

Uz navedeno, u odabranim državama, vidljiva je jasna podjela nadležnosti između institucija javne uprave u šumarstvu i zaštiti prirode koje su, izravno ili neizravno, povezane sa šumarstvom (npr. kroz pitanja upravljanja zaštićenim područjima, korištenja drva kao obnovljivog izvora energije i smanjenja emisija CO₂).

¹² Istraživanje je provedeno i s predstavnicima institucija i organizacija iz područja zaštite prirode, jer pitanja klimatskih promjena nisu u nadležnosti samo sektora šumarstva (Ranković et al., 2016).

¹³ Prilikom konstruiranja strukture uzorka, bilo je predviđeno da se u odabranim državama intervjuijaju predstavnici svih navedenih institucija i organizacija (ukoliko postoje). Razlike u strukturi ispitanika između pojedinih država, uzrokovane su, između ostalog, različitim odazivom predstavnika nadležnih institucija i organizacija, da sudjeluju u ovom istraživanju.

¹⁴ Ocjene interesa i utjecaja na Likertovoj skali bile su: 1–vrlo nizak; 2–nizak; 3–ni nizak ni visok; 4–visok; 5–vrlo visok.



Shema 1. Institucionalni okviri za upravljanje klimatskim promjenama u šumarstvu i zaštiti prirode

Scheme 1. Institutional framework for climate change governance in forestry and nature conservation

U SRB je prisutno nacionalno tijelo (Nacionalni savjet za klimatske projmene), koje objedinjuje više sektora i nadležno je za problematiku klimatskih promjena. Iako u ostalim državama ne postoji posebna nacionalna organizacija za klimatske promjene, veza između šumarstva i zaštite prirode, po pitanju problematike klimatskih promjena, postoji. Izrada strateških dokumenata o klimatskim promjenama i smanjenju emisije CO₂ u svim odabranim državama pripada djelokrugu rada javne uprave, odnosno ministarstava nadležnih za okoliš.

Javna služba u šumarstvu je, kao samostalna organizacija, prisutna jedino u SVN, a problematikom klimatskih promjena bavi se kroz: izradu planskih dokumenata, pružanje stručnih savjeta o korištenju drva kao izvora energije, obnovi šume, sanaciji poslje prirodnih nepogoda i napada potkornjaka, korištenju drva kao izvora energije, i sudjelovanja u mreži Natura 2000. S druge strane, u odabranim državama, postoji javna služba u zaštiti prirode, čiji je osnovni zadatak, u odnosu na klimatske promjene: monitoring stanja biodiverziteta, davanje smjernica javnim ustanovama i poduzećima za održivo upravljanje zaštićenim područjima, primjena međunarodnih konvencija, sudjelovanje u izradi strategija, zakona i sl. i istraživački rad.

Javna poduzeća u šumarstvu, u svim odabranim državama, kao osnovu poslovanja imaju održivo upravljanje šumskim resursima, čime izravno doprinose upravljanju klimatskim promjenama. Upravljanje zaštićenim područjima povjerenjeno je javnim ustanovama (HRV i SVN) i javnim poduzećima (FBiH i SRB¹⁵). Ove organizacije doprinose borbi s klimatskim promjenama kroz upravljanje zaštićenim dijelovima prirode, očuvanje biodiverziteta, i praćenje utjecaja klimatskih promjena na zaštićena područja.

U svim odabranim državama su prisutne obrazovne i istraživačke organizacije u šumarstvu i zaštiti prirode, čiji je osnovni zadatak edukacija i provođenje znanstveno-istraživačkog rada u vezi s klimatskim promjenama i otklanjanjem njihovih posljedica.

Problematikom klimatskih promjena bave se brojne organizacije civilnog društva, prisutne u svim državama, kroz različite aktivnosti vezane za podizanje svijesti javnosti o ovoj problematici i provođenje projekata koji se bave održivim upravljanjem prirodnim resursima.

¹⁵ U Srbiji zaštićenim područjem mogu upravljati javni i privatni sektor. U okviru javnog sektora prisutne su kategorije: 1) poduzeća i 2) institucije i ustanove, a u okviru privatnog: 1) privredna društva i 2) ostale organizacije i pojedinci. Javni sektor upravlja sa 97,3%, a privatni sa 2,7% ukupne površine zaštićenih područja (Đorđević, 2017).

Tablica 2. Pregled institucija i organizacija u šumarstvu i zaštiti okoliša i primarni ciljevi u vezi s upravljanjem klimatskim promjenama
 Table 2. Overview of institutions and organizations of forestry and environmental protection and primary goals related to climate change governance

Institucija/organizacija <i>Institution/organization</i>	FBiH <i>Federation B&H</i>	Hrvatska <i>Croatia</i>	Slovenija <i>Slovenia</i>	Srbija <i>Serbia</i>	Primarni ciljevi u vezi s upravljanjem klimatskim promjenama (zajednički za sve institucije / organizacije) <i>Primary objective within climate change governance (common to all institutions / organizations)</i>
	Ministarstvo nadležno za šumarstvo <i>Ministry responsible for forestry</i>	Federalno ministarstvo poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva <i>Federal ministry of agriculture, water management and forestry</i>	Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i ishrane <i>Ministry of agriculture, forestry and food</i>	Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede <i>Ministry of agriculture, forestry and water management</i>	Usklađivanje i/ili izrada strategija, politika i zakona šumarstva sa strategijom adaptacije na klimatske promjene <i>Harmonizing and / or developing strategies, policies and laws policies for forestry with climate change adaptation strategy</i>
Javna uprava u šumarstvu i zaštiti prirode <i>Public administration in forestry and nature conservation</i>	Ministarstvo nadležno za zaštitu prirode <i>Ministry responsible for nature conservation</i>	Ministarstvo zaštite okoliša i energetike- Uprava za klimatske aktivnosti, održivi razvoj i zaštitu zraka, tla i od svjetlosnog onečišćenja <i>Ministry of environmental protection and energy - Directorate for climate action, sustainable development and protection of air, soil and light pollution</i>	Ministarstvo zaštite okoliša i prostora-Sektor za okoliš i klimatske promjene <i>Ministry of the environment and spatial planning - Sector for environment and climate change</i>	Ministarstvo zaštite okoliša-Sektor za zaštitu prirode i klimatske promjene <i>Ministry of environmental protection - Sector for nature conservation and climate change</i>	Usklađivanje i/ili izrada strategija, politika i zakona zaštite okoliša, prirode, klimatskih promjena i drugi povezani poslovi <i>Harmonizing and / or developing strategies, policies and laws on environmental protection, nature, climate change and other related activities</i>
Javna služba u šumarstvu i zaštiti prirode <i>Public services in forestry and nature conservation</i>	Nacionalna organizacija za klimatske promjene <i>National climate change body</i>	Javna služba u šumarstvu <i>Public service in forestry</i>	Nacionalni savjet za klimatske promjene <i>National Council for Climate Change</i>	Koordinacija politika i mjera Vlade različitih sektora u vezi s upravljanjem klimatskim promjenama <i>Coordination of government policy and measures of different sectors related to climate change governance</i>	Izrada planskih dokumenata, obavljanje savetodavnih poslova vezanih za klimatske promjene, sudjelovanje u mreži Natura 2000 <i>Drafting of planning documents, conducting advisory activities related to climate change, participation in Natura 2000 network</i>
					Monitoring stanja biodiverziteta, davanje snjernica za održivo upravljanje zaštićenim područjima, primjena međunarodnih konvencija, istraživački rad <i>Biodiversity Monitoring. Guidelines for sustainable management of protected areas, Implementation of international conventions, Research</i>

Institucija/organizacija <i>Institution/organization</i>	FBiH <i>Federation B&H</i>	Hrvatska <i>Croatia</i>	Slovenija <i>Slovenia</i>	Srbija <i>Serbia</i>	Primarni ciljevi u vezi s upravljanjem klimatskim promjenama (zajednički za sve institucije / organizacije) <i>Primary objective within climate change governance (common to all institutions / organizations)</i>
Poduzeća i ustanove za gospodarenje državnim šumama i upravljanje zaštićenim područjima <i>Enterprises and organizations for state forest and protected areas management</i>	Javna poduzeća za gospodarenje državnim šumama <i>Public enterprises for state forest management</i> + Poduzeća i ustanove za upravljanje zaštićenim područjima <i>Enterprises and organizations for protected areas management</i> +	+	+	+	Održivo gospodarenje šumama, i utjecaj klimatskih promjena <i>Sustainable forest management, and the impact of climate change</i> Upravljanje zaštićenim područjima, utjecaj klimatskih promjena na zaštićena područja <i>Management of protected areas, the impact of climate change on protected areas</i>
Obrazovne i istraživačke organizacije <i>Educational and research organizations</i>	Studij šumarstva <i>Forestry studies</i> + Studij za zaštitu prirode (ekologiju) <i>Nature conservation (ecology) studies</i> +	+	+	+	Istraživački rad, edukacija i obrazovanje u šumarstvu u vezi s klimatskim promjenama <i>Research, education and training in forestry related to climate change</i> Istraživački rad, edukacija i obrazovanje za zaštitu okoliša i prirode u vezi s klimatskim promjenama <i>Research, education and training for environmental protection and nature conservation related to climate change</i>
Istraživačke organizacije u šumarstvu <i>Research organizations in forestry</i> + NVO u zaštiti prirode <i>NGOs in nature conservation</i> +	Istraživačke organizacije u šumarstvu <i>Research organizations in forestry</i> + NVO u zaštiti prirode <i>NGOs in nature conservation</i> +	+	+	+	Istraživački rad u šumarstvu, zaštiti prirode, okoliša i sl. u vezi s klimatskim promjenama <i>Research in forestry, nature conservation, environmental protection and related issues related to climate change</i> Podizanje svijesti javnosti o zaštiti prirode u vezi s klimatskim promjenama <i>Raising public awareness of nature conservation in relation to climate change</i>
Organizacije javnog sektora <i>Civil society organizations</i> + Strukovna udruženja u šumarstvu <i>Professional associations in forestry</i> +	Strukovna udruženja u šumarstvu <i>Professional associations in forestry</i> +	+	+	+	Povezivanje stručnjaka, širenje informacija i znanja u vezi sa klimatskim promjenama <i>Linking experts, disseminating information and knowledge about climate change</i>

Legenda: / ne postoji; + bave se problematikom; - ne bave se problematikom

Legend: / not present; + dealing with issues; - not dealing with issues

4. STAVOVI ISPITANIKA O INSTITUCIONALNIM OKVIRIMA ZA UPRAVLJANJE KLIMATSKIM PROMJENAMA

ATTITUDES TOWARDS INSTITUTIONAL FRAMEWORK FOR CLIMATE CHANGE GOVERNANCE

U ovom potpoglavlju su prikazani i analizirani stavovi predstavnika institucija i organizacija u šumarstvu i zaštiti prirode, u vezi s postojećim institucionalnim okvirima, potre-

Tablica 3. Mišljenje ispitanika o institucionalnim okvirima za upravljanje klimatskim promjenama i potrebi za njihovim unaprjeđenjem

Table 3. Respondents' opinion on institutional framework for climate change governance and need for improvement

Ispitanik Respondent	Mišljenje o postojećim institucionalnim okvirima Opinion on existing institutional frameworks	Potreba za unaprjeđenjem postojećih institucionalnih okvira Need to improve existing institutional frameworks
FBIH FEDERATION B&H		
FBIH-1	–	+
FBIH-2	–	+
FBIH-3	–	+
FBIH-4	idnk	idnk
FBIH-5	idnk	idnk
FBIH-6	idnk	+
FBIH-7	+/-	idnk
FBIH-8	–	+
HRVATSKA CROATIA		
HRV-1	+	+
HRV-2	–	idnk
HRV-3	+/-	+
HRV-4	–	+
HRV-5	–	+
HRV-6	+/-	+
SLOVENIJA SLOVENIA		
SVN-1	+/-	+
SVN-2	+	–
SVN-3	–	+/-
SVN-4	+/-	+
SVN-5	+	+
SRBIJA SERBIA		
SRB-1	+/-	+/-
SRB-2	–	+
SRB-3	idnk	idnk
SRB-4	idnk	idnk
SRB-5	idnk	idnk
SRB-6	–	+
SRB-7	idnk	idnk
SRB-8	–	+
SRB-9	+/-	+
SRB-10	idnk	idnk

Legenda: + pozitivno/da; – negativno/ne; +/- indiferentno; idnk ne znam

Legend: + advocates; – opponents; +/- indifferent; idnk I do not know

bom za unaprjeđenjem tih okvira, kao i interesom i utjecajem institucija i organizacija u vezi s upravljanjem klimatskim promjenama.

4.1. Postojeći institucionalni okviri i potrebe za njihovim unaprjeđenjem – *Current institutional framework and need for improvement*

Predstavnici institucija i organizacija imaju podijeljene stavove u vezi s postojećim institucionalnim okvirima na nacionalnoj razini, nadležnim za upravljanje klimatskim promjenama (tablica 3).

Od 21 ispitanika, koliko je iznijelo stav o postojećim institucionalnim okvirima, 52,4%, ima negativno mišljenje o **postojećim institucionalnim okvirima**. Svega tri ispitanika imaju pozitivno mišljenje.

Promatrano po **sektorima** (tablica 4), uočava se da 50,0% ispitanika iz sektora šumarstva nema pozitivno mišljenje o postojećim institucionalnim okvirima. Kao osnovne razloge za nezadovoljstvo, navode:

- nedostatak odgovarajućih institucija i organizacija nadležnih za pitanja prilagođavanja klimatskim promjenama (FBIH-1);
- nedostatak aktivnosti nadležnih institucija, jer se „...*postojeći institucionalni okviri bave pitanjima ublažavanja i prilagođavanja klimatskim promjenama više formalno nego suštinski*“ (SRB-8);
- nedostatak primjerene suradnje, jer „...*nije ostvarena potrebna međusektorska suradnja*“ (FBIH-2);
- nedostatak stručnih kapaciteta (HRV-5) i sredstava za njihovo financiranje (SVN-3);
- „...*komplikirano državno uređenje i nepovoljni politički ambijent za njihov rad*“ (FBIH-1), uz „...*nedostatak koordinacije između entiteta*“ (FBIH-8).

Slična je situacija i s ispitanicima iz područja zaštite prirode, gdje većina nema pozitivno mišljenje o institucionalnim okvirima, a kao razloge ističu:

- „...*nedostatak ključnih institucija na državnoj razini*“ (FBIH-3);
- „...*institucionalni okvir postoji formalno, u skladu sa zahtjevima EU, ali u praksi ne funkcionira, niti se ovom problematikom ozbiljno bavi*“ (HRV-4);
- nepostojanje sustava u ovoj oblasti (FBIH-3, SRB-2);
- „...*komunikacija i međusobna suradnja između institucija i organizacija ne funkcioniraju*“ (HRV-2).

Na osnovi navedenog, moguće je zaključiti da nisu prisutne razlike u stavovima ispitanika iz sektora šumarstva i područja zaštite prirode, jer je većina suglasna da institucionalni okvir nije primjeren, a vlastite su stavove obrazložili na sličan način: nedostatak institucija i organizacija, nedovoljno

Tablica 4. Udio stavova ispitanika o institucionalnim okvirima za upravljanje klimatskim promjenama i potrebi za njihovim unaprjeđenjem, prema sektoru, državi i kategoriji institucija / organizacija

Table 4. Share of respondents' attitudes towards institutional framework for climate change governance and need for improvement per sector, country and category of institution / organization

Sektor / Država / Kategorija Sector / Country / Category	Mišljenje o postojećim institucionalnim okvirima Opinion on existing institutional frameworks			Potreba za unaprjeđenjem postojećih institucionalnih okvira Need to improve existing institutional frameworks		
	Pozitivan Advocates	Indiferentan Indifferent	Negativan Opponents	Pozitivan Advocates	Indiferentan Indifferent	Negativan Opponents
Šumarstvo Forestry	8,3%	41,7%	50,0%	83,3%	16,7%	0,0%
Zaštita prirode Nature conservation	22,2%	22,2%	55,6%	88,9%	0,0%	11,1%
FBiH Federation B&H	0,0%	20,0%	80,0%	100,0%	0,0%	0,0%
Hrvatska Croatia	16,7%	33,3%	50,0%	100,0%	0,0%	0,0%
Slovenija Slovenia	40,0%	40,0%	20,0%	60,0%	20,0%	20,0%
Srbija Serbia	0,0%	40,0%	60,0%	80,0%	20,0%	0,0%
Javna uprava u šumarstvu i zaštiti prirode Public administration in forestry and nature conservation	14,3%	28,6%	57,1%	71,4%	14,3%	14,3%
Javna služba u šumarstvu i zaštiti prirode Public services in forestry and nature conservation	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%
Poduzeća i ustanove za gospodarenje državnim šumama i upravljanje zaštićenim područjima Enterprises and organizations for state forest and protected areas management	33,3%	0,0%	66,7%	100,0%	0,0%	0,0%
Obrazovne i istraživačke organizacije Educational and research organizations	0,0%	50,0%	50,0%	100,0%	0,0%	0,0%
Organizacije javnog sektora Civil society organizations	25,0%	50,0%	25,0%	100,0%	0,0%	0,0%

aktivnosti postojećih institucija u ovome području, izostanak međuinstitucionalne i međusektorske suradnje.

Ako se analiziraju stavovi ispitanika po državama, moguće je zaključiti da u tri od četiri odabrane države, ispitanici uglavnom, nemaju pozitivno mišljenje o postojećim institucionalnim okvirima.

Analiza stavova ispitanika, po kategorijama institucija i organizacija, ukazuje da većina predstavnika javne uprave, javnih službi i poduzeća i organizacija za gospodarenje državnim šumama i upravljanje zaštićenim područjima imaju negativno mišljenje o postojećim institucionalnim okvirima.

Većina ispitanika¹⁶ (85,7%), bez obzira na vrstu institucije/organizacije i sektor, smatra da je postojeće institucionalne okvire **potrebno unaprijediti**.

U pogledu unaprjeđenja institucionalnih okvira, promatrano po sektorima, moguće je zaključiti da većina ispitanika iz sektora šumarstva smatra da je ono potrebno (tablica 4.). Pri tome navode da je:

- ključno pitanje „...organizacija unutar postojećih institucija za odgovarajući pristup klimatskim promjenama“ (SRB-8);
- potrebno koristiti iskustva i primjere dobre prakse iz drugih EU država (HRV-3; HRV-5).

Kao prijedloge za unaprjeđenje navode:

- unaprjeđenje suradnje postojećih institucija (FBiH-2; SRB-1);
- formiranje novih institucija/organizacija (FBiH-1);
- donošenje novih i usuglašavanja postojećih regulatornih okvira, koji utječu na rad i nadležnosti institucija i organizacija iz različitih sektora (HRV-1; SVN-4; SRB-6);
- osiguravanje financijskih sredstava za njihov rad (SVN-3).

Većina ispitanika iz područja zaštite prirode suglasna je s navedenim stavovima i smatra da je institucionalne okvire potrebno unaprijediti, zato što se, između ostalog, „...zakonodavstvo, pa i sama organizacija javne uprave, pokazala nefunkcionalnom i daleko od uređenog sistema“ (FBiH-3).

Kao prijedloge za unaprjeđenje navode formiranje novih (SRB-2; HRV-6) i reorganizaciju postojećih institucija/organizacija (FBiH-6).

¹⁶ Od 20, koliko je iznijelo mišljenje o potrebi za unaprjeđenjem postojećih okvira

Tablica 5. Prosječna ocjena ispitanika, po državama i sektorima, interesa i utjecaja institucija/organizacija na upravljanje klimatskim promjenama
Table 5. Average respondents' assessment of interest and influence of institutions/organizations on climate change governance per country and sector

Država Country	Šumarstvo <i>Forestry</i>		Zaštita prirode <i>Nature Conservation</i>		UKUPNO <i>TOTAL</i>	
	Interes <i>Interest</i>	Utjecaj <i>Influence</i>	Interes <i>Interest</i>	Utjecaj <i>Influence</i>	Interes <i>Interest</i>	Utjecaj <i>Influence</i>
FBIH <i>Federation B&H</i>	Visok <i>High</i> (60,0%)	Ni nizak ni visok <i>Neither low nor high</i> (60,0%)	Veoma visok i visok <i>Very high and high</i> (66,7%)	Veoma visok i visok <i>Very high and high</i> (66,7%)	Visok <i>High</i> (50,0%)	Veoma nizak <i>Very low</i> (37,5%)
Hrvatska <i>Croatia</i>	Veoma visok <i>Very high</i> (100,0%)	Ni nizak ni visok <i>Neither low nor high</i> (100,0%)	Veoma visok <i>Very high</i> (100,0%)	Visok <i>High</i> (33,3%)	Veoma visok <i>Very high</i> (100,0%)	Ni nizak ni visok <i>Neither low nor high</i> (66,7%)
Slovenija <i>Slovenia</i>	Ni nizak ni visok <i>Neither low nor high</i> (66,7%)	Veoma visok i visok <i>Very high and high</i> (66,7%)	Veoma visok <i>Very high</i> (100,0%)	Visok <i>High</i> (50,0%)	Veoma visok <i>Very high</i> (60,0%)	Veoma visok i visok <i>Very high and high</i> (60,0%)
Srbija <i>Serbia</i>	Veoma visok <i>Very high</i> (57,1%)	Veoma nizak i nizak <i>Very low and low</i> (57,2%)	Veoma visok <i>Very high</i> (66,7%)	Ni nizak ni visok <i>Neither low nor high</i> (66,7%)	Veoma visok <i>Very high</i> (60,0%)	Veoma nizak i nizak <i>Very low and low</i> (40,0%)
UKUPNO <i>TOTAL</i>	Veoma visok <i>Very high</i> (50,0%)	Ni nizak ni visok <i>Neither low nor high</i> (44,4%)	Veoma visok <i>Very high</i> (72,7%)	Veoma visok i visok <i>Very high and high</i> (36,4%)	Veoma visok <i>Very high</i> (58,6%)	Ni nizak ni visok <i>Neither low nor high</i> (41,4%)

Na osnovi navedenog, moguće je zaključiti da, u pogledu potrebe za unaprjeđenjem institucionalnih okvira, nisu prisutne razlike između šumarstva i zaštite prirode, kao i da ispitanici navode i slične prijedloge, u kojemu smjeru bi se ono moglo provoditi.

Promatrano po državama, moguće je zaključiti da u svim odabranim državama, ispitanici uglavnom smatraju da je institucionalne okvire potrebno unaprijediti.

Analiza stavova ispitanika, po kategorijama institucija i organizacija, ukazuje da jedino predstavnici javne službe smatraju da postojeće okvire nije potrebno unaprijediti.

Bez obzira da li se promatraju stavovi ispitanika prema sektorima, državama ili kategorijama institucija i organizacija, moguće je zaključiti da je potreba za unaprjeđenjem institucionalnih okvira vrlo jasno izražena.

4.2. Interes i utjecaj institucija/organizacija u vezi s upravljanjem klimatskim promjenama – *Interest and influence of institutions/organizations on climate change governance*

Ispitanici iz sve četiri države ocijenili su interes i utjecaj institucija/organizacija u vezi s upravljanjem klimatskim promjenama (tablica 5).

Većina ispitanika (58,6%), bez obzira na kategoriju institucije/organizacije i sektor, smatra da njihova institucija/organizacija ima „veoma visok“ interes u pogledu ublažavanja i prilagođavanja klimatskim promjenama. Visok interes obrazlažu na sljedeći način:

- negativni efekti klimatskih promjena se odražavaju na stabilnost šumskih ekosustava i otežavaju gospodarenje šumskim resursima (FBIH-1; FBIH-4; SRB-5; SRB-7);
- stvaranje šumarske politike, čiji ciljevi treba da uzmu u obzir klimatske promjene i sprovođenje zakona (FBIH-3; SVN-1; SVN-3; HRV-1);
- kroz djelatnosti „zaštite, održavanja i unaprjeđenja prirodnih i kulturno-povijesnih vrijednosti zaštićenih područja“ (FBIH-6), i „kroz aktivnosti očuvanja prirode, ublažavanje posljedica klimatskih promjena“ (SRB-3);
- ekonomske posljedice negativnih efekata klimatskih promjena (FBIH-5; SVN-5; SRB-6; SRB-7).

S druge strane, 41,4% ispitanika smatra da je stvarni utjecaj na spomenute procese „ni nizak, ni visok“. Utjecaj je nizak usled:

- „nedostatka sredstava za financiranje provođenja mjera u pravcu ublažavanja negativnih efekata klimatskih promjena (pošumljavanje, prorode, mjere za borbu protiv požara i sl.)“ (FBIH-1);
- „zato što ne postoji svijest, ni na jednoj razini, trebamo dobiti podršku od Vlade, a potom da se implementira“ (SRB-2);
- nedostatka sektorske i međusektorske suradnje (SRB-6).

Ako se navedeni stavovi analiziraju po sektorima (tablica 6), moguće je zaključiti da 50,0% ispitanika iz sektora šumarstva smatra da im je interes „veoma visok“. S druge strane, 72,7% ispitanika iz područja zaštite prirode, smatra da je interes njihove organizacije „veoma visok“, što govori

Tablica 6. Prosječna ocjena ispitanika interesa i utjecaja na upravljanje klimatskim promjenama, po kategorijama institucija/organizacija
Table 6. Average respondents' assessment of interest and influence of on climate change governance, per category of institutions/organizations

Kategorija Category	UKUPNO TOTAL	
	Interes Interest	Utjecaj Influence
Javna uprava u šumarstvu i zaštiti prirode <i>Public administration in forestry and nature conservation</i>	Veoma visok i visok <i>Very high and high</i> (85,8%)	Veoma nizak i nizak <i>Very low and low</i> (42,9%)
Javna služba u šumarstvu i zaštiti prirode <i>Public services in forestry and nature conservation</i>	Veoma visok <i>Very low</i> (50,0%)	Ni nizak ni visok <i>Neither low nor high</i> (50,0%)
Poduzeća i ustanove za gospodarenje državnim šumama i upravljanje zaštićenim područjima <i>Enterprises and organizations for state forest and protected areas management</i>	Veoma visok <i>Very high</i> (55,6%)	Veoma nizak i nizak <i>Very low and low</i> (33,3%)
Obrazovne i istraživačke organizacije <i>Educational and research organizations</i>	Veoma visok <i>Very high</i> (71,4%)	Ni nizak ni visok <i>Neither low nor high</i> (57,1%)
Organizacije javnog sektora <i>Civil society organizations</i>	Veoma visok <i>Very high</i> (75,0%)	Ni nizak ni visok <i>Neither low nor high</i> (75,0%)

o bitnim razlikama u stavovima ispitanika. Kada je u pitanju utjecaj, ispitanici iz sektora šumarstva, u najvećem broju, smatraju da je on „ni nizak ni visok“. Međutim, svega 36,4% ispitanika iz područja zaštite prirode, utjecaj njihove organizacije na upravljanje klimatskim promjenama vidi kao „veoma visok“ i „visok“, što također, ukazuje na bitne razlike među ispitanicima.

Promatrano po državama, moguće je zaključiti da većina ispitanika u odabranim državama iskazuje „veoma visok“ interes po pitanju upravljanja klimatskim promjenama. Ipak, kada je u pitanju utjecaj, postoje razlike u državama. Tako najveći broj ispitanika u FBiH i SRB smatra da je utjecaj njihove organizacije „veoma nizak“ i „nizak“. S druge strane, ispitanici u SVN, većinom, smatraju da je utjecaj „veoma visok“ i „visok“, dok u HRV 66,7% ispitanika ocjenjuju utjecaj kao „ni nizak, ni visok“.

Analiza ocjena interesa i utjecaja, po kategorijama institucija i organizacija (tablica 6), ukazuje kako većina ispitanika smatra da im je interes „veoma visok“ i „visok“. Međutim, realni utjecaj je „veoma nizak“ i „nizak“ (javna uprava, poduzeća i ustanove) ili „ni nizak ni visok“ (javne službe, obrazovne i istraživačke organizacije i organizacije javnog sektora).

Bez obzira da li se promatraju stavovi ispitanika prema sektorima, državama ili kategorijama institucija i organizacija, ispitanici su prepoznali značenje istraživane problematike i interes institucija i organizacija u kojima su zaposleni, većinom, navodeći ga kao „visok“ i „veoma visok“.

5. RASPRAVA DISCUSSION

Odgovor na klimatske promjene podrazumijeva razvoj novih inicijativa i zadataka, angažiranje novih sudionika i ti-

jela u aktivnostima klimatskih promjena u sektoru šumarstva i korištenju zemljišta (2014/b). Organizacijska struktura svih institucija i organizacija bi trebala efektivno podržavati planiranje i implementaciju mjera za unaprjeđenje stanja šuma, kao i strategije i politike klimatskih promjena. Također, odgovornost ključnih organizacija i tijela u šumarstvu i zaštiti prirode, kao i drugim relevantnim sektorima trebala bi biti jasno definirana (Nonić *et al.*, 2014).

Upravljanje klimatskim promjenama kao cilj u okviru nadležnosti institucija sektora šumarstva je primjetan u svim odabranim zemljama. Postojanje nacionalnog tijela, koje obuhvaća više sektora i nadležno je za problematiku klimatskih promjena, kao i LULUCF¹⁷ program, predstavljaju inicijative poboljšanja međusektorske koordinacije, koja treba biti „...prvi korak ka efikasnom i integriranom pristupu“ (Seppälä, 2009). Također, takve inicijative služe i kao platforma za razmatranje višestrukih ciljeva u vezi s klimatskim promjenama različitih sektora i predstavlja jedan od načina za „...uključivanje zainteresiranih strana u proces odlučivanja“ (Hildé *et al.*, 2013).

Ovo je posebno važno zato što primjena koncepta upravljanja (engl. „governance“)¹⁸, vodi ka situaciji u kojoj su „...ne-državni sudionici uključeni ne samo u primjenu javne politike, već i u njezino formuliranje“ (Baccaro, Mele, 2009).

¹⁷ engl. Land Use, Land-Use Change and Forestry (LULUCF). Više informacija je dostupno na adresi: <https://unfccc.int/topics/land-use/workstreams/land-use-land-use-change-and-forestry-lulucf>

¹⁸ Pojam upravljanja (engl. governance), podrazumijeva „... uključivanje različitih aktera, institucija, mreža, jasno definirane odnose (delegiranje nadležnosti), postojanje dobrovoljnih zajedničkih aktivnosti i kapaciteta za postizanje postavljenih ciljeva politika“ (Bećirović *et al.*, 2018).

Ovakvi pristupi upravljanju „...najuočljiviji kroz mreže i partnerstva, snažno se promoviraju kao pokretači društvenih promjena u složenim oblastima politike, kao što su održivi razvoj i klimatske promjene“ (Bauer, Steurer, 2014). Uslijed međusektorske prirode utjecaja klimatskih promjena „...integracija i koordinacija politike se smatraju veoma važnim za uspjeh mjera za rješavanje ovih problema“ (Juhola, Westerhoff, 2011).

Brojna prethodna istraživanja ukazuju na potrebu uključivanja različitih sudionika na različitim razinama upravljanja (Gallo *et al.*, 2018; Laktić, Pezdevšek Malovrh, 2018, Nonić *et al.*, 2017, Thynne, 2008, Adger, 2003) u svrhu rješavanja pitanja klimatskih promjena¹⁹, posebno zato što je prilagođavanje klimatskim promjenama, danas, općeprihvaćeno kao „...napor na više razina, koji zahtjeva koordinaciju različitih razina upravljanja“ (Bauer, Steurer, 2014).

Institucionalni okvir za upravljanje klimatskim promjenama u odabranim državama obuhvaća velik broj institucija i organizacija u šumarstvu i zaštiti prirode koje, u okviru svojih nadležnosti imaju za primarni cilj upravljanje klimatskim promjenama. Ipak, odnos institucionalnih okvira analiziranih zemalja članica EU i FBiH i SRB prema pitanjima klimatskih promjena u odnosu na šumarstvo i zaštitu prirode je različit. Iako razlike postoje, „...sve države zahtijevaju institucije sposobne da preuzmu upravljanje klimatskim promjenama. Ali pojedini institucionalni oblici i kapaciteti će varirati u skladu s nacionalnim okolnostima“ (Meadowcroft, 2009). Kakvo god da je nacionalno opredjeljenje, za provođenje svih mjera je potrebno „...postojeće institucije i programe prilagoditi da se bave pitanjima klimatskih promjena, ali je neophodno uspostaviti i tijela koja su fokusirana posebno na razvoj privrede koja ima nisku emisiju ugljika“ (Meadowcroft, 2009). To je utvrđeno i ovim istraživanjem, odnosno u svim odabranim državama su identificirana tijela (komisije, savjeti i sl.), čiji su članovi predstavnici različitih sektora, i čija je osnovna nadležnost fomuliranje i nadzor provođenja opće nacionalne politike klimatskih promjena.

Iako je utvrđeno postojanje različitih institucija i organizacija u šumarstvu i zaštiti prirode za upravljanje klimatskim promjenama, većina ispitanika u sve četiri države, promatrano po državama, ali i prema sektorima, smatra da institucionalni okviri nisu primjereni. Analizirani stavovi većine ispitanika, promatrano po kategorijama institucija/organizacija, u skladu su sa prethodnim istraživanjima, koja ukazuju na potrebu daljeg „...usklađivanja zahtjeva i potreba na međunarodnoj, nacionalnoj, regionalnoj i lokalnoj razini,

kao i koordinaciji između sektora“ (Keskitalo, 2010). Nešto pozitivniji stavovi predstavnika organizacija javnog sektora ukazuju na postojanje jačih veza s različitim institucijama i organizacijama, koje utječu na poboljšanje kapaciteta i povećavaju mogućnost prilagođavanja različitim promjenama (Adger, Vincent 2005).

Treba istaknuti da, u posljednjim desetljećima, „...iako vlade i dalje imaju glavnu odgovornost za upravljanje, one sve više ovise od suradnje i zajedničke mobilizacije resursa nedržavnih aktera“ (Bauer, Steurer, 2014). S ovim stavovima se, u smislu unaprjeđenja institucionalnih okvira, složila većina ispitanika iz sve četiri promatrane države. Stavovi ispitanika iz FBiH, SRB i HRV potvrđuju potrebu za koordinacijom i, u tom smislu, suglasni su s rezultatima prethodnih istraživanja, gde je istaknuto da je neophodno „...usklađivanje doprinosa svih aktera: lokalnih i nacionalnih vlasti, nevladinih organizacija, privatnog sektora, domaćinstava itd.“ (Fröhlich, Knieling 2013). Potreba za unaprjeđenjem institucionalnih okvira je prepoznata i od strane predstavnika organizacija javnog sektora i javnih poduzeća u šumarstvu, koji su, iako pozitivnog stava u odnosu na ostale ispitanike u pogledu postojećih institucionalnih okvira, ukazali na potrebu uspostavljanja sustava upravljanja klimatskim promjenama i intenzivnije međuinstitucionalne i međusektorske suradnje.

Stavovi većine ispitanika u vezi s interesom institucija i organizacija u procesu upravljanja klimatskim promjenama, potvrđuju da su primarne aktivnosti u ovome području prepoznate od strane ispitanika u sve četiri države. To potvrđuju i rezultati prethodnih istraživanja, koji ukazuju da je ublažavanje klimatskih promjena prepoznato kao važna općekorisna funkcija šuma (Krajter Ostoić, Vuletić, 2016). Međutim, da bi došlo do povećanja utjecaja institucija i organizacija u procesu upravljanja klimatskim promjenama, potrebni su različiti instrumenti (npr. regulatorni, ekonomski, informacijski), za čiju je primjenu potrebna i politička volja (Meadowcroft, 2009).

Vidljiva je velika razlika između ocjene interesa i utjecaja institucija i organizacija na upravljanje klimatskim promjenama u sve četiri države. Jedan od mogućih razloga negativne ocjene utjecaja institucija i organizacija, od strane ispitanika iz FBiH i SRB, ukazuje na potrebu za boljim „...razumijevanjem međusobne povezanosti institucija i organizacija“ (Blennow, Persson, 2009), ali i „...poboljšanjem komunikacije, razgovora i diskusija u vezi s klimatskim promjenama“ (Živojinović *et al.*, 2015), između različitih dionika u šumarstvu i zaštiti prirode, na različitim razinama upravljanja. Slična je situacija i na razini EU, gdje ne postoji jedinstven pristup integraciji pitanja u vezi s klimatskim promjenama, ali je naglašena potreba i „...značaj jačanja partnerstva i suradnje u upravljanju klimatskim promjenama, kao i razvoja odgovarajućeg institucionalnog okvira i pratećih instrumenata politike“ (England *et al.*, 2018).

¹⁹ Iako je Konvencija Ujedinjenih nacija o klimatskim promjenama (UNFCCC) „...primarni međunarodni forum za pregovore o klimi, pojavile su se i druge institucije na više razina: globalnom, regionalnom, nacionalnom i lokalnom, kao i javno-privatne inicijative i transnacionalne mreže. Ova institucionalna raznolikost nastaje dijelom zbog sve većeg uključivanja pitanja klimatskih promjena u druge političke arene (npr. održivi razvoj, međunarodna trgovina i ljudska prava)“ (Stavins *et al.* 2014).

Također, jedan od mogućih odgovora za poboljšanje primjetne razlike u stavovima ispitanika po kategorijama institucija i organizacija i, pri ocjeni interesa i utjecaja, osiguravanje subvencija i aktivnosti na svim razinama, od razine građana do razine nacionalnih vlada i međunarodnih organizacija (England et al., 2018).

6. ZAKLJUČCI CONSLUSIONS

Uočava se da su u analiziranim državama prisutni slični modeli institucionalnih okvira za upravljanje klimatskim promjenama u šumarstvu i zaštiti prirode. Razlika je u organizacijskim dijelovima nadležnih ministarstava, koje su zadužene za klimatske promjene (uprave, sektori).

Međutim, iako institucije i organizacije u šumarstvu i zaštiti prirode imaju u okviru svojih nadležnosti za primarni cilj, u sve četiri odabrane države, upravljanje klimatskim promjenama, vidljivo je da postoje određeni izazovi u ostvarivanju njihovog zadovoljavajućeg utjecaja. Nedovoljna financijska sredstva, nedostatak komunikacije s drugim institucijama i organizacijama, potreba za usklađivanjem strateških i zakonskih dokumenata samo su neki od izazova u upravljanju klimatskim promjenama, s kojima se susreću predstavnici institucija i organizacija u šumarstvu i zaštiti prirode. Uz to, poseban izazov predstavlja usvajanje novog koncepta, koji podrazumijeva prelazak s tradicionalnog pristupa u upravljanju prirodnim resursima „od vrha prema dnu“ (engl. top-down) ka suvremenom „odozdo prema gore“ (engl. bottom-up). Kada su u pitanju klimatske promjene, navedena izmjena pristupa u upravljanju je posebno važna, zbog takozvanog „paradoksa prilagođavanja“, koji se odnosi na lokalne inicijative za globalne probleme. Tradicionalni oblici upravljanja u šumarstvu, „...koji se fokusiraju na hijerarhijsku, od vrha-nadređenu politiku i implementaciju od strane države i korištenje instrumenata regulatorne politike, nedovoljno su fleksibilni kako bi se odgovorilo na izazove koje predstavljaju klimatske promjene“ (Seppälä, 2009).

Održivo upravljanje je koncept formuliran s ciljem poduzimanja zajedničkih aktivnosti u rješavanju globalnih ekoloških problema. Ovaj koncept je utemeljen na međunarodno priznatim i usvojenim principima, čija implementacija u upravljanju prirodnim resursima vodi prema unaprjeđenju stanja i njihovom održivom korištenju (Mutabdzija, 2012). Aktivnosti usmjerene prema rješavanju tih problema, kojima pripadaju i klimatske promjene, zahtijevaju angažman više dionika (engl. multi-actors), iz više sektora (engl. multi-sector) i na svim razinama upravljanja (engl. multi-level).

U sve četiri države prepoznata je potreba za unaprjeđenjem institucionalnih okvira šumarstva i zaštite prirode. U skladu s rezultatima istraživanja, preporuke za unaprjeđenje su:

- poboljšanje suradnje postojećih institucija, na svim razinama upravljanja;

- formiranje novih institucija/organizacija, koje bi vršile koordinaciju provođenja politike upravljanja klimatskim promjenama između različitih sektora;
- reorganizaciju postojećih institucija/organizacija;
- donošenje i izmjenu postojećih regulatornih okvira, koji utječu na rad i nadležnosti institucija i organizacija;
- osiguravanje financijskih sredstava za rad i provođenje politike upravljanja klimatskim promjenama.

Navedeno ukazuje da je, u odabranim državama, potrebno unaprjeđenje kompletnog sustava upravljanja klimatskim promjenama

Također, potrebno je daljnje razumijevanje uzroka umanjenog utjecaja institucija i organizacija u šumarstvu i zaštiti prirode u vezi s upravljanjem klimatskim promjenama. Ispitanici su, u FBiH, HRV i SRB, interes institucionalnih okvira šumarstva i zaštite prirode za upravljanje klimatskim promjenama ocijenili kao viši u odnosu na utjecaj koji navedene institucije i organizacije doista imaju. U FBiH i SRB, razlika u ocjenama između interesa i utjecaja institucionalnih okvira za upravljanje klimatskim promjenama je značajna, što ukazuje na mogućnost da pitanja klimatskih promjena nisu, u potpunosti prihvaćena na svim razinama upravljanja, kao i potencijalne probleme i izazove u implementaciji zadanih ciljeva. Međutim, ako se usporede šumarstvo i zaštita prirode, nema bitnijih razlika po pitanju ocjena interesa u svim državama. Ipak, ispitanici iz područja zaštite prirode, utjecaj navedenih institucija i organizacija prepoznaju kao viši u odnosu na stavove predstavnika sektora šumarstva. Ovo ukazuje da među ispitanicima iz odabranih država nije dovoljno prepoznat potencijalno velik utjecaj sektora šumarstva u upravljanju klimatskim promjenama, odnosno mnogo veću ulogu imaju institucije i organizacije iz područja zaštite prirode.

U budućim istraživanjima trebalo bi detaljnije proučiti mogućnosti konkretnih političko-organizacijskih modela za unaprjeđenje institucijskih okvira upravljanja klimatskim promjenama u šumarstvu i zaštiti prirode, uz definiranje preporuka za poboljšanje suradnje između različitih zainteresiranih strana koje se bave ovom problematikom.

ZAHVALA ACKNOWLEDGEMENTS

Financiranje istraživanja je osigurala Alexander von Humboldt Fondacija (www.humboldt-foundation.de/web/home.html). Istraživanje je realizirano i u okviru projekta „Istraživanja klimatskih promjena i njihovog utjecaja na okoliš - praćenje utjecaja, adaptacija i ublažavanje“, podprojekt „Socio-ekonomski razvoj, ublažavanje i adaptacija na klimatske promjene“ (ev. br. 43007, ev. br. podprojekta 43007/16-III), financiranog od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

LITERATURA REFERENCES

- Adger, W., 2003: Social aspect of adaptive capacity, *Climate change, adaptive capacity and development*, Imperial College Press, 22–49, London
- Adger, W., K. Vincent, 2005: Uncertainty in adaptive capacity. *CR Geoscience*, 337: 399–410, Paris
- Baccaro, L., V. Mele 2009: *Network Governance in International Organizations: The Case of Global Codes of Conduct*, dostupno na:
- https://www.researchgate.net/publication/237542769_Network_Governance_in_International_Organizations_The_Case_of_Global_Codes_of_Conduct (pristupljeno 01. lipanj 2018.)
- Bauer A., R. Steurer, 2014: Multi-level governance of climate change adaptation through regional partnerships in Canada and England, *Geoforum* 51: 121–129, Kopenhagen
- Bećirović Dž., D. Čomić, M. Čurović, M. Miovska, J. Nedeljković, Z. Poduška, T. Rogelja, L. Secco, M. Stojanovska, T. Stoyanov, Ž. Tomašić, D. Vuletić, I. Živojinović, 2018: Dobro upravljanje u šumarstvu (good forest governance), CAPABAL COST Akcija TN1401, 6 p.
- Blennow, K., J. Persson, 2009: Climate change: motivation for taking measure to adapt, *Global Environmental Change*, 19: 100–104, Den Haag
- 2014/a: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects*. In: C.B. Field, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrad, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, L.L. White (Eds.), *Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press: 113, Cambridge
- Đorđević, I. 2017: *Organizacija sistema upravljanja i tipovi upravljača zaštićenih područja u Srbiji*, Doktorska disertacija, Šumarski fakultet Beograd.
- England, M.I., A.J. Dougill, L.C. Stringer, K.E. Vincent, J. Pardoe, F.K. Kalaba, D.D. Mkwambisi, E. Namaganda, S. Afionis, 2018: Climate change adaptation and cross-sectoral policy coherence in southern Africa, *Regional Environmental Change* 18(7): 2059–2071, Berlin
- 2014/b: *Environment and Climate Change Policies Study*, Directorate General for Internal Policies, Policy Department A: Economic and Scientific Policy, IP/A/ENVI/2014-08, Directorate General for Internal Policies: 48, Brussel
- FAO 2011: *Climate change for forest policy-makers: an approach for integrating climate change into national forest programmes in support of sustainable forest management*, 42 p., Rome
- Fröhlich, J., J. Knieling, 2013: Conceptualising Climate Change Governance. In: Knieling J, W. Leal Filho (eds.) *Climate Change Governance*. Springer-Verlag, 9–27, Berlin&Heidelberg
- Gallo, M., Š. Pezdevšek Malovrh, T. Laktić, I. De Meo, A. Paletto, 2018: Collaboration and conflicts between stakeholders in drafting the Natura 2000 Management Programme (2015–2020) in Slovenia, *Journal for nature conservation* 42: 36–44, Munich
- Gane, M., 2007: *Forest Strategy-Strategic Management and Sustainable Development for the Forest Sector*, Springer, 414 p., Dordrecht
- Gupta, J., C. Termeer, J. Klostermann, S. Meijerink, M. van den Brink, P. Jong, S. Nooteboom, E. Bergsma, 2010: The Adaptive Capacity Wheel: a method to assess the inherent characteristics of institutions to enable the adaptive capacity of society. *Environmental Science & Policy* 13(6): 459–471, Amsterdam
- Hildé, M., B. Botler, A. Capriolo, S. Castellari, F. Giordano, A. Jensen, E. Karali, K. McGlade, K. Makinen, H. Nielsen, A. Pedersen, D. Russel, S. Weiland, 2013: Policy integration and knowledge use in the EU adaptation strategy, Deliverable D2.1., BASE project
- Juhola, S., L. Westerhoff, 2011: Challenges of adaptation to climate change across multiple scales: a case study of network governance in two European countries. *Environmental Science & Policy* 14: 239–247, Amsterdam
- Laktić, T., Š. Pezdevšek Malovrh, 2018: Stakeholder participation in Natura 2000 management program: case study of Slovenia. *Forests* 9(10), 599, Basel
- Keskitalo, C., 2010: Introduction – adaptation to climate change in Europe: theoretical framework and study design, *Developing adaptation policy and practice in Europe: multi-level governance of climate change*, Springer, 1–38, Dordrecht
- Krajter Ostoić, S., D. Vuletić, 2016: Uloga informiranosti u poznavanju problematike općekorisnih funkcija šuma, *Šumarski list* 5-6: 215–228, Zagreb
- Malhotra, N., 2007: *Marketing research – an applied orientation*. Pierson Prentice Hall, 811 p., Upper Saddle River
- Meadowcroft, J. 2009: *Climate Change Governance*. Policy Research Working Paper 4941, The World Bank, 40 p., Washington
- Mutabdzija, S. 2012: Definiranje seta principa „forest governance“ u šumarstvu Federacije Bosne i Hercegovine, Završni rad II ciklusa studija, Šumarski fakultet Sarajevo.
- Nedeljković, J., M. Stanišić, 2019: Forest and Climate Change Governance. In: Leal Filho W, U. Azeiteiro, A. Azul, L. Brandli, P. Özuyar, T. Wall (eds) *Climate Action*. Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals. Springer, 21 p., Cham
- Nonić, D., M. Avdibegović, J. Nedeljković, A. Radosavljević, N. Ranković, 2014: Održivo upravljanje u šumarstvu i zaštiti prirode, Glasnik Šumarskog fakulteta, Specijalno izdanje povodom naučnog skupa „Šume Srbije i održivi razvoj“: 113–140, Beograd
- Nonić D., M. Stanišić, J. Nedeljković, N. Ranković, 2017: Saradnja u ublažavanju negativnih efekata klimatskih promena u šumarstvu i zaštiti prirode na različitim nivoima upravljanja. Glasnik Šumarskog fakulteta 116: 99–140, Beograd
- Ranković, N., M. Stanišić, J. Nedeljković, D. Nonić, 2016: Analiza strateških i zakonodavnih okvira u šumarstvu i povezanim sektorima: ublažavanje negativnih efekata klimatskih promena u Evropskoj uniji i Srbiji, Glasnik Šumarskog fakulteta 113: 99–132, Beograd
- Seppälä, R. 2009: A global assessment on adaptation of forests to climate change, *Scandinavian Journal of Forest Research* 24: 469–472, London
- Stavins R., J. Zou, T. Brewer, M. Conte Grand, M. den Elzen, M. Finus, J. Gupta, N. Höhne, M.-K. Lee, A. Michaelowa, M. Paterson, K. Ramakrishna, G. Wen, J. Wiener, H. Winkler, 2014: *International Cooperation: Agreements and Instruments*. In: Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.) *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*. Contribution of Working Group

- III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press: 1001–1082, Cambridge and New York
- Thynne, I. 2008: Climate change, governance and environmental services: institutional perspectives, issues and challenges, *Public Administration and Development* 28: 327–333, Hoboken
- Živojinović, I., B. Wolfslehner, J. Tomićević-Dubljević, 2015: Social and Policy Aspects of Climate Change Adaptation in Urban Forests of Belgrade, *SEEFOR* 6 (2): 219–235, Jastrebarsko
- World Bank 2005: Forest institutions in transition: Experiences and Lessons in Eastern Europe. WorldBank, 96 p., Washington DC

SUMMARY

Global environmental and ecological problems such as climate change and other related issues (e.g. biodiversity losses) do not recognize state boundaries. Therefore, intentions to address these problems require a multi-actor, multi-sector and multilevel approach. The concept that enables joint effort against these problems implies an active participation of all stakeholders, establishes the rules for shared responsibilities and strives to make efficient and effective procedures for addressing these issues is known as “governance” (Mutabdzija, 2012).

Climate change and occurrence of extreme events are presenting a threat to the natural resources, exposing the vulnerabilities of current resource governance regimes, including also forestry and nature conservation. The occurrence of extreme events in last several years threatened the natural resources and impacted the forestry sector in all four selected countries of Southeast Europe (Bosnia and Herzegovina, Croatia, Serbia, and Slovenia). This has provided a further arguments for understanding the institutional framework for climate change governance in forestry and nature conservation as important element in dealing with uncertainties posed by the climate change challenges on natural resources.

Hence, the aim of the paper is to examine the institutional frameworks of forestry and nature conservation, as well as the attitudes of respondents about the competences of the relevant institutions and organizations, to identify the need to improve the existing framework and to evaluate their interests and impacts in climate change governance.

In this research were used individual, structured interviews as a research technique in collecting the primary data. The questionnaire consisted of 22 questions, divided into 5 groups. For the purposes of this paper, responses to questions related to institutional frameworks for climate change governance in forestry and nature conservation are analyzed. The sample consisted of 29 representatives (Federation of Bosnia and Herzegovina – 8, Croatia – 6, Serbia – 10, Slovenia – 5) from public administrations and services in forestry and nature conservation, enterprises and organization for forest and protected area management, educational and research organizations, and non-governmental organizations. The respondents were selected by judgemental sampling.

Current institutional framework for climate change governance comprises of various institutions and organizations in all analyzed countries (Table 1). In selected countries, there is a clear division of responsibilities between public administration institutions in forestry and nature conservation (these institutions are directly or indirectly are related to forestry). There is a number of common primary objectives within the given competencies common to the same organizational category (Table 2), in all four countries. Despite current institutional and organizational variety and competency alignment between different institutions and organizations, there is a need for further improvement of institutional framework for climate change governance through cooperation and coordination, across different sectors, institutions and organizations, as stated by the respondents attitudes (Table 3 and 4). Respondents attitudes towards the interest and influence of institutions/organizations on climate change governance are mostly showing a visible interest but indicating challenges in providing suitable influence (Table 5). Also, visible discrepancy in assessment of the interest and influence of institutions and organizations on climate change governance is between the respondents from Slovenia and Croatia at one side and respondents from Federation of Bosnia and Herzegovina and Serbia at the other side, indicates differences in inclusion of climate change challenges across different competency levels. Regardless of the category of institutions and organizations, the respondents recognized the importance of the investigated issues and they assessed its interest as “high” and “very high” (Table 6).

Further development of suitable institutional frameworks for climate change governance in forestry and nature conservation needs additional attention especially in the field of multilevel coordination between different actors and their activities, as well as the acknowledgment of potentially significant influence forestry sector might have in climate change governance.

KEY WORDS: institutional framework, climate change governance, forestry, nature conservation, Southeast Europe

PRIJE STO GODINA: ŠUMARSKI LIST 9-10/1919.

Školske vijesti.

U ime Njegovog Veličanstva Petra I. po milosti Božjoj i volji Narodnoj Kralja Srba, Hrvata i Slovenaca Mi Aleksander Naslednik Prestola. Na predlog Našega Ministra Prosvete, a po saslušanju Našeg Ministarskog Saveta, rešili smo i rešavamo: da se na sveučilištu kraljevstva Srba, Hrvata i Slovenaca u Zagrebu, do kasnijega uredjenja ustavnim putem, ustroji fakultet za gospodarstvo i šumarstvo. Naš Ministar Prosvete neka izvrši ovaj ukaz 31. Avgusta 1919. godine u Beogradu.

Naredba povjereništva za prosvjetu, izdana u sporazumu s povjereništvom za narodno gospodarstvo, od 26. rujna 1919. broj 34.597, kojom se uređuje otvorenje gospodarsko-šumarskog fakulteta u sveučilištu kraljevstva Srba Hrvata i Slovenaca u Zagrebu.

§ 1.

Ukazom Njegova Visočanstva Nasljednika Prijestolja od 31. kolovoza 1919. ustrojen je u sveučilištu kraljevstva Srba, Hrvata i Slovenaca u Zagrebu do kasnijega uredjenja ustavnim putem fakultet za gospodarstvo i šumarstvo.

§ 2.

Gospodarsko-šumarski fakultet otvara se na početku zimskog semestra naučne godine 1919./20., i to u gospodarskom odjelu sa prva tri, a u šumarskom odjelu sa sva četiri godišta.

§ 3.

Slušači višega gospodarskog učilišta u Križevcima, koji su propisno načinili oba semestralna ispita prve školske godine, mogu se upisati u II., a koji su s uspjehom načinili propisani konačni ispit, u III. godište gospodarskoga fakultetskog odjela.

Slušači šumarske akademije u Zagrebu, koji su propisno načinili oba semestralna ispita I. dotično II. ili III. godišta, mogu se i upisati u II. dotično III. ili IV. godište šumarskoga fakultetskog odjela.

§ 4.

Propisi i pristojbe, koji su na snazi za upis slušača u ostale sveučilišne fakultete, vrijede jednako i za upis slušača u gospodarsko-šumarski fakultet.

Od pridonešenja svjedodžbe zrelosti opraštaju se izuzetno za naučne godine 1919./20. i 1920./21. oni slušači križevačkoga višeg gospodarskog učilišta, koji su u taj zavod bili primljeni na osnovi položenoga prijamnog ispita.

§ 5.

Upis u jedan i drugi fakultetski odio započinje se 1. listopada 1919., a preduzimat će ga za zimski semestar naučne godine 1919./20. dekan mudroslovnoga fakulteta.

§ 6.

U svezi s otvorenjem gospodarsko-šumarskoga fakulteta u zagrebačkom sveučilištu ukida se više gospodarsko učilište u Križevcima i šumarska akademija u Zagrebu.

Slušači, koji bi u kojem od ovih ukinutih zavoda imali na početku naučne godine 1919./20. praviti popravne, ponovne i naknadne ispite, moći će te ispite polagati u gospodarsko-šumarskom fakultetu prema propisima ukinutih ovih zavoda.

U Zagrebu, dne 26. rujna 1919.
Za bana: M. Rojc v. r.

PREPOZNAVANJE I KARTIRANJE ŠUMSKIH STANIŠTA NATURA 2000 U HRVATSKOJ (II) – 91F0, POPLAVNE ŠUME S VRSTAMA *Quercus robur*, *Ulmus laevis*, *Ulmus minor* i *Fraxinus angustifolia*; 91L0, HRASTOVO-GRABOVE ŠUME ILIRSKOGA PODRUČJA

IDENTIFICATION AND MAPPING OF NATURA 2000 FOREST HABITAT TYPES IN CROATIA (II) – 91F0, RIPARIAN MIXED FORESTS OF *Quercus robur*, *Ulmus laevis*, *Ulmus minor* AND *Fraxinus angustifolia*; 91L0, OAK-HORNBEAM FORESTS OF THE ILLYRIAN AREA

Ivana PLIŠO VUSIĆ¹, Irena ŠAPIĆ^{2*}, Joso VUKELIĆ²

SAŽETAK

U članku je opisano 11 šumskih stanišnih tipova iz Nacionalne klasifikacije staništa Republike Hrvatske, koji su inače svrstani u stanišne tipove 91F0 i 91L0 Natura 2000. Prvi tip u Hrvatskoj obuhvaća povremeno poplavne i mokre šume hrasta lužnjaka u kojima prevladavaju higrofilne vrste, a tip 91L0 obuhvaća šume hrasta lužnjaka i običnoga graba na mikrouzvisinama nizinskoga područja i šume hrasta kitnjaka i običnoga graba u brežuljkastom vegetacijskom pojasu. U njima izostaju higrofiti, a velik je udio mezofilnih vrsta među kojima se u kitnjakovo-grabovim šumama ističu one ilirskoga flornoga geoelementa. Svaki je tip iz Nacionalne klasifikacije staništa kratko opisan uz navod dijagnostičkih pokazatelja važnih za njegovu identifikaciju i razgraničenje od povezanih tipova. Naveden je i odgovarajući kod prema EUNIS-ovoj klasifikaciji i literatura u kojoj je detaljnije opisan.

KLJUČNE RIJEČI: stanišni tipovi 91F0 i 91L0, hrastove šume, Nacionalna klasifikacija staništa, Hrvatska

UVOD INTRODUCTION

U prošlom broju Šumarskoga lista objavili smo članak o prepoznavanju, kartiranju i značajkama 91E0* Natura 2000 šumskog stanišnog tipa u Hrvatskoj (Plišo Vusić i dr. 2019).

U njemu je predstavljeno 16 šumskih stanišnih tipova iz Nacionalne klasifikacije staništa Republike Hrvatske (NKS), obuhvaćenih stanišnim tipom 91E0*. Slijedom rasporeda šumske vegetacije kontinentalnoga dijela Hrvatske u ovom smo radu opisali tipove 91F0 i 91L0 Natura 2000. Prvi tip

¹ Ivana Plišo Vusić, dipl. ing. šumarstva, Grad Zagreb, Gradski ured za prostorno uređenje, izgradnju Grada, graditeljstvo, komunalne poslove i promet, Trg S. Radića 1, 10000 Zagreb

² dr. sc. Irena Šapić, prof. dr. sc. Joso Vukelić, Zavod za ekologiju i uzgajanje šuma, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, 10000, Zagreb, Hrvatska

* dopisni autor, e-adresa: isapic@sumfak.hr

obuhvaća povremeno poplavne šume hrasta lužnjaka (as. *Genisto elatae-Quercetum roboris*) koje su raščlanjene u četiri subasocijacije, odnosno tipa NKS-a. Tip 91L0 obuhvaća kontinentalne hrastovo-grabove šume izvan dosega poplavnih voda i jedan tip iz sredozemnog područja. U radu smo zadržali istu metodologiju opisa, što znači da se uza svaki tip daju njegovi temeljni podaci, odgovarajući kôd prema EUNIS-ovoj (*European Nature Information System*) klasifikaciji Europske agencije za okoliš i literatura u kojoj je tip detaljnije opisan. Nomenklatura biljnih vrsta navedena je prema bazi podataka *Flora Croatica Database* (Nikolić 2018), a latinski i hrvatski nazivi biljnih zajednica, odnosno stanišnih tipova preuzeti su iz opisa u NKS-u, IV. verzija (DZZP 2014).

OPIS STANIŠNIH TIPOVA PREMA KLASIFIKACIJI NATURA 2000 HABITAT TYPES DESCRIPTION ACCORDING TO NATURA 2000 CLASSIFICATION

Šumska staništa prema klasifikaciji Natura 2000 definirana su u Priručniku za interpretaciju staništa Europske unije – EUR 28 (2013). Prema priručniku donosimo opis dvaju obrađenih tipova, uz napomenu da šume hrasta lužnjaka i običnoga graba nisu u domaćoj fitocenološkoj literaturi uvijek svrstane u svezu *Erythronio-Carpinion*. U njima izostaje velik broj vrsta ilirskoga karaktera, pa su u nekim pregledima svrstane u svezu *Carpinion betuli* (vidi Vukelić 2012). No, to su pitanja teoretskoga karaktera i nisu odlučujuća za prepoznavanje i kartiranje šumskih stanišnih tipova.

91F0 Priobalne miješane šume *Quercus robur*, *Ulmus laevis* i *Ulmus minor*, *Fraxinus excelsior* ili *Fraxinus angustifolia*, uz velike rijeke – Šumske sastojine tvrdih listača rastu uz riječna korita i podložne su poplavama tijekom redovitoga podizanja razine vode. Razvijaju se na mlađim aluvijalnim naslagama i mokrim tlima između prirodnih korita vodotoka. Upravo hidrološki režim uvjetuje vrste iz rodova *Fraxinus*, *Ulmus* i *Quercus*. Podrast je dobro razvijen. Te šume tvore mozaike s pionirskim sastojinama mekih listača u nižim područjima uz korita rijeka, a mogu se razviti i iz aluvijalnih sastojina tvrdih listača, posebice crne johe i poljskoga jasena.

Florni sastav čine ove vrste: *Quercus robur*, *Ulmus laevis*, *U. minor*, *U. glabra*, *Fraxinus excelsior*, *Fraxinus angustifolia*, *Populus nigra*, *P. canescens*, *P. tremula*, *Alnus glutinosa*, *Prunus padus*, *Humulus lupulus*, *Vitis vinifera* ssp. *sylvestris*, *Tamus communis*, *Hedera helix*, *Phalaris arundinacea*, *Corydalis solida*, *Gagea lutea*, *Ribes rubrum*.

91L0 Hrastovo-grabove šume ilirskoga područja – Hrastovo-grabove šume ilirskoga područja (*Erythronio-Carpinion*) izgrađuju vrste roda *Quercus* i obični grab na dubokim,

neutrofilnim do blago kiselim tlima povrh vapnenačke i silikatne podloge. Areal im je u jugoistočnoj alpsko-dinarskoj regiji, na zapadnom i središnjem Balkanu sjeverno do Bala-tona. To su brežuljkasti do submontanski položaji u riječnim dolinama i ravnica Drave i Save. Klima je kontinentalnija nego u submediteranskim regijama i toplija nego u srednjoj Europi. Te su šume na prijelazu između hrastovih šuma (9170) srednje Europe i Balkana i dopiru sjeverno do panonskih hrastovih šuma (91G0). Mnogo su bogatije vrstama od srednjoeuropskih hrastovih šuma, a enklave se nalaze i u fri-ljijskom području i na sjevernim Apeninima.

Florni sastav čine ove vrste: *Quercus robur*, *Q. petraea*, *Q. cerris*, *Carpinus betulus*, *Acer tataricum*, *Tilia tomentosa*, *Castanea sativa*, *Fraxinus angustifolia* ssp. *pannonica*, *Eunonymus verrucosa*, *Lonicera caprifolium*, *Adoxa moschatellina*, *Cyclamen purpurascens*, *Dentaria pentaphyllos*, *Epi-medium alpinum*, *Erythronium dens-canis*, *Knautia drymeia*, *Helleborus macranthus*, *H. dumetorum* ssp. *atrorubens*, *H. cyclophyllus*, *Asperula taurina*, *Lathyrus venetus*, *Potentilla micrantha*, *Dianthus barbatus*, *Luzula forsteri*, *Primula vulgaris*, *Pseudostellaria europaea*, *Ruscus aculeatus*, *Tamus communis*.

OPIS STANIŠNIH TIPOVA PREMA NACIONALNOJ KLASIFIKACIJI STANIŠTA TYPES DESCRIPTION ACCORDING TO THE NATIONAL HABITAT CLASSIFICATION

Prema NKS-u iz 2014. godine (NN 88/2014) dva opisana europska tipa Natura 2000 uključuju 11 stanišnih tipova nacionalne razine. Oni su opisani u pet asocijacija, a asocijacije *Genisto elatae-Quercetum roboris* i *Carpino betuli-Quercetum roboris* raščlanjene su na po četiri subasocijacije. Tipovi su svrstani u dvije velike skupine: E.2. – Poplavne šume hrasta lužnjaka, crne johe i poljskoga jasena i E.3. – šume listopadnih hrastova izvan dohvata poplava.

E.2. Poplavne šume hrasta lužnjaka, crne johe i poljskoga jasena

E.2.2. Poplavne šume hrasta lužnjaka

E.2.2.1. Šuma hrasta lužnjaka s velikom žutilovkom, subasocijacija s rastavljenim šašem (subas. *Genisto elatae-Quercetum roboris caricetosum remotae* Horvat 1938) – Areal ovoga stanišnoga tipa zauzima nizinske prostore Hrvatske. Poplave nisu redovite, traju kraće vrijeme, a tlo je najveći dio godine mokro. Značajne su vrste *Genista tinctoria* ssp. *elata*, *Carex remota*, *C. strigosa*, *Rumex sanguineus*, *Cerastium sylvaticum*, *Glechoma hederacea*, *Lycopus europaeus*, *Iris pseudacorus*, *Galium palustre*, *Ranunculus repens*, *Polygonum hydropiper* i druge higrofilne vrste. Močvarne su vrste iz šuma crne johe i vrste suših staništa iz šume hrasta lužnjaka i običnoga graba rijetke.

Prepoznatljivosti tipa pridonose ova obilježja: Staništa su mokre nize s povremenim poplavama. U drveću prevladava hrast lužnjak, primiješani su poljski jasen, brijest i crna joha. Prizemna je flora bogata higrofitima, močvarne su vrste iz šuma crne johe i vrste suših staništa iz šume hrasta lužnjaka i običnoga graba rijetke.

Povezani tipovi: E.2.1.1. , E.2.2.4.

EUNIS-ov kôd: G1.22312

Literatura: Horvat 1938, Glavač 1962, 1969, Rauš 1973, 1975.

E.2.2.2. Šuma hrasta lužnjaka s velikom žutilovkom, subasocijacija s drhtavim šašem (subas. *Genisto elatae-Quercetum roboris caricetosum brizoides* Horvat 1938) – Rasprostire se u nizinskom dijelu zapadne Hrvatske, posebice oko Vrbovca, u Žutici, donjem Pokuplju i u Turopoljskom lugu. Tu su poplave iznimno rijetke, tla su kiselija, a fizionomija tipa prepoznatljiva po prevlasti blijedožućkastoga šaša (*Carex brizoides*). Florni je sastav siromašniji od ostalih tipova i u njemu su prisutne acidofilne vrste. Taj je stanišni tip podložan sušenju hrasta lužnjaka.

Prepoznatljivosti tipa pridonose ova obilježja: suše nize s prevlašću hrasta lužnjaka, pojedinačno brijest i crna joha, u prizemnom rašču facijesi („valovi“) vrste *Carex brizoides*.

Povezani tipovi: E.2.2.4.

EUNIS-ov kôd: G1.22312

Literatura: Horvat 1938, Rauš 1973, 1995, 1996, Vukelić i Rauš 1993, Baričević 1998, 1999.

E.2.2.3. Šuma hrasta lužnjaka s velikom žutilovkom, subasocijacija sa žestiljem (subas. *Genisto elatae-Quercetum roboris aceretosum tatarici* Rauš 1975) – Areal je nizinski dio istočne Hrvatske, posebice spačvanske šume. Matična je podloga pretaloženi prapor na zaravnjenim riječnim terasama. Žestilj se u tom tipu proširio nakon sušenja nizinskoga brijesta, a posebice mu odgovaraju suši klimatski i pedološki uvjeti. Uz *Acer tataricum* razlikovne vrste tipa prema ostalim subasocijacijama fitocenoze *Genisto elatae-Quercetum roboris* čine *Acer campestre*, *Euonymus europaeus*, *Cornus mas*, *Primula vulgaris*, *Viola reichenbachiana* i druga flora suših staništa. Mjestimično se javlja i grab, no žestilj prevladava.

Prepoznatljivosti tipa pridonose ova obilježja: U mješovitom sloju drveća prevladava hrast lužnjak uz velik udjel žestilja (*Acer tataricum*) u podstojnoj etaži i grmlju. U grmlju i prizemnom sloju značajno su zastupljene vrste suših staništa.

Povezani tipovi: E.3.1.3.

EUNIS-ov kôd: G1.22312

Literatura: Rauš 1975, Rauš i dr. 1985, Škvorc i dr. 2009.

E.2.2.4. Šuma hrasta lužnjaka s velikom žutilovkom, subasocijacija s običnim grabom (subas. *Genisto elatae-Quercetum roboris carpinetosum betuli* Glavač 1961) – Najsuši

tip šume hrasta lužnjaka i velike žutilovke predstavlja prijelaz prema šumi hrasta lužnjaka i običnoga graba. Rasprostire se u središnjoj i zapadnoj Posavini. U drveću uz hrast lužnjak mjestimice pridolazi obični grab s mezofilnim vrstama iz tipa E.3.1.1. (*Veronica montana*, *Lamium galeobdolon*, *Oxalis acetosella*, *Anemone nemorosa*, *Paris quadrifolia* i druge). Međutim, u cjelokupnom flornom sastavu tipa prevladavaju vrste mokrih staništa, što je posljedica zasićenosti tla podzemnom i površinskom vodom u većem dijelu godine.

Prepoznatljivosti tipa pridonose ova obilježja: Uz dominantni hrast lužnjak nalazi se pojedinačno obični grab s mezofilnim vrstama iz tipa E.3.1.1. No, u flornom sastavu još uvijek prevladavaju vrste mokrih i povremeno poplavnih staništa.

Povezani tipovi: E.2.2.1., E.2.2.2. i E.3.1.1.

EUNIS-ov kôd: G1.22312

Literatura: Glavač 1961, Vukelić i Rauš 1993, Rauš 1996, Baričević 1998.

E.3. Šume listopadnih hrastova izvan dohvata poplava

E.3.1. Mješovite hrastovo-grabove i čiste grabove šume (sveze *Erythronio-Carpinion* /Horvat 1958/ Marinček in Mucina et al. 1993 i *Carpinion betuli* Isller 1931)

E.3.1.1. Šuma hrasta lužnjaka i običnoga graba, tipična subasocijacija (subas. *Carpino betuli-Quercetum roboris typicum* Rauš 1975) – Pridolazi u cijelom arealu hrasta lužnjaka u panonskom dijelu Hrvatske. Uspijeva na izvanpoplavnim mikrouzvisinama i terasama, najčešće na pretaloženom „močvarnom“ praporu. Tlo je nizinski pseudoglej i mineralno-močvarno umjereno oglejano (semiglej), slabo kisele do neutralne reakcije. Razina podzemne vode koleba sezonski između 1,5 i 4 m. U flornom sastavu prevladavaju vrste suhih i ocjeditih terena (red *Fagetalia*, sveza *Carpinion betuli*), no važan je i udjel vrsta iz mnogo vlažnijih tipova šuma hrasta lužnjaka, poljskoga jasena i crne johe. Te vrste vrlo dobro razlikuju ovu subasocijaciju od ostalih, a najčešće su *Fraxinus angustifolia*, *Ulmus minor*, *Viburnum opulus*, *Glechoma hederacea*, *Rumex sanguineus*, *Cerastium sylvaticum*, *Rubus caesius*, *Lycopus europaeus*, *Ranunculus repens*, *Carex remota*, *C. brizoides*, *C. pendula* i druge.

Prepoznatljivosti tipa pridonose ova obilježja: Mikrouzvisine su bez poplava ili su one vrlo rijetke, a potpunu prevlast imaju hrast lužnjak i obični grab. U prizemnom sloju prevladavaju vrste ocjeditih i svježih staništa, no značajan je udjel i flore mokrih staništa.

Povezani tipovi: E.2.2.4., E.3.1.2.

EUNIS-ov kôd: G1.22313

Literatura: Rauš 1973, 1975, 1993, 1996, Baričević 1998.

E.3.1.2. Šuma hrasta lužnjaka i običnoga graba, subasocijacija s bukvom (subas. *Carpino betuli-Quercetum roboris*



Slika 1. Šume hrasta lužnjaka (E.3.1.1.) u dinarskom području Hrvatske: Premužno jezero kod Otočca prije i za vrijeme poplave (a,b); Hrastov lug kod Drežnice (c) i Nova Kršlja kod Rakovice (d).

Figure 1. Pedunculate oak forests (E.3.1.1.) in the Dinaric area of Croatia: Premužno jezero near Otočac, before and during the floods in year 2015 (a, b); Hrastov lug at Drežnica after flood (c), and Nova Kršlja near Rakovica (d).

fagetosum Rauš 1975) – Ovaj se stanišni tip razvija u nizi-nama isključivo na najvišim položajima izvan dohvata poplavne vode. Raste u sklopu tipične subasocijacije (E.3.1.1.) na ocjeditom, svježem, slabo kiselom do neutralnom tlu. Bukva se na tim lokalitetima zadržala još iz subboreala, a uz nju su razlikovne vrste *Mycelis muralis*, *Luzula pilosa*, *Sanicula europaea*, *Galium odoratum*, *Oxalis acetosella*, *Asarum europaeum*, *Veronica montana*, *Symphytum tuberosum*. Na pojedinim se lokalitetima javljaju facijesi vrsta *Cardamine trifolia*, *Vinca minor*, *Allium ursinum*, *Mercurialis perennis*.

Prepoznatljivosti tipa pridonose ova obilježja: pojava bukve u sloju drveća i grmlja i brojne vrste bukovih šuma u sloju prizemnoga rašća.

Povezani tipovi: E.3.1.1.

EUNIS-ov kôd: G1.22313

Literatura: Rauš 1971, 1975, 1993, Baričević 1998.

E.3.1.3. Šuma hrasta lužnjaka i običnoga graba, subasocijacija s cerom (subas. *Carpino betuli-Quercetum roboris quercetosum cerris* Rauš 1971) – Ova se prijelazna šumskostepska zajednica prostire u istočnoj Hrvatskoj, zapadnom Srijemu, Baranji, a mjestimično i u Podravini. Raste na gajnjači povrh prapora, na 80 do 150 m n. v. To je najkserotermniji tip lužnjakovo-grabovih šuma, a suša staništa i toplija klima odgovaraju termofilnim vrstama među kojima dijagnostičku vrijednost prema ostalim tipovima lužnjakovo-grabovih šuma imaju *Quercus cerris*, *Acer tataricum*, *Polygonatum latifolium*, *Lithospermum purpureocaeruleum*, *Viola hirta*, *Origanum vulgare* i *Sedum telephium* ssp. *maximum*.

Prepoznatljivosti tipa pridonose ova obilježja: značajan udjel cera u sloju drveća i termofinih vrsta u grmlju i prizemnom rašću.

Povezani tipovi: E.3.1.4.

EUNIS-ov kôd: G1.22313

Literatura: Rauš 1971, Rauš i dr. 1985.

E.3.1.4. Šuma hrasta lužnjaka i običnoga graba, subasocijacija sa srebrnolisnom lipom (subas. *Carpino betuli-Quercetum roboris tilietosum tomentosae* Rauš 1971) – Šuma je rasprostranjena u istočnoj Hrvatskoj, posebice na zapadnim obroncima Fruške gore (150 do 300 m n. v.). Raste na lesiviranom šumskom tlu na praporu debljine 4 do 6 m. U sloju drveća redoviti su srebrnolisna i malolisna lipa, obični grab, trešnja, klen, a hrast lužnjak je pojedinačnoga rasporeda. Razlikovne su vrste ovoga tipa prema povezanom tipu E.3.1.3. *Tilia tomentosa*, *Viburnum lantana*, *Staphylea pinnata* i *Asperula taurina*.

Prepoznatljivosti tipa pridonose ova obilježja: U mješovitom sloju drveća mjestimice prevladavaju *Tilia tomentosa* i *T. cordata*. Vrste vlažnih i mokrih staništa izostaju. Česte su vrste toplijih staništa poput *Cornus mas*, *Fraxinus ornus*, *Viburnum lantana* i *Ruscus aculeatus*.

Povezani tipovi: E.3.1.3.

EUNIS-ov kôd: G1.22313

Literatura: Rauš 1971, Rauš i dr. 1985.

E.3.1.5. Šuma hrasta kitnjaka i običnoga graba (as. *Epimedio-Carpinetum betuli* /Ht. 1938/ Borhidi 1963) – Klimatskozonska kitnjakovo-grabova zajednica zauzima brežuljkasti vegetacijski pojas središnje i sjeverne Hrvatske (150–400 m), ali i niže položaje u dinarskom području, posebice oko kraških polja. Mješoviti sloj drveća čine hrast kitnjak i obični grab, uz primjesu bukve, trešnje, klena, malolisne lipe, u središnjem dijelu panonskoga gorja i srebrnolisne lipe. Bujan sloj grmlja čine *Staphylea pinnata*, *Eunonymus europaeus*, *Lonicera caprifolium*, *Crataegus monogyna*, a u sloju niskoga raslinja velik je broj karpine-talnih i fagetalnih elemenata, npr. *Stellaria holostea*, *Lathyrus vernus*, *Vicia oroboides*, *Galium odoratum*, *Cruciata glabra*, *Viola reichenbachiana*, *Isopyrum thalictroides*, *Asarum europaeum*, *Primula vulgaris* i mnogo drugih.

Prepoznatljivosti tipa pridonose ova obilježja: U sloju drveća prevladavaju hrast kitnjak i obični grab, manje je rasprostranjena bukva. U prizemnom su sloju brojne ilirske vrste, posebice *Epimedium alpinum*, *Lonicera caprifolium*, *Erythronium dens-canis*, *Helleborus dumetorum*, *Cyclamen purpurascens* i *Primula vulgaris*.

Povezani tipovi: E.3.1.6.

EUNIS-ov kôd: G1.A1A1

Literatura: Horvat 1938, Glavač 1968, Pelcer 1979, Vukelić 1991, Baričević 2002, Škvorc 2006.

E.3.1.6. Mješovite šume hrasta kitnjaka i običnoga graba s vlasuljom (as. *Festuco drymeiae-Carpinetum* Vukelić ex Marinček 1994) – Ova se šumska zajednica razvija na prapornim naslagama, rjeđe na pleistocenskim šljuncima i pijescima na Medvednici, Kalniku, Bilogori, Moslavačkoj gori, Zrinskoj i Petrovoj gori i na slavonskom gorju. Raste na visini od 150 do 400 m, najčešće na obronačnom pseudogleju i luvisolu. U sloju drveća uz grab i hrast kitnjak redovita je bukva, a mnoge su sastojine degradirane u čiste grabike. U odnosu na povezani tip E.3.1.5. rijetke su ili izostaju *Lonicera caprifolium*, *Erythronium dens-canis*, *Hacquetia epipactis*, *Galanthus nivalis*, *Crocus vernus*, *Lamium orvala*, *Isopyrum thalictroides* i druge ilirske vrste.

Prepoznatljivosti tipa pridonose ova obilježja: U sloju drveća uz obični grab i hrast kitnjak značajan je udio bukve. U prizemnom sloju u potpunosti prevladavaju *Festuca drymeia*, *Carex pilosa*, *Rubus hirtus*, dok je slab udjel ilirskih vrsta iz tipa E.3.1.5.

Povezani tipovi: E.3.1.5. i E.4.1.2. (*Cephalanthero longifoliae-Fagetum* Vukelić et al. 2012)

EUNIS-ov kôd: G1.A1A13

Literatura: Vukelić 1991, Marinček 1994, Baričević 2002, Medak i dr. 2006, G. Horvat 2011, Šapić 2012.

E.3.1.7. Šuma običnoga graba sa šumaricom (as. *Anemone nemorosa*-*Carpinetum* Trinajstić 1964) – Ovo je rijetka mezofilna šumska zajednica vezana uz flišnu lito-lošku zonu Istre i sjevernoga Hrvatskoga primorja. Uz grab u sloju drveća pridolazi *Tilia cordata*, rjeđe *Acer pseudoplatanus*, *Ulmus glabra* i *Quercus petraea*. U sloju niskoga raslinja prevladava *Anemone nemorosa*, uz niz mezofilnih elemenata hrastovo-grabovih i bukovih šuma.

Prepoznatljivosti tipa pridonose ova obilježja: u sloju drveća prevlast običnoga graba, a u prizemnom rašću prevlast mezofilnih vrsta (*Anemone nemorosa*, *Dryopteris filix-mas*, *Athyrium filix-foemina*, *Polystichum aculeatum*, *Galanthus nivalis*, *Ranunculus ficaria*, *Brachypodium sylvaticum*, *Asplenium scolopendrium* i dr.).

Povezani tipovi: -

EUNIS-ov kôd: G1.A1A3

Literatura: Trinajstić 1964, 2008.

UMJESTO ZAKLJUČKA CONCLUSION

Šumski stanišni tipovi opisani u ovome radu višestruko su značajni za šumsku vegetaciju Hrvatske. U njima žive mnoge ugrožene i zaštićene biljne i životinjske vrste, a prema nacionalnoj inventuri šuma (Čavlović 2010) u drvenoj zalihi Hrvatske sudjeluju gotovo s 20 %. Karakterizira ih relativno jasna florna i ekološka individualnost, pa u njihovoj identifikaciji ne bi trebalo biti većih poteškoća. Iznimka je svrstavanje pojedinih tipova iz NKS-a u europske tipove 91E0* ili 91F0. Ta su dva tipa slična, no 91F0 obuhvaća vlažne do povremeno poplavne (ne močvarne) mješovite šume u kojima je uvijek značajan udjel hrasta lužnjaka. One naseljavaju suša, kraće i rjeđe plavljena staništa od močvarnoga i poplavnoga tipa 91E0* u kojemu su glavne vrste iz rodova *Salix*, *Alnus* i *Fraxinus*.

Šumske sastojine hrasta lužnjaka i običnoga graba iz Motovunske šume u Istri (EUNIS-ov kôd G.1.22326) te šume hrasta lužnjaka u dinarskom području (slika 1) treba do nove revizije NKS-a uključiti u stanišni tip E.3.1.1. One se od njega relativno značajno razlikuju (vidi Medak i dr. 2002, Orešković 2017, Vukelić i dr. 2018), no to je prema važećoj klasifikaciji najbolje moguće rješenje.

LITERATURA REFERENCES

- Baričević, D., 1998: Ekološko-vegetacijske značajke šume Žutica. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 154 str.

- Baričević, D., 1999: Ekološko-vegetacijske promjene u šumama hrasta lužnjaka na području GJ Žutica. Šumarski list, 123(1–2): 17–28.
- Baričević, D., 2002: Sinekološko-fitocenološke značajke šumske vegetacije Požeške i Babje gore. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 175 str.
- Čavlović, J., 2010: Prva nacionalna inventura šuma u Republici Hrvatskoj. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i MRRŠVG, Zagreb, 300 str.
- Državni zavod za zaštitu prirode, 2014: Nacionalna klasifikacija staništa RH, IV. dopunjena verzija. Zagreb, 157 str.
- EEA 2019: European Nature Information System (<http://eunis.eea.europa.eu>).
- Glavač, V., 1961: O vlažnom tipu hrasta lužnjaka i običnoga graba. Šumarski list, 85(9–10): 342–347.
- Glavač, V., 1962: Osnovno fitocenološko raščlanjenje nizinskih šuma u Posavini. Šumarski list, 86(9–10): 317–329.
- Glavač, V., 1968: Über Eichen-Hainbuchenwälder Kroatiens. Feddes Rep., 79(1–2): 115–138.
- Glavač, V., 1969: Über die Stieleichen-Auenwälder der Sava-Niederung. Schriftner. f. Vegetationskunde, Bad Godesberg, 4:103–108.
- Horvat, G., 2011: Sukcesija vegetacije nakon sječe kultura četinjača na Kalniku. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 171 str.
- Horvat, I., 1938: Biljnosociološka istraživanja šuma u Hrvatskoj. Glasnik za šumske pokuse, 6: 127–279.
- Marinček, L., 1994: Zur Nomenklatur der Hainbuchenwälder des *Erythronio-Carpinion*. Simpozij Pevalek, Flora i vegetacija Hrvatske, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i JP „Hrvatske šume“, Koprivnica – Zagreb, str. 57–62.
- Medak, J., D. Slade, M. Vukelić, J. Medvedović, 2002: Šume hrasta lužnjaka u predjelima „Premužno jezero“ i „Crno jezero“ u Lici. Šumarski list, 126(5–6): 251–260.
- Medak, J., J. Medvedović, S. Perić, 2006: Fitocenološka istraživanja u tipu šume II-E-11 na dijelu slavonskoga gorja. Šumarski institut Jastrebarsko, Radovi, izvanredno izdanje, 9: 53–64.
- Nikolić, T. (ur.), 2018: Flora Croatica, baza podataka. On-line (<http://hirc.botanic.hr/fcd>). Botanički zavod, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu (pristupljeno 22. prosinca 2018).
- Orešković, M., 2017: Florističko-vegetacijske značajke šuma hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u Lici. Diplomski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 43 str.
- Pelcer, Z., 1979: Lipove šume virovitičke Bilogore. Drugi kongres ekologa Jugoslavije, knj. 1: 863–871, Zadar – Plitvice.
- Plišo Vusić, I., I. Šapić, J. Vukelić, 2019: Prepoznavanje i kartiranje šumskih staništa Natura 2000 u Hrvatskoj (I) – 91E0*, aluvijalne šume s crnom johom *Alnus glutinosa* i običnim jaseonom *Fraxinus excelsior* (*Alno-Padion*, *Alnion incanae*, *Salicion albae*). Šumarski list, 143(5–6): 255–264.
- Rauš, Đ., 1971: Rasprostranjenost bukve (*Fagus sylvatica* L.) u nizinskim šumama hrasta lužnjaka u Hrvatskoj. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Šumarski simpozij prigodom 300. godišnjice Sveučilišta u Zagrebu i 50. godišnjice šumarske fakultetske nastave u Zagrebu, Zagreb, str. 19–30.

- Rauš, Đ., 1971: Fitocenološke osobine šuma na obroncima zapadnog dijela Fruške gore. Radovi Centra JAZU Vinkovci, knj. 1: 37–147, Zagreb.
- Rauš, Đ., 1973: Fitocenološke značajke i vegetacijska karta fakultetskih šuma Lubardenik i Opeke. Šumarski list, 97(5–6): 190–221.
- Rauš, Đ. 1975: Vegetacijski i sinekološki odnosi šuma u bazenu Spačva. Glasnik za šumske pokuse, 18: 225–344.
- Rauš, Đ., 1996: Nizinske šume pokupskog bazena. Šumarski institut Jastrebarsko, Radovi, 31(1–2): 17–37.
- Rauš, Đ., N. Šegulja, J. Topić, 1985: Vegetacija sjeveroistočne Hrvatske. Glasnik za šumske pokuse, 23: 225–355.
- Škvorc, Ž., 2006: Florističke i vegetacijske značajke Dilja. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 221 str.
- Škvorc, Ž., D. Cestarić, J. Franjić, D. Krstonošić, K. Sever, M. Guzmić, 2009: Dinamika šumske vegetacije spačvanskog bazena u posljednjih četrdeset godina. HAZU, Zbornik skupa Šume hrasta lužnjaka u promijenjenim stanišnim i gospodarskim uvjetima, Zagreb, str. 75–101.
- Trinajstić, I., 1964: Šumska vegetacija otoka Krka. Acta Bot. Croat., Vol. extraord., 1: 145–148.
- Trinajstić, I., 2008: Biljne zajednice Republike Hrvatske. Akademija šumarskih znanosti, Zagreb, 179 str.
- Vukelić, J., 1991: Šumska staništa i zajednice hrasta kitnjaka (*Quercus petraea* Liebl.) u gorju sjeverozapadne Hrvatske. Glasnik za šumske pokuse, 27: 1–82.
- Vukelić, J., 2012: Šumska vegetacija Hrvatske. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i DZZP, Zagreb, 403 str.
- Vukelić, J., Đ. Rauš, 1993: Fitocenološki aspekt sušenja šuma u Turopoljskom lugu. Glasnik za šumske pokuse, 29: 275–294.
- Vukelić, J., P. Korijan, I. Šapić, A. Alegro, V. Šegota, I. Poljak, 2018: Forest Vegetation of Hardwood Tree Species along the Mirna River in Istria (Croatia). SEEFOR, 9(1): 1–16.

SUMMARY

The article describes the 91F0 and 91L0 Natura 2000 habitat types in Croatia. It contains 11 types according to the National Habitat Classification of Croatia (NHC).

The 91E0 habitat type extends to northern Croatia, in the river valleys of Sava and Drava, to approximately 100,000 ha. It consists of forests dominated by *Quercus robur* in admixture with *Fraxinus angustifolia*, *Alnus glutinosa* and *Ulmus minor*. *Carpinus betulus* and mesophilic species are absent. The habitat is wet, with a high level of groundwater. Floods are periodic and do not last long.

According to the NHC, type 91F0 includes phytocenoses:

- E.2.2.1. *Genisto elatae-Quercetum roboris caricetosum remotae* Horvat 1938
- E.2.2.2. *Genisto elatae-Quercetum roboris caricetosum brizoides* Horvat 1938
- E.2.2.3. *Genisto elatae-Quercetum roboris aceretosum tatarici* Rauš 1975
- E.2.2.4. *Genisto elatae-Quercetum roboris carpinetosum betuli* Glavač 1961

Habitat type 91L0 comprises of two groups of syntaxons: pedunculate oak and hornbeam communities and sessile oak and and hornbeam communities. Pedunculate oak and hornbeam forests grow on the highest parts of the lowlands of Croatia. The ground is fresh, the groundwater level is lower than in the 91F0 type, and in floral composition there is a significant share of Central European mesophilic species.

Sessile oak and hornbeam communities grow in hilly belt of continental Croatia, predominantly in brown forest soils of neutrophil character. The main tree species are *Quercus petraea*, *Carpinus betulus*, *Acer campestre*, *Prunus avium* and *Fagus sylvatica*. Within the shrub and herb layer the Illyrian floral element is significant, with species *Lonicera caprifolium*, *Staphylea pinnata*, *Epimedium alpinum*, *Erythronium dens-canis*, *Helleborus atrorubens*, *Vicia oroboides* and others.

According to the NHC, type 91L0 includes phytocenoses:

Pedunculate oak and hornbeam communities (*Carpinion betuli*)

- E.3.1.1. *Carpino betuli-Quercetum roboris typicum* Rauš 1975
- E.3.1.2. *Carpino betuli-Quercetum roboris fagetosum* Rauš 1975
- E.3.1.3. *Carpino betuli-Quercetum roboris quercetosum cerris* Rauš 1971
- E.3.1.4. *Carpino betuli-Quercetum roboris tilietosum tomentosae* Rauš 1971

Sessile oak and and hornbeam communities (*Erythronio-Carpinion*)

- E.3.1.5. *Epimedio-Carpinetum betuli* /Ht. 1938/ Borhidi 1963)
- E.3.1.6. *Festuco drymeiae-Carpinetum* Vukelić ex Marinček 1994)
- E.3.1.7. *Anemone nemorosae-Carpinetum* Trinajstić 1964

This article contains a description, area of distribution in Croatia, and diagnostic indicators for each habitat type. For each type related types are listed, the corresponding code according to EUNIS-classification, and literature in which is described in more detail. The article is intended for forestry experts, for identification and mapping of forest habitat types.

KEY WORDS: 91F0 and 91L0 Natura 2000 habitat types, oak forests, National habitat classification, Croatia

PRIJE STO GODINA: ŠUMARSKI LIST 9-10/1919.

Nakon 21 godinu opstanka (1898. — 1919.) dokinuta je kr. šumarska akademija zagrebačka, a šumarska obuka prenesena je na novo ustrojen fakultet za gospodarstvo i šumarstvo na sveučilištu kraljevstva Srba, Hrvata i Slovenaca u Zagrebu. Tim aktom je konačno udovoljeno davnom zahtjevu cijelog našeg šumarskog staleža.

Prvi nastavnici na gospod. šumarskom fakultetu sveučilištu SHS u Zagrebu. Ban Hrvatske i Slavonije povjerio je u novo osnovanom gospodarsko-šumarskom fakultetu sveučilišta kraljevstva Srba, Hrvata i Slovenaca u Zagrebu suplenture, i to: iz uređivanja šumskoga gospodarstva profesoru kr. šumarske akademije zagrebačke, dru. Gjuri Nenadiću; iz uzgoja šuma profesoru kr. šumarske akademije zagrebačke, dru. Andriji Petračiću; iz gojenja bilja profesoru-kr. višeg gospodarskog učilišta križevačkog, dru. Vinku Mandekiću i iz živinogojstva privatnom docentu bečke visoke škole za kulturu tla, dru. Savi Ulmanskome.

ISPITIVANJE LABORATORIJSKE KLIJAVOSTI PITOMOGA KESTENA (*Castanea sativa* Mill.) U SKLADU S PRAVILIMA ISTA

LABORATORY GERMINATION TESTING OF THE SWEET CHESTNUT (*Castanea sativa* Mill.) ACCORDING TO ISTA RULES

Damir DRVOĐELIĆ¹, Igor POLJAK², Ivan PERKOVIĆ¹, Mario ŠANGO¹, Katarina TUMPA², Ivana ZEGNAL³, Mari-
lena IDŽOJTIĆ^{2*}

SAŽETAK

U radu su prikazani rezultati ispitivanja laboratorijske klijavosti i morfoloških značajki klijanaca europskoga pitomoga kestena (*Castanea sativa* Mill.). Uzorci za istraživanja sakupljeni su u submediteranskom području Hrvatske, a radni uzorak za ispitivanje klijavosti iznosio je 8×25 sjemenki. Sjeme je do ispitivanja klijavosti čuvano tri mjeseca u hladnjaku na temperaturi od 3 °C. Postotak laboratorijske klijavosti utvrđen je prema postotku pravilnih klijanaca koji su normalno proklijali nakon 27 dana ispitivanja. Ispitivanje je provedeno u laboratoriju prema uvjetima koje propisuje ISTA (*International Seed Testing Association*). Izrađen je katalog sa slikama i opisom nepravilnih klijanaca. Na osnovi definiranih kodova nepravilnih klijanaca moguće je preventivno djelovati kako bi se reducirale nepoželjne jedinice. Rezultati ovog istraživanja od velike su koristi za razumijevanje složenoga procesa klijanja sjemena, kako u laboratoriju, tako i šumskim rasadnicima.

KLJUČNE RIJEČI: pitomi kesten, morfologija klijanca, pravilan klijanac, nepravilan klijanac, postotak klijavosti, šumski rasadnici

UVOD INTRODUCTION

Pitomi kesten (*Castanea sativa* Mill., Fagaceae) plemenita je listača koja ima višestruku gospodarsku korist (kvalitetno drvo, jestivi plodovi, med, kolje, ogrijev, ekstrakcija tanina i dr.), poveznica je brojnih ljudskih djelatnosti, od kojih možemo naglasiti šumarstvo, poljoprivredu i turizam, a uz to oplemenjuje prostor u kojemu raste. Rasprostranjen je u mediteranskom području, od Kaspijskoga jezera do Atlantskoga oceana, uključujući Madeiru, Azore i Kanarske

otoke, od 51° sjeverne geografske širine u jugozapadnoj Njemačkoj i južnoj Engleskoj, do 37° sjeverne geografske širine u Tunisu na Gorju Tlecem (Fernández-López i Alía 1998, 2003; Conedera i sur. 2004). Zajedno uz vinovu lozu i maslinu jedna je od najstarijih uzgajanih kultura drveća, na koju je čovjek utjecao u toj mjeri da je gotovo nemoguće ući u trag njezinoj prirodnoj rasprostranjenosti (Conedera i sur. 2004; Poljak i sur. 2017).

Vrsta je koja uspijeva u toplijim krajevima, a većinom raste u područjima gdje se godišnja količina oborina kreće od 750 do 1200 mm (Rutter i sur. 1991). Ne raste u nizinskim

¹ Doc. dr. sc. Damir Drvođelić, doc. dr. sc. Ivan Perković, Mario Šango, dipl. ing. šum., Zavod za ekologiju i uzgajanje šuma, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Hrvatska

² Doc. dr. sc. Igor Poljak, Katarina Tumpa, mag. ing. silv., prof. dr. sc. Marilena Idžojić, Zavod za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Hrvatska

³ Ivana Zegnal, prvostupnica urbanoga šumarstva, zaštite prirode i okoliša, studentica diplomskoga studija Urbano šumarstvo, zaštita prirode i okoliša

*Korespondencija: prof. dr. sc. Marilena Idžojić, midzotic@sumfak.hr

šumama jer su one za njega vlažne i hladne, ali ni u visokim planinskim područjima gdje su velike razlike u dnevnim, odnosno godišnjim temperaturama (Medak 2009). Ovisno o području, obitava u različitim šumskim zajednicama na slabije do jače kiselim tlima. Općenito, vrsta je koja traži toplije položaje te dublja i umjereno svježja tla, a izbjegava suha te hladna i maglovita staništa (Anić 1940, 1942, 1945).

U Hrvatskoj pitomi kesten raste u šumama brežuljkasto-brdskog područja kontinentalnog dijela zemlje, u Istri te na otocima Krku i Cresu. Veći dio areala pitomoga kestena pruža se kroz središnju Hrvatsku, od slovenske granice do granice s BiH, gdje se najveće i najljepše sastojine nalaze na Zrinskoj i Petrovoj gori te na Medvednici (Medak i sur. 2009; Idžojić i sur. 2009). Ukupno šumskih površina na kojima pitomi kesten raste u Hrvatskoj ima oko 136.000 ha (Novak-Agbaba i sur. 2000).

Plodovi pitomoga kestena po obliku, veličini, boji i dlakavosti vrlo su varijabilni (Villani 1992; Solar 2005; Idžojić 2013; Idžojić i sur. 2009; Poljak 2014; Poljak i sur. 2012, 2016). Najčešće se u kupuli razvijaju po tri ploda, a prema Glišiću (1975) njihov broj varira od jedan do sedam. Kupule su kuglaste i u zreлом stanju kožaste, na površini obrasle brojnim stršećim i ostrim ježastim bodljama. Nakon dozrijevanja plodova raspucavaju se na četiri jednaka dijela. Kesten je najčešće zagasitosmeđ i tamno isprugan, a pri osnovi, na mjestu gdje je srastao s kupulom, svjetlije je obojen. Ovisno o položaju i samom broju plodova u kupuli, njihov oblik znatno varira, od kuglastih i zaobljenih do više-manje spljoštenih. Plodovi dozrijevaju krajem rujna i u listopadu. U povoljnim prilikama pitomi kesten rodi plodom svake godine, a obilniji urod mu je svake dvije ili tri godine. Stabla uzrasla na osami počinju rađati plodom između 15. i 30. godine, a u sastojini između 30. i 40. godine. Izbojci iz panja počinju znatno ranije cvjetati i plodonositi, već nakon nekoliko godina (Anić 1942; Herman 1971). Prema Young i Young (1992), sjeme pitomoga kestena nema endosperma, a embrio se sastoji od dva velika kotiledona (supke).

Prema načinu skladištenja razlikuju se dvije osnovne grupe sjemenskoga materijala: (a) ortodoksno sjeme – sjeme koje se može sušiti do niske razine sadržaja vlage i skladištiti na niskim temperaturama kroz dugi niz godina bez značajnog utjecaja na njegov vitalitet; i (b) rekalcitrantno sjeme – sjeme koje je vrlo osjetljivo na gubitak vlage i temperaturu skladištenja te se ne može skladištiti na duže razdoblje bez značajnog utjecaja na njegov vitalitet. Bonner (2008) prema načinu čuvanja sjeme dijeli u pet skupina: ortodoksno sjeme, sub-ortodoksno sjeme, umjereno rekalcitrantno sjeme, tropsko rekalcitrantno sjeme i intermedijarno sjeme. Prema navedenoj podijeli sjeme pitomoga kestena možemo svrstati u umjereno rekalcitrantnu skupinu sjemena. Umjereno rekalcitrantno sjeme ne može se čuvati dulje razdoblje bez gubitka kljavosti i vitaliteta. Osim pitomoga kestena, u tu skupinu ubrajamo i vrste iz rodova *Aesculus*

L. i *Quercus* L. Prilikom čuvanja sjemena navedenih rodova ne može se smanjivati vlaga, ali ono može biti čuvano na temperaturama blizu smrzavanja. Pojedino sjeme vrsta iz ovih rodova može se čuvati 3 do 5 godina na najnižoj odgovarajućoj vlazi (30 do 50 %) te na niskim temperaturama (–4 do +4 °C).

Prema Goslingu (2007), sjeme pitomoga kestena je vrlo kvarljivo i slabo, odnosno plitko dormantno. Za očuvanje vitaliteta takvoga sjemena potreban je visoki sadržaj vlage i čuvanje na temperaturi od –3 do +5 °C (najbolje na 4 °C), kako bi se savladala njegova dormantnost. Prema Regentu (1980), sjeme se od jeseni do idućeg proljeća čuva u ježicama na otvorenom, u hrpi koja se pokrije lišćem ili se, tek nešto prosušeno, sjeme drži u podrumu, u sanducima, u ponešto vlažnom stratifikatu s pijeskom omjera 1:1, tresetom, ili na otvorenome u jami na hladnom mjestu, na temperaturi oko 0 do 5 °C. Kljanje u pitomoga kestena je podzemno, a prosječna kljavost kreće se od 65 do 87 % (Regent 1980; Young i Young 1992; Benedetti i sur. 2012). Prema Stilinoviću (1987), u sjemenu pitomoga kestena nema čimbenika koji sprječavaju kljanje, ali se ono preko zime čuva na način sličan stratifikaciji, u vlažnom pijesku, na temperaturi od oko 3 do 5 °C. Čuvanjem u suhim uvjetima, pitomi kesten brzo gubi kljavost, pa je za proljetnu sjetvu neupotrebljiv. Prema Young i Young (1992), svježe se sjeme čuva preko zime u vlažnom supstratu na temperaturama od –1 do 3 °C, što ustvari predstavlja stratifikaciju. Tijekom skladištenja kritični su udjel vlage u sjemenu i relativna vlažnost prostora. Udjel vlage u sjemenu treba iznositi od 40 do 45 %, a relativna vlažnost u kontejnerima (posudama) za skladištenje mora se održavati na oko 70 %. Ako se plodovi presuše, perikarp postaje tvrd i gubi se njihov vitalitet. Ako je vlage previše, plodove napada plijesan ili trulež. Plodove kestena nije preporučljivo čuvati dulje od 6 do 8 mjeseci, budući da su podložni truleži. Prije kljanja, sjeme kestena treba stratificirati kako bi se savladala njegova dormantnost. U praksi se sjeme preko zime učinkovito čuva u hladnim i vlažnim uvjetima, čime se također savladava njegova dormantnost. Ispitivanje laboratorijske kljavosti sjemena šumskih vrsta drveća u skladu s pravilima Međunarodnog udruženja za ispitivanje sjemena (*International Seed Testing Association*, ISTA) i razvrstavanje nepravilnih kljanaca po kodovima provode Drvodelić (2010) i Drvodelić i sur. (2012, 2015, 2019). Kljavost sjemena najvažniji je podatak o kvaliteti sjemena, kojom se obuhvaćaju genetička i analitička čistoća, kao i fiziološke i fizičke osobine sjemena. Poznavanje kvalitete sjemena utječe na cijeli ciklus proizvodnje, trgovine i skladištenja sjemena, kao i kvalitetu biljaka uzgojenih iz sjemena. Kvalitetnije sjeme razvit će se u kvalitetnije kljanice, čime se već na početku ciklusa proizvodnje ostvaruju uvjeti za uspješan rast i razvoj mladih biljaka (Institut za ispitivanje kljavosti, Hrvatski šumarski institut 2019).

Ciljevi ovoga rada bili su: 1. utvrditi laboratorijsku klijavost sjemena pitomoga kestena; 2. napraviti procjenu klijanaca sukladno pravilima ISTA o procjeni klijanaca; i 3. izraditi katalog sa slikom i opisom nepravilnih klijanaca.

MATERIJAL I METODE MATERIAL AND METHODS

U radu su prikazani rezultati ispitivanja laboratorijske klijavosti sjemena pitomoga kestena u vlažnom pijesku. Uzorci za istraživanja sakupljeni su u submediteranskom području Hrvatske, u listopadu 2018. godine, a do ispitivanja laboratorijske klijavosti čuvani su tri mjeseca u hladnjaku u platenim vrećicama na temperaturi od 3 °C. Plodovi su povremeno navlaženi prskalicom s ultračistom vodom kako bi očuvali povoljan sadržaj vlage u sjemenu. Ovakav način čuvanja sjemena, bez supstrata, zove se "gola stratifikacija".

Radni uzorak za ispitivanje klijavosti iznosio je 8×25 sjemenki. Prije ispitivanja klijavosti, sjeme je močeno 48 sati u običnoj vodi na sobnoj temperaturi kako bi se povećao sadržaj vlage u sjemenu – faza bubrenja. Nakon toga je na plodovima ostrim skalpelom poprečno odrezana 1/4 ploda, suprotno od radikule, te je uklonjen perikarp. Laboratorijska klijavost sjemena ispitivana je u Laboratoriju za šumsko sjemenarstvo i rasadničarstvo Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, prema uvjetima koje propisuje ISTA (2006). U prozirne PVC posude dimenzija 25×18×14 cm stavljen je sloj prethodno navlaženog pijeska (dodano 37 % vode) sušenoga na vatri, granulacije od 0,1 do 0,4 mm. U pijesak je utisnuto preparirano sjeme pitomoga kestena metodom "na trbuh". Sjeme je prekriveno 1 cm debelim slojem istoga pijeska, a PVC posude su zatvorene PVC prozirnom folijom i poklopcem. Svaka posuda je sadržavala 1400 ml pijeska, 518 ml vode i 25 sjemenki. Posude su smještene u prethodno dezinficiranu (Asepsol eko, PLIVA, Hrvatska) komoru rasta Kambič, RK-980 CH, u kontrolirane uvjete. Trajanje noćne faze iznosilo je 16 sati, a dnevne 8 sati, dok se temperatura kretala u rasponu od 20 do 30 °C, s minimumom tijekom noći te maksimumom tijekom dana. Zračna vlaga iznosila je 80 %, a osvjetljenje je bilo u rasponu 13 400 – 14 000 lux-a (na površini pijeska, odnosno ispod samih lampi). Riječ je o razini 2 osvjetljenja komore, koje je mjereno pomoću lux metra model LX-101 LUX METER Lutron. Sjeme pitomoga kestena kod ispitivanja klijavosti nema specifičnih zahtjeva za svjetlom (Pritchard i Manger 1990).

Energija klijanja i klijavost utvrđena je brojanjem klijanaca nakon perioda predviđenog za naklijavanje: 7. i 21. dan. Procjena klijanaca obavljena je u skladu s pravilima ISTA (2006) i uz pomoć ISTA priručnika o procjeni klijanaca (Don 2003). Broj pravilnih klijanaca sedmoga dana uzima se kao energija klijavosti sjemena (%). Zbog usporenog klijanja produžili smo ispitivanje za 30 % više vremena, od onoga dopuštenog ISTA pravilima. Iz tog razloga procjenu

klijavosti nismo obavili 21., već 27. dan. Digitalnim fotoaparatom snimljeni su svi nepravilni klijanci, s posebnim osvrtom na pojedine dijelove koji definiraju nepravilan klijanac. Prilikom procjene svakom nepravilnom klijancu dodijeljena je odgovarajuća šifra (jedna nepravilnost) ili šifre (više nepravilnosti). Prema Don (2003), vrste roda *Castanea* Mill. pripadaju u kategoriju B (drveće i grmlje), sekciju 21 (porodica Fagaceae, tip klijanca G i grupu klijanca B-2-2-2-2). Isto tako, izrađen je i katalog sa slikama i opisom nepravilnih klijanaca. Postotak laboratorijske klijavosti utvrđen je prema postotku pravilnih klijanaca, koji su normalno proklijali nakon 27 dana ispitivanja.

REZULTATI RESULTS

Laboratorijska klijavost utvrđena je nakon sedam i 27 dana. Energija klijavosti nakon sedam dana iznosila je 2,5 %. U razdoblju od sedam do 27 dana isklijala je ukupno 71 sjemenka, a laboratorijska klijavost iznosila je 35,5 %. Procjenom klijanaca u skladu s pravilima ISTA utvrđeno je ukupno 14 nepravilnosti klijanaca, koje su navedene u tablici 1 i slikama 1 i 2. Najčešće nepravilnosti klijanaca prema njegovim dijelovima utvrđene su u kotiledona, nadzemnoga dijela i nepravilnosti klijanca u cjelini. Dodatno, utvrđen je i broj višestrukih klijanaca iz sjemena s većim brojem embrija. Ukupno je udio plodova s većim brojem embrija u ovom istraživanju iznosio 3,5 %, pri čemu 2,5 % otpada na dvostruke, a 1 % na trostruke klijance.

Pregled nepravilnih klijanaca pitomoga kestena prema dijelovima klijanca, pripadajućim kodovima, njihovom ukupnom broju i postotnom udjelu u ispitivanom uzorku u skladu s pravilima ISTA o procjeni klijanaca prikazani su u tablici 2. U ukupnom uzorku najviše je nepravilnosti (35 %) utvrđeno za kotiledone zbog primarne infekcije koja je uzrokovala njihovu trulež. Za devet klijanaca utvrđeno je da je primarna infekcija uzrokovala trulež kotiledona i primarnoga korijena koji je započeo s rastom.

Klijanci koji su proklijali, a bili su deformirani, svrstani su u kategoriju, "ukupno nepravilni". U kombinaciji s nekrozom vršnoga pupa i okolnog tkiva takvih klijanaca bilo je ukupno 2,5 %, kao i klijanaca u kojih je primarna infekcija uzrokovala trulež primarnoga korijena u kombinaciji s truleži kotiledona većim od 50 %. Smatra se ako je više od 50 % kotiledona trulo, da takav klijanac nema dovoljno zaliha hranjivih tvari potrebnih za normalan rast i razvoj. Ova je deformacija bila najčešća, zabilježena je na 96 klijanaca, što je 48 % svih deformiranih klijanaca (ISTA kod 31/07, tablica 1).

RASPRAVA I ZAKLJUČCI DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Klijanje sjemena je složeni proces koji obuhvaća različite fiziološke procese, od upijanja vode, bubrenja sjemena pa

Tablica 1. Kod, opis i broj nepravilnih klijanaca pitomoga kestena (*Castanea sativa* Mill.) u ispitivanom uzorku, u skladu s pravilima ISTA o procjeni klijanaca.

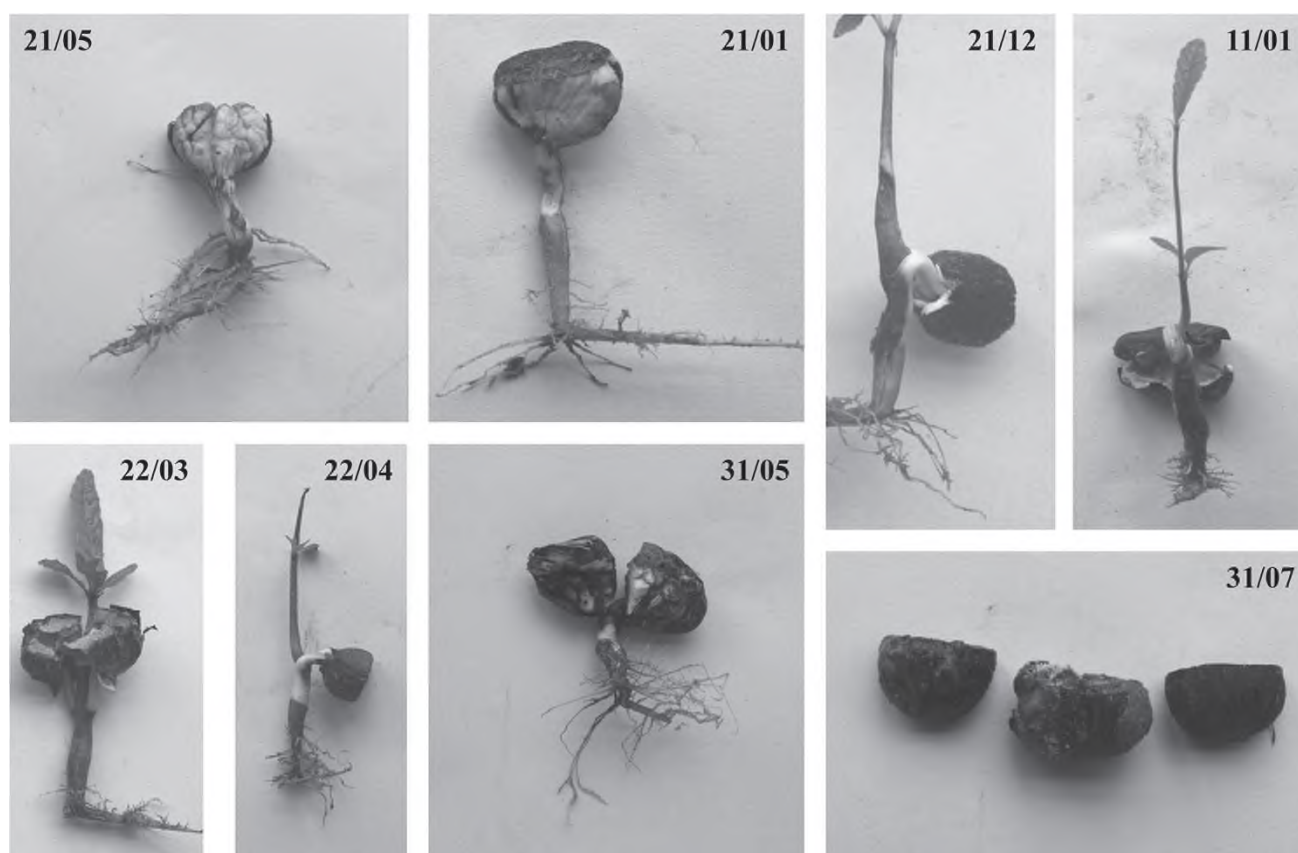
Table 1. Code, description and number of abnormal sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) seedlings in the tested sample, in accordance with ISTA rules on seedling evaluation.

Nepravilnosti klijanaca <i>Seedling abnormalities</i>	Kod <i>Index</i>	Opis <i>Description</i>	Broj nepravilnih klijanaca <i>Number of abnormal seedlings</i>
0 – ukupne nepravilnosti 0 – <i>overall abnormalities</i>			
00 – klijanac 00 – <i>the seedling</i>	00/01	deformiran <i>deformed</i>	8/200
	11/01	nedostaje vrh <i>stunted</i>	11/200
	11/02	kratak <i>stubby</i>	10/200
1 – nepravilnosti korijenskog sustava 1 – <i>abnormalities of the root system</i>	11/03	nedovoljno razvijen <i>retarded</i>	8/200
11 – primarni korijen 11 – <i>the primary root</i>	11/04	nedostaje <i>missing</i>	2/200
	11/05	slomljen <i>broken</i>	4/200
	11/12	primarna infekcija uzrokovala trulež <i>decayed as a result of primary infection</i>	17/200
2 – nepravilnosti izbojka 2 – <i>abnormalities of the shoot system</i>	21/01	kratak i debeo <i>too short and thick</i>	5/200
21 – hipokotil, epikotil, mezokotil 21 – <i>the hypocotyl or the epicotyl or the mesocotyl, respectively</i>	21/05	nedostaje <i>missing</i>	2/200
	21/12	primarna infekcija uzrokovala trulež <i>decayed as a result of primary infection</i>	3/200
2 – nepravilnosti izbojka 2 – <i>abnormalities of the shoot system</i>	22/03	nedostaje <i>missing</i>	1/200
22 – vršni pup i okolno tkivo 22 – <i>the terminal bud and the surrounding tissue</i>	22/04	nekroza <i>necrotic</i>	8/200
3 – nepravilnosti kotiledona i primarnih listova 3 – <i>abnormalities of the cotyledons and the primary leaves</i>	31/05	promjena boje ili nekroza <i>discoloured or necrotic</i>	4/200
31 – kotiledoni – pravilo 50 % 31 – <i>the cotyledons – apply the 50% rule</i>	31/07	primarna infekcija uzrokovala trulež <i>decayed as a result of primary infection</i>	96/200

sve do pojave klice. Morfološki, proces klijanja završava kada se na klici pojave prvi listovi i stabljika, a daljnji razvoj općenito se definira kao rast klijanaca (Bewley 1997; Romero-Rodríguez i sur. 2018). S obzirom na tip klijanca te podjelu prema ISTA standardima (Don 2003), pitomi kesten pripada klijancima tipa G. Riječ je o klijancima dvo-supnica koji kliju hipogeično. Tijekom klijanja, navedenim klijancima epikotil se izdužuje i postaje zelen, a iz pupa na vršnom dijelu epikotila razvijaju se primarni listovi. Hipokotil im je slabo razvijen, a kotiledoni ne izlaze iz sjemene ljuske i perikarpa ploda. Korijenski sustav klijanaca pitomoga kestena sastoji se od primarnoga korijena s razvijenim korijenovim dlačicama. Ukoliko je primarni korijen slabo razvijen, sekundarno korijenje se uzima u obzir prilikom klasifikacije klijanaca na pravilne i nepravilne. Embrij se sastoji od dva mesnata kotiledona, koji su kratkom embri-onalnom osi spojeni s radikulom i plumulom. Kod klijanja sjemena pitomoga kestena primarni korijen probija sjemenu ljusku i perikarp i nastavlja s rastom, a sekundarno korijenje se razvija nedugo nakon primarnog. Hipokotil je

slabo razvijen, a kod epikotila dolazi do značajnog rasta, iako može ostati nerazvijen. Na klijancima pitomoga kestena uobičajeni su ljuskavi listovi na epikotilu, a razvijaju se ispod primarnih listova i terminalnog pupa (Don 2003).

Pravilni klijanac pitomoga kestena prema ISTA pravilima treba biti neoštećen ili su dozvoljena manja oštećenja na primarnom korijenu, kotiledonima, epikotilu i primarnim listovima. Na primarnom korijenu dopuštena su neobojena ili nekrotična područja, kalusirani prijelomi i napuknuća te površinski prijelomi i napuknuća koji ne utječu na pro-vodne elemente. Klijanac s nepravilnim primarnim kori-jenom klasificira se kao pravilan ukoliko je razvijeno dovoljno sekundarnog korijenja. Na kotiledonima se prim-jenjuje pravilo 50 %, što znači ukoliko su oštećenja tkiva manja od 50 %, kotiledoni su pravilni. Pravilni klijanci imaju samo jedan neoštećeni kotiledon ili tri kotiledona. Na epikotilu su dopuštena neobojena ili nekrotična područja, kalusirani prijelomi i napuknuća, površinski prijelomi i napuknuća te spiralna zavnutost. Ukoliko je epikotil nedovoljno razvijen ili nedostaje zbog dormant-



Slika 1. Prikaz nepravilnih klijanaca pitomoga kestena (*Castanea sativa* Mill.) u skladu s pravilima ISTA – jedna nepravilnost.
Figure 1. Image of abnormal sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) seedlings in accordance with ISTA rules – single abnormality.

nosti, klijanac se smatra pravilnim ako su ostali dijelovi pravilni. Na terminalnom pupu i okolnom tkivu nisu dopuštena nikakva oštećenja. Ukoliko je došlo do razvoja primarnih listova, oni moraju biti neoštećeni ili se primjenjuje pravilo 50 % kao za kotiledone.

Svježe sjeme pitomoga kestena dobre kvalitete proklijat će bez većih problema, no sjeme nekih kultivara pokazuje i znatno veću klijavost od sjemena sastojinskih stabala. Također, sjeme nekih kultivara značajno je sklonije razvoju većega broja embrija (kasnije klijanaca), čime je proizvodnja tih kultivara u rasadnicima zahtjevnija (Plant Health and Environment Laboratory, Investigation and Diagnostic Centres and Response 2011). Udio plodova s većim brojem embrija u ovom istraživanju iznosio je 3,5 %. Općenito, plodovi s dva, a ponekad i tri embrija zabilježeni su u submediteranskim populacijama i nasadima pitomoga kestena u Hrvatskoj (Idžojić i sur. 2009; Poljak 2014; Poljak i sur. 2016).

Na klijavost sjemena utjecaj ima i njihova masa. U svome istraživanju Čiçek, i Tilki (2007) navode kako sjeme krupnijih plodova postiže značajno bolje rezultate u odnosu na srednje veliko i sitno sjeme. Te se razlike očituju u kvaliteti klijanja, postotku klijavosti, nicanju klijanaca, preživljenju klijanaca te njihovome kasnijem rastu. Moguće je zaključiti kako krupnije sjeme pitomoga kestena odlikuje bolja klijavost

i preživljenje, odnosno porastom mase sjemena raste i veličina prosječnoga klijanca, odnosno njegov promjer i visina, kao i masa suhe tvari. Ove spoznaje mogu imati i praktičnu primjenu u rasadničkoj proizvodnji, budući da bi se sortiranjem sjemena prema veličini moglo ostvariti bolje i ujednačenije klijanje, kao i veće i ujednačenije sadnice. Navedeno potvrđuju i istraživanja Regenta (1954) koji ispituje klijavost i kvalitetu sadnica uzgojenih iz sjemena cijepljenih i necijepljenih stabala pitomoga kestena na lovranskom području. Autor ističe da je krupnoća sjemena važna kvalitativna značajka o kojoj treba voditi računa pri sakupljanju sjemenskoga materijala za podizanje nasada pitomoga kestena. U navedenom istraživanju sjeme krupnijih plodova rezultiralo je boljom klijavošću te zdravijim i snažnijim sadnicama, neovisno o tome je li sakupljeno sa cijepljenoga ili necijepljenoga stabla. Općenito, plodovi s masom većom od 8 g (Zavišić i sur. 2014), odnosno 10 g (Čiçek, i Tilki 2007) ranije klijaju i imaju bolju klijavost u odnosu na sitnije plodove. S druge strane, Clark i Schlarbaum (2018) navode da veličina žira crvenoga hrasta ima slab utjecaj na morfologiju sadnica te da se masa žira ne bi mogla koristiti za predviđanje preživljavanja ili morfoloških pokazatelja kvalitete sadnica. Isti autori ističu da porijeklo sjemenskoga materijala ima značajan utjecaj na veličinu plodova i morfologiju sadnica te da bi selekcija sjemenskoga materijala iz odabranih popu-

Tablica 2. Pregled nepravilnih klijanaca pitomoga kestena (*Castanea sativa* Mill.) prema ukupnom broju te udjelu pojedinih nepravilnosti u ispitivanom uzorku, u skladu s pravilima ISTA o procjeni klijanaca.

Table 2. Overview of abnormal sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) seedlings according to the total number and share of individual abnormalities in the tested sample, in accordance with ISTA rules on seedling evaluation.

Cijeli klijanac Seedling as a whole	Primarni korijen Primary root	Izbojak Shoot	Kotiledoni Cotyledons	Kod Index	Broj nepravilnih klijanaca Number of abnormal seedlings	%
x	x	x	x	11/05+22/04+31/07	1	0,5
		x		22/04	2	1
	x			11/01+11/02+11/05	1	0,5
	x			00/01+11/01+11/03	1	0,5
	x			11/04+11/12	1	0,5
		x		21/01	2	1
		x	x	21/01+31/07	2	1
			x	31/07	70	35
	x		x	11/01+11/02+11/03+31/07	1	0,5
	x		x	11/12+31/07	14	7
x		x		00/01+22/04	5	2,5
	x			11/01+11/02	3	1,5
	x			11/01	2	1
	x			11/02	1	0,5
	x			11/12	1	0,5
	x	x	x	11/02+21/01+31/07	1	0,5
		x		21/05	2	1
	x		x	11/03+31/07	2	1
			x	31/05	1	0,5
	x		x	11/12+31/05	1	0,5
x	x		x	11/03+31/05+31/07	1	0,5
		x		21/12	3	1,5
		x		22/03	1	0,5
			x	31/05+31/07	1	0,5
	x		x	11/02+31/07	1	0,5
	x			00/01+11/01	2	1
	x		x	11/02+11/03+31/07	1	0,5
	x			11/05	1	0,5
	x			11/03	1	0,5
	x			11/04	1	0,5
x	x		x	11/05+31/07	1	0,5
	x			11/01+11/02+11/03	1	0,5

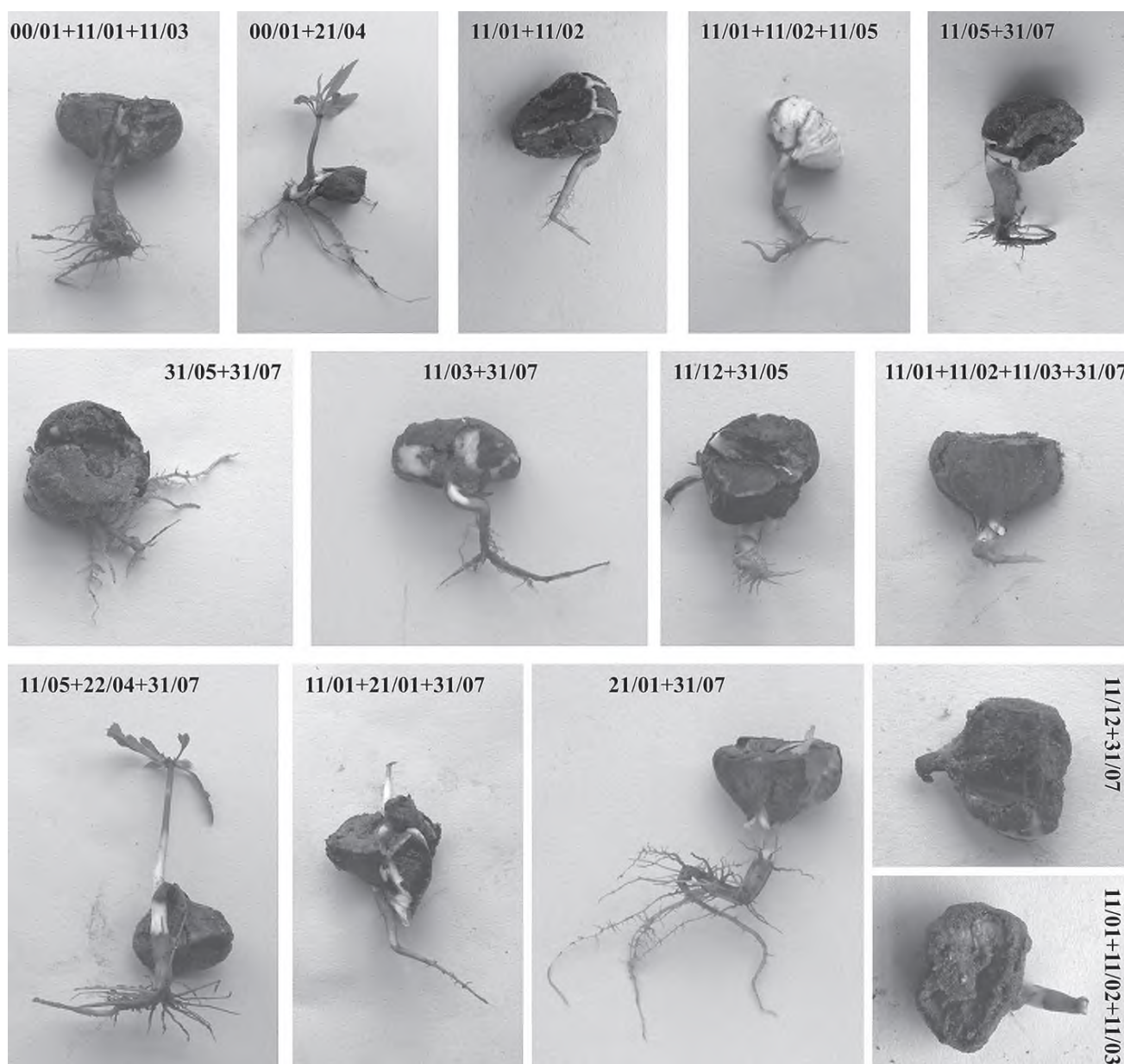
Udio nepravilnih klijanaca od ukupnog broja sjemenki (%)

Percentage of abnormal seedlings in the total number of seeds (%)

lacija mogla poboljšati kvalitetu sjemenskoga materijala, a u konačnici i kvalitetu sadnica.

Osim mase ploda, na klijavost sjemena pitomoga kestena veliki utjecaj ima i udio vode. U istraživanju provedenome na sjemenu vrste *Quercus alba* L., Connor i Sowa (2003) zaključuju kako rekalcitrantno sjeme gubitkom vlage prolazi kroz nepovratne promjene u sekundarnoj strukturi proteina, čineći sam embrij slabijim, odnosno manje vitalnim. Do sličnih rezultata došao je i Bonner (1973), provodeći pokuse na sjemenu američkih vrsta roda *Quercus* (*Q. nigra* L., *Q. shumardi* Buckl. i *Q. falcata* var. *pagodaefolia* Ell.). U njegovome istraživanju, svo je sjeme skladišteno unutar platnenih vreća propalo, budući da je gubitak vlage bio neometan, odnosno udio vlage u sjemenu pao je ispod kritične

razine za vitalnost. Prema Regentu (1957), postoji značajna razlika u gubitku vlage između nestratificiranih i stratificiranih plodova kestena. Nestratificirani plod vlagu gubi nejednoliko, a brzina sušenja ovisi o temperaturi, relativnoj vlazi te strujanju zraka. S obzirom da pitomi kesten ubrajamo u vrste s umjereno rekalcitrantnim sjemenom (Bonner 2008), za visok postotak klijanja te dobar inicijalan rast klijanaca nužna je stratifikacija (Serdar i Macit 2010). Sjeme iz stratificiranih plodova vlagu gubi sporije te u manjoj mjeri, bez obzira na krupnoću ploda ili varijetet. Za razliku od nestratificiranih plodova, krupniji stratificirani plodovi u početku gube vlagu brže od manjih; nakon otprilike 40 dana gubitak vlage brži je u sitnih plodova. Ova pojava posljedica je inicijalnog gubitka vlage za vrijeme stratifikacije.



Slika 2. Prikaz nepravilnih klijanaca pitomoga kestena (*Castanea sativa* Mill.) u skladu s pravilima ISTA – višestruke nepravilnosti klijanaca.
Figure 2. Image of abnormal sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) seedlings in accordance with ISTA rules – multiple seedling abnormalities.

Plod maruna vlagu gubi polaganije te u manjoj mjeri od plodova nekultiviranih stabala, bez obzira na dimenzije plodova (Regent 1957).

Ukupna klijavost u našem istraživanju nakon 27 dana iznosila je 35,5 %, što je znatno niže u odnosu na rezultate drugih istraživanja. Çiçek i Tilki (2007) navode kako se klijavost sjemena prirodnih populacija pitomoga kestena u Turskoj kreće u rasponu od 91,3 do 98,8 %. Do sličnih rezultata dolaze i autori koji istražuju klijavost sjemena u plantažama europskoga pitomoga kestena u Čileu, gdje se klijavost kreće u rasponu od 84,0 do 96,7 % (Delard i sur. 2007; Benedetti i sur. 2012). Prema WSL (1991), klijavost sjemena pitomoga kestena iznosi 60 %. Rezultati naših istraživanja procjene nepravilnih klijanaca pitomog kestena

u skladu s pravilima ISTA upućuju na poznate činjenice kako je plod jako kvarljiv, a sama metoda čuvanja i vrijeme od sakupljanja na terenu do ispitivanja laboratorijske klijavosti značajno utječu na rezultate istraživanja zbog smanjenja sadržaja vlage u sjemenu (Bonner 2008). Iz tog razloga potrebno je obratiti pozornost na sakupljanje plodova odmah nakon otpadanja zbog smanjene mogućnosti kontaminacije patogenim gljivama, pravilno dostavljanje uzoraka u laboratorij u što kraćem vremenu i izbjegavati čuvanje plodova metodom "gole stratifikacije".

Nezaštićeno sjeme pitomoga kestena brzo će se osušiti te izgubiti na vitalnosti, a čak i pravilno skladišteno sjeme ne zadržava klijavost dulje od šest do osam mjeseci (Bonner 2008). Sjeme kestena potrebno je skladištiti u vlažnim uv-

jetima, kao što je dobro zatvorena plastična vrećica, te na temperaturi od 0 °C. Pritom je bitno izbjeći smrzavanje. Za plodove pitomoga kestena najbolji način čuvanja, od berbe do sjetve, je stratifikacija s medijem od pijeska (volumno 1:1) na temperaturi od +4 °C (Drvodelić 2011). Čak i pravilno skladišteno sjeme će u nekim slučajevima propasti, ponajprije radi razvoja truleži.

S obzirom na bogatu povijest uzgoja, kao i ponovno rastući interes za kestenovim plodom te drvom, za očekivati je kako će potreba za proizvodnjom kestenovih sadnica rasti. Uzme li se u obzir pojava patogena, kao što je *Cryphonectria parasitica*, uzgoj zdravih biljaka, kao i selekcija otpornijih klonova također je od velikoga značenja. Rezultati ovog istraživanja od velike su koristi u rasadničarstvu te se mogu primijeniti u proizvodnji biljaka iz sjemena, podloga za cijepljenje te daljnji uzgoj sadnica za uzgoj u nasadima.

ZAHVALE

ACKNOWLEDGEMENTS

Ovaj je rad financirala Hrvatska naklada za znanost projektom IP-2018-01-1295: "Od terena do nasada: karakteristike i prilagodljivost na stres prirodnih populacija pitomoga kestena i maruna".

LITERATURA

REFERENCES

- Anić, M., 1940: Pitomi kesten u Zagrebačkoj gori, Glas. šum. pokuse, 7: 103–312.
- Anić, M., 1942: O rasprostranjenosti evropskog pitomog kestena s osobitim obzirom na nezavisnu državu Hrvatsku i susjedne zemlje, Tiskara C. Albrecht (P. Acinger), 142 str., Zagreb.
- Anić, M., 1945: Pogledi na šumsku vegetaciju Istre i susjednih zemalja, Šumar. list, 69: 13–23.
- Benedetti, S., M. González, E. García, I. Quiroz, 2012: An analysis of the physical and germination parameters of the sweet chestnut (*Castanea sativa*), Cien. Inv. Agr., 39 (1): 185–192.
- Bewley, J.D., 1997: Seed germination and dormancy, Plant Cell, 9: 1055–1066.
- Bonner, F.T., 1973: Storing Red Oak Acorns, Tree Planters' Notes, 24 (3): 12–13.
- Bonner, F.T., 2008: Chapter 4: Storage of Seeds, The Woody Plant Seed Manual, Department of Agriculture, Forest Service, 85–96 str., Washington.
- Čiçek, E., F. Tilki, 2007: Seed size effects on germination, survival and seedling growth of *Castanea sativa* Mill., J. Biol. Sci., 7 (2): 438–441.
- Clark, S.L., S.E. Schlarbaum, 2018: Effects of acorn size and mass on seedling quality of northern red oak (*Quercus rubra*), New Forest., 49: 571–583.
- Conedera, M., M.C. Manetti, F. Giudici, E. Amorini, 2004: Distribution and economic potential of the sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) in Europe, Ecol. Medit., 30: 179–193.
- Connor, K.F., S. Sowa, 2003: Effects of desiccation on the physiology and biochemistry of *Quercus alba* acorns, Tree Physiol., 23: 1147–1152.
- Delard, C., M. González, O. Ortiz, M.P. Molina, C. Lopez, 2007: Producción de plantas forestales, U: Benedetti et al. (ur.), Castaño madera de alto valor para Chile, INFOR, 157–187, Santiago.
- Don, R., 2003: ISTA (International Seed Testing Association): ISTA Handbook on Seedling Evaluation 3rd Edition, Bassersdorf.
- Drvodelić, D., 2010: Značajke sjemena i rasadnička proizvodnja nekih vrsta roda *Sorbus* L., Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Drvodelić, D., 2011: Razmnožavanje pitomog kestena iz sjemena, Gospodarski list: 52–53.
- Drvodelić, D., S. Mikac, M. Oršanić, I. Anić, 2012: Effects of ph concentrations on germination and development of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) seed. U: M. Saniga, S. Kucbel, P. Jaloviar (ur.), Pestovanie lese v strednej Európe, Technická univerzita vo Zvolene, 233–245, Zvolen.
- Drvodelić, D., T. Jemrić, M. Oršanić, 2015: Oskoruša: važnost, uporaba i uzgoj. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, 182 str., Zagreb.
- Drvodelić, D., T. Jemrić, M. Oršanić, 2019: Jarebika (*Sorbus aucuparia* L.): važnost, uzgoj i uporaba. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, 166 str., Zagreb.
- Fernández-López, J., R. Alía, 1998: Chestnut (*Castanea sativa* Mill.). U: J. Turok, J. Jensen, Ch. Palmberg-Lerche, M. Rusanen, K. Russell, S. de Vries, E. Lipman (ur.), Noble Hardwoods Network: Report of the third meeting, IPGRI, 21–27 str., Sagadi.
- Fernández-López, J., R. Alía, 2003: Technical Guidelines for genetic conservation and use for chestnut (*Castanea sativa* Mill.), EUFORGEN International Plant Genetic Resources Institute, 6 str., Rim.
- Glišić, M., 1975: Pitomi kesten (*Castanea sativa* Mill.) u Srbiji i njegov biološki i ekološki varijabilitet, Institut za Šumarstvo i drvnu industriju, 211 str., Beograd.
- Gosling, P., 2007: Raising trees and shrubs from seed: practice guide, Forestry Commission, 28 str., Edinburgh.
- Herman, J., 1971: Šumarska dendrologija, Stanbiro, 470 str., Zagreb.
- Institut za ispitivanje kljavosti, Hrvatski šumarski institut, 2019: Laboratorij za ispitivanje šumskog sjemena (LIS), Jastrebarsko. URL: <http://www.sumins.hr/jedinice/laboratorij-za-ispitivanje-sumskog-sjemena/>
- Idžojić, M., 2013: Dendrologija – Cvijet, češer, plod, sjeme, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 672 str., Zagreb.
- Idžojić, M., M. Zebec, I. Poljak, J. Medak, 2009: Variation of sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) populations in Croatia according to the morphology of fruits, Sauteria, 18: 323–333.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2006: Chapter 5: The Germination Test, International Rules for Seed Testing, Edition 2006/1, Bassersdorf.
- Medak, J., 2009: Šumske zajednice i staništa pitomog kestena (*Castanea sativa* Mill.) u Hrvatskoj, Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Medak, J., M. Idžojić, S. Novak-Agbaba, M. Čurković-Perica, I. Mujić, I. Poljak, D. Juretić, Ž. Prgommet, 2009: Croatia. U: D. Avanzato (ur.), Following chestnut footprints (*Castanea* spp.) - cultivation and culture, folklore and history, traditions and use, Scripta Horticult. 9: 40–43.
- Novak-Agbaba, S., B. Liović, M. Pernek, 2000: Prikaz sastojina pitomog kestena (*Castanea sativa* Mill.) u Hrvatskoj i zastupljenost hipovirulentnih sojeva gljive *Cryphonectria parasitica* (Murr.) Barr., Radovi Šumarskog instituta, 35 (1): 91–110.

- Plant Health and Environment Laboratory, Investigation and Diagnostic Centres and Response, 2011: *Castanea* (Sweet Chestnut) and *Castanopsis* (Chinquapin) Post-Entry Testing Manual, Ministry for Primary Industries, 4–6 str., Auckland.
- Poljak, I., 2014: Morfološka i genetska raznolikost populacija i kemijski sastav plodova europskog pitomog kestena (*Castanea sativa* Mill.) u Hrvatskoj, Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Poljak, I., M. Idžojić, M. Zebec, N. Perković, 2012: The variability of European sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) in the region of northwest Croatia according to morphology of fruits, Šumar. list, 136 (9–10): 479–489.
- Poljak, I., M. Idžojić, Z. Šatović, M. Ježić, M. Ćurković-Perica, B. Simovski, J. Acevski, Z. Liber, 2017: Genetic diversity of the sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) in Central Europe and the western part of the Balkan Peninsula and evidence of maroon genotype introgression into wild populations, Tree Genet. Genomes, 13: 18.
- Poljak, I., N. Vahčić, M. Gačić, M. Idžojić, 2016: Morphological characterization and chemical composition of fruits of the traditional Croatian chestnut variety 'Lovran Marron', Food Technol. Biotechnol., 54 (2): 189–199.
- Pritchard, H.W., K.R. Manger, 1990: Quantal response of fruit and seed germination rate in *Quercus robur* L. and *Castanea sativa* Mill. to constant temperatures and photon dose, J. Exp. Bot., 41: 1549–1557.
- Regent, B., 1954: Prilog poznavanju uzgoja biljaka iz ploda pitomog kestena i maruna, Šumar. list, 78 (8): 379–386.
- Regent, B., 1957: O gubitku vlage i smanjenju klijavosti ploda pitomog kestena, Anali Instituta za eksp. šumarstvo JAZU, sv. II, 247–260 str., Zagreb.
- Regent, B., 1980: Šumsko sjemenarstvo, Jugoslovenski poljoprivredni šumarski centar - služba šumske proizvodnje, 201 str., Beograd.
- Romero-Rodríguez, M.C., A. Archidona-Yuste, N. Abril1, A.M. Gil-Serrano, M. Meijón, J.V. Jorrín-Novo, 2018: Germination and early seedling development in *Quercus ilex* recalcitrant and non-dormant seeds: targeted transcriptional, hormonal, and sugar analysis, Front. Plant Sci., 9: 1508.
- Rutter, P.A., G. Müller, J.A. Payne, 1991: Chestnuts (*Castanea*), Acta Hort., 290: 761–785.
- Serdar, U., I. Macit, 2010: New advances in chestnut growing in the Black Sea region, Turkey, Acta Hort., 866: 303–308.
- Solar, A., A. Podjavoršek, F. Štampar, 2005: Phenotypic and genotypic diversity of European chestnut (*Castanea sativa* Mill.) in Slovenia - opportunity for genetic improvement, Genet. Resour. Crop Ev., 52: 381–394.
- Stilinović, S., 1987: Proizvodnja sadnog materijala šumskog i ukrasnog drveća i žbunja, Univerzitet u Beogradu, 455 str., Beograd.
- Villani, F., M. Pigliucci, M. Lauteri, M. Cherubini, 1992: Congruence between genetic, morphometric, and physiological data on differentiation of Turkish chestnut (*Castanea sativa*), Genome, 35: 251–256.
- WSL, 1991: Versuchsgarten. Birmensdorf. 76 str.
- Young, J.A., C.G. Young, 1992: Seeds of woody plants in North America, 407 str., Portland.
- Zavišić, N., Ž. Rosić, T. Trubajić, 2014: Utjecaj tipa tla na morfološka svojstva sijanaca pitomog kestena (*Castanea sativa* Mill.), U: S. Marić, Z. Lončarić (ur.), Zbornik radova, 49. hrvatski i 9. međunarodni simpozij agronoma, Agronomski fakultet u Osijeku, 740–744. str., Osijek.

SUMMARY

The paper presents the results of laboratory germination testing and morphological characteristics of sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) seedlings. The research samples were collected in the sub-Mediterranean region of Croatia, and the working sample for germination testing was 8×25 seeds. Prior to germination testing, the seeds were stored in a refrigerator for three months at 3°C. The percentage of laboratory germination was established according to the percentage of regular seedlings which germinated normally after 27 days of testing. The testing was carried out in a laboratory under the conditions prescribed by ISTA (International Seed Testing Association). A digital photo camera was used to take photos of all abnormal seedlings, which were then catalogued with their pictures and descriptions. The results of this research are very useful for nursery practice and can be applied in producing plants from seeds, rootstocks for grafting, and further raising of seedlings to be grown in plantations.

KEY WORDS: sweet chestnut, seedling morphology, normal seedling, abnormal seedling, germination, forest nursery

ERRATA CORRIGE

1. U članku Ender BUGDAY*, Abdullah Emin AKAY (str.325-336) pravilan prijevod naslova članka treba glasiti kao u prilogu. Ispričavamo se zbog nastale greške tijekom recenzije članka.

**EVALUATION OF FOREST ROAD NETWORK
PLANNING IN LANDSLIDE SENSITIVE AREAS BY
GIS-BASED MULTI-CRITERIA DECISION MAKING
APPROACHES IN IHSANGAZI WATERSHED,
NORTHERN TURKEY**

**PLANIRANJE MREŽE ŠUMSKIH PROMETNICA U PODRUČJIMA
PODLOŽNIM KLIZIŠTIMA KORISTEĆI VIŠEKRITERIJSKI PRISTUP
ODLUČIVANJA TEMELJEN NA GIS-U U SLIVU IHSANGAZI U
SJEVERNOJ TURSKOJ**

2. U članku Dolenec, Z.: „Naseljavanje velike sjenice (*Parus major* L.) u mlade bjelogorične sastojine pomoću škrinjica za gniježđenje“ pri obradi slika, Slika 1. zaokrenuta je u vodoravan položaj, a treba biti okomita, kao što je u ovome prilogu. Ispričavamo se zbog ove nenamjerne greške.



Slika 1. Položaj škrinjica na drvu (Snimio: Z. Dolenec)

Figure 1. Nestboxes position on the tree (Photo: Z. Dolenec)

Napominjemo, da su obje greške odmah ispravljene na web stranici Šumarskoga lista.

MORSKI KULIK (*Charadrius alexandrius* L.)

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

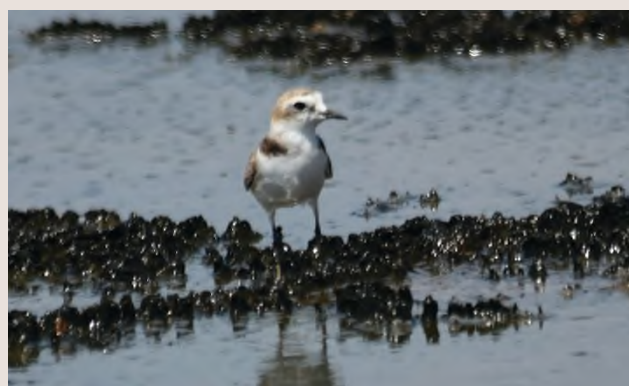
Opisano je pet podvrsta, od koji nominalna nastanjuje područje obala i djelomično kontinentalnog dijela unutrašnjosti Europe. Naraste u dužinu oko 15 cm s rasponom krila do 50 cm te ima do 40 – 60 grama težine pa ga po veličini možemo usporediti s vrapcem od kojega je neznatno veći. Boja perja leđa, krila, zatiljka glave i očne pruge je svijetlo sivkasta (svjetliji je od ostalih vrsta kulika) i dobro se stapa s bojom pijeska. Na prsima ima sivkastu prugu koja je nepotpuna i ne obavija vrat. Donji dijelovi tijela su potpuno bijeli. Mužjak u doba gniježđenja ima smečkastu boju perja na tjemenu. Kljun i noge su crni. Spolovi su međusobno slični. Glasanje mu je tiše u odnosu na ostale vrste kulika. Leti vrlo brzo i vješto, a na tlu brzo trči. Živi na obalama gotovo cijele Europe od Atlantika, Sjevernog, Sredozemnog i Crnog mora te djelomično kontinentalnog dijela. Vezan je za pjeskovita i šljunkovita područja plitkih morskih obala, solana, laguna, ušća rijeka i slaništa kontinentalnog

dijela. Gnijezdi jedan do dva puta godišnje od travnja do srpnja, pojedinačno ili u rahlim kolonijama. Gnijezdo koje je oskudno obloženo travkama gradi mužjak u malenom udubljenju u šljunku ili pijesku. Nase tri tamno žuta jaja koja su prošarana s tamnim mrljama. Veličina jaja je oko 35 mm. Na jajima sjede mužjak i ženka tri i pol do četiri tjedna. Mladi ptići su potrkusi o kojima se roditelji brinu oko četiri tjedna. Hrane se insektima, njihovim ličinkama, račićima, paucima i manjim mekušcima koje love na tlu, rjeđe ubadajući kljunom u mulj ili pijesak. U Hrvatskoj je rijetka gnjezdarica na području ušća Neretve, otoka Paga i sjeverne Dalmacije. U kontinentalnom dijelu kao preletnica vrlo je rijedak, zabilježen tek u okolici Bilja i Virovitice. Populacije naših gnjezdarica su stanarice, dok populacije sa sjevera Europe su selice koje zimuju na području obala Sredozemlja i Afrike do područja oko ekvatora.

Morski kulik je strogo zaštićena vrsta u Republici Hrvatskoj.



Boja perja tijela je svjetlija u odnosu na ostale vrste kulika



Karakteristična nepotpuna prsna pruga

ZAPISI IZ HRVATSKIH ŠUMA /2/ IZ SVIJETA GLJIVA HRVATSKIH ŠUMA

Dr. sc. Radovan Kranjčev

Gljive stapčare (Basidiomycota) sadrže veliku skupinu gljiva mnogorupičavki (Polyporales) s većim brojem porodica. Njihova su plodišta većinom čvrsta, a himenij ima mnogobrojne rupice na čijim površinama nastaju

spore. Najčešće ove gljive rastu na drugom drveću, živom ili mrtvom, kao trajni nametnici ili kao saprotrofi.

Među njima izdvajam dvije vrste koje danas poznamo kao rijetkosti u našim šumama.

Šuma primorskog bora na Pelješcu.

Iznad Kune Pelješke raste stara šuma primorskog bora (*Pinus pinaster* Aiton). Po mnogo čemu je zanimljiva svakom prirodnjaku koji je odlučio malo pozornije prošetati njezinim predjelima. Na Pelješcu je ova vrsta nazočna i na nekim drugim područjima.

Brzorastući primorski bor prepoznat ćemo među ostalim i po tome što su mu češeri neobično veliki (do 20 cm) i što dugo vremena ostaju zatvoreni. Njegove sjemenke su jestive i, prema vlastitim opažanjima, zadrže klijavost do 50 godina.

U jednoj prigodi dospio sam u tu šumu nakon jačeg nevremena kad se moglo na više mjesta otkriti izvaljene primjerke starih stabala, kako onih živućih, tako i odumrlih.



Sl. 1. Promjenjiva priljepnica iz šume primorskog bora na Pelješcu

Dolaskom do jednog takvog velikog izvaljenog odumrlog stabla opazio sam kako je na mjestu njegovog korjenovog čvora u tlu nastala velika šupljina, više od pola metra duboka. Međutim, na presjeku koji je nastao lomom drveta opazio sam površinu koja je bila sva bijela od plodišta neke gljive. Odvaljeni trupac izvana ničim nije pokazivao da se u njegovoj unutrašnjosti nalazi veliko plodište gljive.

Analizom uzorka i konzultiranjem podataka iz suvremene mikološke literature (Crvena knjiga gljiva Hrvatske), ustanovio sam da je riječ o rijetkoj i slabo po-

znatoj te strogo zaštićenoj gljivi, saprobiontu, promjenjivoj priljepnici (*Parmastomyces mollissimus* (Maire) Pouzar), porodica Fomitopsidaceae.

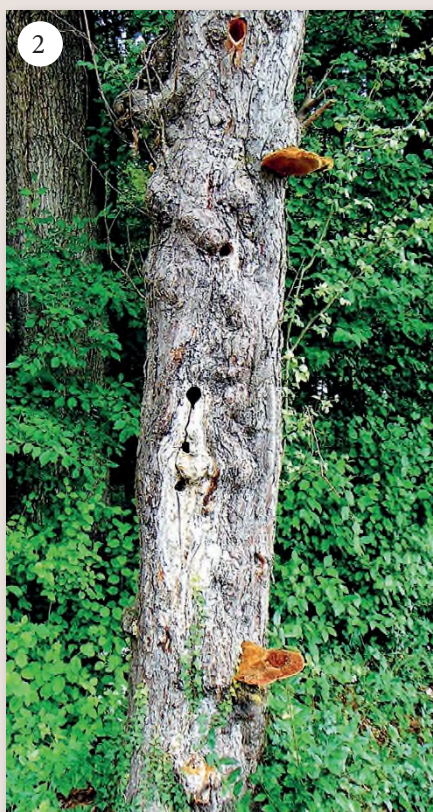
Gljiva je do sada ustanovljena u Hrvatskoj samo na jednom nalazištu kod Dubrovnika i u Crvenoj knjizi gljiva Hrvatske uvrštena je u kategoriju nedovoljno poznatih vrsta (DD.).

Šuma Repaš.

Uz rub šume i ceste koja spaja zgradu Šumarije Repaš i zaštićeni vodeni bazen baru Čambinu u Koprivničkom Prekodravlju, već dugo godina raste oveće stablo divlje jabuke (*Malus sylvestris* Mil.). Promjer debla iznosi oko 20 cm i već je napola trulo. Po prvi puta prije desetak godina, a drugi puta ove 2019. g. opazio sam na deblu nekoliko ovećih čvrstih i razmjerno velikih žutosmeđih plodišta gljive mnogorupičavke iz čijih se himenija istresalo mnoštvo žutosmeđih spora. Neka su se plodišta upravo ove godine razvila do svoje pune veličine.

Razmjerno lako sam ustanovio kako je riječ o rijetkoj gljivi šafranastoj mekoporki (*Hapalopilus croceus* (Pers.: Fr.) Donk), porodica Hapalopilaceae. U Crvenoj knjizi gljiva Hrvatske uvrštena je u kategoriju kritično ugroženih (CR) vrsta i poznata samo s još dva nalazišta (Zagreb, Vinkovci).

Pored primjeraka drugih voćkarica u šumi Repaš (divlja trešnja, divlja kruška) ovo staro stablo divlje jabuke udolmljava i ptice dupljašice. Na njemu su dva otvora djetlića.



Sl. 2. Divlja jabuka u Repašu s plodištima gljive šafranaste mekoporke

Sl. 3. Plodište šafranaste mekoporke

MEĐUNARODNA ASOCIJACIJA PRO SILVA OBILJEŽILA 30. OBLJETNICU OSNUTKA

Prijevod s engleskog jezika i obrada: Akademik Igor Anić



Pro Silva je europska organizacija koja promiče prirodno i potrajno gospodarenje šumama. Osnovana je 1989. godine u Sloveniji. Trenutno ima 22 punopravne članice. Među njima je Pro Silva Croatia, sekcija Hrvatskog šumarskog društva, osnovana 14. lipnja 2004. godine Odlukom 108. redovite skupštine Hrvatskoga šumarskog društva. Od 2018. godine pridružene članice Pro Silva su iz Sjedinjenih Država (Forest Stewards Guild, New England Forestry Foundation), iz Indije (ForEco India), iz Brazila (ACEF St. Catarina) i Kanade (Les Amis de la forêt Ouareau). Pro Silva vjeruje kako je to početak formiranja globalne mreže. U Pro Silvu je uključeno više od 5500 profesionalaca i vlasnika šuma koji promoviraju njezina načela kroz seminare i ekskurzije u sklopu europskog obrazovnog programa. Članovi se sve više uključuju i kao partneri u nacionalnim ili

međunarodnim istraživačkim projektima. Razvija se europska mreža primjernih šuma s najboljom praksom prirodnog gospodarenja.

Više od 100 sudionika iz 25 europskih zemalja i gost iz Sjedinjenih Američkih Država proslavili su 30. obljetnicu osnutka asocijacije Pro Silva u Radlju na Dravi, u Sloveniji, od 11. do 14. rujna 2019. godine. Okolica Radlje je među izvorštima prirodnog gospodarenja šumama, a obližnja šuma zaklade Pahernik jedan je od najboljih primjera takvog pristupa. Njome upravljaju lokalni šumari uz podršku Odjela za šumarstvo Biotehničkog fakulteta u Ljubljani.

Svečano otvaranje ovogodišnje skupštine obavljeno je u dvorcu Radlje. Sudionike je pozdravio gradonačelnik Alan Bukovnik, također član Pro Silve. Otvorena je izložba na temu razvoja prirodnog gospodarenja šumama. Ceremoniju su uveličala dva člana koji su nazočili utemeljenju Pro Silve prije 30 godina, Bela Varga (Mađarska) i Hubert Dolinšek (Slovenija).

Na konferenciji pod nazivom „Šume za budućnost – od znanosti prema ljudima“ međunarodni stručnjaci su pre-



Više od 100 sudionika iz 25 europskih zemalja i Sjedinjenih Američkih Država proslavili su 30. obljetnicu osnutka asocijacije Pro Silva u Radlju na Dravi, u Sloveniji, od 11. do 14. rujna 2019. godine. U delegaciji Pro Silva Croatia su bili akademik Igor Anić, predsjednik Pro Silva Croatia, Oliver Vlanić, dipl. ing. šum., predsjednik HŠD i mr. sc. Damir Delač, tajnik HŠD (foto E. Senitz)



U Dvorcu Radlje kamen temeljac budućeg Centra prirodnog i potrajnog gospodarenja šumama položili su Alan Bukovnik, gradonačelnik Radlje, Anton Lesnik, predsjednik Pro Silva Slovenija, dr. sc. Eckart Senitz, predsjednik Pro Silva i prof. dr. sc. Jurij Diaci, član UO Pro Silva (foto: O. Vlainić)

zentralni odnos šumarske znanosti i šumarske prakse. Državni tajnici slovenskog Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i hrane Damjan Stanonik i Ministarstva kulture dr. Tanja Kerševan Smokvina održali su pozdravne govore, a prof. dr. Klaus Puettmann sa Sveučilišta Oregon State izjavio je da je „prirodno uzgajanje šuma most koji spaja gos-

podarenje šumama kao ekosustavima s funkcijama šuma koje ispunjavaju ljudske potrebe: to je gospodarenje šumama koje čini ljude sretnima!„

Završna plenarna rasprava usredotočena je na glavna pitanja poboljšanja otpornosti europskih šuma. Terenske radionice održane tijekom sljedećih dana u obližnjim šumskim sastojinama i u gradskoj šumi grada Celje.

Na plenarnoj sjednici organizacije Pro Silva održanoj u dvorcu Radlje 14. rujna 2019. godine usvojena je Deklaracija Pro Silva 2019.

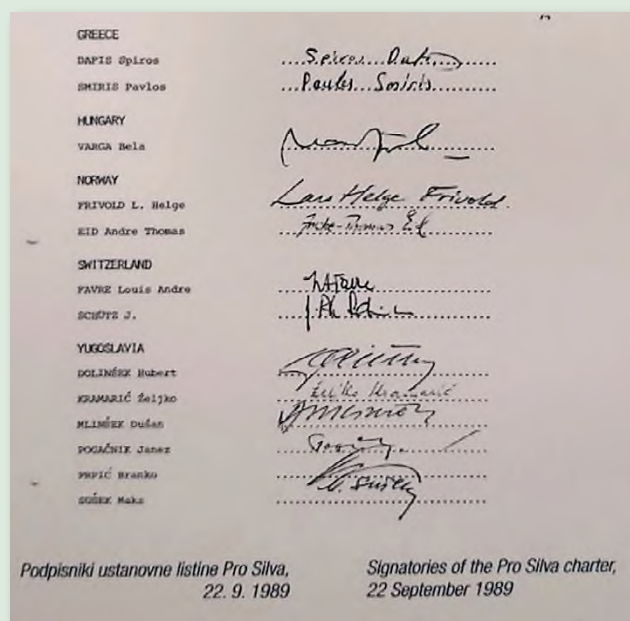
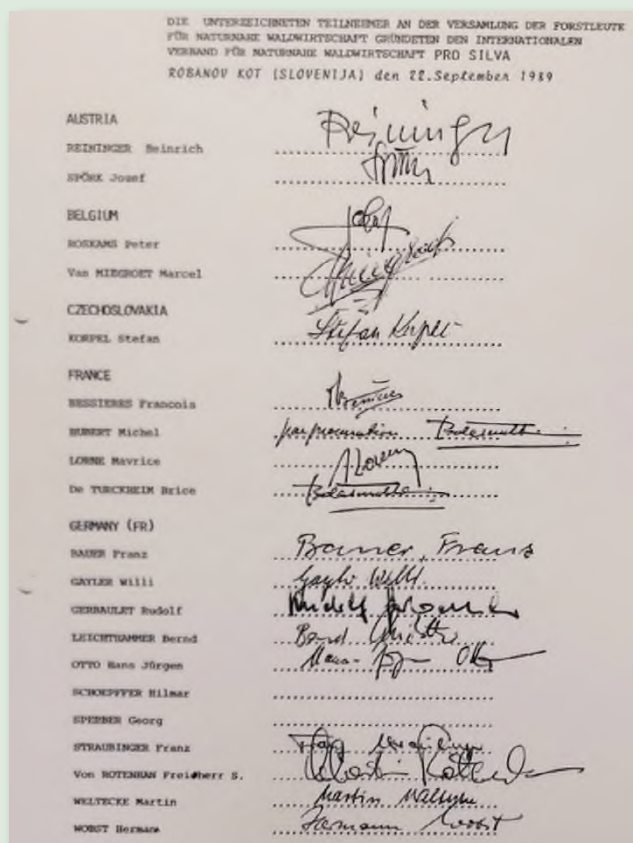
Pro Silva Deklaracija iz Radlje

Radlje na Dravi, 14. rujna 2019. godine „Europske šume su u opasnosti – nudimo rješenja“

Potkornjaci i suša uništavaju tisuće hektara šuma u Češkoj, Sjevernoj Austriji, Njemačkoj, Francuskoj, Belgiji i drugim zemljama. Ne umire samo obična smreka, već i jela, obični bor, bukva, jasen te druge vrste drveća.

Sažetak izvješća zemalja članica Pro Silve pokazuje da niz sušnih godina, kada godišnje oborine dosegnu 50-60% dugoročnih prosjeka, ima **dramatične učinke na europske šume**.

U smrekovim šumama sjevernog dijela središnje Europe posebice je izraženo prenamnoženje potkornjaka (npr. Češko-Moravsko gorje, Alzas, Njemačka). Višestruko je povećana učestalost šumskih požara u borovim šumama (npr. Brandenburg). Odumiru čak do jučer vitalne, stare bukove prirodne šume, posebice na bogatijim, vlažnim staništima (npr. Spessart, Alsace). Ni mlade hrastove sastojine ne



U dvorcu Radlje otvoren je muzej posvećen prirodnom gospodarenju šumama. Jedan od eksponata je potpisna lista sudionika osnivačke skupštine Pro Silva, održane 22. rujna 1989. godine u Robanovom kotu, Logarska dolina, u Sloveniji. Na listi su potpisi dvojice članova hrvatske delegacije, prof. dr. sc. Branimira Prpića i Željka Kramarića, dipl. ing. šum. (foto: O. Vlainić)

mogu podnijeti nagle promjene stanišnih uvjeta. Bolest jasena poprima katastrofalne razmjere. Dodajmo ovome i velike štete od vjetrolova u šumama važnih vrsta drveća južnih Alpa.

Kao rezultat svega, **tržište drvom** se urušilo. Niti izvoz u Kinu ne može šumarske tvrtke održati profitabilnima, a brojni mali šumoposjednici jednostavno odustaju od poslova.

Programi **revitalizacije šuma** se razvijaju u nekoliko europskih država članica. Snažni lobi konzervativnih šumarskih skupina želi nastaviti s postojećom praksom i održati *status quo*. Oni traže nastavak uporabe obične smreke koja će biti selekcionirana na suše stanišne prilike. Ali, bore se protiv nezaustavljivih prirodnih procesa. Epigenetički efekti su brža alternativa od klasičnog oplemenjivanja, čije rezultate treba čekati desetljećima. Prirodni procesi i prirodna obnova nude genetičku varijabilnost i evolucijsku prilagodbu. Priroda je uvijek pronalazila svoj put tisućama godina.

Ono što nam treba je korjenita **promjena modela** gospodarenja šumama. U šumarskoj praksi moraju se primijeniti znanstveno potvrđeni modeli stabilizacije šuma stvaranjem strukturiranih mješovitih sastojina temeljnih na dinamičkim procesima.

Ipak, trebali bi ostati otvoreni za „nove“ – alohtone vrste drveća i za uporabu vrsta drveća različitih provenijencija. U šumi se mora voditi „potpomognuta migracija“.

Sve velike površine koje su obešumljene posljedicama klimatskih promjena nije moguće pošumiti, jer nema dovoljno sadnica iz rasadnika, niti kvalificiranog osoblja za planiranje postupaka. Moramo kombinirati rjeđu sadnju glavnih vrsta drveća (500/ha) i prepuštanje prirodnoj sukcesiji. Moramo težiti stvaranju mješovitih sastojina raznodobne strukture i očuvanju šumskog tla.

Štete od divljači onemogućuju prirodno pomlađivanje i često dovode do uništenja glavnih vrsta drveća, kao što su obična jela i hrast. Sastojine se više ne mogu pomlađivati bez ograde i drugih pomagala. Odredbe o lovu moraju se izmijeniti, kako bi se omogućila kontrola populacije divljači i spriječila postupna degradacija šuma.

S obzirom da odumiru i šume u zaštićenim objektima prirode, zahtjev nevladinih udruga i zaštitara prirode za povećanjem takvih površina vodi u slijepu ulicu. Zbog posljedica klimatskih promjena i promjene ciljeva zaštite koncept **Natura 2000 mora se hitno izmijeniti**. Naše šume trebaju moderno upravljanje, orijentirano na prirodne procese, rast i razvoj najboljih vrsta drveća. Najvažnije pitanje u budućnosti bit će doznaka stabala u njezi sastojina. Zato su nam potrebni **kvalificirani** šumari u šumi, a ne u uredu **te stručni** šumski radnici!

Golemo značenje **općekorisnih funkcija** koje ispunjavaju europske šume u kombinaciji s potrebom za potrajnim pri-

dobivanjem drva, zahtijeva **integrativni pristup** u gospodarenju šumama koji promiče Pro Silva. **Šumarstvo je jedina djelatnost koja može uskladištiti ugljik** u procesu proizvodnje, s jedne strane u mrtvom drvu u šumi i u organskoj tvari šumskog tla, a s druge strane u kvalitetnim drvnim proizvodima za različite namjene. Ekonomski element koje se temelji na vezanju ugljika u biomasu, bit će jedan od najvažnijih u budućnosti, istodobno zamjenjujući materijale koji na različite načine potječu od fosilnih izvora (bioekonomija).

Pro Silva zahtijeva

Na svoju 30. godišnjicu Pro Silva zahtijeva aktivno gospodarenje šumama na potrajan i prirodi blizak način. Sve europske države potiču razvoj pravnog i financijskog okvira za provedbu prirodi bliskog gospodarenja šumama u državnim i privatnim šumama te šumama ostalih šumovlasnika. Međutim, to se može postići samo pod uvjetom da vlade promijene praksu lovnog gospodarenja i smjernice za lovstvo, kako bi se šume mogle nesmetano pomlađivati.

U trgovanju ugljikom prirodno gospodarenje šumama treba imati olakšice.

Pro Silva nudi impresivnu listu i mrežu šumarskih stručnjaka i znanstvenika u području koje se razvija tijekom 30



Pro Silva zagovara prirodno i potrajno gospodarenje šumama te preborno, raznodobnu i malopovršinsku sastojinsku strukturu (motiv iz preborne jelovo-smrekove šume Pahernikove zaklade na Pohorju, foto O. Vlanić)

godina. Deklaracije koje se mogu pročitati na web stranici www.prosilva.org mogu poslužiti kao smjernice za bolje upravljanje šumama u budućnosti. Nadalje, Pro Silva nudi mrežu oglednih šuma diljem Europe koje se mogu posjetiti i proučiti. Uz to, nudi najbolje strategije za očuvanje šuma.

Pro Silva želi dati novi impuls njihovoj primjeni na međunarodnoj konferenciji u Radlju pod nazivom „Šume za budućnost – od znanosti prema ljudima“. Pro Silva ulaže napore u bolju provedbu rezultata znanosti u praksi, kao i doprinos praktičara boljoj suradnji sa znanosti.

Podržavamo politiku borbe protiv klimatskih promjena na globalnoj razini, ali i mali korak kojim svaki pojedinac može doprinijeti.

Pro Silva – growing forests in the future – for more than 30 years

Our roots go back to years before 1900!

www.prosilva.net – www.forestconservation.eu

Dr. sc. Eckart Senitz, dipl. ing. šum.
Predsjednik Pro Silva

PROBLEMATIKA SUŠENJA POLJSKOG JASENA

Izlaganja objedinio i uredio mr. sc. Damir Delač

U sklopu obilježavanja Dana Hrvatskoga šumarstva i 12. Državnog natjecanja šumarskih radnika sjekača, 23. kolo-voza u Društvenom domu u Lipovljanima održan je Okrugli stol na temu „Problematika sušenja poljskog jasea“. Organizatori Stručnog skupa bili su Hrvatske šume d.o.o. i Hrvatsko šumarsko društvo.



Moderatorica skupa Irena Devčić pozdravila je sve nazočne, a posebice akademika Slavka Matića, zatim načelnika općine Lipovljani, ravnateljicu Hrvatskog šumarskog instituta dr. sc. Sanju Perić, predsjednicu HKIŠDT Silviju Zec, predsjednika HŠD-a Olivera Vlanića, predsjednika Udruženja šumara i tehničara Federacije Bosne i Hercegovine Refika Hodžića, profesore Šumarskog fakulteta, voditelje i zaposlenike Hrvatskih šuma d.o.o., članove Upravnog i Nadzornog odbora HŠD-a te ostale uvažene goste i predstavnike medija.

U ime organizatora skup su prigodno pozdravili predsjednik Hrvatskog šumarskog društva i u ime predsjednika Uprave HŠ d.o.o., voditelj UŠP Zagreb Damir Miškulin.



Oliver Vlanić



Damir Miškulin



Predsjednik UŠIT-a, Refik Hodžić, pozdravio je skup i uručio poklon domaćinima.



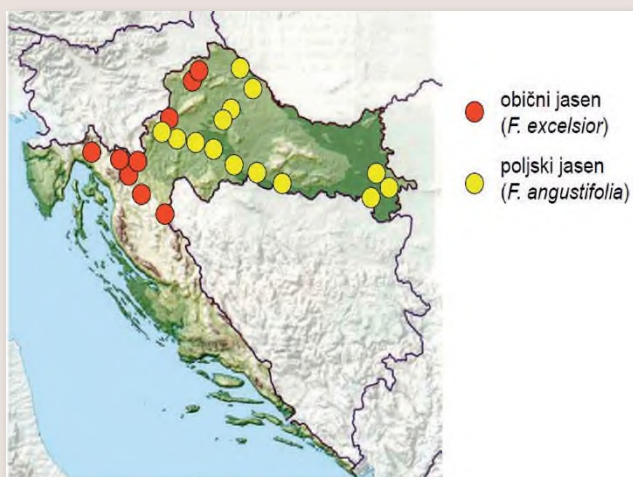
IZLAGANJA: ZDRAVSTVENO STANJE JASENA U HRVATSKOJ



Prof. dr. sc. Danko Diminić



Potvrđena prisutnost antraknoze i raka jasena (uzročnik *Hymenoscyphus fraxineus*) u Europi



Područja utvrđene prisutnosti antraknoze i raka jasena u Hrvatskoj



Hymenoscyphus fraxineus, antraknoze i rak jasena- simptomi bolesti
Nekroza lišća, kore i stanica drva





GJ Lonja, Odsjek 90 f, stablo 3

Osutost krošnje: 50 %

Visina stabla: 41 m

Opseg na 1.30 m:
118 cm



UZORKOVANJE OŠTEĆENIH STABALA

GJ Lonja, Odsjek 90 f, stablo 1

Osutost krošnje: 80 %

Visina stabla: 36m

Opseg na 1.30m: 154cm



Utvrđeni patogen:

Hymenoscyphus fraxineus

Neonectria punicea – saprotrof



Utvrđeni patogen:

*Hymenoscyphus
fraxineus*

Ilyonectria robusta
– patogen korijena



Utvrđeni patogen:

Ilyonectria robusta –
patogen korijena

Armillaria gallica



GJ Lonja 90f – stablo 4.

Osutost krošnje: 60 %

Visina stabla: 38 m

Opseg na 1.30 m:
186 cm



Utvrđeni patogen:

Hymenoscyphus fraxineus

Bjerkandera adusta – bijela trulež



Utvrđeni patogen:

Hymenoscyphus fraxineus



GJ Brezovica 44a – stablo 1.

Osutost krošnje: 40 %

Visina stabla: 31 m

Opseg na 1.30 m: 106 cm



Utvrđeni patogen:

Hymenoscyphus fraxineus



GJ Lonja 42a – stablo 5.

Osutost krošnje: 60%

Visina stabla: 27 m

Opseg na 1.30 m: 93 cm

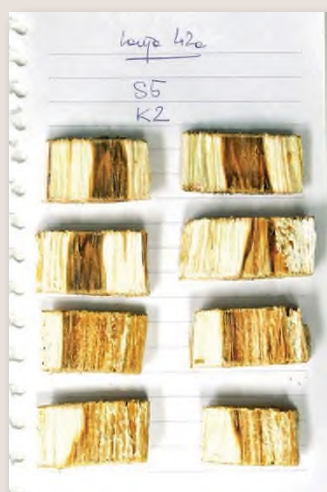


Utvrđeni patogen:

Hymenoscyphus fraxineus

Utvrđeni patogen:

Lentinus tigrinus – bijela trulež – poplavni ekosustavi

**OPĆA ZAPAZANJA*****Hymenoscyphus fraxineus***

Hysteroglyphum fraxini
Bionectria ochroleuca
Botryosphaeria stevensii
Fusarium spp.
Phoma spp.

Hymenoscyphus fraxineus - patogen kore i drvnih stanica

Ilyonectria robusta - patogen KORDENA

Eutypa lata - patogen drvnih stanica

Cadophora malorum - patogen drvnih stanica

Fusarium solani - patogen kore i drvnih stanica

Lentinus tigrinus - bijela trulež, poplavni ekosustavi

Armillaria gallica - patogen kore i bijela trulež

GJ Lonja 37b - stablo X., trulo**Utvrđeni patogen:**

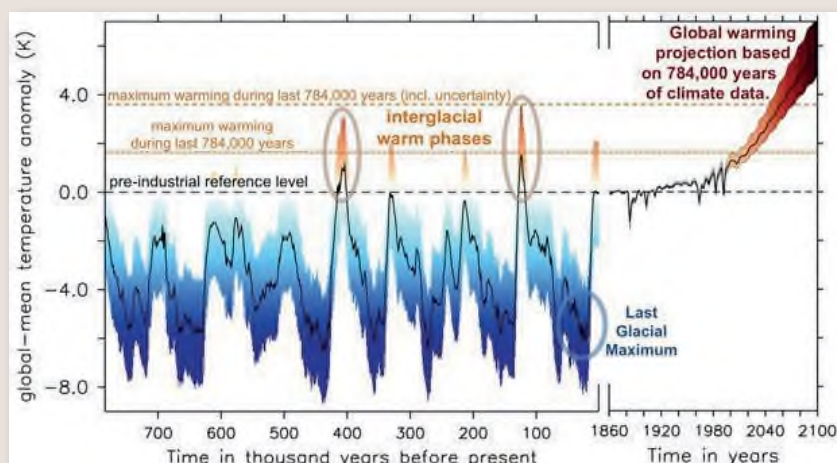
Lentinus tigrinus - bijela trulež - poplavni ekosustavi

Daldinia concentrica – saprotrof

**SANACIJA JASENOVIH SASTOJINA
ZAHVAĆENIH SUŠENJEM**

Doc. dr. sc. Stjepan Mikac

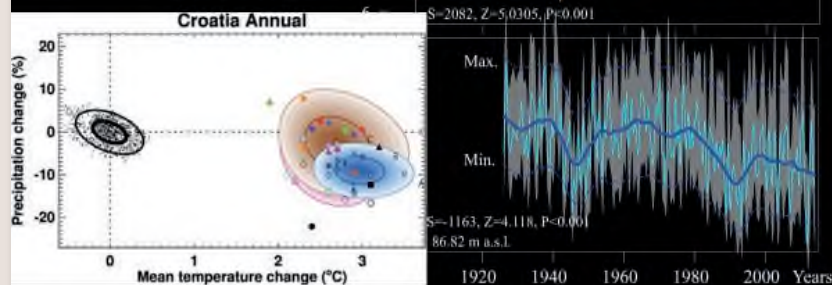
Globalno zatopljenje



Pritisci

- Pritisci na nizinske šumske ekosustave

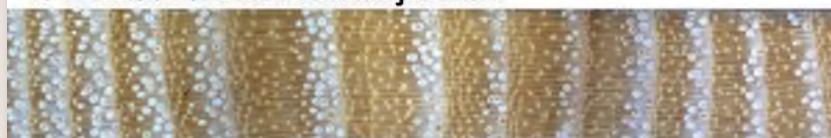
Povećanje temperature zraka
Povećanje ET
Pad razine podzemnih voda
Ekstremne poplave
Ekstremne suše
Biotski čimbenici (invazivne vrste)



Problematika

1. Klima (Oborine i temperatura)

1. O čemu ovisi rast stabala jasena?



2. Da li postoje razlike u mikrostaništima (bara, niza, greda)?



Jasen na
rubovima močvara
i bara

Jasenici
u nizama

Hrast i jasen
u nizama

Hrast, grab
i jasen na gredama

Problematika

1. Klima (Oborine i temperatura)

3. Da li poplave i suše utječu na rast jasena ?

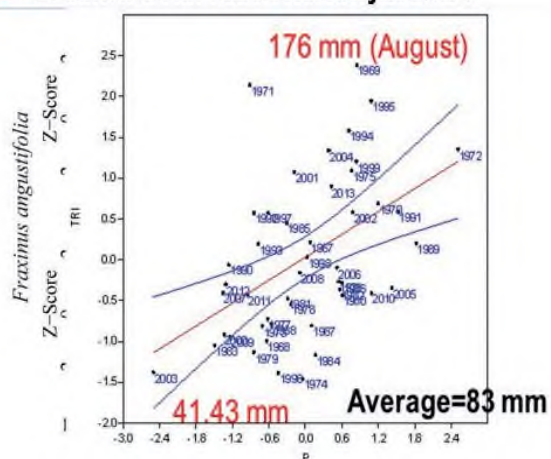


4. Da li su hidromelioracijski zahvati utjecali na rast jasena ?

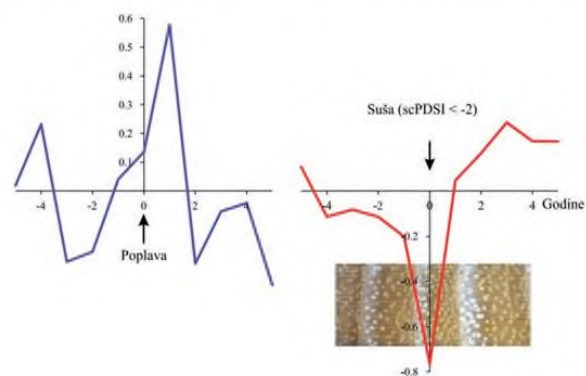


5. Dosadašnji način gospodarenja jasenom ?

1. O čemu ovisi rast stabala jasena ?

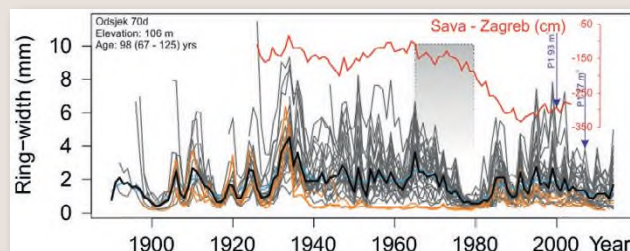
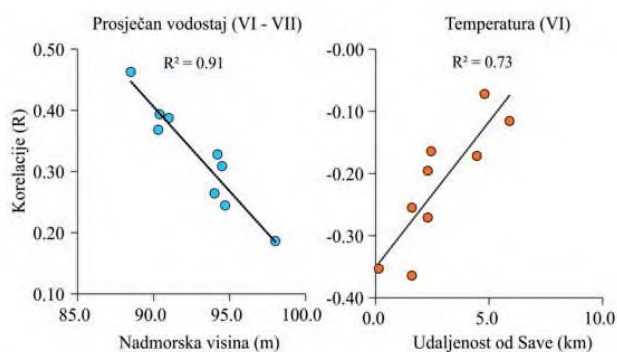


3. Da li poplave i suše utječu na rast jasena

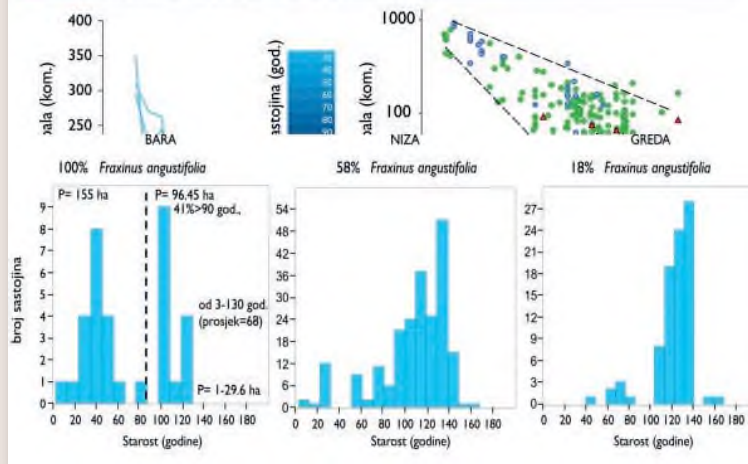


Utjecaj vodostaja Save na prirast jasena

2. Da li postoje razlike u mikrostaništima ?

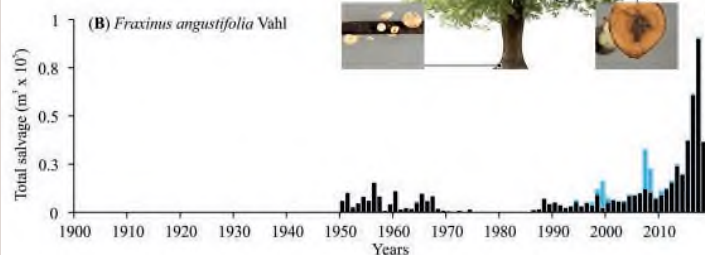


5. Gospodarenje šumama ?



Trenutno stanje

Hymenoscyphus fraxineus



Chalara fraxinea (HF)

1. Ekologija HF

Širi se tlom, vodom i zrakom (vjetar) 30 km/aod.



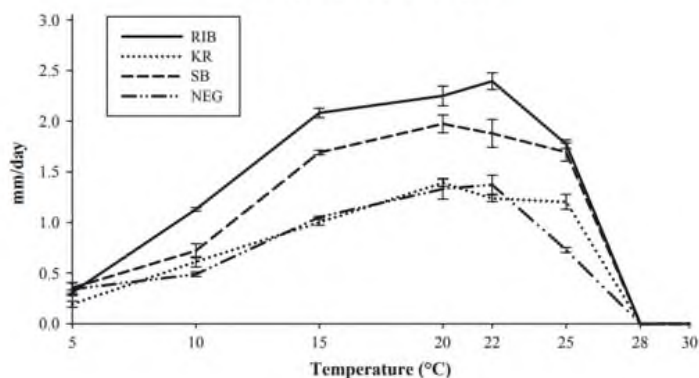
Highly susceptible	<i>Fraxinus excelsior</i>
	<i>Fraxinus angustifolia</i>
	<i>Fraxinus niger</i>
Moderately susceptible	<i>Fraxinus ornus</i>
	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>
Least susceptible	<i>Fraxinus americana</i>
	<i>Fraxinus mandschurica</i>



2. Inhibitori razvoja HF

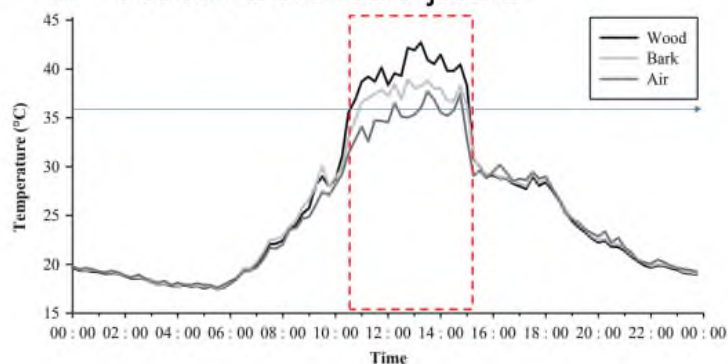
1. Temperatura zraka – utjecaj na rast micelija

T. Hauptman, B. Piškur, M. de Groot et al.

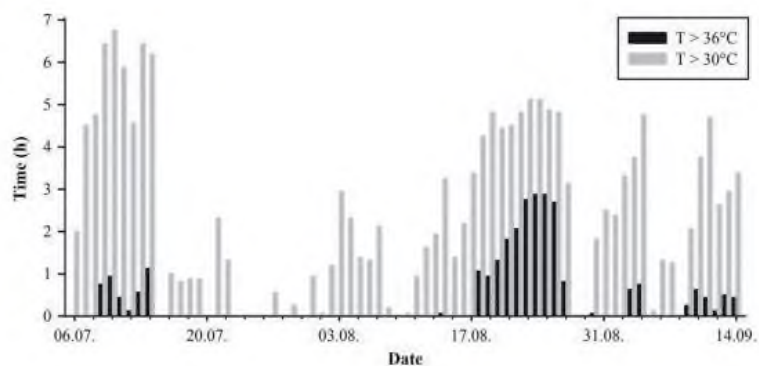


3. Inhibitori razvoja HF (36 C 5 h)

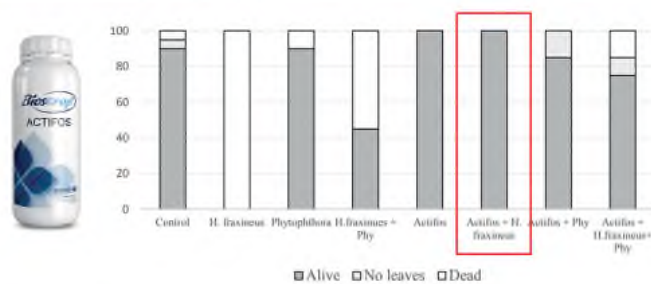
HW – tretman na sadnicama jasena



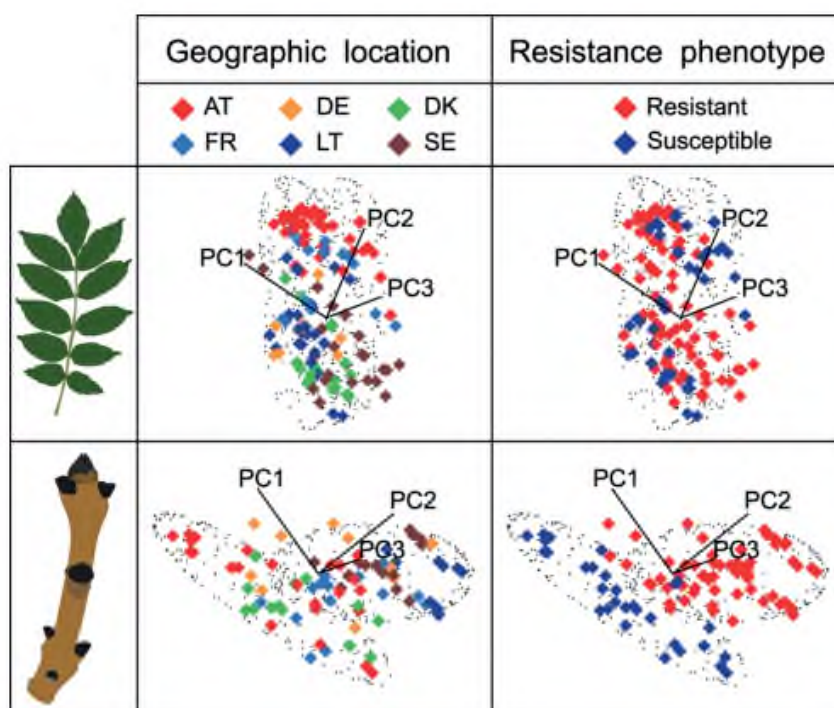
4. Inhibitori razvoja HF



5. Kurativa (Fosfati)



6. Genetika !!!!





Kako sanirati sastojine jasena ?

- Elaborat o sanaciji
- Detaljna analiza sušenja
- Identifikacija i zaštita otpornih stabala jasena
- Sječa odumrlih i zaraženih stabala
- Razrada sustava pridobivanja posječene drvene mase
- Odrediti vrste koje se mogu koristiti za privremenu sanaciju sastojina

Šuma veza i poljskog jasena	Mješovita šuma crne johe i poljskog jasena sa sremzom	Šuma poljskog jasena s kasnim	Šuma hrasta lužnjaka s velikom
SREDNJE UGROŽENO	SREDNJE UGROŽENO	JAKO UGROŽENO	SLABO UGROŽENO
Alnus incana, Populus alba, Ulmus leavis, Populus nigra, Prunus padus, Quercus robur, autohtone vrbe (<i>salix</i> sp.) i topole (<i>Populus</i> sp.) Količina 1000-1200 kom/ha (vrbe i topole 1/1) 3000-5000 kom/ha (2+0, 3+0, 2+1)	Alnus glutinosa, Prunus padus 3000-5000 kom/ha (2+0, 3+0)	Posavske provenijancije vrba stablašica (<i>Salix</i> sp.) i crne topole (<i>Populus nigra</i>), Alnus glutinosa 1000-1200 kom/ha (1/1)	Quercus robur, Alnus glutinosa 3000-5000 kom/ha (2+0, 3+0, 2+1)

- Provesti istraživanja o rezistentnosti odabranih genotipova
- Proizvesti sadnice poljskog jasena rezistentne na fitopatogeni organizam *Hymenoscyphus fraxineus*
- Pokrenuti masovnu proizvodnju genetski rezistentnih sadnica jasena (starosti 2 – 3 godine) te provesti šumskouzgojne postupke supstitucije i rekonstitucije privremeno saniranih sastojina. (HŠ)

HRVATSKO ŠUMARSTVO U SVJETLU KLIMATSKIH PROMJENA

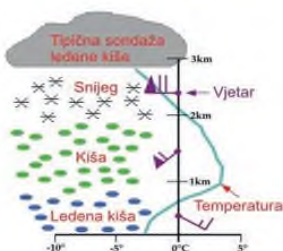


Mr. sc. Krešimir Žagar

KATASTROFALNE NEPOGODE U GORSKOM KOTARU

LEDOLOM 2014.

- ledena kiša - u razdoblju od 31.1. do 6.2.2014.
- UŠP Delnice
- zahvaćen visinski pojas od 400 do 1000 m/nm



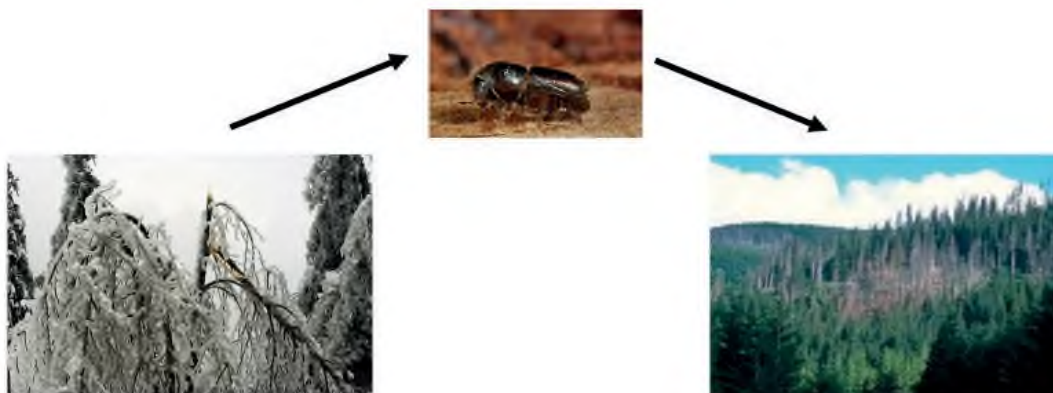
UŠP DELNICE



- Direktna šteta: izvale i lomovi stabala
- > 50 % stabala se prelomilo ili raskolilo
- > 15 % stabala se izvalilo
- Stradale vrste:
 - jela i smreka 198.000 m³
 - bukva 208.500 m³

Godina	Jela/smreka	Bukva	Σ
	m ³		
2014.	97.833,50	74.419,19	172.252,69
2015.	45.356,66	55.607,39	100.964,05
2016.	42.692,46	51.879,71	94.572,17
2017.	12.166,00	26.527,00	38.693,00
Σ	198.048,62	208.433,29	406.481,91

Indirektna šteta - pojava štetnika



SUŠENJE SMREKE U GORSKOM KOTARU



- najezda smrekovog potkornjaka nakon ledoloma 2014. godine na području UŠP Delnice
- 4.11.2016. i 2.3.2017. – Ministarstvo poljoprivrede izdaje Naredbu o poduzimanju mjera za sprječavanje širenja i suzbijanje štetnog organizma ***Ips typographus* (L.) – osmerozubi smrekov pisar**
- angažiranje Ministarstva poljoprivrede, Hrvatskih šuma, Šumarske inspekcije, Hrvatskog šumarskog instituta, Šumarskog fakulteta, Savjetodavne službe, privatnih šumoposjednika.
 - šteta na smreci u 2016. godini – cca **77.000 m³**
 - šteta na smreci u 2017. godini – cca **167.000 m³**
 - šteta na smreci u 2018. godini – cca **19.000 m³**

SUŠENJE SMREKE U GORSKOM KOTARU

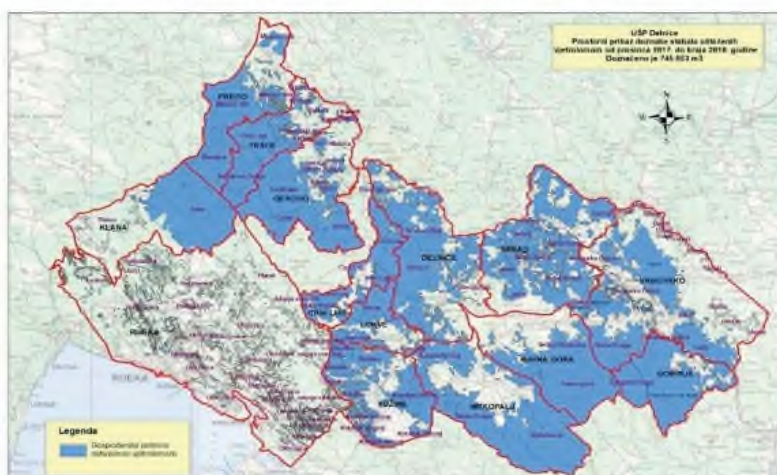
UŠP DELNICE	Drvena zaliha smreke	Učešće smreke u drvnoj zalihi	Sanitarna sječa smreke			
			2016.	2017.	2018.	Ukupno
	m ³	%	m ³			
Š. Crni Lug	100.125	7,0	4.373	6.951	663	11.987
Š. Delnice	155.661	5,7	9.248	22.974		32.222
Š. Fužine	94.608	5,8	2.091	7.234	2.300	11.624
Š. Geroovo	145.201	5,9	8.126	28.563	3.691	40.380
Š. Gomirje	159.812	9,5	1.351	3.743		5.094
Š. Klana	99.542	5,8	2.590	4.289		6.879
Š. Lokve	49.053	4,7	6.121	6.539	1.372	14.032
Š. Mrkopalj	524.422	14,7	4.491	8.924	385	13.801
Š. Prezid	410.250	21,8	9.567	15.717	5.010	30.294
Š. Rijeka	19.196	1,1	0	468		468
Š. Ravna Gora	301.965	12,1	1.793	1.110		2.903
Š. Skrad	202.216	8,5	9.704	23.307	1.528	34.539
Š. Tršće	306.285	20,2	14.726	32.625	3.978	51.329
Š. Vrbovsko	211.540	7,0	2.964	4.563		7.527
UKUPNO	2.779.876	9,5	77.146	167.007	18.927	263.079
<i>Površina sanitarne sječe (ha)</i>			4.121	7.297	2.926	14.344

VJETROIZVALE U GORSKOM KOTARU

- uslijed olujnog juga u prosincu 2017. godine (11/12. i 26. prosinca), te u listopadu 2018. godine
- na širem području Gorskog Kotara i Like
- Proglašenje elementarne nepogode za Primorsko - goransku županiju
- najveće štete na području UŠP Delnice
- izvaljeno > **1.300.000 m³** jele, smreke i bukve
- hitna sanacija - opasnost od pojave jelovih potkornjaka (u 2018. godini od jelovih potkornjaka napadnuto je 10.000 m³ jele)



VJETROIZVALE U GORSKOM KOTARU



SANACIJA VJETROIZVALA U UŠP DELNICE

Šumarija	Doznačeno				Posjećeno		
	2018.	2019.	nedoznačeno	Ukupno	2018.	2019.	Ukupno
	m ³				m ³		
Crni Lug	36.495	8.302		44.796	30.155	9.878	40.033
Delnice	95.198	20.147	28.309	143.654	59.982	25.814	85.796
Fužine	11.559	5.227	3.000	19.786	9.283	694	9.977
Gerovo	111.229	25.834	22.984	160.047	97.864	15.459	113.323
Gomirje	42.952	3.833	10.427	57.212	23.037	7.779	30.816
Klana	2.539	456	568	3.562	684	1.831	2.516
Mrkopalj	41.707	9.731	7.783	59.220	33.194	6.335	39.529
Prezid	85.030	13.430	11.440	109.900	63.732	7.856	71.588
Ravna Gora	55.128	14.777	74.926	144.831	45.796	11.560	57.356
Skrad	69.600	11.855	36.494	117.949	34.625	15.321	49.946
Tršće	23.459	1.860	9.299	34.618	19.556	0	19.556
Vrbovsko	138.240	13.902	102.962	255.104	72.910	39.641	112.550
Lokve	31.917	8.856	4.046	44.818	14.302	831	14.302
Ukupno	745.053	138.207	312.238	1.195.498	505.122	142.998	647.289



ŠUMSKI POŽARI U 2017. i 2018. GODINI

Prosjeak zadnjih 26 godina - 273 požara i 14.282 ha godišnje.
Rekordna 2000. godina - 706 požara i 68.171 ha.

2017. godina

- 328 požara na 48.543 ha.
- Prosječna opožarena površina 148 ha.
- Tri najveća požara > 3.000 ha (Sinj 3.618 ha, Benkovac 3.333 ha, Gračac 3.026 ha).

Šteta:

- * direktna (izgorjela drvena masa) – 10,5 mil. €
- * indirektna (izgubljene općekorisne funkcije šume) – 94 mil. €

2018. godina

- 54 požara na 1.506 ha.
- Prosječna opožarena površina 28 ha.

Šteta:

- * direktna (drvena masa i l. dobni razred) – 0,66 mil. €
- * indirektna (izgubljene općekorisne funkcije šuma) – 2,1 mil. €



SPREČAVANJE ŠTETA OD ŠUMSKIH POŽARA

- * Izgradnja protupožarnih prometnica i prosjeka.
- * Organiziranje motriteljsko - dojavne službe (101 čuvar šume i 328 sezonskih motritelja).
- * Uvođenje videonadzora u Dalmaciji 2018. godine - 92 kamere na 46 lokacija za rano otkrivanje te simulaciju širenja požara.
- * Šumsko-uzgojni radovi (njega, čišćenje, proreda sastojina, kresanje i uklanjanje granja).
- * Promotivno - edukativne aktivnosti.
- * Sanacija opožarenih površina:
 - * uklanjanje opožarene drvene mase,
 - * sadnja sadnica - crni, primorski, alepski bor, pinija, hrast medunac, crnika...



SUŠENJE BOROVA NA MEDITERANU

- Tijekom 2017. - pojava sušenja stabala bora (alepskog, crnog, primorskog) na području UŠP Split (u manjoj mjeri na ostalim mediteranskim UŠP).
- Uzrok - najezda borovih potkornjaka (najviše mediteranski potkornjak - *Orthotomicus erosus*).
- Angažiranje Ministarstva poljoprivrede, Šumarske inspekcije, Hrvatskog šumarskog instituta, Šumarskog fakulteta.



- Sanacija - doznačivanje i uklanjanje zaraženih stabala iz sastojina.
- U 2018. godini na području UŠP Split doznačeno je oko 2 000 m³ drvene mase, te je sanirano oko 100 ha sa simptomima zaraze mediteranskim potkornjakom.



HRASTOVA MREŽASTA STJENICA (*Corythuca arcuata*)

- Štetnik autohton na sjevernoameričkom kontinentu gdje ne čini veće gospodarske štete.
- U Europi se bilježi od 2009. godine.
- U Hrvatskoj primijećen 2013. godine (na području Spačve).
- Tijekom 2017. godine raširen čitavim arealom hrasta lužnjaka i kitnjaka.



Hrastova mrežasta stjenica (*Corythucha arcuata*)

- Smanjena asimilacijska površina lista.
- Fiziološko slabljenje stabala, mogućnost sušenja i odumiranja.
- Izostanak uroda žira (bez žira nema obnove šuma).
- Izostanak glavnog prihoda i proizvodnje najvrjednijih sortimenata.
- Manjak sirovine potrebne drvnj industriji – gospodarski problem.
- Izostanak prirasta stabala.
- Izostanak općekorisnih funkcija šuma.
- Javnozdravstveni problem – stjenica ubada ljude.



Hrastova mrežasta stjenica (*Corythucha arcuata*)

- Od pojave ovog štetnika vršimo praćenje i suzbijanje dostupnim sredstvima za zaštitu bilja.
- Tijekom 2017. godine:
 - Ministarstvo poljoprivrede izdaje Naredbu o sprječavanju širenja zaraze.
 - tretiranje u klonsko-sjemenskim plantažama atomizerima i pokusno tretiranje iz zraka na 400 ha (UŠP Vinkovci).
 - istraživački projekt Šumarskog fakulteta „Utjecaj novog invazivnog stranog štetnika - hrastove mrežaste stjenice (*Corythucha arcuata*) na zdravstveno stanje, urod, morfološke značajke i klijavost žira u šumskim sastojinama i klonskim sjemenskim plantažama i iznalaženje rješenja za njeno učinkovito suzbijanje”. (HŠ financiraju vlastitim sredstvima).

Tijekom 2018. godine nastavljeno je istraživanje štetnika, te provedeno suzbijanje aviotretiranjem na 1.300 ha (UŠP Vinkovci). Istražuju se i nove metode suzbijanja (npr. injektiranjem insekticida, postavljanjem kartonskih omotača i sl.)

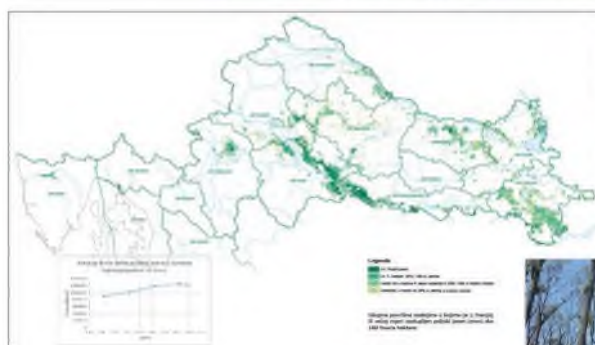


SUŠENJE POLJSKOG JASENA

- Trenutno najugroženija vrsta drveća u RH.
- Važna gospodarska i ekološka vrsta - zauzima specifična staništa i nema alternativu.
- Do prije desetak godina izuzetno vitalna šumska vrsta, obnavljala se bez većih problema.
- Sušenje najizraženije na nižim terenima (nize, bare)
 - povezanost s nemogućnošću ishrane
 - pliće korijenje u barama
 - uslijed ekstremnih suša i vrućina voda na najnižim terenima postala nedostupna
 - nakon uzastopnih sušnih godina stabla iscrpljena u borbi za život
 - povećana prisutnost jasenovih potkornjaka
 - patogena gljiva *Hymenoscyphus fraxinea* (Chalara).



RASPROSTRANJENOST POLJSKOG JASENA



ZASTUPLJENOST POLJSKOG JASENA U ŠUMAMA KOJIMA GOSPODARE HRVATSKE ŠUME

UŠP	Sastojine uređajnog razreda sjemenjača p. jasena		Sastojine uređajnog razreda sjemenjača hrasta lužnjaka u kojima p. jasen sudjeluje s 20 i više % u omjeru smjese		Sastojine ostalih uređajnih razreda u kojima p. jasen sudjeluje s 20 i više % u omjeru smjese		Sastojine različitih uređajnih razreda u kojima je poljski jasen zastupljen s manje od 20% u omjeru smjese		Sveukupno sastojine u kojima je zastupljen poljski jasen	
	Površina	Drvena zaliha poljskog jasena	Površina	Drvena zaliha p. jasena	Površina	Drvena zaliha p. jasena	Površina	Drvena zaliha p. jasena	Površina	Drvena zaliha p. jasena
	ha	m ³	ha	m ³	ha	m ³	ha	m ³	ha	m ³
Vinkovci	3.510	555.569	14.115	1.110.017	614	13.165	39.784	1.143.193	58.023	2.821.944
Osijek	1.686	143.642	613	27.424	1.240	56.744	5.587	95.725	9.126	323.535
Našice	2.245	331.012	4.481	356.186	493	38.660	13.706	333.073	20.925	1.058.931
Požega	0	0	0	0	30	856	45	255	75	1.111
Bjelovar	1.457	240.106	1.815	134.713	460	28.348	10.529	155.896	14.261	559.063
Koprivnica	1.219	206.845	825	70.764	510	44.354	6.957	96.521	9.511	418.484
Zagreb	6.323	803.858	5.822	572.328	500	41.196	10.614	276.964	23.259	1.694.346
Sisak	4.919	1.025.052	6.070	801.827	65	3.732	5.236	114.786	16.290	1.945.397
Karlovac	1.097	140.107	1.706	107.965	70	2.321	3.179	43.508	6.052	293.901
Buzet	289	48.299	603	79.481	66	3.299	64	2.236	1.022	133.315
Nova Gradiška	8.989	1.867.254	5.140	675.159	81	6.683	8.758	217.168	22.968	2.766.264
Ukupni zbroj	31.732	5.361.744	41.190	3.935.864	4.129	239.358	104.459	2.479.325	181.510	12.016.291

- istraživanje

- U tijeku provedba višegodišnjeg istraživanja - Šumarski fakultet u Zagrebu.
- Šumarski fakultet vrši dodatno ispitivanje prisutnosti Chalare na sjemenu, sadnicama te u stablima određenih sastojina (financiranje vlastitim sredstvima HŠ).
- Istraživanjem Šumarskog fakulteta 2018. g. dokazano je postojanje novih vrsta gljiva truležnica u korijenu stabala jasena, što uz poremećen režim poplavnih voda doprinosi masovnom sušenju stabala.

- obnova sastojina

- Doznačivanje i uklanjanje suhih i oboljelih stabala.
- Obnova sastojina sadnjom sadnica odgovarajuće vrste (hrast lužnjak, poljski jasen, crna joha, vrbe, topole).



ZAKLJUČAK

- Intenzivno pratiti stanje u nepogodom zahvaćenim područjima.
- Provoditi zahvate njege, doznake i sječe uz stručne upute.
- Obnovu provoditi kombinacijom odgovarajućih vrsta drveća.
- Intenzivirati znanstvena i stručna istraživanja uzročnika bolesti i postupaka sanacije, te primjenjivati stečena znanja i iskustva susjednih zemalja.
- Usko surađivati sa Šumarskim fakultetom, Hrvatskim šumarskim institutom, Hrvatskom komorom inženjera šumarstva i drvne tehnologije, Hrvatskim šumarskim društvom, Ministarstvom poljoprivrede, Ministarstvom zaštite okoliša i energetike, Državnim inspektoratom - šumarskom inspekcijom, te javnim ustanovama i medijima.



TERENSKI DIO



Šumarija Lipovljani Odjel/odsjek 72a

Osnova 2005-2014

Starost: 28 god. Uredajni razred: Poljski jasen iz sjemena Površina: 29,60 ha

Obrast: 1,22

Propis etata: 1184 m³ (prethodni prihod)

Osnova 2015-2024

Starost: 38 god. Uredajni razred: Poljski jasen iz sjemena Površina: 31,05 ha

Obrast: 0,98

Propis etata: 1459 m³ (prethodni prihod)

	2005-2014			2015-2024		
	h. lužnjak	p. jasen	Σ	h. lužnjak	p. jasen	Σ
Broj stabala N/ha		754	754	1	608	623
Drvena zaliha m ³ /ha		235	235	2	192	205
Drvena zaliha m ³		6957	6957	63	5966	6370
God.teč.pr. m ³ /ha		13,5	13,5	0,1	15,7	16,4

Užita drvena zaliha (poljski jasen)

Vrsta prihoda/god.	2005	2015	2016	2017	2018	Σ
Prethodni prihod m ³	1779					1779
Slučajni prihod m ³		321	217	69	635	1242
m ³ /ha	60,10	10,34	6,99	2,22	20,45	40,00



Šumarija Lipovljani Odjel/odsjek 72c

Osnova 2005-2014

Starost: 132 god. Uredajni razred: Poljski jasen iz sjemena Površina: 8,09 ha

Obrast: 0,52

Propis etata: 418 m³ (prethodni prihod)

Osnova 2015-2024

Starost: 142 god. Uredajni razred: Poljski jasen iz sjemena Površina: 6,41 ha

Obrast: 0,61

Propis etata: 1518 m³ (glavni prihod)

	2005-2014			2015-2024		
	h. lužnjak	p. jasen	Σ	h. lužnjak	p. jasen	Σ
Broj stabala N/ha		127	127	-	124	124
Drvena zaliha m ³ /ha		203	203	-	218	218
Drvena zaliha m ³		1646	1646	1	1394	1395
God.teč.pr. m ³ /ha		3,4	3,4	-	3,7	3,7

Užita drvena zaliha (poljski jasen)

Vrsta prihoda/god.	2006	2015	2018	Σ
Prethodni prihod m ³	418			418
Slučajni prihod m ³		182	330	512
m ³ /ha	51,67	28,39	51,48	79,88



Šumarija Lipovljani Odjel/odsjek 77e

Osnova 2005-2014

Starost: 120 god. Uređajni razred: Poljski jasen iz sjemena Površina: 2,95 ha

Obrast: 1,05

Propis etata: 0 m³ (prethodni prihod)

Osnova 2015-2024

Starost: 130 god. Uređajni razred: Poljski jasen iz sjemena Površina: 4,56 ha

Obrast: 1,23

Propis etata: 2063 m³ (glavni prihod)

	2005-2014			2015-2024		
	h. lužnjak	p. jasen	Σ	h. lužnjak	p. jasen	Σ
Broj stabala N/ha		321	321	-	331	353
Drvena zaliha m ³ /ha		352	352	1	408	416
Drvena zaliha m ³		1040	1040	3	1859	1898
God.teč.pr. m ³ /ha		8,5	8,5	-	7,1	7,3

Užita drvena zaliha (poljski jasen)

Vrsta prihoda/god.	2005	2015	2018	Σ
Prethodni prihod m ³	-			-
Slučajni prihod m ³		227	255	482
m ³ /ha		49,78	55,92	105,70



Šumarija Lipovljani Odjel/odsjek 70d

Osnova 2005-2014

Starost: 100 god. Uređajni razred: Poljski jasen iz sjemena Površina: 2,10 ha

Obrast: 1,05

Propis etata: 74 m³ (prethodni prihod)

Osnova 2015-2024

Starost: 110 god. Uređajni razred: Poljski jasen iz sjemena Površina: 2,48 ha

Obrast: 1,11

Propis etata: 1228 m³ (glavni prihod)

	2005-2014			2015-2024		
	h. lužnjak	p. jasen	Σ	h. lužnjak	p. jasen	Σ
Broj stabala N/ha		332	332	2	239	245
Drvena zaliha m ³ /ha		443	443	4	447	451
Drvena zaliha m ³		929	929	9	1108	1118
God.teč.pr. m ³ /ha		9,1	9,1	0,1	8,8	8,9

Užita drvena zaliha (poljski jasen)

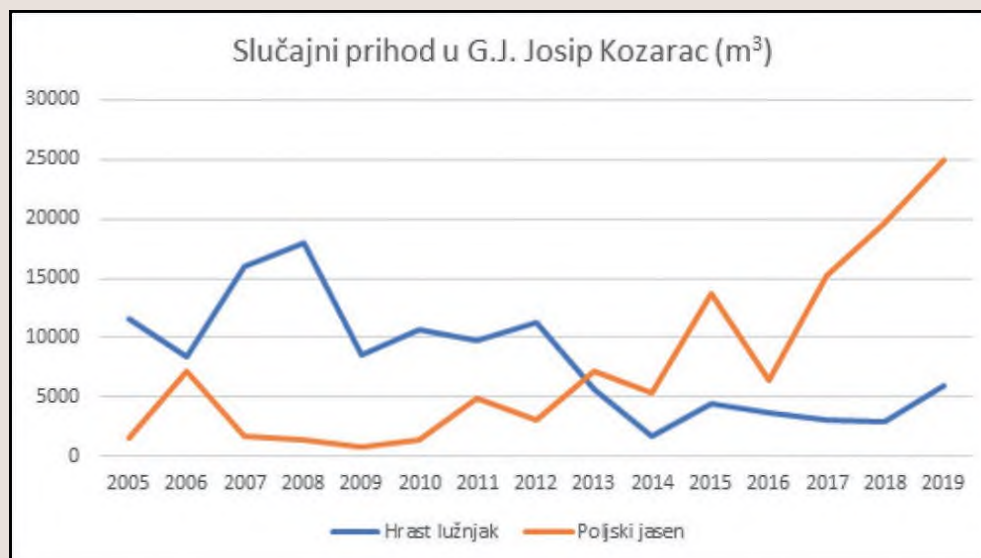
Vrsta prihoda/god.	2008	2014	2018	Σ
Prethodni prihod m ³	77	64		141
Slučajni prihod m ³			269	269
m ³ /ha			108,47	108,47

Slučajni prihod u razdoblju od 2005. do 2014. godine

Vrsta/god.	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	m ³									
Hrast lužnjak	11600	8400	16000	17900	8600	10700	9800	11200	5600	1700
Poljski jasen	1500	7100	1700	1400	800	1400	4900	3100	7200	5300

Slučajni prihod u razdoblju od 2015. do 2019. godine

Vrsta/god.	2015	2016	2017	2018	2019 (procjena)
	m ³				
Hrast lužnjak	4400	3700	3100	2900	6000
Poljski jasen	13700	6400	15200	19600	25000



Na svim površinama konstatirano je sušenje jasena i zakorovljenje amorfom na prekinutom sklopu.

Zaključak je da brzog rješenja za jasen danas nema, a da bi se on kao vrsta uopće sačuvao potrebna su opsežna znanstvena i stručna istraživanja. U trenutnim okolnostima zadatak je sačuvati staništa za što su potrebne brze odluke. Potrebno je donijeti strategiju gospodarenja jasenovim staništima u skladu s promijenjenim uvjetima te u skladu s time prilagoditi zakonodavni okvir, između ostalog i odrednice Nature 2000.

Simo Milković, dipl. inž. šum. (1927. – 2019.)

Mr. sc. Božidar Pleše



Vijest o smrti drage nam osobe s kojom smo na bilo koji način dijelili dio života nikada ne putuje sama. Uvijek je prate tuga i nelagoda, redaju se sjećanja i uspomene.

Simo Milković rođen je 1927. godine u Tobuliću. Šumarstvo je studirao na Poljoprivredno – šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Apsolvirao je na Šumarskom odjelu, šumsko – gospodarskom smjeru šk.god. 1953./54., a diplomirao 29. 07. 1954. godine.

Prvo zaposlenje dobio je u ŠG „Javornica“ Ogulin (od 1960. ŠG Ogulin), radeći pretežno na poslovima uzgoja, zaštite i uređivanja šuma.

U povodu 100. obljetnice organiziranog šumarstva na ogulinskom području, jedan je od organizatora uspješnog savjetovanja na temu gospodarenje šumama prebornog područja u Ogulinu.

Godine 1973. napušta operativu i odlazi u šumarsku inspekciju, najprije u Republički komitet za poljoprivredu i šumarstvo (1973. - 1980.) pa u Zajednicu općina Rijeka (1980. – 1990.) i na kraju u Ministarstvo poljoprivrede kao šumarski i lovni inspektor.

Bio je aktivan član Saveza šumarskih društava Hrvatske i suradnik Šumarskog lista.

Kao suradnik Šumarskog lista objavio je nekoliko radova:

- Prilog šumsko – proizvodnom vrednovanju tala na ogulinskom području (1966.god.)
- Sezonske promjene sadržaja vlage u tlu i mineralnih hranjiva iglica u kulturi običnog bora i američkog borovca (Š.L. 1967.god.)
- Gospodarski postupci u državnim prebornim šumama ogulinskog područja u svjetlu propisa osnove gospodarenja (Š.L. 1979. god.)

Kada sve prođe, godine, ljudi, ostaje mnogo više od sjećanja, a to je život i djelo našeg kolege Sime Milkovića.

Siminim odlaskom šumarska struka oprostila se od osobe koja je znala cijeniti šumu, ali i rad i red kolega koji s njome gospodare i upravljaju.

Dragi Simo, hvala ti za sva dobra koja si učinio tijekom svog života svojoj struci i kolegama s kojima si radio.

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 napisi o zaštiti prirode povezane uz šume, o obljetnicama, 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 elektroničkom adresom (E-mail). Stranice treba obrojčati.

Opseg teksta članaka može imati najviše 15 stranica zajedno s priložima, odnosno tablicama, grafikonima, slikama (crteži i fotografije) i kartama. Više od 15 stranica može se prihvatiti uz odobrenje urednika i recenzenata. 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 mjesta 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 abstrahirati 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 literature:

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

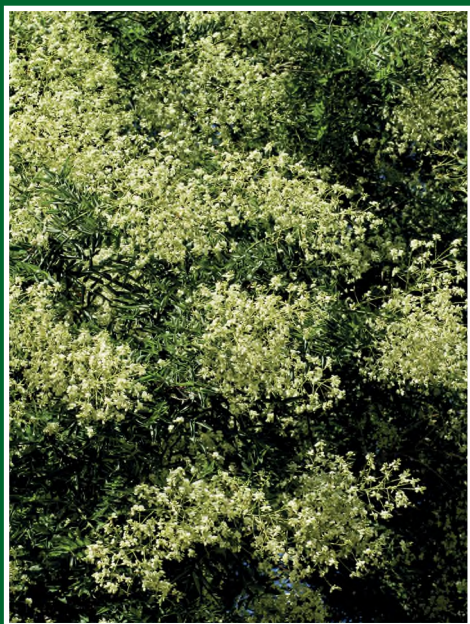
Book article: Last name, F, 2005: Title of the article or chapter, Title of the book, Publisher, p.–p. City of publication

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. Listovi su naizmjenični, 15–25 cm dugački, neparno-perasto sastavljeni od 7–17 liski; liske su duguljasto-jajaste, šiljastog vrha, 3–5 cm dugačke, cijeloga ruba. ■ **Figure 1.** Leaves are alternate, 15–25 cm long, odd-pinnately compound, containing 7–17 leaflets; each leaflet is oblong-ovate, acuminate at apex, 3–5 cm long, with entire margins.



Slika 2. Cvjetovi su dvospolni, leptirasti, bijeli, skupljeni u višecvjetne, 15–30 cm dugačke i široke metlice; cvjetanje je u srpnju i kolovozu; nakon cvjetanja brojne latice otpadaju na tlo. ■ **Figure 2.** Flowers are bisexual, papilionaceous, white, in many-flowered, 15–30 cm long and wide panicles; flowering in July to August; numerous flower petals fall to the ground after flowering.

Slika 4. Kultivar 'Pendula' je manje stablo visećeg habitusa. ■ **Figure 4.** The cultivar 'Pendula' is a small tree with a weeping habit.



***Styphnolobium japonicum* (L.) Schott – japanska sofora, pagoda-drvo (*Fabaceae*)**

Japanska sofora je listopadno, entomofilno, 15-25 m visoko drveće, široke, kuglaste krošnje i svjetlo sivkastosmeđe, izbrazdane kore. Izbojci su glatki, zeleni do maslinastozeleni, s uočljivim lenticelama. Za razliku od brojnih drugih mahunarki, nema sposobnost fiksacije dušika. Unatoč svome nazivu, japanska sofora je prirodno rasprostranjena u Kini i Koreji, a ne u Japanu. U Europu, odnosno Francusku, prvi je put unesena 1747. godine. Japanska sofora je atraktivno, ukrasno drveće sa sitnim, bijelim cvjetovima skupljenima u velike metlice. Cvjeta ljeti, nakon većine drugih vrsta drveća uočljivih cvjetova, a zatim se razvijaju zelene do žućkastozelene mahune. Vrsta je tolerantna na onečišćene gradske uvjete, vrućinu i sušu. Preferira srednje vlažno i dobro drenirano tlo te dobro raste na osunčanim ili djelomično zasjenjenim položajima. Različiti dijelovi biljke koriste se u tradicionalnoj kineskoj medicini. Japanska sofora je u Hrvatskoj često sađena vrsta drveća u parkovima i dvoredima. *Styphnolobium japonicum* je važeći znanstveni naziv, ali se još uvijek često koristi sinonim *Sophora japonica* L.

***Styphnolobium japonicum* (L.) Schott – Japanese Pagoda Tree, Pagoda Tree, Chinese Scholar Tree (*Fabaceae*)**

Japanese pagoda tree is a deciduous, entomophilous tree, 15-25 m height, with a broad, rounded crown and light gray-brown, furrowed bark. Twigs are smooth, green to olive green, with prominent lenticels. Unlike many other legumes, it isn't a nitrogen-fixing species. Despite its name, it is actually native to China and Korea (not to Japan). It was first introduced to Europe (France) in 1747. It is an attractive ornamental tree that produces very large panicles of small, white flowers in summer, after most other flowering trees. The flowers are followed by green to yellowish-green legumes. Japanese pagoda tree tolerates polluted urban conditions. It prefers medium-moist and well-drained soils. It grows in full sun or part shade and is heat and drought tolerant. Different plant parts are used in the traditional Chinese medicine. In Croatia Japanese pagoda tree is widely planted in parks and as a street tree. *Styphnolobium japonicum* is the accepted botanical name, however the synonym *Sophora japonica* L. is often used.