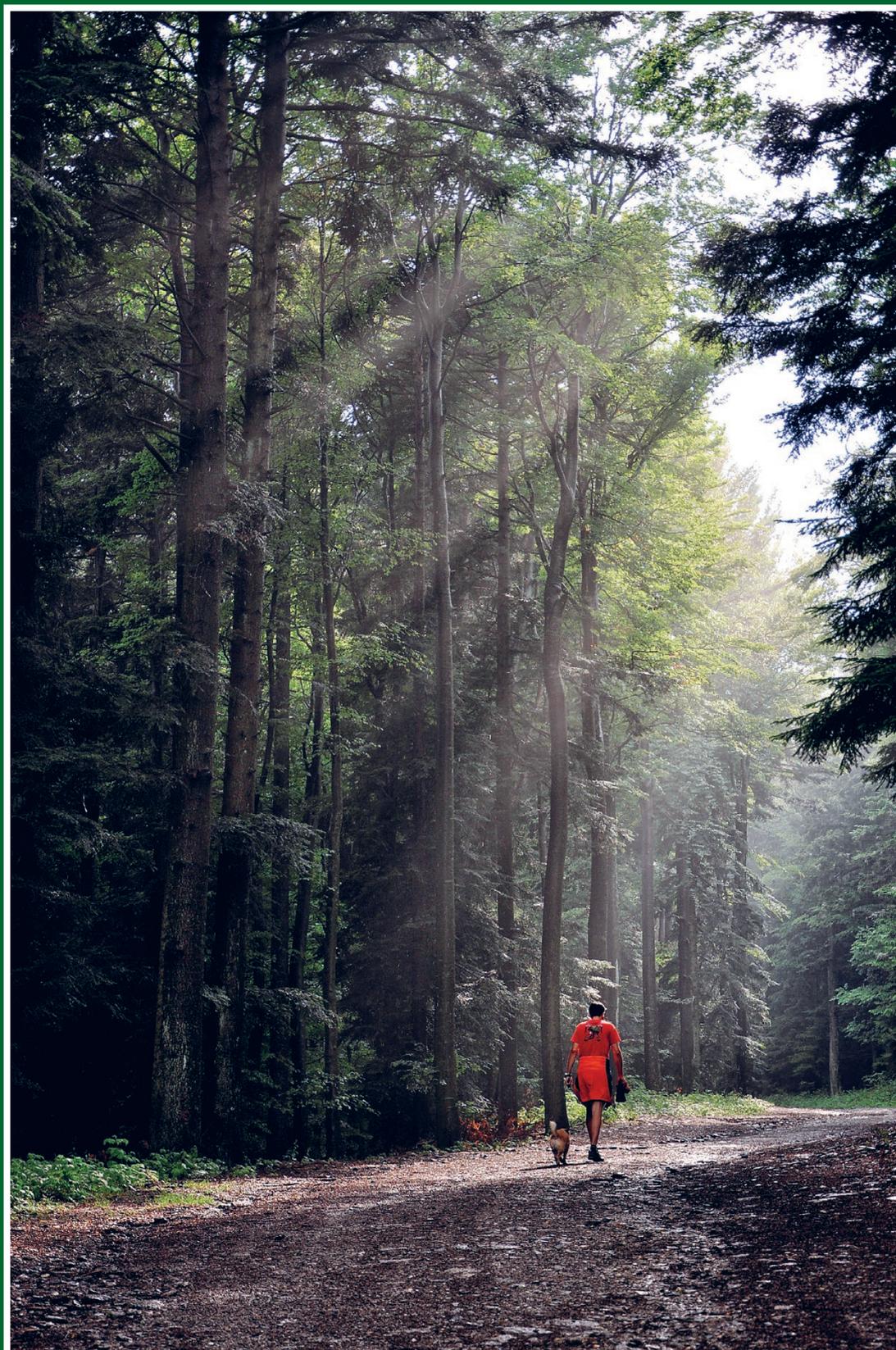


ŠUMARSKI LIST

HRVATSKO ŠUMARSKO DRUŠTVO



UDC 630*
ISSN
0373-1332
CODEN
SULIAB

3-4

GODINA CXLVI
Zagreb
2022



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
SEKCIJA ZA URBANO ŠUMARSTVO (FB)



AKADEMIJA ŠUMARSKIH ZNANOSTI



aktivna karta
Zagreb

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



www.sumari.hr

HRVATSKO ŠUMARSKO DRUŠTVO

176. godina djelovanja
19 ogranaka diljem Hrvatske
oko 2700 članova

IMENIK HRVATSKIH ŠUMARA

14040 osoba
22383 biografskih činjenica
14810 bibliografskih jedinica

ŠUMARSKI LIST

146. godina neprekidnog izlaženja
1105 svezaka na 84524 stranica
16209 članaka od 3232 autora

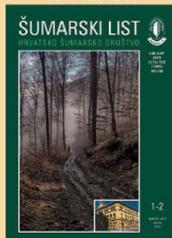
DIGITALNA ŠUMARSKA BIBLIOTEKA

4442 naslova knjiga, časopisa i medija
na 26 jezika od 3056 autora
izdanja od 1732. do danas

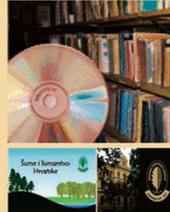
IMENIK HRVATSKIH ŠUMARA



ŠUMARSKI LIST



DIGITALNA BIBLIOTEKA



EFN HŠ ŠF HŠI
HKISD DHMZ



Naslovna stranica – Front page:

„Šetnja” – fotografija Bjelovarskog salona fotografija „Šuma okom šumara” (Foto: Irena Beuk)

“Stroll” – a photograph of the Bjelovar Photography Salon „The Forest Through the Eyes of a Forester” (Photo: Irena Beuk)

Naklada 1660 primjeraka

Uredništvo
ŠUMARSKOGA LISTA
HR-10000 Zagreb
Trg Mažuranića 11

Telefon: +385(1)48 28 359,
Fax: +385(1)48 28 477
e-mail: urednistvo@sumari.hr

Šumarski list online:
www.sumari.hr/sumlist

Journal of forestry Online:
www.sumari.hr/sumlist/en

Izdavač:
HRVATSKO ŠUMARSKO DRUŠTVO

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

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

1. 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. Željko Škvorc,**
Šumarska botanika – *Forest Botany*
- Doc. dr. sc. Krunoslav Sever,**
Fiziologija šumskoga drveća – *Physiology of Forest Trees*
- Doc. dr. sc. Igor Poljak,**
Dendrologija – *Dendrology*
- Prof. dr. sc. Davorin Kajba,**
Genetika i oplemenjivanje šumskoga drveća –
Genetics and Forest Tree Breeding
- Prof. dr. sc. Darko Bakšić,**
Šumarska pedologija i ishrana šumskoga drveća –
Forest Pedology and Forest Tree Nutrition
- Prof. dr. sc. Marijan Grubešić,**
Lovstvo – *Hunting Management*

2. Uzgajanje šuma i hortikultura – Silviculture and Horticulture

- Akademik Igor Anić,**
urednik područja – *Field Editor*
Silvikultura – *Silviculture*
- Urednici znanstvenih grana – *Editors of scientific branches:*
- Izv. prof. dr. sc. Damir Ugarković,**
Ekologija i biologija šuma, bioklimatologija –
Forest Ecology and Biology, Bioclimatology

- Doc. dr. sc. Sanja Perić,**
Šumske kulture – *Forest Cultures*
- Dr. sc. Vlado Topić,**
Melioracije krša, šume na kršu –
Karst Amelioration, Forests on Karst
- Izv. prof. dr. sc. Stjepan Mikac,**
Uzgajanje šuma – *Forest Silviculture*
- Doc. dr. sc. Vinko Paulić,**
Urbane šume – *Urban Forests*
- Prof. dr. sc. Ivica Tikvić,**
Opća i krajobrazna ekologija, općekorisne funkcije šuma –
General and landscape ecology, Non-Wood Forest Functions
- Izv. prof. dr. sc. Damir Drvodelić,**
Sjemenarstvo i rasadničarstvo –
Seed Production and Nursery Production
- Prof. dr. sc. Damir Barčić,**
Zaštićeni objekti prirode, Hortikultura –
Protected Nature Sites, Horticulture

3. Iskorištavanje šuma – Forest Harvesting

- Prof. dr. sc. Tomislav Poršinsky,**
urednik područja – *Field Editor*
- Urednici znanstvenih grana – *Editors of scientific branches:*
- Prof. dr. sc. Tibor Pentek,**
Šumske prometnice – *Forest Roads*
- Prof. dr. sc. Dubravko Horvat,**
Mehanizacija u šumarstvu – *Mechanization in Forestry*
- Prof. dr. sc. Tomislav Sinković,**
Nauka o drvu, Tehnologija drva –
WoodScience, Wood Technology

4. Zaštita šuma – Forest Protection

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

Urednici znanstvenih grana – *Editors of scientific branches:*

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

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

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

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

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

5. Izmjera i kartiranje šuma – Forest Mensuration and Mapping

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

Urednici znanstvenih grana – *Editors of scientific branches:*

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

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

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

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

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

Urednici znanstvenih grana – *Editors of scientific branches:*

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Glavni i odgovorni urednik – Editor in Chief

Prof. dr. sc. Josip Margaletić

Lektor – Lector

Dijana Sekulić-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* 686 + 463 (001)
<https://doi.org/10.31298/sl.146.3-4.1>
Janeš D., A. Đuka, I. Papa, T. Pentek, M. Moro, I. Žarković, T. Poršinsky
Pokazatelji primarne otvorenosti četiri reljefna područja šuma – Indicators of primary forest accessibility in different terrain categories 103
- UDK 630* 156 + 451 (001)
<https://doi.org/10.31298/sl.146.3-4.2>
Tomljanović K., M. Grubešić, D. Diminić, M. Poljak, J. Kranjec Orlović
Štete od jelena običnog (*Cervus elaphus* L.) u sastojinama Poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl) Srednje Posavine – Red deer (*Cervus elaphus* L.) damage on stands of narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl) of Middle Posavina. 117
- UDK 630* 423 (001)
<https://doi.org/10.31298/sl.146.3-4.3>
Arslan M., A. Ucar Turker, I. Tas, A. Birinci Yildirim, E. Ozkan
Determination of some phenolic substances in six different populations of Turkish hazel (*Corylus colurna* L.) leaves and comparison of phenolic fluctuation with water deficiency – Utvrđivanje fenolnih substanci kod šest različitih populacija Medvjede lijeske (*Corylus colurna* L.) i usporedba fluktuacije fenola u slučaju nedostatka vode 127
- UDK 630* 261 (001)
<https://doi.org/10.31298/sl.146.3-4.4>
Bugday E.
A GIS based landslide susceptibility mapping using machine learning and alternative forest road routes assessment in protection forests – Mapiranje osjetljivosti na klizišta na temelju GIS-a korištenjem strojnog učenja i procjene alternativnih šumskih putova u zaštitnim šumama. 137

Prethodno priopćenje – Preliminary communication

- UDK 630* 148.2
<https://doi.org/10.31298/sl.146.3-4.5>
Dolenec Z.
Dates of arrival of the Eurasian golden oriole (*Oriolus oriolus* L.) in deciduous forest in relation to increase of local air temperature in NW Croatia – Datumi povratka vuge (*Oriolus oriolus* L.) sa zimovanja u bjelogorične šume Sjeverozapadne Hrvatske u odnosu na sve toplija proljeća 149

Pregledni članci – Reviews

- UDK 630* 641
<https://doi.org/10.31298/sl.146.3-4.6>
Bakarić M., I. Martinić, M. Šporčić, D. Mijoč, M. Landekić
Poduzetnička infrastruktura i poduzetništvo u šumarstvu Republike Hrvatske – mogućnosti i perspektive korištenja – Entrepreneurial infrastructure and entrepreneurship in forestry of Croatia – possibilities and perspectives. 153

Zaštita prirode – Nature protection

Arač, K.:

Patka kreketaljka (*Anas strepera* L)..... 161

Aktualno – Current news

Zec, S., I. Suša:

Projekt “Šume u rukama žena” ide naprijed 162

Knjige i časopisi – Books and journals

Meštrić, B.:

Neke znamenitosti u ličkim šumama

Mr. sp. Mandica Dasović, Renata Rudelić, dipl. ing. šum. 163

Iz HŠD-a – From the Croatian forestry association

Delač, D.:

Zapisnik 1. elektroničke sjednice Upravnog odbora Hrvatskog šumarskog društva 2022. godine 165

Delač, D.:

Zapisnik 1. elektroničke sjednice Skupštine Hrvatskog šumarskog društva 2022. godine..... 166

In memoriam

Novak Agbaba, S.:

Dr. sc. Miroslav Harapin (22.9.1929 – 17.2.2022.)..... 167

RIJEČ UREDNIŠTVA

DA LI I KAKO KORISTIMO BIOMASU KAO ENERAGENT?

Zbog Ruske agresije na Ukrajinu, a time i povezanih sankcija, ponovno smo svjedoci ovisnosti o fosilnim gorivima čija cijena raste u „nebo“, a sada je upitna i njihova dobavljaljivost. Možda će ova aktualna situacija ubrzati proces prelaska s fosilnih goriva na obnovljive resurse temeljene na energiji vode, vjetra i Sunca, termalnim izvorima i biomasi te u tom smislu napraviti više od svih klimatskih konferencija, jer strah od mogućnosti pomanjkanja energenata veći je od svijesti za očuvanjem zemlje od globalnog zatopljenja.

Tako bi ciljevi Glasgowske klimatske konferencije da se do 2030. godine staklenički plinovi smanje na 55 % mogli biti ostvareni i ranije.

Da se podsjetimo, glede zaštite prirode i okoliša, računa se da drvo kao energent za grijanje obiteljske kuće s 20 000 kWh godišnje, kod izgaranja ispušta 100 kg, plin 4 600 kg, a loživo ulje 5 600 kg CO₂, a da je zaposlenost kod korištenja drva kao energenta za istu količinu energije 1 : 9 u korist drva.

Šumarstvo svakako može pomoći s raspoloživom biomasom na proizvodnji toplinske i elektro energije. Ponovit ćemo kako se redovitom proizvodnjom uz realne redovite etate korištenje biomase koja je do sada ostajala u šumi, kao i povećanjem uzgojnih radova na čišćenju i njezi sastojina koji postaju isplativi kao novi proizvod koji na tržištu ima pristojnu cijenu, u bližoj budućnosti potencijali biomase kreću oko 4,5 milijuna tona godišnje, što je pak ekvivalent 2,2 milijuna tona nafte. Sa stručnog pak šumarskog gledišta, nije ni potrebno napominjati što bi ti sada isplativi radovi, koje često zapuštamo radi manjka financijskih sredstava, značili za kvalitetu šume, vrijednost njenih općekorisnih funkcija i osiguranja potrajnosti te napose izvršenje obveza iz Kyoto protokola i Gradečke deklaracije čiji smo potpisnici.

Jesmo li pisali o tome? Jesmo i to u više navrata. „Listajući“ Uvodnike iz ove rubrike nailazimo na tu temu upravo pod istim naslovom ovog Uvodnika i to u Uvodniku iz dvobroja 7-8/2010. U prethodnom pasusu naveli smo i nekoliko podataka iz toga napisa. Spomenuta je i ekskurzija članova Hrvatskoga šumarskog društva na šumarsko-drnotehnoški sajam „Holzmesse“ u Klagenfurtu i „Interforst“ u Münchenu. Oba su posvetila pozornost pridobivanju i korištenju šumske biomase. Godinama se u Našicama, u sklopu Hrvatskih dana biomase, održavao gospodarski skup na temu „Biomasa (električna i toplinska energija), bioplin i biogoriva“. Hrvatsko šumarsko društvo po pitanju bioenergije raspravljalo je na tematskim sjednicama Upravnog odbora, godišnjoj skupštini ili u okviru aktivnosti HŠD-ove sekcije Hrvatske udruge za biomasu. Ovdje možemo spomenuti i znanstveni skup na temu „Poljoprivreda i šumarstvo kao

proizvođači obnovljivih izvora energije“. Prodajemo drvenu sječku, a mogli bi energiju kao što to čine Austrijanci ili Nijemci – primjerice Austrijske državne šume imaju u vlasništvu 30 kogeneracijskih sustava i prodaju kWh kao gotov proizvod, a ne sirovinu. Spomenimo i znanstveni skup „Šume, vode i tlo najveće bogatstvo Republike Hrvatske“, gdje možemo nešto naučiti i o termalnim vodama, kojima moglo bi se reći također obilujemo.

Glede proizvodnje peleta u znanstvenom članku Domac, J. i dr., saznajemo nešto više o razvoju domaćeg tržišta peleta. U 2009. godini 8 naših proizvođača planiralo je proizvesti 212 100 tona peleta, a proizvelo je 92 000 tona, od čega je 98 % izvoz, a samo je 1 850 tona (2 %) prodano na domaćem tržištu. Osim ušteda i ekološki prihvatljivijeg načina grijanja u odnosu na klasično grijanje ogrjevnim drvom i ovdje je u pitanju zapošljavanje, posebno u domaćoj metalnoj industriji (peći, cjevovodi i sl.). Gdje je tu i Energetska strategija razvoja pita se autor?

Ako se sada mi upitamo što se promijenilo u zadnjih 12-ak godina, odgovor bi bez razmišljanja bio – nešto je, ali ne u dobrom smjeru. Na jednom skupu u Našicama, gost-gradonačelnik Güsinga (područje Gradišća) koji svoje potrebe za električnom i toplinskom energijom u potpunosti pokriva iz obnovljivih izvora energije dostupnih u svojoj regiji, proizvao je gradonačelnike gradova i načelnike općina, posebice iz ruralnih područja, naglasivši kako je korištenje biomase kao energenta u najvećoj mjeri njihova zadaća. Unatoč brojnim studijskim odlascima u regiju Gradišće, koja je jedna od najboljih europskih primjera energetske neovisnosti na lokalnoj razini, u Hrvatskoj se još nijedno, makar i malo mjesto, ne može pohvaliti takvim slučajem. 2011. godine imali smo se prilike uvjeriti kako švedski grad Östersund, s oko 50 tisuća stanovnika, koristeći biomasu iz okolice (50 % šumska biomasa, 30 % drveni otpad iz drvne industrije, 10 % iz starog namještaja i stolarije te 10 % iz treseta), čitavo desetljeće proizvodi toplinu i struju, čime pokriva čak 98 % od ukupno potrošene energije za 10 tisuća kućanstava. U Hrvatskoj su niknula kogeneracijska postrojenja koja koriste povoljne godišnje ugovore za dobavu sirovine i energetske poticaje za prodaju električne energije, a lokalna zajednica od toga ima malo koristi. Također se dio jeftine drvne sirovine pretvara u pelete, čime se uglavnom griju izvan granica Lijepe naše. Oba slučaja su povoljna uglavnom samo za vlasnike pogona i prodavatelje proizvedene energije i sirovine za sječku. Možemo se nadati da će sadašnja energetska kriza mjerodavnima razbistriti poglede i potaknuti ih da se pokrenu i krenu koristiti sve blagodati koje Hrvatska ima.

EDITORIAL

DO WE USE BIOMASS AS AN ENERGY SOURCE? IF SO, HOW DO WE USE IT?

The Russian aggression on Ukraine and the related sanctions have again confirmed our dependence on fossil fuels: not only is their price soaring, but their availability is also questionable. Perhaps the current situation will accelerate the process of transition from fossil fuels to renewables based on water, wind and solar energy, thermal resources and biomass. In this sense, it may do more than all those climate conferences, because the fear of energy shortages exceeds the awareness of the need to preserve the earth from global warming. Thus, the goals of the Glasgow Climate Conference to reduce greenhouse gases to 55 % by the year 2030 could be achieved ever earlier.

In terms of the protection of nature and the environment, it is calculated that wood as an energy source for heating a family house with 20,000 kWh annually emits 100 kg CO₂ during combustion, gas emits 4,600 kg CO₂, and fuel oil emits 5,600 kg CO₂. Therefore, to generate the same amount of energy, the odds are 1: 9 in favour of wood.

With its available biomass, forestry can definitely help in the production of heat and electricity. Let us emphasise: with regular production at realistic regular annual cuts, with the use of biomass, which has until now remained in the forest, and with more intensive silvicultural treatments of cleaning and tending of stands, which become profitable as a new product carrying a decent market price, the potentials of biomass in the near future reach about 4.5 million tons annually, equaling 2.2 million tons of oil. From a professional forestry standpoint, these currently profitable treatments, which we often neglect due to lack of financial resources, would have an immeasurable importance for the quality of the forest, the value of its non-market functions and the insurance of sustainability, and in particular for the implementation of the Kyoto Protocol and the Graz Declaration, whose signatories we are.

Have we already written about this topic? Yes, we have, on several occasions. Browsing the Editorials from this column, we come across this topic with the same title in the Editorial from double issue 7-8/2010. In the previous paragraph, we also provided some information from that article. The excursion of members of the Croatian Forestry Association to the forestry and wood technology fair “Holzmesse” in Klagenfurt and the “Interforst” in Munich was also mentioned. Both these trade fairs were dedicated to the procurement and use of forest biomass. A business conference focusing on the topic “Biomass (*electric and thermal energy*), Biogas and Biofuels” has for years been held in Našice within the Croatian Biomass Day. The Croatian Forestry Association has discussed the issue of bioenergy at the thematic meetings of its Managing Board, annual symposia or within the activities of the CFA's section Croatian Biomass Association. Let us also mention the scientific symposium “The production of renewable en-

ergy sources from agriculture and forestry”. We sell wood chips, but we could sell energy like the Austrians or the Germans do – for example, Austrian state forests own 30 cogeneration systems and sell kWh as a finished product, not a raw material. We can also mention the scientific conference “Forests, water and soil as the greatest wealth of the Republic of Croatia”, where we can learn something about thermal waters in which we also abound.

Regarding the production of pellets, the scientific article by Domac, J. et al, provides extensive information on the development of the domestic pellets market. In the year 2009, eight Croatian producers planned to produce 212,100 tons of pellets, but they only produced 92,000 tons, of which 98 % were exported and only 1,850 (2%) tons were sold on the domestic market. In addition to savings and a more environmentally friendly method of heating compared to conventional heating with firewood, it would also provide employment, especially in the domestic metal industry (stoves, pipelines, etc.). The author wonders: Where is the Energy Development Strategy?

If we asked ourselves what has changed in the past 12 years, the answer would undoubtedly be – something has changed, but things are not going in the right direction. At a gathering in Našice, the guest mayor of Güssing (Burgerland), who fully covers his electricity and thermal needs from renewable energy sources available in his region, called on mayors of cities and heads of municipalities, especially in rural areas, to make the use of biomass as an energy source their primary task. Despite numerous study visits to the Burgerland region, which is one of the best European examples of energy independence at the local level, no place in Croatia, even a small one, can boast of such a case. In 2011, we had the opportunity to see how the Swedish town of Östersund with about 50 thousand inhabitants, using biomass from the surrounding area (50 % forest biomass, 30 % wood debris from the wood industry, 10 % from old furniture and carpentry and 10 % from peat), had been producing heat and electricity for a decade, covering as much as 98 % of the total energy consumed by 10,000 households. Cogeneration plants have sprung up in Croatia, using favourable annual contracts for the supply of raw materials and energy incentives for the sale of electricity, but the local community has very little benefit from this. Moreover, part of the cheap wood raw material is turned into pellets, but these pellets are mostly used to heat inhabitants of other countries and not those of Our Beautiful Homeland. In both cases, it is only plant owners and sellers of produced energy and raw materials that are on the receiving side.

We can only hope that the current energy crises will clarify the views of those in charge and encourage them to start using all the wealth that Croatia has at its disposal.

POKAZATELJI PRIMARNE OTVORENOSTI ČETIRI RELJEFNA PODRUČJA ŠUMA

INDICATORS OF PRIMARY FOREST ACCESSIBILITY IN DIFFERENT TERRAIN CATEGORIES

David JANEŠ¹, Andreja ĐUKA^{1,*}, Ivica PAPA¹, Tibor PENTEK¹, Maja MORO¹, Ivan ŽARKOVIĆ¹,
Tomislav PORŠINSKY¹

SAŽETAK

Poznavanje značajki gustoće i prostornog rasporeda šumskih cesta različitih reljefnih područja olakšava daljnje procese planiranja i projektiranja budućih šumskih cesta. Istraživanjem su proučavani osnovni pokazatelji otvorenosti šuma primarnim šumskim prometnicama na uzorku od dvadeset gospodarskih jedinica raspodjeljenih u četiri reljefna područja, odnosno šumskih bioklimata: 1) Nizinskih šuma hrasta lužnjaka, 2) Brežuljkastih šuma hrasta kitnjaka, 3) Brdskih bukovih šuma te 4) Gorskih bukovo – jelovih šuma.

Postojeće i unaprijeđeno (na temelju idejnih trasa nultih linija) stanje primarne otvorenosti šuma dvadeset primjernih gospodarskih jedinica, provedeno je kroz analizu sljedećih pokazatelja: gustoću mreže šumskih cesta, geometrijsku srednju udaljenost privlačenja drva, faktor mreže šumskih prometnica te primarnu relativnu otvorenost. Za valorizaciju nehomogenosti površina istraživanih gospodarskih jedinica korišten je faktor razvedenosti šumske površine, a za razinu zahtjevnosti terena udjel površine s nagibom > 33 %.

Polučeni rezultati primarne otvorenosti šuma, ukazuju na sličnosti i razlike mreže šumskih cesta pojedinih reljefnih područja šuma, odnosno najveće vrijednosti gustoće cesta pojedinog šumskog bioklimata za izvrsnu relativnu otvorenost šuma. Ostvareni rezultati potvrđuju propisane vrijednosti ciljane gustoće cesta po reljefnim područjima (Pravilnik o provedbi mjere 4 »Ulaganja u fizičku imovinu«, podmjere 4.3. »Potpora za ulaganja u infrastrukturu vezano uz razvoj, modernizaciju i prilagodbu poljoprivrede i šumarstva«, tipa operacije 4.3.3. »Ulaganje u šumsku infrastrukturu« iz programa ruralnog razvoja Republike Hrvatske za razdoblje 2014. – 2020.), budući da primarna otvorenost veća od ciljanih vrijednosti ne daje značajne pozitivne učinke.

KLJUČNE RIJEČI: šumske ceste, bioklimat, planiranje, reljefna područja šuma, ArcGIS

1. UVOD INTRODUCTION

Cestovne mreže važan su dio infrastrukturnih sustava, koje pružaju i omogućuju osnovne usluge kretanja roba i ljudi između polazišta i odredišta (Heinimann 2021). Mrežu šumskih cesta potrebno je planirati, projektirati te izgraditi

na način da one omogućuju pristupnost šumi uz najmanje moguće troškove izgradnje i održavanja (Akay i dr. 2021, Dodson 2021, Naderializadeh i dr. 2020) zbog brojnih čimbenika (promet, različiti korisnici, utjecaj klimatskih prilika i vegetacije) koji utječu na stanje i uzrokuju oštećenja šumskih cesta (Erber i dr. 2021). Postojanje optimalne mreže

¹ Dr. sc. David Janeš, e-pošta: david.janes@unizg.sumfak.hr, doc. dr. sc. Andreja Đuka, e-pošta: andreja.duka@unizg.sumfak.hr, doc. dr. sc. Ivica Papa, e-pošta: ivica.papa@unizg.sumfak.hr, prof. dr. sc. Tibor Pentek, e-pošta: tiber.pentek@unizg.sumfak.hr, Ivan Žarković, mag. ing. silv., e-pošta: ivan.zarkovic@unizg.sumfak.hr, prof. dr. sc. Tomislav Poršinsky, e-pošta: tomlav.porsinsky@unizg.sumfak.hr, Zavod za šumarske tehnike i tehnologije, doc. dr. sc. Maja Moro, e-pošta: maja.moro@unizg.sumfak.hr, Zavod za procesne tehnike, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, Svetošimunska 25, HR – 10 000 Zagreb

* dopisni autor – *corresponding author*

šumske prometne infrastrukture jedan je od osnovnih preduvjeta suvremenog, kvalitetnog, integriranog i racionalnog gospodarenja šumskim ekosustavima (Gumus i dr. 2008, Pentek i Poršinsky 2012, Laschi i dr. 2019).

S obzirom da je ocjenu prostornoga rasporeda primarne prometne šumske infrastrukture teško prikazati samo jednim kriterijem, mnogi autori (Pentek 2002, Bumber 2011, Hayati i dr. 2012, Enache i dr. 2013, Đuka 2014, Krumov 2019) koriste slijedeće pokazatelje njihove procjene: 1) gustoću mreže šumskih prometnica (klasična otvorenost šuma), 2) postotak dostupne površine (relativna otvorenost šuma), 3) srednju geometrijsku udaljenost privlačenja drva te 4) međusobni teorijski razmak šumskih cesta.

Gustoća mreže šumskih prometnica često se koristi kao glavni i/ili jedini pokazatelj za opisivanje cestovne mreže te za procjenu pristupačnosti šumi određenog područja (Gumus i dr. 2008, Eastaugh i Molina 2011, Laschi i dr. 2019), ali ju je ipak potrebno iskazivati u kombinaciji sa srednjom udaljenosti privlačenja drva (Pentek i dr. 2004). Srednja udaljenost privlačenja drva pokazatelj je koji na određenoj šumskoj površini (odjelu, odsjeku, sječini) opisuje prosječnu udaljenost na kojoj se privlači drvo, tj. udaljenost od mjesta sječe stabla (panja) do mjesta sakupljanja drva (MacDonald 1999, Poršinsky 2005).

Relativna otvorenost šuma, kao kvalitativan pokazatelj analize otvorenosti šuma, predstavlja omjer prometnicama otvorene i ukupne površine šuma (Backmud 1966), gdje se otvorenom smatra ona površina, koja se nalazi unutar omeđene površine (pojasa otvaranja) koja prati tijek određene prometnice. Izvorno, Backmund (1966) je predložio da širina pojasa otvaranja bude jednaka teorijskom razmaku između šumskih cesta. Kasnije u istraživanjima, širinu pojasa otvaranja šuma autori modificiraju s obzirom na namjenu, ciljeve i potrebe istraživanja (Pentek i dr. 2016a).

Suvremeno gospodarenje šumskim resursima dovodi do povećane potrebe za primarnim i sekundarnim šumskim prometnicama, pri čemu izgradnja novih primarnih šumskih prometnica za cilj ima smanjenje srednje udaljenosti privlačenja drva (Zhixian i Zhili 1997) te u konačnici, troškova pridobivanja (privlačenja) drva (Hayati i dr. 2012). Navedenim je postojanje odgovarajuće mreže šumskih prometnica preduvjet održivom gospodarenju šumama i šumskim zemljištem (Abeli i dr. 2000, Abdi i dr. 2009, Rhee i dr. 2019). Međutim, za kvalitetno gospodarenje postojećim, kao i za planiranje budućih šumskih prometnica nužna je uspostava registra, odnosno katastra mreže šumskih prometnica, budući da se njegovim uspostavljanjem dobiva polazišna točka za analizu geometrijskih značajki šumskih cesta u različitim reljefnim područjima šuma (Papa i dr. 2015a, Papa i dr. 2015b).

Određivanje kvantitativnog i kvalitativnog stanja postojeće primarne šumske prometne infrastrukture kao i planiranje

budućih šumskih cesta u današnje vrijeme je nezamislivo bez primjene geografskog informacijskog sustava (GIS-a), čemu svjedoče i brojna istraživanja vezana uz šumsku prometnu infrastrukturu (Pentek 2002, Laschi i dr. 2016, Đuka i dr. 2017, Picchio i dr. 2018, Papa i dr. 2019, Đuka i dr. 2021). Primjenom GIS alata u kombinaciji sa dostupnim prostornim podacima moguće je razviti brojne modele primjenjive u šumarstvu, a posebice za analiziranje postojećeg stanja mreže šumskih cesta te planiranje trasa budućih šumskih cesta.

Cilj ovoga rada je određivanje primarne otvorenosti gospodarskih jedinica pojedinih reljefnih područja šuma. Uvid u stanje postojeće otvorenosti šuma pojedinih gospodarskih jedinica dat će smjernice o unapređenju (količini i položaju mreže primarne šumske prometne infrastrukture) obuhvaćenih šumskih bioklimata tj. reljefnih područja.

2. METODE ISTRAŽIVANJA RESEARCH METHODS

Analize primarne otvorenosti provesti će se unutar dvadeset gospodarskih jedinica (GJ), raspoređenih u četiri reljefna područja: 1) nizinsko (nizinske šume hrasta lužnjaka i poplavne šume), 2) brežuljkasto (brežuljkaste šume hrasta kitnjaka), 3) brdsko (brdske bukove šume) te 4) gorsko (jelove, bukovo-jelove te smrekove šume) područje. Podjela biljnih zajednica u bioklimata temeljena je na istraživanju Pilaša i dr. (2014).

Postojeća primarna otvorenost istraživanih GJ utvrdit će se temeljem vektorskih podataka o primarnoj šumskoj prometnoj infrastrukturi, dok će se za potrebe utvrđivanja unaprijeđenog stanja otvorenosti registar prometnica ažurirati idejnim trasama nultih linija šumskih cesta.

Radi lakšeg razumijevanja pokazatelja otvorenosti šuma, za valorizaciju nehomogenosti površina istraživanih GJ uslijed dislociranosti pojedinih ili grupa odjela/odsjeaka (što otežava suvislo primarno otvaranje) korišten je faktor razvedenosti šumske površine (Janeš 2021). Faktor razvedenosti površine GJ, određen je odnosom stvarnog opsega GJ i opsega kvadrata površine GJ, kao idealnog geometrijskog oblika na kojemu počiva teorijski model transporta drva (izraz 1).

$$f_{\text{r}\text{sp}} = \frac{O_{\text{gj}}}{O_{\text{kv}}} \quad (1)$$

gdje su:

- $f_{\text{r}\text{sp}}$ faktor razvedenosti šumske površine
- O_{gj} stvarni opseg GJ, m
- O_{kv} opseg kvadrata površine GJ, m

Dodatno, s obzirom na razinu zahtjevnosti terena GJ, iskazati će se i njihov udio površine sa nagibom > 33 %, koju metodološki obrađuju (Đuka i dr. 2015).

2.1. Određivanje gustoće primarne šumske prometne infrastrukture – *Determination of Primary Forest Road Density*

Za izračun gustoće primarnih šumskih prometnica koristiti će se odredbe Pravilnika o uređivanju šuma (NN 97/18, 101/18, 31/20, 99/21). »Postojeća i planirana gustoća primarne šumske prometne infrastrukture se iskazuje u km/1000 ha, a određuje se za ukupnu površinu GJ. Planirane šumske ceste predstavljene su idejnim trasama ucrtanima na osnovu odabrane inačice nulte linije, koje se planiraju izgraditi u idućem polurazdoblju. Duljina pojedine šumske ceste koja se uzima u obzir pri obračunu gustoće primarne šumske prometne infrastrukture određuje se na temelju osnovnog/eliminacijskog i posebnih/prostornih kriterija.« Navedene kriterije na primjerima najčešćih slučajeva, vizualiziraju i dodatno pojašnjuju Poršinsky i dr. (2017). Isti autori ističu da gustoća šumskih cesta dobiva na značenju u kontekstu operacije 4.3.3. »Ulaganja u šumsku infrastrukturu« Programa ruralnog razvoja Republike Hrvatske za razdoblje 2014. – 2020., gdje su propisane ciljane gustoće primarne šumske prometne infrastrukture za pripadajuće kategorije reljefnih područja šuma (nizinsko – 15 km/1000 ha, brdsko (prigrorsko) – 20 km/1000 ha, planinsko (gorsko) – 25 km/1000 ha te krško – 15 km/1000 ha).

U izračun gustoće primarne otvorenosti šuma obučanih GJ neće se uzimati u obzir javne i nerazvrstane ceste zbog sljedećih razloga: 1) Pojedine javne ceste zbog uskog zaštitnog pojasa te strmih i visokih pokosa na iskopnoj strani zasjeka, dubokih odvodnih jaraka kao i nemogućnosti spajanja sa sekundarnom šumskom infrastrukturom isključuju mogućnost formiranja pomoćnih stovarišta u njenom zaštitnom pojasu, zbog čega nije moguće ishoditi Elaborat privremene regulacije prometa (Pravilnik o sadržaju, namjeni i razini razrade prometnoga elaborata za ceste – NN 140/13) te 2) Neki od prisutnih sustava pridobivanja drva u hrvatskome šumarstvu pred mrežu primarnih šumskih prometnica, posebice pred spojeve sa sekundarnom infrastrukturom, stavljaju posebne zahtjeve (sidrenje šumskih vozila opremljenih sidreno-trakcijskim užem, postavljanje sidrišta za šumske žičare), a čijom bi uporabom bilo onemogućeno normalno odvijanje javnog prometa. Stoga u obračun otvorenosti primarne šumske prometne infrastrukture nisu uzeti segmenti na kojima se ne može privremeno formirati pomoćno stovarište te na kojima postoje ograničenja sukladno odredbama Zakona o cestama (NN 84/11, 22/13, 54/13, 148/13, 92/14, 110/19) i Zakona o sigurnosti prometa na cestama (NN 67/08, 48/10, 74/11, 80/13, 92/14, 64/15, 108/17, 70/19, 42/20) zbog čega su u obračun uzete samo šumske ceste.

Gustoća postojeće i unaprijeđene mreže šumskih cesta koristit će se i za izračun srednje teorijske udaljenosti privlačenja drva (Matthews 1942), prema izrazu 2.

$$s_t = \frac{2500}{g_c} \quad (2)$$

gdje su:

g_c gustoća šumskih cesta, m/ha

s_t srednja teorijska udaljenost privlačenja drva, m

2.2. Određivanje srednje geometrijske udaljenosti privlačenja drva – *Determination of the average geometric timber extraction distance*

Za izračun srednje geometrijske udaljenosti privlačenja drva koristit će se odredbe Pravilnika o uređivanju šuma (NN 97/18, 101/18, 31/20, 99/21). »Postojeća i planirana geometrijska (euklidska) udaljenost privlačenja drva, određena metodom pravilne mreže točaka (razmaka 10×10 m), kvalitativno opisuje prostorni raspored primarne šumske prometne infrastrukture. Iskazuje se u metrima, kao prosječna vrijednost na razini GJ, odnosno kao srednja vrijednost na razini odsjeka.«

Geometrijska udaljenost privlačenja drva je najkraća udaljenost od zadane točke u prostoru do najbliže šumske ceste (Segebaden 1964). Isti autor, pomoću metode pravilne mreže točaka definira i srednju geometrijsku udaljenost privlačenja drva neke površine šuma, kao »aritmetičku sredinu geometrijskih udaljenosti privlačenja drva beskonačnoga broja točaka jednoliko raspoređenih predmetnom površinom, pri čemu svaka točka predstavlja beskonačno malu površinu«. Ovaj pokazatelj otvorenosti šuma, u sebi sadrži nepravilnosti: 1) oblika šumske površine te 2) mreže šumskih cesta. Bumber (2011) i Đuka (2014) navode da je euklidska udaljenost (izračunata putem računalnog programa ArcGIS, alat *Euclidean Distance* unutar alata *Spatial Analyst*) izuzetno dobar alat za određivanje prosječne geometrijske udaljenosti privlačenja drva na razini GJ, odnosno srednjih geometrijskih udaljenosti privlačenja drva pojedinih odjela/odsjeka. Isti autori, navode da euklidska udaljenost odgovara Segebadenovim (1964) temeljima određivanja srednje geometrijske udaljenosti privlačenja drva. Pentek i dr. (2016a) dodatno ističu da srednja geometrijske udaljenosti privlačenja drva izuzetno dobro vizualizira otvorena, nedovoljno otvorena i neotvorena šumska područja.

Postupak utvrđivanja srednje geometrijske udaljenosti privlačenja drva provest će se za postojeću, kao i za unaprijeđenu inačicu mreže primarnih šumskih prometnica primjernih GJ.

Uz navedeno, utvrdit će se i faktor mreže prometnica (izraz 3), koji je određen kao odnos (kvocijent) srednje geometrijske i srednje teorijske udaljenosti privlačenja (izraz 2), a uvažava postojeće nepravilnosti mreže primarne prometne šumske infrastrukture (cesta), ali i površine šuma, u odnosu na teorijski model, uslijed morfoloških parametara reljefa (nagib terena, razvedenost reljefa, gustoća i razvedenost hidrografske mreže), odnosno primijenjenog sustava primar-

nog otvaranja šuma. Faktor mreže prometnica koristit će se za prikaz sličnosti i razlika između šumskih cesta različitih GJ, odnosno između šumskih cesta različitih reljefnih područja – bioklimata.

$$f_m = \frac{s_g}{s_t} = \frac{s_g}{2500} = \frac{s_g \cdot g_c}{2500} \quad (3)$$

gdje su:

- f_m faktor mreže prometnica
- s_g srednja geometrijska udaljenost privlačenja drva, m
- s_t srednja teorijska udaljenost privlačenja drva, m
- g_c gustoća šumskih cesta, m/ha

2.3. Određivanje primarne relativne otvorenosti šuma – *Determination of the primary relative forest openness*

Analiza primarne relativne otvorenosti šuma provest će se sukladno odredbama Pravilnika o provedbi mjere 4 »Ulaganja u fizičku imovinu«, podmjere 4.3. »Potpora za ulaganja u infrastrukturu vezano uz razvoj, modernizaciju i prilagodbu poljoprivrede i šumarstva«, tipa operacije 4.3.3. »Ulaganje u šumsku infrastrukturu« iz programa ruralnog razvoja Republike Hrvatske za razdoblje 2014. – 2020.) – NN 106/15, 65/17, 77/17, 84/18. Navedeni pravilnik određuje ciljne geometrijske udaljenosti privlačenja drva za pripadajuće kategorije reljefnih područja šuma (nizinsko – 330 m, brdsko (prigorsko) – 250 m, planinsko (gorsko) – 200 m te krško – 330 m), kao jednostruke širine pojasa otvaranja šuma u analizama relativne otvorenosti šuma. Isti Pravilnik, određuje i sustav procjene kakvoće primarne relativne otvorenosti, temeljem postotka dostupne šumske površine za definiranu ciljanu udaljenosti privlačenja drva pojedinoga reljefnog područja: 1) nedovoljna primarna relativna otvorenost (< 55 % šumske površine je dostupno sa definiranom ciljanom udaljenosti privlačenja drva), 2) slaba primarna relativna otvorenost (od 55 do 65 % šumske površine je dostupno sa definiranom ciljanom udaljenosti privlačenja drva), 3) dobra primarna relativna otvorenost (od 65 do 75 % šumske površine je dostupno sa definiranom ciljanom udaljenosti privlačenja drva), 4) jako dobra primarna relativna otvorenost (od 75 do 85 % šumske površine je dostupno sa definiranom ciljanom udaljenosti privlačenja drva) te 5) izvrsna primarna relativna otvorenost (> 85 % šumske površine je dostupno sa definiranom ciljanom udaljenosti privlačenja drva).

Pentek i dr. (2016a), za primarnu relativnu otvorenost navode da se na slikovnom prikazu jasno razlikuje otvorene/dostupne, neotvorene/nedostupne i višestruko otvorene šumske površine. Neotvorene šumske površine su, uz uvjet ispunjavanja dodatnih kriterija, područja mogućeg budućeg zahvata primarnog otvaranja šuma s ciljem unaprjeđenja/optimizacije postojeće mreže primarne šumske prometne infrastrukture.

3. REZULTATI RESULTS

Sukladno postavljenim ciljevima rezultati istraživanja bit će prikazani kroz tri potpoglavlja: 1) Gustoća primarnih šumskih prometnica, 2) Srednja geometrijska udaljenost privlačenja drva te 3) Primarna relativna otvorenost šuma.

3.1. Gustoća primarnih šumskih prometnica i faktor razvedenosti šumske površine – *Forest Road Density and Factor of Forest Area Indentation*

Analizom prometne infrastrukture u nizinskim šumama hrasta lužnjaka i poplavnim šumama, uočeno je da pet primjernih GJ ukupno sadrži 434,31 km javnih i šumskih cesta, od kojih tek 248,53 km ima utjecaj na primarnu otvorenost šuma (Tablica 1). Istraživano područje sadrži i 157,58 km javnih prometnica koje nisu uključene u izračun otvorenosti, ali ukazuju da se radi o naseljenom području, u ovom slučaju, bogatom poljoprivrednim površinama, što svakako utječe na planiranje dodatnog otvaranja šuma. Prosječna gustoća postojeće mreže šumskih cesta nizinskoga reljefnog područja iznosi 7,8 m/ha, a kreće se u rasponu od 5,64 m/ha (GJ Debrinja) do 11,97 m/ha u GJ Josip Kozarac koja i ima najveći faktor razvedenosti šumske površine (5,0) u nizinskom reljefnom području, čime se i potvrdila pretpostavka da nehomogene i dislocirane površine šuma zahtijevaju gušću prometnu infrastrukturu.

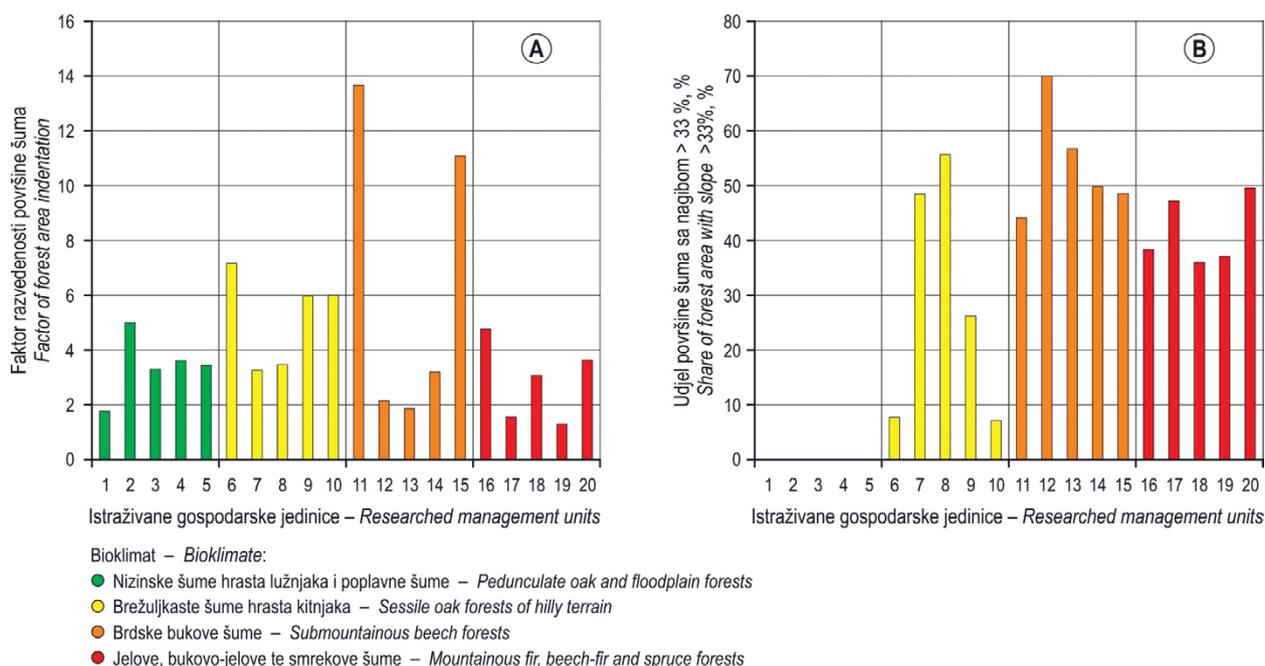
U bioklimatu brežuljkastih šuma hrasta kitnjaka analizom prometne infrastrukture utvrđeno je da GJ raspolažu sa ukupno 434,54 km javnih i šumskih cesta, od kojih tek 266,55 km ima utjecaj na primarnu otvorenost šuma. Kroz područje istraživanih GJ ovog bioklimata prolaze i javne prometnice u duljini od 55,70 km, koje nisu uzete u izračun otvorenosti, ali pokazuju naseljenost ovih prostora. Prosječna gustoća postojeće mreže šumskih cesta brežuljkastog reljefnog područja iznosi 14,23 m/ha, a kreće se u rasponu od 11,27 m/ha (GJ Požeška Gora) do 21,40 m/ha u GJ Popovačka Garjevica koja ima najveći (55,64 %) udjel površine s nagibom > 33 % u brežuljkastom području šuma, čime se potvrdila spoznaja da šumske površine na nagnutijim terenima zahtijevaju gušću prometnu infrastrukturu.

Analizom prometne infrastrukture bioklimata brdskih bukovih šuma, utvrđena je prisutnost 555,24 km javnih i šumskih cesta, od čega 361,38 km ima utjecaj na primarnu otvorenost istraživanih šumskih površina. Istraživano područje sadrži i 80,59 km javnih prometnica koje nisu uključene u izračun otvorenosti. Prosječna gustoća postojeće mreže šumskih cesta brdskog reljefnog područja iznosi 12,90 m/ha, a kreće se u rasponu od 4,82 m/ha (GJ Čorkovača – Karlice, sa najvećim faktorom razvedenosti šumske površine svih istraživanjem obuhvaćenih GJ (13,67) do 31,80 m/ha u GJ Orahovačka planina uz 56,78 % udjela površine s nagibom > 33 %.

Tablica 1. Prikaz stanja gustoće primarnih šumskih prometnica za postojeću i unaprijeđenu mrežu šumskih cesta istraživanog područja

Table 1 Overview of the forest road density structure for the existing and improved forest road network in the study area

No.	Gospodarske jedinice Management Units	Površina, ha Area, ha	Bioklimat Bioclimate	Faktor razvedenosti šumske površine Factor of forest area indentation	Udjel površine sa nagibom > 33%, % Share of area with slope > 33%, %	Postojeća mreža šumskih cesta Existing forest road network			Unaprijeđena mreža šumskih cesta Improved forest road network		
						Duljina javnih i šumskih cesta, m Public and forest roads length, m	Učefe na primarnu otvorenost, m Affects road density, m	Gustoća mreže cesta, m/ha Road net density, m/ha	Duljina nulnih linija, m Zero line length, m	Učefe na primarnu otvorenost, m Affects road density, m	Gustoća mreže cesta, m/ha Road net density, m/ha
1	Debrinja	5.332,55		1,76	–	46.014,57	30.093,68	5,64	79.631,30	73.922,58	19,51
2	Josip Kozarac	5.802,32	Nizinske šume hrasta lužnjaka i poplavne šume	5,00	–	104.087,88	69.475,36	11,97	51.547,06	43.540,57	19,48
3	Kragujna	3.818,18		3,31	–	57.028,27	30.314,49	7,94	40.203,53	32.716,24	16,51
4	Slavir	8.610,72	Lowland Pedunculate oak and floodplain forests	3,62	–	113.041,81	60.496,16	7,03	82.720,12	74.472,72	15,67
5	Vrbanjske šume	8.281,41		3,44	–	114.135,70	58.145,99	7,02	84.565,71	70.822,42	15,57
6	Jovac – Slana voda	2.693,93		7,16	7,67	60.197,11	33.120,76	12,29	44.294,11	34.886,61	25,24
7	Kutinska Garjevica	2.667,30	Brežuljkaste šume hrasta kitnjaka	3,27	48,49	66.788,33	45.175,14	16,94	24.846,45	21.329,54	24,93
8	Popovačka Garjevica	2.296,40		3,46	55,64	75.972,77	49.149,47	21,40	9.940,81	8.529,74	25,12
9	Požeška Gora	4.677,39	Sessile oak forests of hilly terrain	5,96	26,20	96.521,16	52.734,66	11,27	44.994,33	40.468,18	19,93
10	Slatinske prigrorske šume	6.399,85		5,99	7,12	135.056,68	86.368,13	13,50	62.911,68	53.993,86	21,93
11	Čorkovača – Karlice	10.733,06		13,67	44,08	124.181,02	51.689,73	4,82	167.629,00	124.800,86	16,44
12	Drenovačka planina	3.003,79	Brdske bukove šume	2,14	70,04	94.902,19	77.135,28	25,68	15.748,35	13.909,95	30,31
13	Orahovačka planina	3.026,88	Submountainous beech forests	1,86	56,78	115.114,55	96.246,85	31,80	2.003,32	1.922,67	32,43
14	Šamarica II	2.891,42		3,20	49,82	44.650,14	29.391,82	10,17	38.385,07	34.065,76	21,95
15	Sjeverni Psunj	8.355,70		11,08	48,53	176.394,67	106.919,78	12,80	98.853,50	67.408,55	20,86
16	Crni lug	2.620,55	Jelove, bukovo-jelove te smrekove šume	4,76	38,35	92.335,72	52.267,58	19,95	26.678,90	21.833,34	28,28
17	Dumanić – Ježevitar	1.851,90		1,54	47,22	47.392,94	37.361,27	20,17	21.189,76	20.467,29	31,23
18	Lividraga	2.779,03		3,07	36,05	70.048,78	50.073,09	18,02	29.532,17	26.603,70	27,59
19	Ravna gora	4.262,08	Mountainous fir, beech-fir and spruce forests	1,29	37,10	111.037,73	95.622,17	22,44	24.000,88	22.610,46	27,74
20	Vršice	2.026,34		3,63	49,54	46.224,76	28.745,08	14,19	28.603,53	20.764,10	24,43
Ukupno – Total		92.130,80				1.791.126,76	1.140.526,49	12,38	978.279,58	809.069,13	21,16



Slika 1. Faktori razvedenosti površine šuma i udjeli površine šuma sa nagibom terena > 33 %
Fig. 1. Factors of forest area indentation and shares of area with terrain slope > 33%

Unutar istraživanih područja bioklimata jelovih, bukovo-jelovih te smrekovih šuma, utvrđena je prisutnost 367,04 km javnih i šumskih cesta, od čega 264,07 km ima utjecaj na primarnu otvorenost šuma. Pojedinih GJ ovog bioklimata prolaze javne prometnice u duljini od samo 23,22 km, a koje nisu uzete u izračun otvorenosti. Činjenica kako javne prometnice prolaze samo kroz pojedine GJ istraživanog bioklimata, kao i njihova duljina od samo 23,22 km pokazatelj su slabije naseljenosti ovih prostora. Prosječna gustoća postojeće mreže šumskih cesta gorskog reljefnog područja iznosi 19,50 m/ha, a kreće se u rasponu od 14,19 m/ha (GJ Vršice) do 22,44 m/ha u GJ Ravna Gora.

Posebno treba istaknuti da na uzorku istraživanih GJ gorskog reljefnog područja šuma prosječna vrijednost faktora razvedenosti šumske površine ima nižu vrijednost (2,86), u odnosu na obuhvaćene GJ brdskog reljefnog područja šuma (6,39). Isto tako, prosječni udjeli površine istraživanih GJ s nagibom > 33 %, niži su u gorskom reljefnom području šuma (41,65 %) u odnosu na obuhvaćene GJ brdskog reljefnog područja šuma (53,85 %).

Ukupno je projektirano 827 nultih linija šumskih cesta u duljini od 978,28 km na površini od 92.130,80 ha, odnosno u bioklimatu nizinskih šuma hrasta lužnjaka i poplavnih šuma projektirano je 212 nultih linija u duljini od 338,67 km te površini prostiranja od 31.845,18 ha. Unutar bioklimata brežuljkastih šuma hrasta kitnjaka projektirane su 183 nulte linije na ukupnoj površini od 18.734,87 ha u duljini od 186,99 km, dok je u bioklimatu brdskih bukovih šuma projektirano 287 nultih linija ukupne duljine 322,62 km na površini od 28.010,85 ha. U bioklimatu jelovih, bukovo-jelovih

te smrekovih šuma projektirano je 145 nultih linija ukupne duljine 130,01 km na površini prostiranja od 13.539,90 ha. Navedenim prosječna gustoća unaprijedene mreže šumskih cesta nizinskoga područja dosegla je vrijednost 17,08 m/ha, brežuljkastog područja 22,73 m/ha, brdskog područja 21,54 m/ha te gorskog područja 27,80 m/ha. Faktori razvedenosti površine šuma, za primjerne GJ obuhvaćene istraživanjem, prikazani su na slici 1A, a udjeli površine šuma s nagibom terena > 33 % na slici 1B.

3.2 Srednja geometrijska udaljenost privlačenja drva – Average geometric timber extraction distance

Rezultati istraživanja srednje geometrijske udaljenosti privlačenja drva i faktora mreže prometnica prikazani su u tablici 2, odnosno za postojeću mrežu šumskih vizualizirani su u slikama 2A i 2C, odnosno za unaprijedenu mrežu šumskih cesta u slikama 2B i 2D.

Analiza postojeće srednje geometrijske udaljenosti privlačenja drva na razini bioklimata nizinskih šuma hrasta lužnjaka i poplavnih šuma ukazala je kako se srednje vrijednosti unutar istraživanih GJ kreću od 261 m do 464 m. Srednja geometrijska udaljenost privlačenja drva na razini bioklimata iznosi 377 ± 271 m, uz prosječnu vrijednost faktora mreže šumskih prometnica od $1,14 \pm 0,11$, dok najveća udaljenost privlačenja drva iznosi 1943 m (Tablica 2). Dodatnim otvaranjem analiziranih GJ nizinskog reljefnog područja na osnovi 212 nultih linija šumskih cesta ukupne duljine 338,67 km, dolazi do smanjenja srednje geometrijske udaljenosti privlačenja drva unaprijedene mreže šumskih prometnica (167 ± 118 m), dok prosječna vrijednost

faktora mreže šumskih prometnica ne bilježi značajnije promjene ($1,15 \pm 0,03$).

U bioklimatu brežuljkastih šuma hrasta kitnjaka, analizom postojeće srednje geometrijske udaljenosti privlačenja drva utvrđeno je kako se srednje vrijednosti unutar istraživanih GJ kreću od 158 m do 286 m. Srednja geometrijska udaljenost privlačenja drva na razini bioklimata iznosi 235 ± 182 m, uz prosječnu vrijednost faktora mreže šumskih prometnica od $1,35 \pm 0,05$, dok najveća udaljenosti privlačenja drva iznosi 1452 m (Tablica 2). Dodatnim otvaranjem analiziranih GJ brežuljkastog reljefnog područja na osnovi 183 nul-tih linija šumskih cesta ukupne duljine 186,99 km, dolazi

do smanjenja srednje geometrijske udaljenosti privlačenja drva unaprijeđene mreže šumskih prometnica (123 ± 93 m), a prosječna vrijednost faktora mreže šumskih prometnica bilježi pad ($1,14 \pm 0,05$).

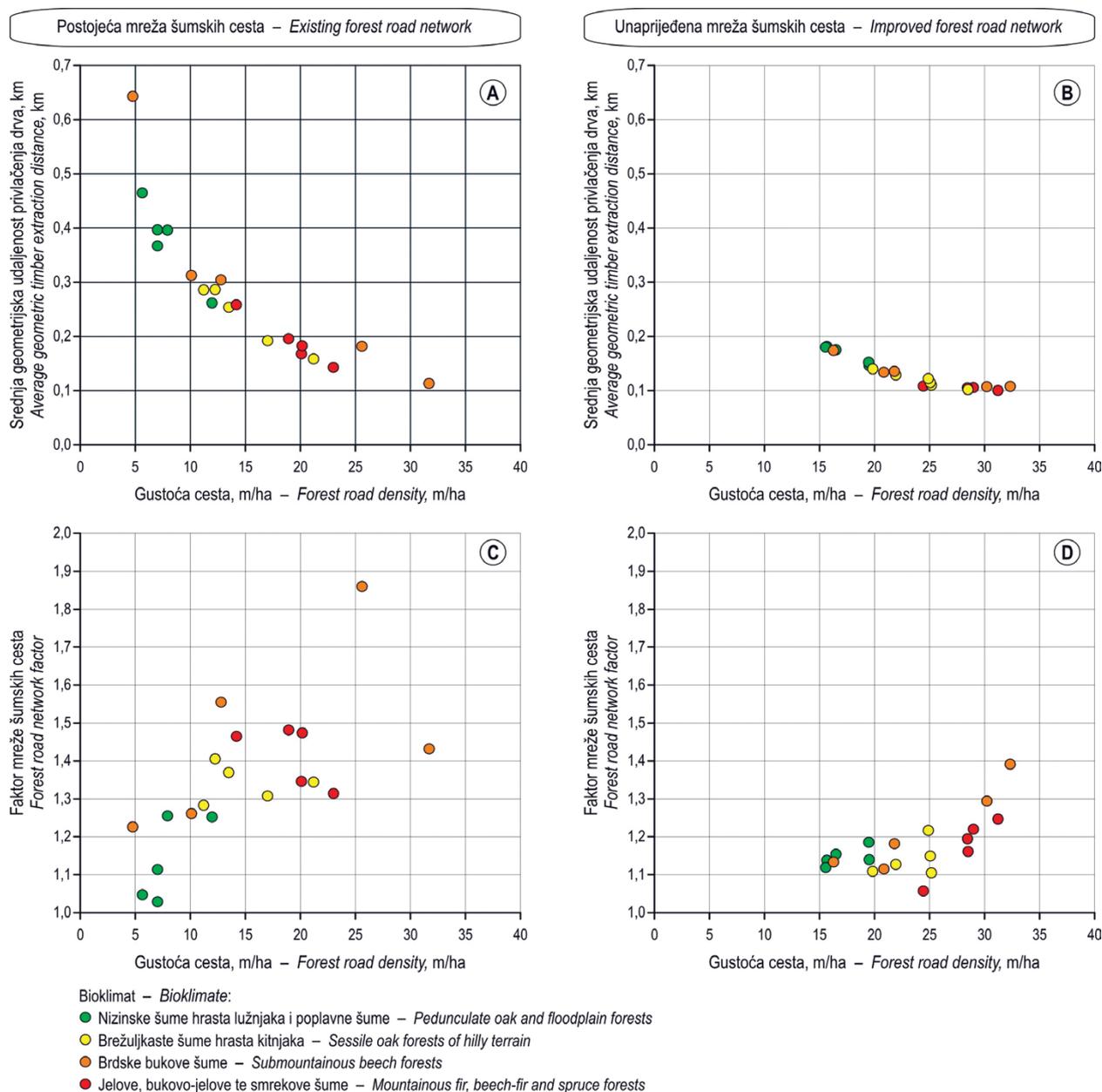
Unutar reljefnoga područja brdskih bukovih šuma, analiza postojeće srednje geometrijske udaljenosti privlačenja drva ukazala je kako se srednje vrijednosti unutar istraživanih GJ kreću od 113 m do 646 m. Srednja geometrijska udaljenost privlačenja drva na razini bioklimata iznosi 311 ± 263 m, uz prosječnu vrijednost faktora mreže šumskih prometnica od $1,48 \pm 0,26$, a najveća udaljenost privlačenja drva je 3689 m (Tablica 2). Dodatnim otvaranjem analiziranih

Tablica 2. Srednje geometrijske udaljenosti privlačenja drva i faktori mreže prometnica

Table 2 Average geometric timber extraction distances and road network factors

No.	Gospodarske jedinice <i>Management Units</i>	Bioklimat <i>Bioclimate</i>	Postojeća mreža šumskih cesta <i>Existing forest road network</i>			Unaprijeđena mreža šumskih cesta <i>Improved forest road network</i>		
			Srednja teorijska udaljenost privlačenja drva, m <i>Average theoretical timber extraction distance, m</i>	Srednja geometrijska udaljenost privlačenja drva, m* <i>Average geometric timber extraction distance, m*</i>	Faktor mreže prometnica <i>Road network factor</i>	Srednja teorijska udaljenost privlačenja drva, m <i>Average theoretical timber extraction distance, m</i>	Srednja geometrijska udaljenost privlačenja drva, m <i>Average geometric timber extraction distance, m</i>	Faktor mreže prometnica <i>Road network factor</i>
1	Debrinja	Nizinske šume hrasta lužnjaka i poplavne šume	443,26	464 ± 327 (1943)	1,05	128,17	146 ± 97 (510)	1,14
2	Josip Kozarac		208,68	261 ± 221 (1851)	1,25	128,35	152 ± 124 (1327)	1,19
3	Kragujna		315,26	396 ± 281 (1522)	1,26	151,44	175 ± 121 (760)	1,16
4	Slavir	<i>Lowland Pedunculate oak and floodplain forests</i>	356,13	397 ± 281 (1738)	1,11	159,49	182 ± 124 (780)	1,14
5	Vrbanjske šume		356,13	367 ± 244 (1500)	1,03	160,53	180 ± 123 (779)	1,12
6	Jovac – Slana voda		203,92	287 ± 218 (1113)	1,41	99,03	110 ± 83 (832)	1,11
7	Kutinska Garjevica	Brežuljkaste šume hrasta kitnjaka	146,80	192 ± 147 (818)	1,30	100,27	115 ± 84 (566)	1,14
8	Popovačka Garjevica		117,87	158 ± 119 (758)	1,36	99,53	122 ± 88 (758)	1,23
9	Požeška Gora	<i>Sessile oak forests of hilly terrain</i>	222,82	286 ± 220 (1452)	1,29	125,46	140 ± 110 (1452)	1,11
10	Slatinske prigorske šume		185,19	254 ± 205 (1238)	1,37	113,99	128 ± 98 (899)	1,13
11	Čorkovača – Karlice		524,11	644 ± 517 (3689)	1,24	152,03	174 ± 144 (1500)	1,15
12	Drenovačka planina	Brdske bukove šume	97,66	182 ± 181 (1028)	1,87	82,48	107 ± 83 (605)	1,30
13	Orahovačka planina		78,86	113 ± 95 (699)	1,44	77,08	108 ± 87 (632)	1,40
14	Šamarica II	<i>Submountainous beech forests</i>	247,52	312 ± 217 (1298)	1,27	113,91	135 ± 96 (780)	1,19
15	Sjeverni Pšunj		195,47	304 ± 305 (1809)	1,56	119,83	134 ± 102 (889)	1,12
16	Crni lug		124,38	167 ± 129 (864)	1,34	88,41	102 ± 75 (454)	1,15
17	Dumanić – Ježevitar	Jelove, bukovo-jelove te smrekove šume	123,95	183 ± 143 (911)	1,47	80,06	100 ± 72 (410)	1,25
18	Lividraga		132,07	196 ± 158 (825)	1,41	90,61	105 ± 81 (620)	1,16
19	Ravna gora	<i>Mountainous fir, beech-fir and spruce forests</i>	108,65	143 ± 109 (579)	1,28	90,12	105 ± 77 (466)	1,16
20	Vršice		176,18	258 ± 249 (1579)	1,46	102,32	108 ± 77 (457)	1,06

*Aritmetička sredina ± Standardna devijacija (Najveća vrijednost) – Mean ± Standard deviation (Maximum value)



Slika 2. Srednje geometrijske udaljenosti privlačenja drva i faktori mreže šumskih cesta za postojeće i unaprijeđeno stanje
Fig. 2 Average geometric timber extraction distances and forest road network factors for existing and improved networks

GJ brdskog reljefnog područja na osnovi 287 nultih linija šumskih cesta ukupne duljine 322,62 km, dolazi do smanjenja srednje geometrijske udaljenosti privlačenja drva unaprijeđene mreže šumskih prometnica (132 ± 102 m), dok se prosječna vrijednost faktora mreže šumskih prometnica smanjuje ($1,23 \pm 0,12$).

Analiza postojeće srednje geometrijske udaljenosti privlačenja drva na razini bioklimata jelovih, bukovo-jelovih te smrekovih šuma ukazala je kako se srednje vrijednosti unutar istraživanih GJ kreću od 143 m do 258 m. Srednja geometrijska udaljenost privlačenja drva na razini bioklimata iznosi 189 ± 158 m, uz prosječnu vrijednost faktora mreže šumskih prometnica od $1,39 \pm 0,08$, pri čemu je najveća

udaljenost privlačenja drva 1579 m (Tablica 2). Dodatnim otvaranjem analiziranih GJ gorskog reljefnog područja bukovo-jelovih šuma na osnovi 145 nultih linija šumskih cesta ukupne duljine 130,01 km, dolazi do smanjenja srednje geometrijske udaljenosti privlačenja drva unaprijeđene mreže šumskih prometnica (104 ± 76 m), dok prosječna vrijednost faktora mreže šumskih prometnica bilježi pad vrijednosti ($1,16 \pm 0,07$).

3.3 Primarna relativna otvorenost šuma – Primary relative forest openness

Provedenom analizom primarne relativne otvorenosti dvadeset primjernih GJ, izdvojene su površine koje su jedno-

struko otvorene postojećom (Slika 3C) te unaprijeđenom (Slika 3D) mrežom šumskih prometnica te površine koje su višestruko otvorene (Slike 3E i 3F). Neotvorene šumske površine unutar istraživanih GJ reljefnih područja šuma su površine koje su daljnjim otvaranjem bile predmet planiranja, odnosno projektiranja nultih linija šumskih cesta. Rezultati primarne relativne otvorenosti istraživanih GJ za postojeće stanje i unaprijeđenu mrežu šumskih prometnica prikazani su u tablici 3 te slici 3.

Prosječna primarna relativna otvorenost postojeće mreže šumskih cesta primjernih GJ iznosi 49,5 % za nizinske šume hrasta lužnjaka, 60,7 % za brežuljkaste šume hrasta kitnjaka, 57,7 % za brdske bukove šume te 60,8 % za gorske bukovo-jelove šume, što prema ocjenskoj skali čini nedovoljnu do slabu otvorenost šuma. Kod postojećega stanja otvorenosti, posebno treba istaknuti i nepovoljnu pojavu višestruko

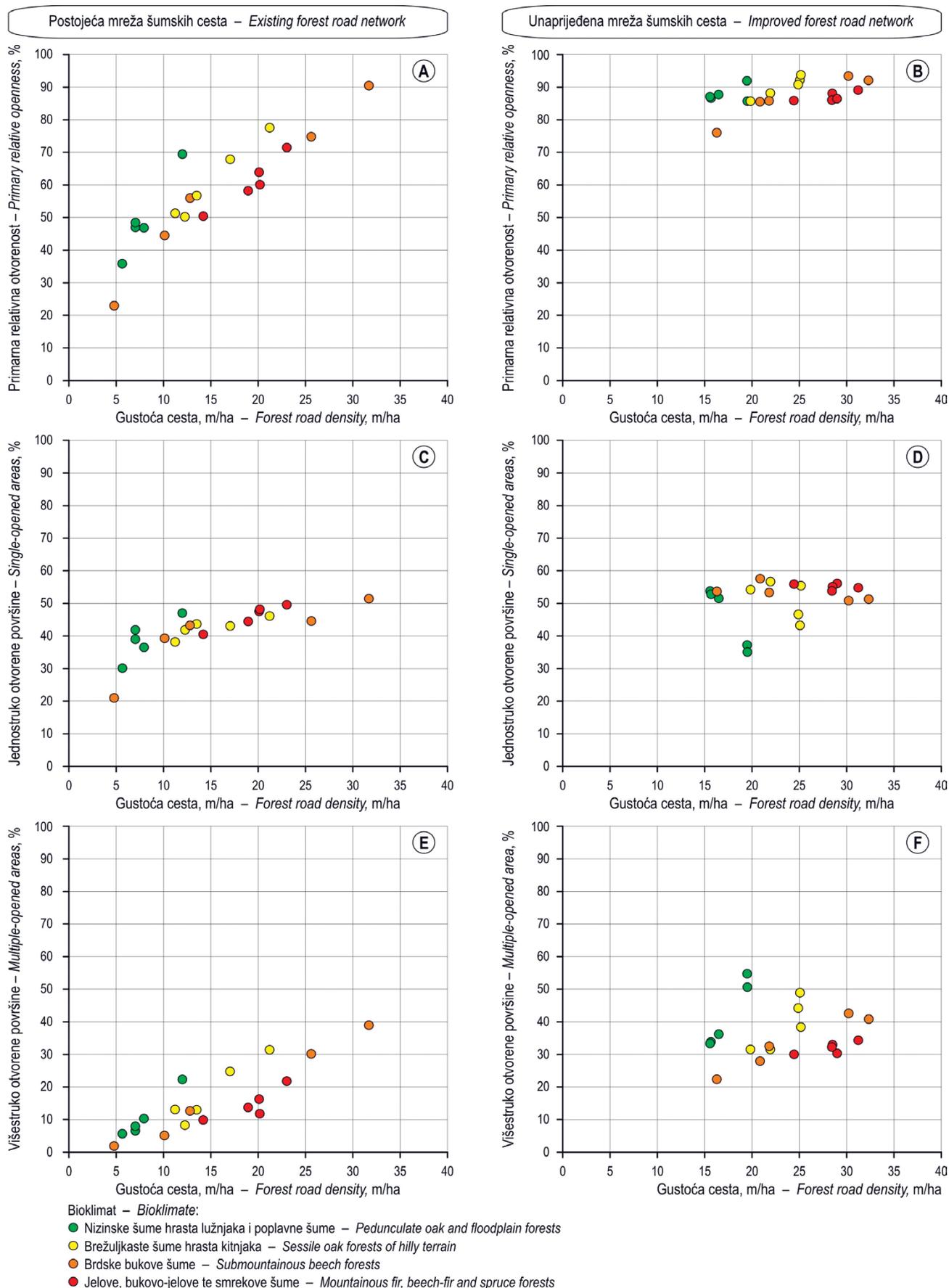
otvorenih površina većine primjernih GJ s udjelima > 10 % površine (Slika 3E). Višestruko su otvorene površine neizbježna pojava zbog spojeva primarne šumske infrastrukture (križanja), ali i neplanske izgradnje šumskih cesta u prošlosti.

U unaprijeđenoj mreži šumskih cesta, unatoč dosizanju izvrsne relativne otvorenosti (> 85 %), udjel višestruko otvorenih površina značajno raste (Slika 3F) jer su projektirane nulte linije šumskih cesta povezane na već postojeću mrežu šumskih cesta, unatoč tomu što je dodatno otvaranje bilo usmjereno na neotvorene šumske površine. Ovu pojavu, analizirajući primarnu otvorenost GJ Šiljakovačka dubrava II uočava Bumber (2011), a prisutna je i pri izradbi cijeloga niza elaborata učinkovitosti mreže šumskih prometnica – primarne šumske prometne infrastrukture GJ: Stajnička Kapela (Pentek i dr. 2016b), Javornik – Tisov vrh (Pentek i

Tablica 3. Primarne relativne otvorenosti šuma istraživanih gospodarskih jedinica

Table 3 Primary relative openness of forest for researched management units

No.	Gospodarske jedinice Management Units	Postojeća mreža šumskih cesta Existing forest road network			Unaprijeđena mreža šumskih cesta Improved forest road network				
		Ocjena primarne relativne otvorenosti Assessment of the primary relative openness	Primarna relativna otvorenost, % Primary relative openness, %	Jednostruko otvorene površine, % Single-opened area, %	Višestruko otvorene površine, % Multiple-opened area, %	Ocjena primarne relativne otvorenosti Assessment of the primary relative openness	Primarna relativna otvorenost, % Primary relative openness, %	Jednostruko otvorene površine, % Single-opened area, %	Višestruko otvorene površine, % Multiple-opened area, %
1	Debrinja	Nedovoljna – <i>Insufficient</i>	35,81	30,17	5,64	Izvrсна – <i>Excellent</i>	85,71	35,10	50,61
2	Josip Kozarac	Dobra – <i>Good</i>	69,41	47,06	22,35	Izvrсна – <i>Excellent</i>	91,93	37,25	54,68
3	Kragujna	Nedovoljna – <i>Insufficient</i>	46,85	36,53	10,32	Izvrсна – <i>Excellent</i>	87,73	51,55	36,18
4	Slavir	Nedovoljna – <i>Insufficient</i>	46,96	39,01	7,95	Izvrсна – <i>Excellent</i>	86,63	52,82	33,82
5	Vrbanjske šume	Nedovoljna – <i>Insufficient</i>	48,44	41,89	6,55	Izvrсна – <i>Excellent</i>	87,10	53,79	33,31
6	Jovac – Slana voda	Nedovoljna – <i>Insufficient</i>	50,20	41,89	8,31	Izvrсна – <i>Excellent</i>	93,79	55,42	38,37
7	Kutinska Garjevica	Dobra – <i>Good</i>	67,88	43,09	24,79	Izvrсна – <i>Excellent</i>	92,16	43,27	48,89
8	Popovačka Garjevica	Jako dobra – <i>Very good</i>	77,56	46,15	31,41	Izvrсна – <i>Excellent</i>	90,82	46,65	44,17
9	Požeška Gora	Nedovoljna – <i>Insufficient</i>	51,29	38,21	13,09	Izvrсна – <i>Excellent</i>	85,72	54,25	31,48
10	Slatinske prigorske šume	Slaba – <i>Weak</i>	56,71	43,70	13,01	Izvrсна – <i>Excellent</i>	88,17	56,66	31,51
11	Čorkovača – Karlice	Nedovoljna – <i>Insufficient</i>	22,96	21,03	1,93	Jako dobra – <i>Very good</i>	76,02	53,70	22,32
12	Drenovačka planina	Dobra – <i>Good</i>	74,79	44,62	30,17	Izvrсна – <i>Excellent</i>	93,43	50,87	42,56
13	Orahovačka planina	Izvrсна – <i>Excellent</i>	90,45	51,48	38,97	Izvrсна – <i>Excellent</i>	92,10	51,31	40,79
14	Šamarica II	Nedovoljna – <i>Insufficient</i>	44,47	39,33	5,14	Izvrсна – <i>Excellent</i>	85,78	53,33	32,45
15	Sjeverni Psunj	Slaba – <i>Weak</i>	55,96	43,30	12,67	Izvrсна – <i>Excellent</i>	85,51	57,62	27,89
16	Crni lug	Slaba – <i>Weak</i>	63,87	47,59	16,28	Izvrсна – <i>Excellent</i>	88,10	55,14	32,96
17	Dumanić – Ježevitar	Slaba – <i>Weak</i>	60,06	48,23	11,83	Izvrсна – <i>Excellent</i>	89,09	54,80	34,29
18	Lividraga	Slaba – <i>Weak</i>	58,19	44,48	13,72	Izvrсна – <i>Excellent</i>	86,44	56,12	30,31
19	Ravna gora	Dobra – <i>Good</i>	71,44	49,62	21,82	Izvrсна – <i>Excellent</i>	86,04	53,83	32,21
20	Vršice	Nedovoljna – <i>Insufficient</i>	50,41	40,54	9,87	Izvrсна – <i>Excellent</i>	85,91	55,91	29,99



Slika 3. Primarna relativna otvorenost šuma za postojeću i unaprijeđenu mrežu šumskih cesta istraživanih gospodarskih jedinica
Fig. 3 Primary relative forest openness of forest for existing and improved networks of researched management units

dr. 2016c), Peščenica – Cerje (Pentek i dr. 2017), Laktin vrh – Dabri (Pentek i dr. 2018), Trovrh – Kik (Pentek i dr. 2019a), Velika Plješivica – Drenovača (Pentek i dr. 2019b).

Promatrajući sve bioklimate zajedno, može se zaključiti kako unaprijeđenjem mreže šumskih prometnica, tj. otvaranjem do izvrsne relativne otvorenosti (> 85 %), očekivano dolazi do grupiranja podataka na intervalu gustoće mreže šumskih cesta za bioklimat nizinskih šuma hrasta lužnjaka te poplavnih šuma od 15,56 m/ha do 19,51 m/ha, za bioklimat brežuljkastih šuma hrasta kitnjaka 19,84 m/ha do 25,17 m/ha, dok se kod brdskih bukovih šuma, uz izuzetak GJ Čorkovača – Karlice, koja nije izvrsno otvorena, interval kreće od 20,85 m/ha do 32,33 m/ha. Bioklimat jelovih, bukovo-jelovih te smrekovih šuma taj raspon pronalazi u intervalu od 24,44 m/ha do 31,22 m/ha (Slika 3B).

4. RASPRAVA DISCUSSION

Temeljni preduvjet za provođenje postupka optimizacije šumske prometne infrastrukture je utvrđivanje postojećeg stanja otvorenosti reljefnih područja šuma. U okviru ovoga rada istražena je i postojeća primarna otvorenost u dvadeset istraživanih GJ, raspoređenih u područjima četiri reljefna područja – bioklimata. Za tu potrebu uspostavljen je registar postojeće mreže šumskih prometnica, sukladno odredbama Pravilnika o provedbi mjere 4 »Ulaganja u fizičku imovinu«, podmjere 4.3. »Potpora za ulaganja u infrastrukturu vezano uz razvoj, modernizaciju i prilagodbu poljoprivrede i šumarstva«, tipa operacije 4.3.3. »Ulaganje u šumsku infrastrukturu« iz programa ruralnog razvoja Republike Hrvatske za razdoblje 2014. – 2020. (NN 106/15, 65/17, 77/17, 84/18). Izradom registra šumskih prometnica u hrvatskome šumarstvu bavilo se više autora (Pentek i dr. 2005a, Pentek i dr. 2005b, Pičman i dr. 2006, Pentek i dr. 2007, Papa i dr. 2015a) koji zaključuju da je bez uvida u postojeće stanje primarne šumske prometne infrastrukture nemoguće planirati optimalno otvaranje GJ.

Prilikom analiziranja stanja otvorenosti šuma, uz standardne pokazatelje otvorenosti šuma, utvrđeni su i faktori mreže šumskih cesta te faktori razvedenosti šumske površine. Detaljnom analizom pokazatelja otvorenosti te spomenutih faktora uočava se međusobna povezanost i pravilnost (Slike 1 – 3).

Analizirajući postojeće stanje otvorenosti pet GJ reljefnoga područja nizinskih šuma hrasta lužnjaka, primjetno je odstupanje gustoće šumskih cesta GJ Josip Kozarac od preostalih GJ ovog bioklimata, ali i odstupanje faktora mreže šumskih cesta. Naime, spomenuta GJ ima gustoću cesta od 11,97 m/ha, dok se kod preostalih GJ navedenog bioklimata ova vrijednost nalazi u rasponu od 5,64 do 7,94 m/ha (Tablica 1, Slika 2A). Jednako odstupanje vidljivo je kod rela-

tivne otvorenosti GJ Josip Kozarac, čija vrijednost iznosi 69,41 %, dok je kod preostalih GJ < 50 %. Naravno, veća gustoća cesta ima pozitivan utjecaj na srednju geometrijsku udaljenost privlačenja drva, zbog čega je ona u ovoj GJ značajno niža nego u preostalim GJ bioklimata nizinskih šuma hrasta lužnjaka te poplavnih šuma. Glavni razlog povećane otvorenosti šuma GJ Josip Kozarac pronalazimo u njenoj razvedenosti površine (Slika 1A). Naime, zbog brojnih izdvojenih površina (enklava) te heterogenosti oblika GJ neophodna je i veća gustoća cesta koja omogućuje pristup svim dijelovima GJ. Faktor razvedenosti GJ Josip Kozarac iznosi 5,00 dok je prosjek faktora preostalih GJ ovog bioklimata 3,03. Daljnjim otvaranjem GJ nizinskog reljefnog područja, do razine izvrsne relativne otvorenosti (> 85 % površine), dolazi do povećanja gustoće šumskih cesta uz smanjenje srednje geometrijske udaljenosti privlačenja drva (Slika 2B). Uz to, kod GJ Debrinja te Josip Kozarac dolazi do intenzivnog povećanja višestruko otvorenih površina nauštrb jednostruko otvorenih površina (Slike 3D i 3F). Razlog navedenom u GJ Debrinja svakako je oblik i veličina odsjeka (400 × 700 m) zbog čega dolazi do brojnih preklapanja omeđenih površina na kraćim stranicama odsjeka, budući da je jednostruka širina pojasa otvaranja šuma 330 m za nizinsko područje (NN 106/15, 65/17, 77/17, 84/18). Razlog takve pojave u GJ Josip Kozarac, osim oblika odsjeka je i nepravilan oblik same GJ. Navedeni rezultati ukazuju kako većina istraživanih GJ područja nizinskih šuma hrasta lužnjaka i poplavnih šuma ne zadovoljavaju minimalne uvjete gustoće mreže šumskih prometnica od 7 m/ha (Pentek i dr. 2011). U unaprijeđenom stanju gustoća primarnih šumskih prometnica dosiže veće ciljane vrijednosti, što potvrđuju Žáček i Klč (2008) koji navode da je u nizinskom području optimalna gustoća cesta 15 m/ha.

Kod postojećeg stanja otvorenosti pet GJ reljefnoga područja brežuljkastih šuma hrasta kitnjaka primjetna je povećana gustoća cesta (Tablica 1, Slike 2A i 3A) GJ Kutinska Garjevica (16,94 m/ha) i Popovačka Garjevica (21,40 m/ha). Razlog takvog odstupanja gustoće cesta od preostalih GJ ovog bioklimata pronalazi se u činjenici prisutnosti strmijih terena unutar ovih dviju GJ (Slika 1B). Naime, na 48,49 % ukupne površine GJ Kutinska Garjevica te na 55,64 % površine GJ Popovačka Garjevica nagib terena veći je od 33 %. Upravo zbog potrebe savladavanja većih razlika u nadmorskim visinama, potrebna je i veća gustoća cesta zbog propisanih uzdužnih nagiba nivelete šumskih cesta. Unutar ovog bioklimata, najveću vrijednost faktora mreže šumskih cesta ima GJ Jovac – Slana voda (1,41). Takvom odstupanju najveći doprinos daje oblik GJ, odnosno heterogenost iste, što potvrđuje i faktor razvedenosti površine, koji kod ove GJ iznosi 7,16 (Slika 1A). S druge strane, najmanju vrijednost faktora mreže šumskih cesta ima GJ Požeška gora (1,29), što unatoč većoj razvedenosti površine (faktor – 5,96), potvrđuje kako su prometnice ravnomjerno položene u prostoru.

Rezultati stanja otvorenosti GJ područja brežuljkastih šuma hrasta kitnjaka pokazuju kako postojeće stanje zadovoljava ili gotovo zadovoljava minimalne uvjete gustoće mreže šumskih prometnica od 12 m/ha (Pentek i dr. 2011). Rezultati provedene analize unaprijeđene mreže šumskih cesta ukazuju da je u ovom reljefnom području neophodno imati najmanju gustoću šumskih cesta od 20 m/ha, što potvrđuju istraživanja iz Češke, gdje je za područje brežuljkastog i brdskog područja utvrđena optimalna gustoća prometnica od 22,5 m/ha (Žáček i Klč 2008).

Analiza postojećeg stanja otvorenosti pet GJ reljefnoga područja brdskih bukovich šuma ukazala je na heterogenost vrijednosti gustoće šumskih cesta, koja se kreće u rasponu od 4,82 m/ha u GJ Čorkovača – Karlice do 31,80 m/ha u GJ Orahovačka planina (Tablica 1, Slika 2A). Unatoč izrazito velikom rasponu gustoće cesta, primjetno je kako GJ Čorkovača – Karlice ima i najveći faktor razvedenosti površine šuma jer je izrazito nepravilnog oblika, čime je značajno otežan postupak planiranja, projektiranja te u konačnici izgradnje šumskih cesta, a čemu je dokaz i mala gustoća šumskih cesta (Slika 2A). Usporedbom dviju GJ – Drenovačka planina i Orahovačka planina, uočeno da je iako su GJ slične po razvedenosti površine (2,14 i 1,86) ali ne i gustoći šumskih cesta (25,68 m/ha i 31,80 m/ha). Prostorni položaj šumskih cesta je značajno povoljniji i kvalitetniji unutar GJ Orahovačka planina, gdje je već u postojećem stanju dostignuta izvrsna primarna relativna otvorenost šuma (Tablica 3), uz povoljan odnos jednostruko i višestruko otvorenih šumskih površina (Slike 3C i 3E). S druge strane, razliku u faktorima mreže šumskih cesta (1,87 i 1,44) navedenih GJ objašnjava i podatak o udjelu površina nagiba većeg od 33% koje u GJ Drenovačka planina pridolaze na čak 70,04 %, a u GJ Orahovačka planina na 56,78% ukupne površine GJ (Slika 1B). Upravo ovaj podatak ukazuje na utjecaj nagiba terena na prostorni smještaj, a posljedično i na kvalitetu prostornog položaja šumskih cesta. GJ Sjeverni Psunj povišenu vrijednost faktora mreže šumskih cesta opravdava povećanom rascjepkanošću površine, što potvrđuje faktor razvedenosti površina od 11,08 (Slika 1A). Analiza unaprijeđene mreže šumskih cesta primjernih GJ bioklimata brdskih bukovich šuma ukazuje na minimalnu gustoću cesta od 20 m/ha za postizanje izvrsne relativne otvorenosti šuma uz geometrijsku udaljenost privlačenja drva od 250 m.

Postojeće stanje otvorenosti pet GJ gorskog reljefnog područja bukovo-jelovih šuma svakako treba poimati kao šumska područja s većom zastupljenošću površina nagiba većeg od 33 %, ali i relativno ujednačenoga oblika GJ (prosječni faktor razvedenosti površina iznosi 2,86 – Slika 1A). Najizraženiju razvedenost površine ima GJ Crni lug (4,76), sa relativno niskim faktorom mreže šumskih prometnica (1,34), kao i kod ostalih GJ ovog bioklimata (Tablica 2). Unaprijeđenjem šumske prometne infrastrukture gorskog područja do izvrsne otvorenosti nisu narušeni faktori

mreže šumskih prometnica, što je samo dokaz kako zbog oblika GJ te pažljivog pristupa planiranju, projektiranju te izgradnji šumskih cesta nije narušena kakvoća njihovoga prostornoga rasporeda. Rezultati postojećega stanja otvorenosti GJ područja jelovih, bukovo-jelovih te smrekovich šuma pokazuju kako ono zadovoljava ili gotovo zadovoljava minimalne uvjete gustoće mreže šumskih prometnica od 15 m/ha (Pentek i dr. 2011). Rezultati provedene analize unaprijeđene mreže šumskih cesta ukazuju da je u ovom reljefnom području neophodno imati gustoću šumskih cesta od 25 m/ha za dosezanje izvrsne relativne otvorenosti što je u suglasju sa istraživanjima u Češkoj, gdje je za područje gorskog područja utvrđena optimalna gustoća prometnica od 27,5 m/ha (Žáček i Klč 2008).

Uspoređujući dobivene rezultate s propisanim ciljanim vrijednostima gustoće mreža šumskih cesta Pravilnika o provedbi mjere 4 »Ulaganja u fizičku imovinu«, podmjere 4.3. »Potpora za ulaganja u infrastrukturu vezano uz razvoj, modernizaciju i prilagodbu poljoprivrede i šumarstva«, tipa operacije 4.3.3. »Ulaganje u šumsku infrastrukturu« iz programa ruralnog razvoja Republike Hrvatske za razdoblje 2014. – 2020. (NN 106/15, 65/17, 77/17, 84/18), vidljivo je kako su oni u korelaciji, odnosno da se nalaze u zadanim vrijednostima, a ponegdje ih čak i nadilaze, iz razloga što se u prikazanome istraživanju nadograđivala postojeća mreža šumskih cesta primjernih GJ. Navedeno potkrepljuje Pentek (2002), koji pri otvaranju GJ Lisina i GJ Veprinačke šume od »nultog« stanja (bez postojeće mreže šumskih cesta) utvrđuje da je izvrsnu razinu otvorenosti moguće doseći sa ~ 10 % manjim duljinama šumskih cesta od trenutno postojećih.

5. ZAKLJUČCI CONCLUSIONS

Polučeni rezultati primarne otvorenosti šuma, ukazuju na sličnosti i razlike mreže šumskih cesta pojedinih reljefnih područja šuma, odnosno najveće vrijednosti gustoće cesta pojedinog šumskog bioklimata za izvrsnu relativnu otvorenost. Ostvareni rezultati potvrđuju propisane vrijednosti ciljane gustoće cesta po reljefnim područjima (Pravilnik o provedbi mjere 4 »Ulaganja u fizičku imovinu«, podmjere 4.3. »Potpora za ulaganja u infrastrukturu vezano uz razvoj, modernizaciju i prilagodbu poljoprivrede i šumarstva«, tipa operacije 4.3.3. »Ulaganje u šumsku infrastrukturu« iz programa ruralnog razvoja Republike Hrvatske za razdoblje 2014. – 2020.), budući da otvaranje veće od ciljanih vrijednosti ne daje značajne pozitivne učinke.

Faktor razvedenosti šumske površine, faktor mreže prometnica te udjel površine s nagibom > 33 % korisni su pokazatelji za razumjevanje heterogenosti postojećih mreža šumskih cesta reljefnih područja šuma, odnosno pomoć su pri unaprijeđenju mreže šumskih cesta na strateškoj i taktičkoj razini.

Pri unaprjeđenju postojeće mreže šumskih cesta, posebnu pozornost treba posvetiti polaganju nultih linija te voditi računa o međusobnom razmaku između šumskih cesta, odnosno težiti što manjem udjelu višestruko otvorenih površina šuma.

6. LITERATURA REFERENCES

- Abdi, E., B., Majnounian, A., Darvishsefat, Z., Mashayekhi, J., Sessions, 2009: A GIS-MCE based model for forest road planning. *Journal of Forest Science* 55(4): 171–176. <https://doi.org/10.17221/52/2008-JFS>
- Abeli, W.S., D.T.K., Shemwetta, R.E.L., Ole Meiludie, M., Kachwele, 2000: Road Alignment and Gradient Issues in the Maintenance of Logging Roads in Tanzania. *Journal of Forest Engineering* 11(2): 15–21.
- Akay, A.E., H., Serin, J., Sessions, E., Bilici, M., Pak, 2021: Evaluating the Effects of Improving Forest Road Standards on Economic Value of Forest Products. *Croat. j. for. eng.* 42(2): 245–258. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2021.851>
- Backmund, F., 1966: Kennzahlen für den Grad der Erschließung von Forstbetrieben durch autofahrbare Wege. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 85(11–12): 342–354.
- Bumber, Z., 2011: Primjena GIS-a pri analizi otvorenosti GJ Šiljakovačka dubrava II kroz strukturu prihoda drva u prostoru i vremenu. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–139.
- Dodson, E.M., 2021: Challenges in Forest Road Maintenance in North America. *Croat. j. for. eng.* 42(1): 107–116. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2021.777>
- Đuka, A., 2014: Razvoj modela prometnosti terena za planiranje privlačenja drva skiderom. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–303.
- Đuka, A., T., Poršinsky, D., Vusić, 2015: DTM Models to Enhance Planning of Timber Harvesting. *Bulletin of The Faculty of Forestry Beograd, Special Issue*, 35–44. <https://doi.org/10.2298/GS-F15S1035D>
- Đuka, A., S., Grigolato, I., Papa, T., Pentek, T., Poršinsky, 2017: Assessment of timber extraction distance and skid road network in steep karst terrain. *iForest – Biogeosciences and Forestry* 10: 886–894. <https://doi.org/10.3832/ifer2471-010>
- Đuka, A., Z., Bumber, T., Poršinsky, I., Papa, T., Pentek, 2021: The Influence of Increased Salvage Felling on Forwarding Distance and the Removal – A Case Study from Croatia. *Forests* 12(1): 7. <https://dx.doi.org/10.3390/f12010007>
- Eastaugh, C.S., D., Molina, 2011: Forest road networks: Metrics for coverage, efficiency and convenience. *Australian Forestry* 74(1): 54–61. <https://doi.org/10.1080/00049158.2011.10676346>
- Enache, A., M., Kühmaier, K., Stampfer, V.D., Ciobanu, 2013: An Integrative Decision Support Tool for Assessing Forest Road Options in a Mountainous Region in Romania. *Croat. j. for. eng.* 34(1): 43–60.
- Erber, G., H., Kroisleitner, C., Huber, T., Varch, K., Stampfer, 2021: Periodical Maintenance of Forest Roads with a Mobile Stone Crusher. *Croat. j. for. eng.* 42(1): 1–12. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2021.862>
- Gumus, S., H.H., Acar, D., Toksoy, 2008: Functional forest road network planning by consideration of environmental impact assessment for wood harvesting. *Environ Monit Assess* 142: 109–116. <https://doi.org/10.1007/s10661-007-9912-y>
- Hayati, E., B., Majnounian, E., Abdi, 2012: Qualitative evaluation and optimization of forest road network to minimize total costs and environmental impacts. *iForest – Biogeosciences and Forestry* 5(3): 121–125. <https://doi.org/10.3832/ifer0610-009>
- Heinimann, H.R., 2021: Pavement Engineering for Forest Roads: Development and Opportunities. *Croat. j. for. eng.* 42(1): 91–106. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2021.860>
- Janeš, D., 2021: Planiranje primarnih šumskih prometnica u gospodarskim šumama na strateškoj i taktičkoj razini. Disertacija, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, 1–337.
- Krumov, T., 2019: Determination of the optimal density of the forest road network. *Journal of Forest Science* 65(11): 438–444. <https://doi.org/10.17221/101/2019-JFS>
- Laschi, A., F., Neri, N., Brachetti Montorselli, E., Marchi, 2016: A Methodological Approach Exploiting Modern Techniques for Forest Road Network Planning. *Croat. j. for. eng.* 37(2): 319–331.
- Laschi, A., C., Foderi, F., Fabiano, F., Neri, M., Cambi, B., Mariotti, E., Marchi, 2019: Forest Road Planning. Construction and Maintenance to Improve Forest Fire Fighting: a Review. *Croat. j. for. eng.* 40(1): 207–219.
- MacDonald, A.J., 1999: Harvesting Systems and Equipment in British Columbia. *FERIC, Handbook No., HB-12: 1–197.*
- Matthews, D.M., 1942: *Cost Control in the Logging Industry.* McGraw-Hill Book Company Inc, New York, 1–374.
- Naderialzadeh, N., K.A., Crowe, R., Pulkki, 2020: On the Importance of Integrating Transportation Costs into Tactical Forest Harvest Scheduling Model. *Croat. j. for. eng.* 41(2): 267–276. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2020.624>
- Papa, I., T., Pentek, K., Lepoglavec, H., Nevečerel, T., Poršinsky, Ž., Tomašić, 2015a: Metodologija izradbe detaljnog registra primarne šumske prometne infrastrukture kao podloge za planiranje i optimizaciju radova održavanja šumskih cesta. *Šum. list* 139(7–8): 311–328.
- Papa, I., T., Pentek, H., Nevečerel, K., Lepoglavec, A., Đuka, B., Šafran, S., Risović, 2015b: Raščlamba tehničkih značajki i sustava odvodnje postojećih šumskih cesta radi utvrđivanja potrebe njihove rekonstrukcije – Studija slučaja za GJ »Belevine« NPSO Zalesina. *Šum. list* 139(11–12): 497–519.
- Papa, I., T., Pentek, D., Janeš, E., Valinčić, A., Đuka, 2019: Studija primarnoga otvaranja šuma gospodarske jedinice Crno jezero–Marković rudine Šumarije Otočac. *Nova meh. šumar.* 40(1): 59–70. <https://doi.org/10.5552/nms.2019.6>
- Picchio R., G., Pignatti, E., Marchi, F., Latterini, M., Benanchi, C., Foderi, R., Venanzi, S., Verani, 2018: The Application of Two Approaches Using GIS Technology Implementation in Forest Road Network Planning in an Italian Mountain Setting. *Forests* 9(5): 277. <https://doi.org/10.3390/f9050277>
- Pičman, D., T., Pentek, H., Nevečerel, 2006: Katastar šumskih prometnica – postojeće stanje, metodologija izradbe i polučene koristi. *Glasnik za šumske pokuse, pos. izdanje* 5, 635–646.
- Pilaš, I., I., Medved, J., Medak, D., Medak, 2014: Response strategies of the main forest types to climatic anomalies across Croatian biogeographic regions inferred from FAPAR remote sensing data. *Forest ecology and management* 326: 58–78. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.04.012>
- Pentek, T., 2002: Računalni modeli optimizacije mreže šumskih cesta s obzirom na dominantne utjecajne čimbenike. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–271.
- Pentek, T., D., Pičman, H., Nevečerel, 2004: Srednja udaljenost privlačenja drva. *Šum. list* 127(9–10): 545–558.

- Pentek, T., D., Pičman, I., Potočnik, P., Dvorščak, H., Nevečerel, 2005a: Analysis of an existing forest road network. *Croat. j. for. eng.* 26(1): 39–50.
- Pentek, T., D., Pičman, H., Nevečerel, H., 2005b: Planiranje šumskih prometnica – postojeća situacija, determiniranje problema i smjernice budućeg djelovanja. *Nova meh. šumar.* 26(1): 55–63.
- Pentek, T., H., Nevečerel, T., Poršinsky, D., Horvat, M., Šušnjar, Ž., Zečić, Ž., 2007: Quality planning of forest road network – precondition of building and maintenance cost rationalisation. *Proceedings of Austro 2007 – FORMEC'07 »Meeting the Needs of Tomorrow's Forests: New Developments in Forest Engineering«*, October 7–11, 2007, Wien–Heiligenkreuzl, Austria, University of Natural Resources and Applied Life Sciences Viena, CD-ROM, 1–12.
- Pentek, T., D., Pičman, H., Nevečerel, K., Lepoglavec, I., Papa, I., Potočnik, 2011: Primarno otvaranje šuma različitih reljefnih područja Republike Hrvatske. *Croat. j. for. eng.* 32(1): 401–416.
- Pentek, T., T., Poršinsky, 2012: Forest Transportation Systems as a Key Factor in Quality Management of Forest Ecosystems. In: *Forest Ecosystems – More than Just Trees* (ed: J. A. Blanco, Y. H. Lo), In Tech, 433–464.
- Pentek, T., A., Đuka, I., Papa, D., Damić, T., Poršinsky, T., 2016a: Elaborat učinkovitosti primarne šumske prometne infrastrukture – alternativa studiji primarnog otvaranja šuma ili samo prijelazno rješenje? *Šum. list* 140(9–10): 435–453.
- Pentek, T., T., Poršinsky, A., Đuka, 2016b: Elaborat učinkovitosti mreže šumskih prometnica – primarne šumske prometne infrastrukture gospodarske jedinice »Stajnička Kapela«, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–120.
- Pentek, T., T., Poršinsky, A., Đuka, 2016c: Elaborat učinkovitosti mreže šumskih prometnica – primarne šumske prometne infrastrukture gospodarske jedinice »Javornik – Tisov vrh«, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–262.
- Pentek, T., T., Poršinsky, A., Đuka, 2017: Elaborat učinkovitosti mreže šumskih prometnica – primarne šumske prometne infrastrukture gospodarske jedinice »Peščenica – Cerje«, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–259.
- Pentek, T., T., Poršinsky, A., Đuka, 2018: Elaborat učinkovitosti mreže šumskih prometnica – primarne šumske prometne infrastrukture gospodarske jedinice »Laktin vrh – Dabri«, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–307.
- Pentek, T., A., Đuka, T., Poršinsky, 2019a: Elaborat učinkovitosti mreže šumskih prometnica – primarne šumske prometne infrastrukture gospodarske jedinice »Trovrh – Kik«, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–216.
- Pentek, T., A., Đuka, T., Poršinsky, 2019b: Elaborat učinkovitosti mreže šumskih prometnica – primarne šumske prometne infrastrukture gospodarske jedinice »Velika Plješivica – Drenovača«, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–152.
- Poršinsky, T., 2005: Djelotvornost i ekološka pogodnost forvardera Timberjack 1710 pri izvoženju oblovine iz nizinskih šuma Hrvatske. *Disertacija*, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–170.
- Poršinsky, T., A., Đuka, I., Papa, Z., Bumber, D., Janeš, Ž., Tomašić, Ž., T., Pentek, 2017: Kriteriji određivanja gustoće primarne šumske prometne infrastrukture – primjeri najčešćih slučajeva. *Šum. list* 141(11–12): 593–608.
- Rhee, H., J., Fridley, W., Chung, D., Page-Dumroese, 2019: An Approach for Modeling and Quantifying Traffic-Induced Processes and Changes in Forest Road Aggregate Particle-Size Distributions. *Forests* 10(9): 769; <https://doi.org/10.3390/f10090769>
- Segebaden, G., 1964: Studies of Cross-Country Transport Distances and Road Net Extension. *Studia Forestalia Suecica* 18: 1–70.
- Žáček, J., P., Klč, 2008: Forest transport roads according to natural forest regions in the Czech Republic. *Journal of forest science* 54(2): 73–83.
- Zhixian, Z., F., Zhili, 1997: The Method of Calculating Average Skidding Distance. *Journal of Forestry Research* 8(1): 47–49.
- *Pravilnik o uređivanju šuma (NN 97/18, 101/18, 31/20, 99/21)
- *Pravilnik o provedbi mjere 4 »Ulaganja u fizičku imovinu«, podmjere 4.3. »Potpora za ulaganja u infrastrukturu vezano uz razvoj, modernizaciju i prilagodbu poljoprivrede i šumarstva«, tipa operacije 4.3.3. »Ulaganje u šumsku infrastrukturu« iz programa ruralnog razvoja Republike Hrvatske za razdoblje 2014. – 2020. (NN 106/15, 65/17, 77/17, 84/18)
- *Pravilnik o sadržaju, namjeni i razini razrade prometnoga elaborata za ceste (NN 140/13)
- *Zakon o cestama (NN 84/11, 22/13, 54/13, 148/13, 92/14, 110/19)
- *Zakon o sigurnosti prometa na cestama (NN 67/08, 48/10, 74/11, 80/13, 92/14, 64/15, 108/17, 70/19, 42/20)

SUMMARY

Knowledge of the characteristics of the density and spatial distribution of forest roads in different bioclimates (terrain categories) facilitates further planning and design processes of future forest road networks. The basic parameters of forest accessibility based on primary forest roads were researched within twenty management units. The research was conducted in four bioclimates: 1. Common oak and floodplain forests, 2. Sessile oak forests of hilly terrain, 3. Submountainous beech forests and 4. Mountainous fir, beech–fir and spruce forests. The following parameters of forest accessibility were analysed: 1) forest road density and factor of forest area indentation, 2) average geometric timber extraction distance and road network factor and 3) primary relative forest accessibility. The obtained results indicate similarities and differences in the quality and quantity of the primary forest road network in each bioclimate.

KEY WORDS: forest roads, bioclimates, planning, terrain category, ArcGIS

ŠTETE OD JELENA OBIČNOG (*CERVUS ELAPHUS* L.) U SASTOJINAMA POLJSKOG JASENA (*FRAXINUS ANGUSTIFOLIA* VAHL) SREDNJE POSAVINE

RED DEER (*Cervus elaphus* L.) DAMAGE ON STANDS OF NARROW-LEAVED ASH (*Fraxinus angustifolia* Vahl) OF MIDDLE POSAVINA

Kristijan TOMLJANOVIĆ^{1*}, Marijan GRUBEŠIĆ¹, Danko DIMINIĆ¹, Milan POLJAK², Jelena KRANJEC ORLOVIĆ¹

SAŽETAK

Šumski ekosustavi složeni su sustavi u kojima je ponekad teško predvidjeti i objasniti procese međusobnog djelovanja i interakcije pojedinih čimbenika. Neodvojivi dio šumskih ekosustava su različite vrste krupne divljači. Divljač, a posebice krupni preživači i divlja svinja, u stalnoj su interakciji sa florom područja koje naseljavaju. Njihovi pozitivno/negativni utjecaji mijenjaju se tijekom različitih fenofaza i starosti sastojine te ovise o prisutnosti i brojnosti divljači, dostupnosti hranjiva i sl. Negativni utjecaji krupnih vrsta divljači predmet su brojnih istraživanja u svijetu i kod nas. U ovome istraživanju obrađene su štete koje uzrokuje jelen obični (*Cervus elaphus* L.) na kori mladih stabala poljskog jasea (*Fraxinus angustifolia* Vahl). Na dvije lokacije unutar poplavnog područja rijeke Save, u staništima gdje se preklapaju zajednice poljskog jasea i areal jelena običnog, izvršeno je istraživanje oštećenja na kori poljskog jasea. Rezultati pokazuju da guljenje kore mladih stabala jasea započinje odmah po uklanjanju zaštitne ograde kojim se sastojine štite u fazi oplodnih sječa. Oštećivana stabla jasea kreću se u rasponu prsnog promjera od 2 do 18 cm. Na stablima promjera 18 cm i više, zbog formiranja debljeg sloja mrtve kore, jeleni prestaju s guljenjem, a štete iz prethodnih godina postaju teže uočljive. Oštećivanja kore kreću od pridanka debla (vrata korijena) pa sve do 190 cm visine. Porastom promjera unutar raspona 2 – 18 cm, raste i stupanj prstenovanja odnosno kumulativna višegodišnja oštećenja. Na nekim lokacijama šteta je zabilježena na svim stablima poljskog jasea. Oštećenja nisu pronađena na hrastu lužnjaku (*Quercus robur* L.) i amorfi (*Amorpha fruticosa* L.) kao dvjema najzastupljenijim drvenastim vrstama pored jasea. Provedene analize kore ne upućuju da je nedostatak hranjiva, šećera ili minerala razlog zašto jeleni gule koru mladih jasenovih stabala.

KLJUČNE RIJEČI: poljski jasea, štete na drveću, krupna divljač, jelen obični

UVOD INTRODUCTION

Divlji preživači integralni su dio šumskih ekosustava koji povremeno značajno utječu na stanište u kojem obitavaju

(Huntly 1991, Hester i dr. 2000). Njihov utjecaj važan je za oblikovanje prostora (Gordon 2004), a u nekim slučajevima prisutnost krupnih preživača unutar sastojina može povećati mikrobiološku aktivnost, udio dušika i ostalih eleme-

¹ Doc. dr. sc. Kristijan Tomljanović, ktomljanovic@sumfak.unizg.hr (dopisni autor); prof. dr. sc. Marijan Grubešić, mgrubestic@sumfak.unizg.hr; prof. dr. sc. Danko Diminić, ddiminic@sumfak.unizg.hr; dr. sc. Jelena Kranjec Orlović, jkranjec@sumfak.unizg.hr, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, Zavod za zaštitu šuma i lovno gospodarenje, Svetošimunska cesta 23, 10000 Zagreb

² Prof. dr. sc. Milan Poljak, mpoljak@agr.hr, Agronomski fakultet Zagreb, Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb

nata u tlu (Pastor i dr. 1993). Krupni preživajući na prostor mogu djelovati neposredno, primjerice odgrizanjem zelenih biljnih dijelova, ali i posredno omogućujući ili pak sprječavajući pojavu ili prisutnost neke biljne ili životinjske vrste (Van Wieren 1998). Odsutnost krupnih preživuća u šumama ponekad omogućuje veću raznolikost vegetacijske strukture i sastava vrsta, čime se stvaraju uvjeti za najveću raznolikost biljaka i životinja (Mitschell i Kirby 1990). Navedenim istraživanjem autori ističu kako je prisutnost krupnih preživuća unutar šumskih ekosustava važna za održavanje sporednih vrsta, poglavito prizemnog rašća, čime se posredno utječe i na brojnost i prisutnost sitnih beskralježnjaka i kralježnjaka. Isto su potvrdili i González-Megías i dr. (2004) koji su istraživali prisutnost beskralježnjaka u površinama izloženim brstu i paši divljih preživuća u odnosu na površine gdje je pristup preživućima bio onemogućen. Također, Kruess i Tschardtke (2002) ističu kako je vegetacija kompleksnija u područjima gdje nema krupnih preživuća (veći broj vrsta i visina vegetacije), međutim, navode i kako se u predjelima koji su otvoreni za pristup preživućima pojavljuje značajno veći broj kukaca. U određenim dijelovima Europe se izuzimanje krupnih preživuća iz šumskih ekosustava provodi kao mjera očuvanja degradiranih sastojina (Mitchell i Kirby 1990) ili kao mjera povećavanja produkcije drvne mase (Gill 1992). U svakom slučaju, prisutnost krupnih preživuća je neminovna unutar šumskih kompleksa i uz štetna djelovanja brojne su prednosti istih, posebice za ruralno stanovništvo (Gordon 2004).

U Republici Hrvatskoj gospodarenje divljači odvija se u skladu sa lovnogospodarskim elaboratima. Gospodarski kapacitet staništa koji se određuje temeljem stručnih propisa i ostvaruje putem lovnih elaborata temelj je održanja optimalne brojnosti divljači na nekom području (Anon. 2006). Prekoračenje tog kapaciteta ima za posljedicu migraciju divljači na nove površine, te često i negativan utjecaj na biljne i životinjske vrste (Côté i dr. 2004). Štetan utjecaj na vegetaciju nastaje i kod normalne brojnosti divljači i uobičajena je pojava u lovištima. Pojedini zeleni biljni dijelovi, pa tako i kora mladih stabala, predstavljaju jedan od redovitih izvora hrane pojedinim vrstama krupne divljači (Dolber i dr. 1994, Rathfon i Farlee 2002). Poljski jasen (*Fraxinus angustifolia* Vahl), jedna od gospodarski i ekološki najznačajnijih šumskih vrsta drveća u nizinskim šumama Hrvatske, je također podložan oštećivanju od strane divljači. U šumama poljskog jasena jelenska divljač (jelen obični, *Cervus elaphus* L.) u određenim razdobljima godine guli koru mladih stabala, posebice nakon uklanjanja zaštitne ograde koja se uobičajeno koristi kod oplodnih sječa u fazi obnove (Pierce i Wiggers 1997). Dosadašnjim istraživanjima utvrđeno je da su štete nastale guljenjem kore od jelenske divljači uglavnom vezane uz zimski period, dok dinamika i intenzitet guljenja ovise o gustoći populacije jelenske divljači, visini snijega i izvorima dostupne hrane u

zimskom razdoblju (Andrašić 1978; 1981, Beuk 2012, Nikić 2013).

Shodno navedenom, cilj ovog istraživanja je bio utvrditi učestalost šteta nastalih guljenjem kore od strane jelena običnog u sastojinama poljskoga jasena, odrediti njihovu visinu na deblu i prsni promjer stabala na kojima se javljaju, kako bi se dobio prvi uvid u njihovu pojavnost na poljskome jasenu te odredio tijek daljnjih istraživanja njihove potencijalne povezanosti s infekcijama patogenih gljiva. Kako bi se pokušao determinirati jedan od uzroka zašto dolazi do guljenja, napraviti će se analize kore poljskog jasena (udio minerala, hranjiva i u vodi otopivog šećera).

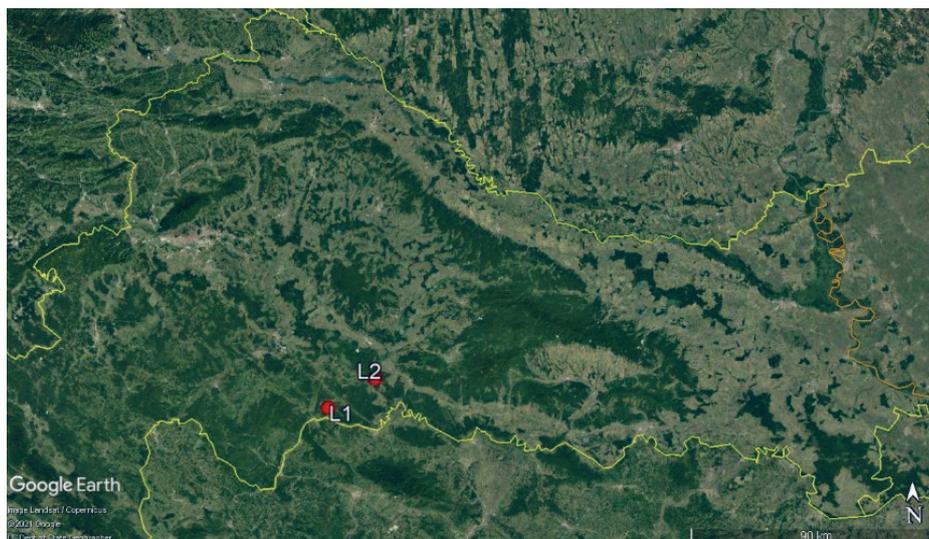
MATERIJALI I METODE MATERIALS AND METHODS

Za istraživanje šteta nastalih guljenjem kore odabrane su dvije sastojine poljskoga jasena prvog dobnog razreda (1–20 godina starosti) koje istovremeno predstavljaju stanište jelena običnog (Slika 1). Prva lokacija nalazi se na području šumarije Sunja (UŠP Sisak), unutar Gospodarske jedinice (G.j.) Posavske šume. Lovištem III/28 Posavske šume koje je ustanovljeno na tom području gospodari Uprava šuma podružnica Sisak (UŠP Sisak). Druga lokacija nalazi se na području šumarije Lipovljani (UŠP Zagreb), u G.j. Josip Kozarac. Lovištem III/39 Opeke II koje je ustanovljeno na tom području gospodari Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu. Osim poljskog jasena kao glavne vrste, na odabranim lokacijama se pojavljuju hrast lužnjak (*Quercus robur* L.), nizinski brijest (*Ulmus minor* Mill.), malolisna lipa (*Tilia cordata* Mill.), crna joha (*Alnus glutinosa* L.), bijela vrba (*Salix alba* L.), obični grab (*Carpinus betulus* L.), divlja kruška (*Pyrus pyraeaster* Burgsd.) i amorfa (*Amorpha fruticosa* L.). Gospodarenje šumama i upravljanje lovištem se na obje odabrane lokacije obavlja po istim načelima, tako da je utjecaj gospodarenja na nastale štete istovjetan.

Na oba lokaliteta postavljene su po dvije pokusne plohe pravokutnog oblika, dimenzija 10 x 50 m. Na plohama su izmjerena sva stabala i razvrstana po vrstama. Na svakom pojedinačnom stablu osim prsnog promjera, izvršena je i izmjera oštećenja kore. Mjerene su najniža i najviša točka oštećenja na deblu i stupanj prstenovanja s obzirom na opseg stabla mjeren na visini od 1,30 m (Beuk 2012). Stabla na kojima je zabilježeno oštećivanje kore od divljači su prema stupnju prstenovanja razvrstavana u tri kategorije:

- Oštećeno do 1/3 opsega
- Oštećeno 1/3 do 2/3 opsega
- Oštećeno više od 2/3 opsega

Kako bi se utvrdio kemijski sastav kore kao i eventualni razlog zbog kojeg dolazi do guljenja kore jasenovih stabala, na plohama su uzeti uzorci kore oguljenih stabala unutar 4



Slika 1. Lokacije sastojina poljskoga jasena odabrane za istraživanje (L1 – UŠP Sisak, šumarija Sunja, G.j. Posavske šume; L2 – UŠP Zagreb, šumarija Lipovljani, G.j. Josip Kozarac)

Figure 1. Locations of narrow-leaved ash stands chosen for the research (L1 – forest administration Sisak, forestry office Sunja, management unit Posavske šume; L2 – forest administration Zagreb, forestry office Lipovljani, management unit Josip Kozarac)

Tablica 1. Oštećenja kore stabala uzrokovana jelenskom divljači u sastojinama poljskoga jasena, lokacija L1 (G.j. Posavske šume)

Table 1. Bark damage induced by deer game in narrow-leaved ash stands, location L1 (management unit Posavske šume)

Broj izmjerenih stabala: 361/ Number of sampled trees: 361	Ar. sredina Mean	Minimum Minimum	Maksimum Maximum	Std. dev Std. dev
Prsni promjer stabala / DBH	5,0277	1,5	17,5	3,50148
Stupanj prstenovanja / The intensity of the stem girdling	1,3795	0	3	1,04484
Najniža točka guljenja (cm) / Lowest peeling point (cm)	36,8283	0	130	29,24719
Najviša točka guljenja (cm) / Highest peeling point (cm)	100,1801	0	180	63,93711
Duljina oguljenog dijela (cm) / Length of the peeled part (cm)	63,2687	0	150	46,58901

debljinska stupnja prema prsnom promjeru od 2 – 6 cm; 6 – 10 cm; 10 – 14 cm i ≥ 14 cm. Analize kore obuhvatile su određivanje udjela minerala, hraniva i u vodi topivog šećera (Mousdale 1997, Diatlof i Rengel 2001) i izvršene su u laboratoriju Zavoda za ishranu bilja Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Uzorci su uzeti u vrijeme početka nastanka štete, u drugoj polovici siječnja Za svaki debljinski stupanj uzeto je po deset uzoraka kore s različitih stabala. Prije analize uzorci su samljeveni i homogenizirani.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA RESEARCH RESULTS

Rezultati izmjere oštećenja na kori dubećih stabala – Results of the measurement of damage on the bark of standing trees

Na pokusnim ploham postavljenima na lokaciji L1 (G.j. Posavske šume) izmjereno je sveukupno 361 oštećeno stablo. Od izmjerenih stabala 305 su bila stabla poljskoga jasena, 47 stabla amorfe i 8 stabla ostalih listača. Vrijednosti

promjera izmjerenih stabala te opisne vrijednosti uočenih šteta su prikazani u Tablici 1.

Na dvije plohe na lokaciji L2 (G.j. Josip Kozarac) ukupno je izmjereno 527 oštećenih stabala (Slike 2 i 3). Od svih izmjerenih stabala bilo je 371 stabala poljskoga jasena, 10 stabala hrasta lužnjaka, 9 stabala nizinskog brijesta, 13 stabala bijele vrbe, 4 stabla klena, 3 stabla divlje kruške, 1 stablo običnog graba, 15 stabala malolisne lipe, 54 stabala amorfe i 38 stabala ostalih listača. Vrijednosti promjera izmjerenih stabala te opisne vrijednosti uočenih šteta su prikazani u Tablici 2.

Rezultati istraživanja oštećenosti koljika poljskog jasena od strane krupne divljači pokazuju kako je guljenje prisutno na stablima promjera 1 – 18 cm. Uklanjanjem zaštitnih ograda kojima se sastojine ograđuju tijekom oplodne sječe jelenska divljač prodire unutar mladih sastojina i guli koru jasena do prsnog promjera 16 – 18 cm. Nakon toga stvara se deblji mrtvi dio kore te guljenje prestaje. Stupanj prstenovanja iznosi prosječno 1,26 – 1,37, što bi značilo da je gotovo pola opsega u prosjeku zahvaćeno oštećivanjem.



Slika 2. Guljenje kore na mladim stablima poljskoga jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl) od strane jelena običnog (*Cervus elaphus* L.) unutar G.j. Josip Kozarac, Lovište III/39 OPEKE II (Foto: M. Oršanić)

Figure 2: Peeling of bark on young narrow-leaved ash trees (*Fraxinus angustifolia* Vahl) by red deer (*Cervus elaphus* L.) inside management unit Josip Kozarac, hunting ground III/39 OPEKE II (Photo: M. Oršanić)

Najniža i najviša točka guljenja kore nalazi se u tzv „zoni brsta“, a to je od 20 do 180 cm. Stupanj prstenovanja se u pravilu povećava s prsnim promjerom odnosno starošću biljke (Slika 4).

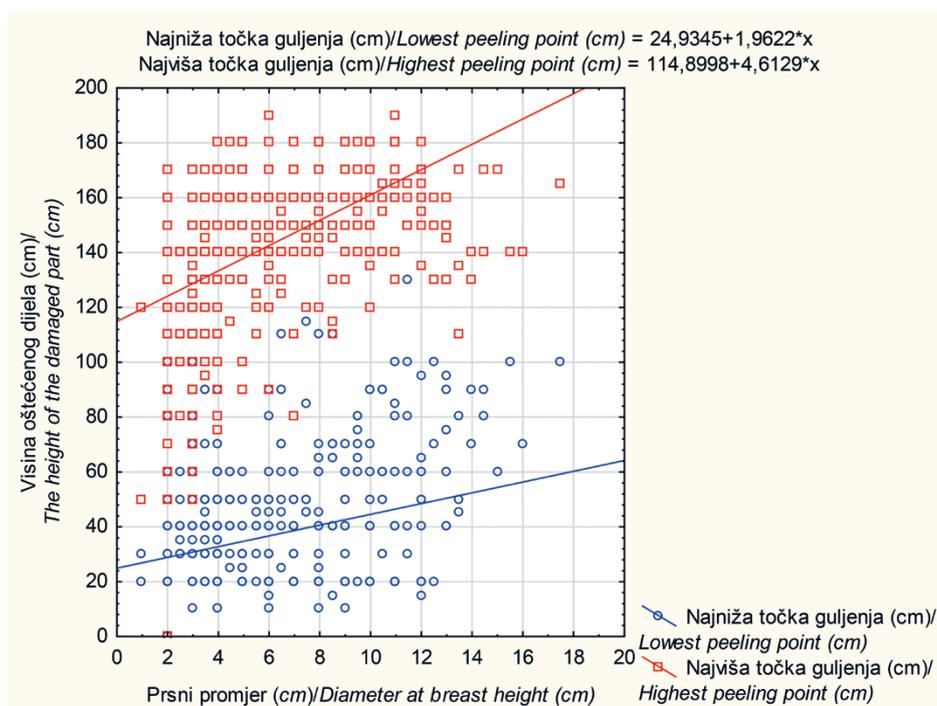
Porastom promjera raste i ukupna duljina oštećenog dijela kore na obje istraživane lokacije (Slika 5). Razloge i ovdje treba tražiti u višegodišnjem uzastopnom oštećivanju istog stabla. Intenzivna oštećivanja počinju kod prsnog promjera



Slika 3. Štete od jelenske divljači na kori stabala poljskoga jasena, G.j. Josip Kozarac, Lovište III/39 OPEKE II (Foto: K. Tomljanović)

Figure 3. Damage induced by deer game on the bark of narrow-leaved ash trees, management unit Josip Kozarac, hunting ground III/39 OPEKE II (Photo: K. Tomljanović)

od 2 cm i prisutna su kod stabala do prsnog promjera 14 cm. Nakon toga opadaju, dok kod prsnog promjera 18 cm potpuno izostaju.



Slika 4. Grafički prikaz ovisnosti najniže i najviše točke oštećenog dijela o prsnom promjeru oštećenih stabala u istraživanim sastojinama poljskoga jasena
Figure 4. Scatterplot of the DBH effect on the lowest and highest point of the damaged part on the stem of damaged trees in researched narrow-leaved ash stands

Tablica 2. Oštećenja kore stabala uzrokovana jelenskom divljači u sastojinama poljskoga jasena, lokacija L2 (G.j. Josip Kozarac)

Table 2. Bark damage induced by deer game in narrow-leaved ash stands, location L2 (management unit Josip Kozarac)

Broj izmjerenih stabala: 527 Number of sampled trees: 527	Ar. sredina Mean	Minimum Minimum	Maksimum Maximum	Std. dev Std. dev
Prsni promjer stabala / DBH	4,26	1	12	2,76
Stupanj prstenovanja / The intensity of the stem girdling	1,27	0	3	1,23
Najniža točka guljenja (cm) / Lowest peeling point (cm)	14,40	0	100	14,58
Najviša točka guljenja (cm) / Highest peeling point (cm)	86,38	0	190	75,22
Duljina oguljenog dijela (cm) / Length of the peeled part (cm)	50,39	0	145	44,90

Tablica 3. Postotni udio hranjiva u uzorcima kore poljskoga jasena

Table 3. Percentage share of nutrients in bark samples of narrow-leaved ash

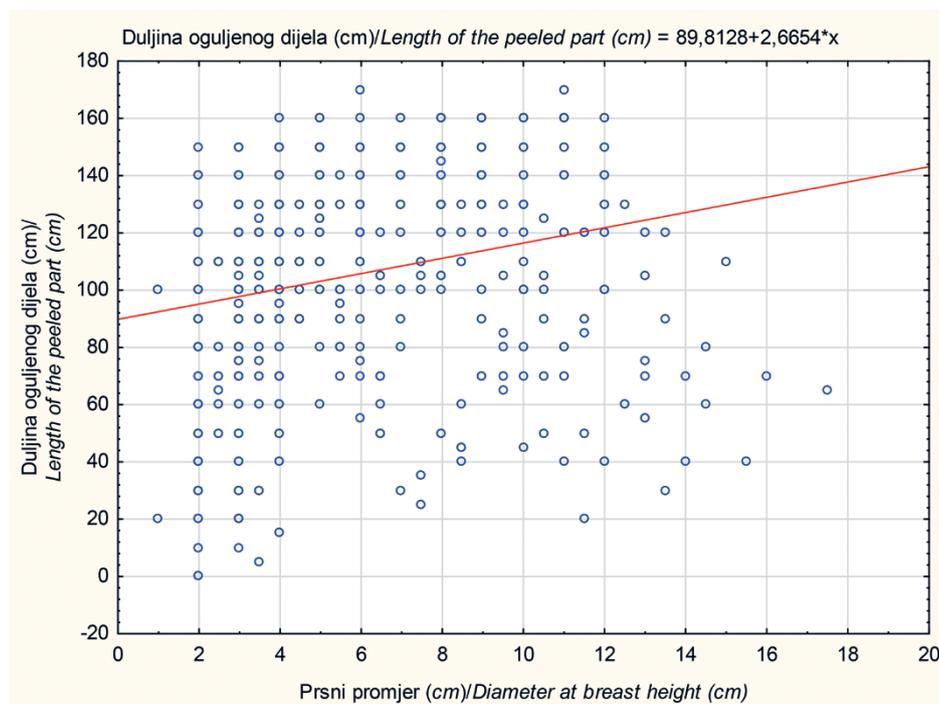
Prsni promjer Diameter at breast height (DBH)	N	P205	P	K20	K	Ca	Mg
2 – 6 cm	0,67	0,072	0,031	0,58	0,48	1,83	0,083
6 – 10 cm	0,80	0,082	0,036	0,60	0,50	1,67	0,069
10 – 14 cm	0,82	0,117	0,051	0,66	0,55	2,24	0,125
14 cm ≤	0,78	0,105	0,046	0,74	0,61	2,09	0,073

Generalno gledajući, gotovo sva stabla poljskog jasena promjera većeg od 2 cm bila su oštećena. Uz poljski jase, štete su evidentirane na malom broju stabala malolisne lipe (*Tilia cordata* Mil.) i nizinskom brijestu (*Ulmus minor* Pallas) dok kod hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) i amorfe (*Amorpha fruticosa* L.) nije zabilježeno oštećivanje kore od strane jelenske divljači u ovom istraživanju.

Analize kore – Bark analysis

Kako bi se utvrdio kemijski sastav kore mladih stabala jasena, uzeti su uzorci kore na kojima su provedene analize hranjiva, minerala i udjela šećera. Postotni udio hranjiva u uzorcima kore poljskoga jasena je prikazan u Tablici 3.

Udio minerala u uzorcima kore mladih stabala poljskoga jasena prikazan je u Tablici 4.



Slika 5. Grafički prikaz ovisnosti duljine oštećenog dijela i prsnog promjera oštećenih stabala u istraživanim sastojinama poljskoga jasena
Figure 5. Scatterplot of the DBH effect on the length of the peeled part of the stem of damaged trees in researched narrow-leaved ash stands

Tablica 4. Udio minerala (mg/kg suhe tvari) u kori mladih stabala poljskoga jasena

Table 4. Mineral content (mg/kg of dry matter) in bark of young narrow-leaved ash trees

Prsni promjer Diameter at breast height (DBH)	Fe	Zn	Mn	Cu
2 – 6 cm	50,5	13,3	24,3	6,04
6 – 10 cm	93,1	11,3	28,8	6,27
10 – 14 cm	63,2	26,2	33,4	7,09
14 cm ≤	101,3	19,5	30,6	8,05

Tablica 5. Udio (g/kg) topivog šećera u uzorcima kore poljskoga jasena

Table 5. Percentage (g/kg) of soluble sugar in the bark samples of narrow-leaved ash

Prsni promjer Diameter at breast height (DBH)	Ukupni vodotopivi šećer (g/kg) Total soluble sugar (g/kg)
2 – 6 cm	107,3
6 – 10 cm	134,9
10 – 14 cm	152,5
14 cm ≤	106,8

Analizama provedenim u sklopu utvrđivanja sirovinskog sastava kore određen je i netopivi šećer u kori mladih stabala poljskoga jasena (Tablica 5).

Rasprava i zaključci – Discussion and conclusions

Konflikti u odnosu čovjeka i divljih životinja uobičajena su pojava i porastom stanovništva postaju sve učestaliji, što je posebice izraženo u poljoprivredi i šumarstvu (Bulte i Rondeau 2005, Fratini i dr. 2016, Côté i dr. 2004). Ekonomske štete takvih konflikata mogu biti značajne na regionalnoj i nacionalnoj razini (Deodatus 2000). Razlozi koji dovode do toga su različiti, a najčešći uzrok su sve veće fragmentacije staništa i smanjivanje produktivnih površina za divlje životinje (Acharya i dr. 2017, Argenti i dr. 2012), podizanje obradivih površina uz rubove šumskih površina i izloženost takvih površina divljim dvopapkarima (Hill 2015, Rondeau i Bulte 2007, Sijtsma i dr. 2012), štete u prometu do kojih dolazi dnevnom i sezonskom migracijom krupne divljači (Vrkljan i dr. 2020) i na kraju štete na šumskim kulturama i šumskom tlu (Bergquist i Kalén 2002).

Negativni utjecaji divljači na nekom području dinamičnog su karaktera te se kroz vrijeme mijenjaju (Jensen i dr. 2014, Beschta i Ripple 2009). Razlog leži u populacijskoj dinamici pojedine vrste divljači (Prebanić i Ugarković 2015) koja je u uskoj vezi s pojavnosti šteta na nekom području (Cederlund i Bergström 1996, Zaccaroni i dr. 2013). U navedenom istraživanju autori naglašavaju kako zbog urbanizacije središnjeg dijela Europe dolazi do smanjivanja brojnosti nekih vrsta divljači, a sa druge strane porasta brojnosti drugih vrsta poput srne obične (*Capreolus capreolus* L.), a time i svih šteta koje su karakteristične za ovu vrstu. Postoje različita

razmišljanja o tome u kojoj mjeri različita gustoća pojedine divljači na nekom prostoru može utjecati na pojavnost šteta, te u kojoj mjeri se pritiskom lova može neka šteta smanjiti (Jensen i dr. 2014). Pojedine vrste krupne divljači bez obzira na gustoću populacije ne čine štetu na flori staništa ili je njihov utjecaj zanemariv. U drugim slučajevima čak i mala šteta u osjetljivoj fazi razvoja neke biljne vrste može prouzrokovati značajnu štetu u vidu smanjivanja prirasta biomase, prodora štetnika ili pak nekog drugog gubitka ekonomske vrijednosti (Fratini i dr. 2016). Neke studije (Ripple i Beschta 2012) pokazuju kako su u područjima s prisutnošću krupnih predatora, poput vuka (*Canis lupus* L.) i medvjeda (*Ursus arctos* L.), štete od divljači na šumama i poljoprivrednim površinama značajno manje. Autori navode kako je razlog manjih šteta smanjena gustoća populacije divljih preživača, koja u nekim slučajevima može biti i do šest puta manja u odnosu na staništa bez krupnih predatora. Rezultati studije upućuju na činjenicu da je prisutnost krupnih predatora važna ne samo za smanjivanje šteta, već je njihova nazočnost u staništu važan „instrument“ u reguliranju biljne proizvodnje općenito. Navedeno istraživanje u suglasju je s hipotezom eksploatacijskih sustava (HES) (Oksanen i dr. 1981). Prema HES, biljke, preživači i predatori nalaze se u trofičkoj kaskadi, gdje koncentracija jednog utječe izravno na drugog. Porastom neto primarne produktivnosti (NPP) kroz vrijeme raste i neto masa preživača (NMP). Međutim, u sustavima s prisutnošću krupnih predatora uz porast NPP ne dolazi do porasta NMP. Smanjivanjem brojnosti predatora na istom području dolazi do značajnog porasta NMP i značajnog utjecaja na NPP.

U šumarstvu štete većih razmjera najčešće se događaju na mlađim biljkama i uzrokovane su različitim vrstama porodice jelena. Jeleni i srne štetu čine brstom zelenih biljnih dijelova, guljenjem kore te odgrizanjem vršnih pupova. Značajne štete na tlu i sjemenu može uzrokovati i visoka brojnost divljih svinja (Côté i dr. 2004, Vallejo-Marín i dr. 2006). Na šumarsku proizvodnju u određenim uvjetima utjecaj može imati i dabar (*Castor fiber*) (Fratini i dr. 2016). Oštećivanja kore poglavito jasenovih stabala od strane jelenske divljači redovita su pojava u poplavnim staništima kontinentalnog dijela Republike Hrvatske, koja su opisana u istraživanjima provedenima u drugoj polovici 20. st. (Andrašić 1978; 1981). Rezultati ovog istraživanja pokazuju da se guljenje kore dominantno odvija na poljskome jasenu, pri čemu se oštećenja javljaju kada su stabla promjera 2 cm, pa sve dok stabla ne dosegnu prsni promjer 16 – 18 cm, tj. dok ne formiraju deblji sloj mrtve kore. Tekstura mrtvog dijela kore izrazito je gruba i kao takva vrlo vjerojatno nezanimljiva za žvakanje, odnosno kao izvor hrane jelenskoj divljači. Na stablima promjera od 12 cm postaje čak i teško utvrditi samo oštećenje na stablu.

Stabla bivaju oštećena u zoni brsta tj. do nekih 180 cm visine. Na analiziranim površinama kumulativno oštećivanje

tj. oštećivanje istog stabla tijekom više godina uzastopce dovodi do toga da je gotovo polovica opsega debla u prosjeku zahvaćena štetama, što potencijalno može dovesti do poremećaja u provodu hranjivih tvari putem floema te uzrokovati pad vitaliteta i odumiranje onih tkiva i organa koja ostanu bez opskrbe hranjivima. Također, ozljede nastale guljenjem kore mogu predstavljati ulazna mjesta za infekcije sporama različitih vrsta parazitskih gljiva, uključujući i invazivnu patogenu vrstu *Hymenoscyphus fraxineus*, za koju se navodi kako može izravno inficirati deblo putem ozljeda (Husson i dr. 2012).

Najintenzivnije guljenje kore događa se u periodu prosinac – veljača. To je razdoblje kada je divljač uglavnom usredotočena na dopunsku prihranu (kukuruz, žito, zob, itd.), zbog čega se može pretpostaviti da minerali i hranjiva koja se nalaze u kori također mogu biti zanimljivi jelenskoj divljači za ishranu. Također, jelenu običnom kao preživaču u navedenom periodu nedostaje žilave paše u prehrani, pa iz tog razloga vrlo vjerojatno žvače mladu koru jasena. Vitamini i minerali imaju veliku važnost u prehrani krupne divljači. Uzimanjem dovoljne količine istih osigurava se otpornost na bolesti i tjelesna kondicija. Mineralne tvari poput željeza, cinka, mangana i bakra neophodni su za tvorbu kostiju, tkiva, tjelesnih sokova i reguliranja svih ostalih fizioloških procesa. Minerali održavaju kiselost probavnih sokova (reguliraju pH vrijednost), reguliraju reakcije u tjelesnim tkivima i održavaju sastav krvi. Od analiziranih minerala primjetno je učešće mangana (Mn) u kori kao jednog od značajnijih elemenata u stvaranju važnih enzima za izgradnju kostiju. Također, mangan djeluje kao koenzim koji sudjeluje u metaboličkim procesima. Osim toga, mangan sudjeluje u formaciji vezivnog tkiva, apsorpciji kalcija, pravilnom funkcioniranju štitnjače, regulaciji spolnih hormona, regulaciji razine šećera u krvi, razgradnji masti i ugljikohidrata. Bakar je također element izgradnje kostiju i važan čimbenik mobilnosti željeza u organizmu.

Može se pretpostaviti da je upravo nedostatak vitamina i minerala u prehrani glavni razlog zbog kojeg dolazi do guljenja kore mladih jasenovih stabala od jelenske divljači. Siječanj i veljača, odnosno početak guljenja kore je ujedno i početak intenzivnijeg razvoja embrija kod gravidnih košuta, što također može biti okidač za ovu aktivnost jelenske divljači.

Analize kore također su pokazale udjele šećera koji bi mogli biti zanimljivi jelenskoj divljači za prehranu, međutim šećerom je također bogata zrnata hrana koja se redovito izlaže u zimskom periodu kao dopunska prehrana, tako da udjeli šećera vrlo vjerojatno nisu razlog guljenja kore od strane jelenske divljači.

Provedene analize šteta koje jelenska divljač čini na mladim sastojinama poljskoga jasena zasigurno dovode do boljeg poznavanja problematike integralnog gospodarenja ovim

ekosustavima. Pravilno planiranje lovnogospodarskih kapaciteta, pravovremeni zahvati i poduzimanje svih zaštitnih mjera temelj su gospodarenja ovim vrijednim resursima poplavnih nizina u budućnosti. S obzirom da navedene štete mogu biti usko povezane s padom vitaliteta stabala i infekcijama patogenih gljiva, u budućnosti bi trebalo provesti detaljna istraživanja njihove korelacije sa zdravstvenim stanjem stabala i pojavnošću različitih vrsta gljiva, s naglaskom na patogena *Hymenoscyphus fraxineus*.

Zahvala – Acknowledgement

Rad je objavljen u sklopu istraživanja na projektu Ministarstva poljoprivrede Republike Hrvatske “Očuvanje sastojina poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl) u Republici Hrvatskoj s naglaskom na biotske štetnike”.

Literatura – References

- Acharya, K. P., P. K. Paudel, S. R. Jnawali, P. R. Neupane, & M. Koehl, 2017: Can forest fragmentation and configuration work as indicators of human–wildlife conflict? Evidences from human death and injury by wildlife attacks in Nepal. *Ecological indicators*, 80, 74–83.
- Andrašić, D., 1978: Prethodni izvještaj o istraživanjima veličine šteta od jelenske i srneće divljači u šumama Šumskog gospodarstva Hrast u Vinkovcima. *Šumarski list*, 102 (8–10): s. 322.
- Andrašić, D., 1981: Rezultati istraživanja veličine šteta uzrokovanih jelenskom i srnećom divljači u šumama šumskog gospodarstva Hrast u Vinkovcima. *Šumarski list*, 105 (5–7): s. 227.
- Argenti, G., Cervasio, F., & M. P. Ponzetta, 2012: Control of bracken (*Pteridium aquilinum*) and feeding preferences in pastures grazed by wild ungulates in an area of the Northern Apennines (Italy). *Italian Journal of Animal Science*, 11(4), e62. <https://doi.org/10.4081/ijas.2012.e62>
- Bergquist, J., & C. Kalén, 2002: Assessing effects of wildlife on forestry. In *Developing Principles and Models for Sustainable Forestry in Sweden* (pp. 317–336). Springer, Dordrecht.
- Beschta, R. L., & W. J. Ripple, 2009: Large predators and trophic cascades in terrestrial ecosystems of the western United States. *Biological conservation*, 142(11), 2401–2414 <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.06.015>
- Beuk, D., 2012: Lovstvo u integralnom gospodarenju spačvanskim šumama. Doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb.
- Bulte, E. H., & D. Rondeau, 2005: Why compensating wildlife damages may be bad for conservation. *The Journal of Wildlife Management*, 69(1), 14–19. [https://doi.org/10.2193/0022-541X\(2005\)069<0014:WCWDMB>2.0.CO;2](https://doi.org/10.2193/0022-541X(2005)069<0014:WCWDMB>2.0.CO;2)
- Cederlund, G., & R. Bergström, 1996: Trends in the moose—forest system in Fennoscandia, with special reference to Sweden. In *Conservation of faunal diversity in forested landscapes* (pp. 265–281). Springer, Dordrecht.
- Côté, S. D., T. P. Rooney, J. Tremblay, C. Dussault, D. M. Waller, 2004: Ecological impacts of deer overabundance. *Annual Review of Ecology, Evolution & Systematics* 35, 113–147. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.35.021103.105725>
- Deodatus, F. 2000: Wildlife damage in rural areas with emphasis on Malawi. Pages 115–140 in H. Prins, J. Grootenhuis, and

- T. Dolan, editors. *Wildlife conservation by sustainable use*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands
- Diatlof, E., Z. Rengel, 2001: Compilation of simple spectrophotometric techniques for the determination of elements in nutrient solutions. *J. Plan Nutrition*, 24: 75–86.
 - Dolber, R. A., N. A. Holler, D. W. Hawthorne, 1994: Identifikation and assessment of wildlife damages an overview, University of Nebraska, Lincoln. s. 19.
 - Fratini, R., F. Riccioli, G. Argenti, & M. P. Ponzetta, 2016: The sustainability of wildlife in agroforestry land. *Agriculture and agricultural science procedia*, 8, 148-157. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.02.020>
 - Gill, R. M. A., 1992: A reiew of damage by mamals on north temperate forests: 3. Impact on trees and forest. *Forestry*, 65(4): 363–388.
 - González-Megías, A., J. M. Gómez, F. Sánchez-Pinero, 2004: Effects of ungulates on epigeal arthropods in Sierra Nevada National Park (southeast Spain). *Biodivers. Conserv.*, 13: 733–752.
 - Gordon, I. J., A. J. Hester, M. Festa-Bianchet, 2004: The management of wild large herbivores to meet economic, conservation and environmental objectives. *J. Appl. Ecol.*, 41: 1021–1031.
 - Hester, A. J., L. Edenius, R. M. Buttenshøn, A. T. Kuiters, 2000: Interactions between forests and herbivores: the role of controlled grazing experiments. *Forestry*, 73(4): 381–391.
 - Hill, C. M. 2015: Perspectives of “conflict” at the wildlife–agriculture boundary: 10 years on. *Human Dimensions of Wildlife*, 20(4), 296-301.
 - Huntly, N., 1991: Herbivores and the dynamics of communities and ecosystems. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 22: 477–503.
 - Husson, C., O., J. P. Cael, L.M. Grandjean, B., Nageleisen, B., Marçais, 2012: Ocurrance of *Hymenoscyphus pseudoalbidus* on infected ash logs. *Plant Pathology* 61: 889-895.
 - Jensen, F., J. B. Jacobsen, N. Strange, & B. J. Thorsen, 2014: Wildlife reserves, populations, and hunting outcome with smart wildlife. *Natural Resource Modeling*, 27(3), 376-395. <https://doi.org/10.1111/nrm.12039>
 - Kruess, A., T. Tschardtke, 2002: Contrasting responses of plant and insect diversity to variation in grazing intensity. *Biological Conservation*, 106 (3): 293–302.
 - Lindsay, E. A., S. A. Cunningham, 2009: Livestock grazing exclusion and microhabitat variation affect invertebrates and litter decomposition rates in woodland remnants. *Forest Ecol. Manage.*, 258: 178–187.
 - Mitchehel, F. J. G., K. J. Kirby, 1990: The impact of large herbivores on the conservation of semi-natural woods in the British Uplands. *Forestry*, 63(4): 333–353.
 - Mousdale, D. M., 1997: The analytical chemistry of microbial cultures. *Applied Microbial Physiology. A practical Approach*, New York, 165–192.
 - Mousdale, D. M., 1997: The analytical chemistry of microbial cultures. *Applied Microbial Physiology. A practical Approach*, New York, 165–192.
 - Nikić, I., 2013: Štete na stablima uslijed guljenja kore od jelen-ske divljači u sastojinama poljskog jasena. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb.
 - Oksanen, L., S. D. Fretwell, J. Arruda, & P. Niemela, 1981: Exploitation ecosystems in gradients of primary productivity. *The American Naturalist*, 118(2), 240-261.
 - Pierce, R. A., E. P. Wiggers, 1997: Controlling Deer Damage in Missouri. Univesity of Missouri, Columbia, s. 20.
 - Prebanić, I., & D. Ugarković, 2015: Analysis of seasonal activities of red deer (*Cervus elaphus* L.) in relation to the mating season, lunar phases and air temperature. *Russian Journal of Ecology*, 46(4), 393-395.
 - Rathfon, R., L. Farlee, 2002: Keeping the forest healthy and productive, A Landowner’s Guide to Sustainable Forestry, Purde University, Indiana, 1 - 11.
 - Ripple, W. J., & R. L. Beschta, 2012: Large predators limit herbivore densities in northern forest ecosystems. *European Journal of Wildlife Research*, 58(4), 733-742.
 - Rondeau, D., & E. Bulte, 2007: Wildlife damage and agriculture: a dynamic analysis of compensation schemes. *American Journal of Agricultural Economics*, 89(2), 490-507.
 - Sijtsma, M. T., J.J. Vaske, & M.H. Jacobs, 2012: Acceptability of lethal control of wildlife that damage agriculture in the Netherlands. *Society & Natural Resources*, 25(12), 1308-1323.
 - Tomljanović, K., M. Grubešić 2015: The Consequence of damaging the barko f forest trees by big game. 4th International Hunting and Game Management Symposium, Velenje, 5-7.11.2015, s 75 – 75.
 - Vallejo-Marín, M., Domínguez, C. A. & R. Dirzo, 2006: Simulated seed predation reveals a variety of germination responses of neotropical rain forest species. *American Journal of Botany*, 93(3), 369-376. <https://doi.org/10.3732/ajb.93.3.369>
 - Van Wieren S.E., 1998: Effects of large herbivores upon the animal community, *Grazing and Conservation Management. Conservation Biology Series*, vol 11. Springer, Dordrecht. 185 – 214.
 - Vrkljan, J., D. Hozjan, D. Barić, D. Ugarković, & K. Krapinec, 2020: Temporal patterns of vehicle collisions with roe deer and wild boar in the dinaric area. *Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering*, 41(2), 1-13.
 - Zaccaroni, M., N. Biliotti, A. Buccianti, S. Calieri, M. Ferretti, M. Genghini, ... & F. Dessi-Fulgheri, 2013: Winter locomotor activity patterns of European hares (*Lepus europaeus*). *Mammalian Biology*, 78(6), 482-485. <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2013.07.001>

SUMMARY

Forest ecosystems are complex systems where it is often hard to predict and explain mutual activities and interactions of individual factors. Different species of big game make an inseparable part of these ecosystems. Game, particularly big ruminants and wild boar are in a constant interaction with the flora of the area they inhabit. Their positive and negative effects vary during different forest stand phenophases and depend on the forest stand age, presence and number of different game species,

availability of food, etc. The negative effects of big game on forest stands have been studied world-wide and in Croatia as well. The focus of this research was to analyse the bark damage induced by red deer on young trees of narrow-leaved ash. The research was conducted in two narrow-leaved ash forest stands situated in the Sava river basin in Croatia, where red deer is known to be present. The obtained results indicate that debarking (bark peeling) of young trees starts immediately upon the removal of the protective fence which is usually put up around forest stands during the regeneration period. Diameter at the breast height (DBH) of damaged narrow-leaved ash trees varied from 2 to 18 cm. In trees of greater diameter, new bark peeling didn't occur, and damage induced in previous years became less conspicuous due to the formation of thicker bark layer. Bark damage was visible from the root collar (ground level) up to 190 cm of the stem height. With the increase of DBH (in the range from 2 to 18 cm), the girdling intensity, i.e., the cumulative damage from previous years increased as well. In some research plots the damage was visible on all narrow-leaved ash trees. Bark damage induced by red deer was not observed on the pedunculate oak and indigo bush, which were the two most common woody species in the researched area just after narrow-leaved ash. Conducted bark analysis didn't indicate that the lack of nutrients, soluble sugar or minerals is the reason for the extensive bark peeling of the narrow-leaved ash bark.

KEY WORDS: narrow-leaved ash, tree damage, big game, red deer



Original **STIHL**[®]
Swiss Made

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). Proizvede 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.

DETERMINATION OF SOME PHENOLIC SUBSTANCES IN SIX DIFFERENT POPULATIONS OF TURKISH HAZEL (*CORYLUS COLURNA* L.) LEAVES AND COMPARISON OF PHENOLIC FLUCTUATION WITH WATER DEFICIENCY

UTVRĐIVANJE FENOLNIH SUBSTANCI KOD ŠEST RAZLIČITIH POPULACIJA MEDVJEĐE LIJESKE (*CORYLUS COLURNA* L.) I USPOREDBA FLUKTUACIJE FENOLA U SLUČAJU NEDOSTATKA VODE

Mustafa ARSLAN¹, Arzu UCAR TURKER^{2*}, Isa TAS², Arzu BIRINCI YILDIRIM³, Erva OZKAN²

SUMMARY

Turkish hazel (*Corylus colurna* L.) is one of the naturally grown hazelnut species in Turkey. It can be easily separated from other hazel species with its thick single stem and tall appearance. It can be used in afforestation and erosion control studies due to low demand for habitat and strong root system. It contains substances with high medicinal value in its fruits and leaves. Hazel leaves have strong antioxidant activity due to their high phenolic content. Objective of the study was primarily to determine the individual phenolic constituents of six different populations of Turkish Hazelnut and then to evaluate the effect of water deficiency stress generated by irrigation regime on phenolic constituents and photosystem II activity on these genotypes. Grafted plants were produced by taking scions from six different populations of Turkish Hazelnut (Oğuzlar, Erenler, Merkeşler, Seben, Güney Felakettin and Pelitcik). The study was started when the grafted seedlings were 7 years old in greenhouse. During the experiment (June and July), two different levels of irrigation were applied (W1: the soil was fully irrigated to reach field capacity in each irrigation; W2: 50% reduction of W1 irrigation water). After the application of two different irrigation regimes, leaves were collected for each month, dried, extracted with methanol and then quantitatively analyzed and compared for individual phenolic constituents (gallic acid monohydrate, caffeic acid, rutin hydrate, luteolin-7-O- β -D glucoside, kaempferol, rosmarinic acid, myricetin, quercetin, coumarin and apigenin) by using high performance liquid chromatography (HPLC) coupled with a diode array detector (DAD). Generally, rutin, kaempferol and luteolin were dominant individual phenols in methanol extracts of Turkish hazelnut leaves. Pelitcik population was noticeable source of rutin and kaempferol in June, and the halved irrigation regime significantly increased the levels of both phenols in July. Similarly, the highest total phenolic content was observed in the Pelitcik population in June and the halved irrigation regime significantly increased the total phenolic content in both months in this population. It was also determined to what extent water deficiency physiologically

¹ Dr. Mustafa Arslan, Western Black Sea Forestry Research Institute, Bolu, Turkey

² Prof. Dr. Arzu Ucar Turker, DR. Isa Tas, Erva Ozkan (MSc), Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Science and Art, Department of Biology, Bolu, Turkey

³ Assoc. Prof. Dr. Arzu Birinci Yildirim, Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Bolu, Turkey

*Correspondence: Prof. Dr. Arzu Ucar Turker, Bolu Abant İzzet Baysal University, Department of Biology, 14280 Bolu, Turkey, E-mail: turker_a@ibu.edu.tr, Phone: +90 374 254 12 38, Fax: +90 374 253 46 42

affects the quantum efficiency (Fv/Fm) of photosystem II activity through chlorophyll fluorescence technique in hazelnut leaves. Generally, Fv/Fm value decreased with water deficiency. This study showed that water deficiency stress generally caused an increase in phenolic constituents in Turkish Hazel leaves and they may be proper natural sources of phenolic constituents with abiotic stress applications in pharmaceutical and food industry.

KEY WORDS: *Corylus colurna* L, quantum efficiency, phenol, Turkish Hazelnut, water deficiency

INTRODUCTION

UVOD

Genus *Corylus* belonging to Betulaceae family has three species (*Corylus avellana* L., *Corylus maxima* Mill. and *Corylus colurna* L.) growing naturally in Turkey (Davis, 1982). *C. colurna* known as Turkish Hazel tree spreads over a wide area from Balkans (Serbia, Bulgaria and Romania), northwest and west Caucasus, north and northwest of Iran, east coast of the Caspian Sea, Afghanistan, Pakistan and the Himalayan Mountains to China. In Anatolia, the most common area is the Northwest Anatolian forests (Polat, 2014). It is also known as Turkish Hazelnut, Turkish Filbert, Tree Nut, Bear Hazelnut, Balkan Hazelnut, Rock Hazelnut Gökbulak Hazelnut and Budağan Hazelnut (Everett, 1988; Polat, 2014). It is the largest hazel species, reaching a height of 35 m and a trunk diameter of up to 1.5 m. It prefers calcareous, well-drained soils (Korkut et al., 2008). It is a species that can be expanded in appropriate places in afforestation and erosion control studies due to its low habitat demand (Arslan, 2005). While it was previously preferred only as a rootstock for cultivated hazelnut varieties for landscape purposes, today it is preferred by hazelnut producers due to its single-stem nature and the low cost of culture in other hazelnut species. As it is a fruity species, it forms the food of wildlife and contributes to biodiversity. Its fruits can be consumed directly as well as used in confectionery (Arslan, 2006). The leaves of *Corylus* species have been used in folk medicine in the treatment of eczema, rash, swelling, phlebitis, varicose veins and haemorrhoidal symptoms (Riethmüller et al., 2016). *C. colurna* leaves have been recorded to possess antibacterial activity against Gram-positive and -negative bacteria (Ceylan et al., 2013) and moderate to high antioxidant activity (Riethmüller et al., 2016). *C. colurna* leaves contain hydroxycinnamic acid derivatives, flavonoid derivatives and diarylheptanoids like quercetin, myricetin, 1-caffeoylquinic acid, 1,3-dicaffeoylquinic acid, catechin and kaempferol (Benov and Georgiev, 1994; Riethmüller et al., 2014; 2016). Benov and Georgiev (1994) isolated mixture of flavonoids from *C. colurna* leaves and reported strong antioxidant activity. Riethmüller et al. (2014) showed that phenolics in the leaves, bark, catkins

and involucre of *C. colurna* had strong antioxidant activity. Especially, catkins of *C. colurna* displayed the highest antioxidant capacity, followed by the bark extracts. The catkins had the richest in total polyphenols, tannins, and flavonoids. Riethmüller et al. (2016) indicated that ethyl acetate and methanol extract of *C. colurna* leaves displayed moderate to high antioxidant activity that may be because of antagonistic interaction between the antioxidant components.

Drought, high temperature, salinity, heavy metals, UV radiation and nutritional insufficiency are examples of abiotic stressors that can increase the generation and accumulation of reactive oxygen species (ROS) in plants. Plants increase the activity of antioxidant enzymes such as superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), and ascorbate peroxidase (APX) to combat these oxidative stresses. They also produce more low-molecular-mass antioxidants such as phenolic compounds, α -tocopherol, ascorbate, and glutathione as non-enzymatic antioxidant activity (Selmar and Kleinwächter, 2013). The major enzyme in phenol synthesis is phenylalanine ammonia lyase (PAL) that is found in higher plants as a secondary metabolic pathway and it is a defense system in plants that is involved in the production of the phenolic compounds. Plants accumulate phenolic compounds in their tissues as an adaptive response to adverse environmental conditions and play a key role in the regulation of various environmental stresses (Thakur et al., 2019; Ulgen et al., 2021). Today, hazelnut tree leaf, which is a by-product of hazelnut harvest, is seen as a potential natural source of antioxidants (Amaral et al., 2010). During the processing of food and agricultural products, by-products rich in phenolics, which can be natural antioxidant sources, can be recycled. Studies are ongoing to extract and produce adequate amounts of natural antioxidants from most of these sources (Balasundram et al., 2006).

Changes in photosynthetic activity are considered as a stress sensor in advanced plants. Currently, the most modern and reliable technique for measuring photosynthetic activity is chlorophyll a fluorescence to reveal the effect of abiotic stress on photosystem (PS) II activity (Köseoğlu and Dođru, 2021). Genotypes that are drought tolerant under

drought stress have significantly higher values in terms of chlorophyll content, maximum quantum yield of PS II (Fv/Fm values) and variable fluorescence (Fv)/initial fluorescence (F0) parameters than sensitive ones (Rong-hua et al., 2006). *C. avellana* has been reported as a water stress-sensitive species and a decrease in photosynthetic activity, an early cessation of fruit growth and leaf fall, and an increased vulnerability to diseases have all been recorded in this species because of drought stress (Cristofori et al., 2012). We therefore first aimed to reveal the phenolic constituents of *C. colurna* leaves in six different populations and then to investigate the effect of water deficiency stress on the phenolic constituents and quantum efficiency (Fv/Fm) of photosystem II activity in six populations for the first time.

MATERIAL AND METHOD

MATERIJALI I METODE

Plant material – Biljni materijal

Scions were taken from naturally grown 6 different Turkish Hazelnut (TH) (*Corylus colurna* L.) populations in Turkey (Fig. 1) and 2 years old *C. colurna* seedlings were used as a rootstock (seeds from Pelitcik population) in 15x25cm polyethylene tube. Information about populations from which scions were taken was presented in Table 1. TH saplings were grafted with whip and tongue grafting method. Scions were provided from three different trees grown in their habitat for each population and six grafted saplings were obtained from each tree. All grafted saplings were nu-



Figure 1. Geographical location of the provenances Oğuzlar (1), Erenler (2), Merkeşler (3), Seben (SE), Güney Felakettin (GF) and Pelitcik (PL) from which the scions were taken.

Slika 1. Geografski položaj provenijencija Oğuzlar (1), Erenler (2), Merkeşler (3), Seben (SE), Güney Felakettin (GF) and Pelitcik (PL) iz kojih su uzete plemke.

Table 1. Information on Turkish hazelnut populations from which scions were taken.

Tablica 1. Informacija o populacijama medvjede lijeske iz kojih su uzete plemke.

Populations Populacija	Designations Oznake	Province Regija	Forest Management Šumsko gospodarstvo	Altitude (m) Visina (m)
Oğuzlar	OG	Çorum	Çorum-Oğuzlar	1263
Erenler	ER	Ankara	Ankara-Nallıhan-Erenler	1521
Merkeşler	ME	Bolu	Bolu-Merkez-Çele	925
Seben	SE	Bolu	Bolu-Seben-Seben	1183
Güney Felakettin	GF	Bolu	Bolu-Merkez	1148
Pelitcik	PL	Bolu	Bolu-Merkez	1065

rtured in a greenhouse (environmentally compatible) found in Western Black Sea Forestry Research Institute, Bolu, Turkey for two years and then were taken to the greenhouse garden. Five years after the grafting process, the grafted young trees were taken back to the greenhouse condition for the experiment. There were 18 grafted young trees for each population. Soil texture in polyethylene tube was sandy clay loam with 58.81 % sand, 22.65 % clay and 18.53 % silt [pH: 7.92, calcium carbonate (CaCO_3): 5.95 %, organic matter: 1.93 %, nitrogen (N): 0.08%, potassium (K): 200.25 mg/L, phosphor (P): 0.87 mg/L, field capacity: 21.20, wilting point: 13.72 and electrical conductivity (EC): 0.47].

Irrigation regimes – *Režimi navodnjavanja*

Two different irrigation regimes (W1 and W2) were applied to the grafted young trees. There were nine saplings for each irrigation regime and population. After the determination of amount of water as field capacity (W1), 50% reduced amount was applied as W2 to create a water deficiency. Watering (500 ml) was made twice a week for W1 and once a week for W2. The experiment was started in the last week of May. Leaf sampling and chlorophyll fluorescence measurements were made in the second week of June and July.

HPLC-DAD analysis of phenolic constituents – *HPLC-DAD analiza sastava fenola*

Analysis was performed using HPLC system (VWR-Hitachi LaChrom Elite[®]) with a Hitachi L-2455 diode array de-

tector (DAD), Hitachi L-2130 Pump, Hitachi L-2200 autosampler, Hitachi column oven L-2300 and Venusil XBP C18 column (Bonna-Agela Technologies, particle size 5 μm , 4.6 x 250 mm). Ten phenol standards (gallic acid monohydrate, caffeic acid, rutin hydrate, luteolin-7-O- β -D glucoside, kaempferol, rosmarinic acid, myricetin, quercetin, coumarin and apigenin) (Sigma[®]) were performed in the analysis. They were dissolved in acetonitrile to obtain different concentrations (1, 5, 10, 20, 40, 60, 80, 100 and 200 mg/L) for standard curve. Fig. 2 shows the chromatogram of the used standards. HPLC operating conditions were performed using a gradient elution as in previously described method by Turker et al. (2021). Spectra data were recorded from 200 to 400 nm during the entire run.

Quantum efficiency of photosystem II activity (F_v/F_m) – *Efikasnost kvantnog prinosa fotosustava II (F_v/F_m)*

Chlorophyll fluorescence in the leaves was determined by chlorophyll fluorometer device (HandyPEA+, Hansatech Instruments[®]). Midday (13:00) was preferred as the measurement time. With the clips attached to the leaves, each leaf was adapted to the dark for 10 minutes, and measurements were made with the saturating light sent after the adaptation. Parameters for the calculation of F_v/F_m values (quantum efficiency of PS II activity) were recorded [F_0 : initial/minimal fluorescence; F_m : maximal fluorescence value; F_v : variable fluorescence ($F_m - F_0$); F_v/F_m : maximum quantum yield of PS II (quantum yield of net photosynthesis)].

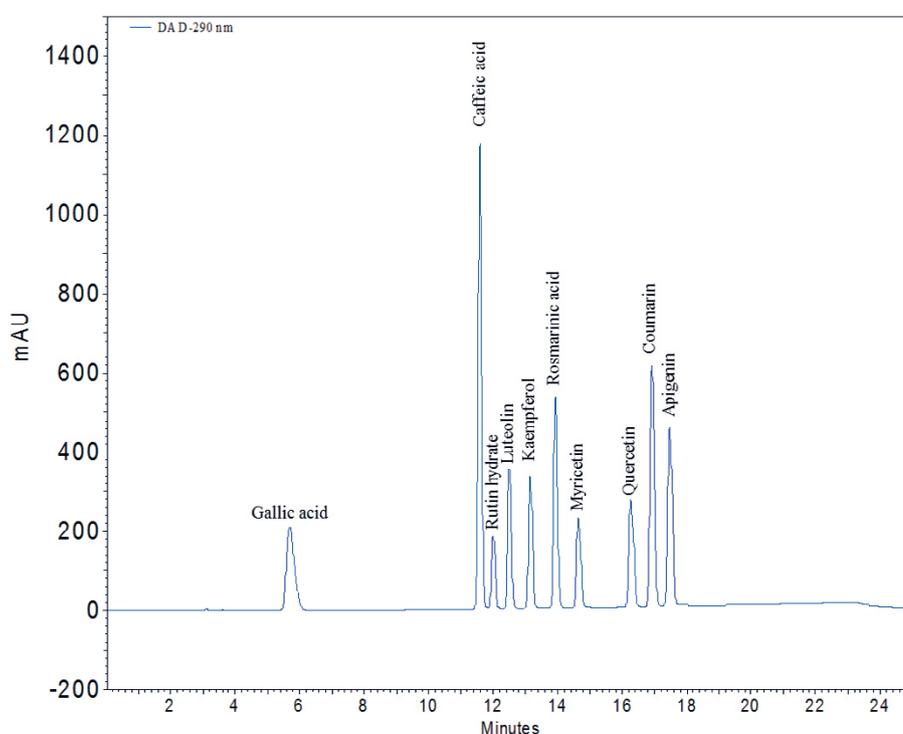


Figure 2. Chromatogram of the standards.

Prikaz 2. Kromatogram standarda.

Data analysis – Analiza podataka

All experiments were set up in a completely randomized design. Data analysis was performed using analysis of variance (ANOVA) and Duncan's multiple range tests using SPSS version 26 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). All data in the tables were presented as a mean number \pm standard error (SE).

RESULTS AND DISCUSSION

REZULTATI I RASPRAVA

Obtained grafted young trees of TH carrying the genetic characteristics of their populations allowed us to apply the experiment under the same environmental conditions in our study. In this way, the phenolic content of each population and its response to water stress were evaluated under the same settings. Among the tested phenols, the amounts of rutin, kaempferol and luteolin were found to be the

highest in TH leaves, respectively. Concerning overall phenolic content in stress free groups (W1) of six populations, PL and OG had the highest phenolic content in June and July, respectively (Table 2 and 3). Kaempferol, rutin, apigenin, quercetin and myricetin were found the most in PL population in stress free group (W1-June). The highest amounts of phenol (mg/g dry matter) were determined in the PL population with rutin and kaempferol as 2.77 mg/g and 2.75 mg/g, respectively. The lowest phenol amounts were generally found in GF population. Change in phenol amounts in all populations was monitored as 0.02-0.31 mg/g in apigenin, 0.02-0.36 mg/g in caffeic acid, 0.00-0.07 mg/g in gallic acid, 0.95-2.75 mg/g in kaempferol, 0.00-0.97 mg/g in luteolin, 0.00-0.10 mg/g in myricetin, 0.09-0.27 mg/g in quercetin, 0.00-0.13 mg/g in rosmarinic acid and 0.85-2.77 mg/g in rutin. Coumarin was not detected in all tested TH leaves (Table 2 and 3). Similar to our result, chromatographic analysis of isolated mixture of flavonoids from

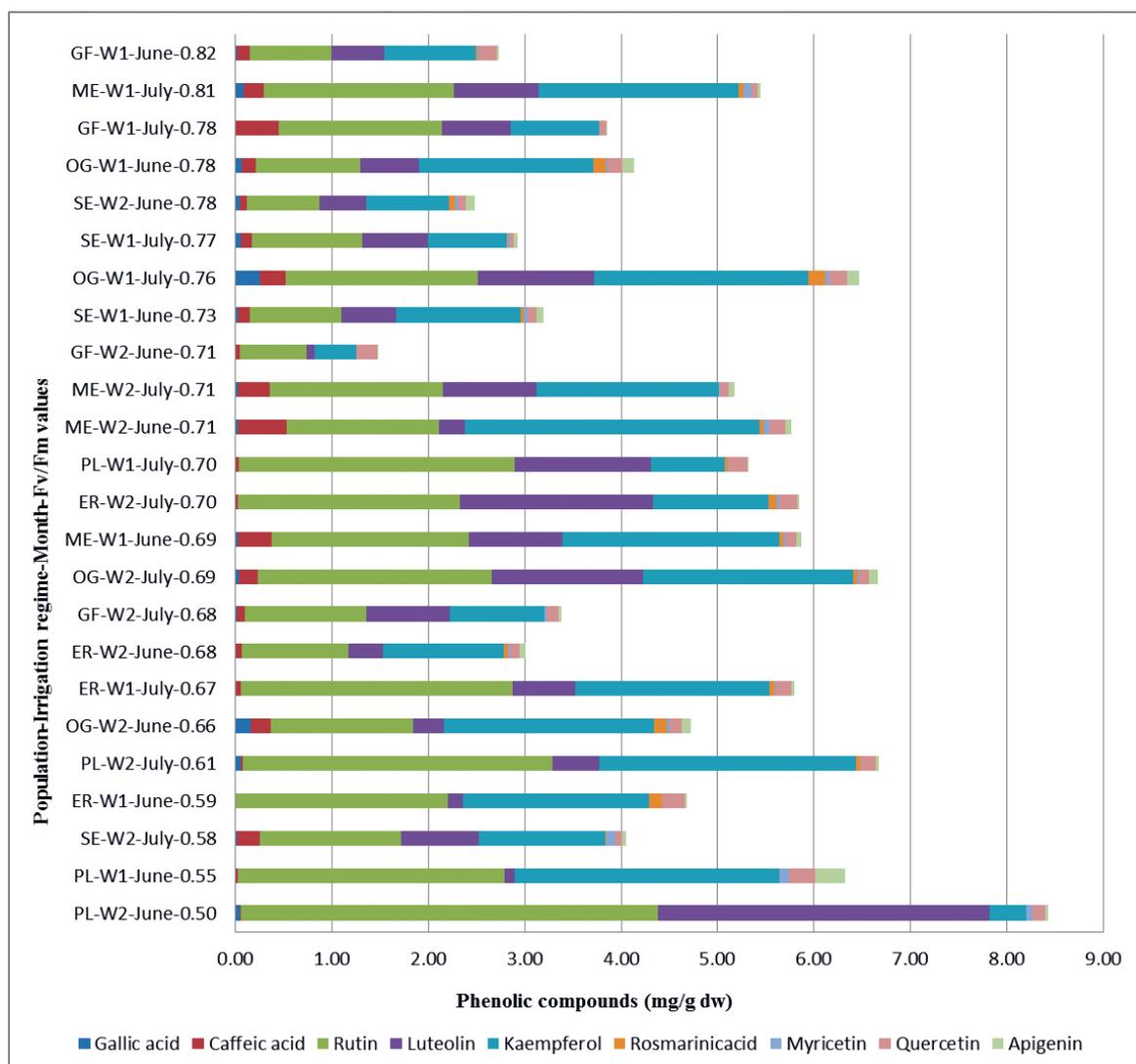


Figure 3. Descending order of Fv/Fm values (from 0.82 to 0.50) with populations, irrigation regimes and months.
Slika 3. Silazni poredak Fv/Fm vrijednosti (od 0.82 do 0.50) s populacijama, režimom navodnjavanja i mjesecima.

Table 2. Fluctuation of individual phenolic constituents concerning irrigation regimes in 6 populations in June. Pop: Populations; ND: not detected. Means with the same letter within columns are not significantly different at $P > 0.05$.

Tablica 2. Fluktuacija pojedinačnih sastavnih dijelova fenola vezano uz režim navodnjavanja u 6 populacija u lipnju. Pop: populacija; nd: nije otkriveno. Srednje vrijednosti s istim slovom u stupcu nisu značajno različite u odnosu na $P > 0.05$.

		Phenolic compounds (mg/g dry weight) Spojevi fenola (mg/g suhe tvari)								OVERALL HENOLIC CONTENT UKUPNI SADRŽAJ FENOLA	
June Lipanj	Pop	Apigenin Apigenin	Caffeic acid Kofeinska kiselina	Galic acid Galna kiselina	Kaempferol Kaempferol	Luteolin Luteolin	Myricetin Miricetin	Quercetin Kvercetin	Rosmarinic acid Rozmarinska kiselina	Rutin Rutin	
W1	OG	0.117 ± 0.015 ^b	0.140 ± 0.040 ^{cd}	0.070 ± 0.029 ^{ab}	1.810 ± 0.064 ^{bcd}	0.607 ± 0.147 ^{bc}	0.027 ± 0.009 ^{bc}	0.137 ± 0.009 ^{abcd}	0.127 ± 0.038 ^a	1.080 ± 0.040 ^{de}	0.46
	ER	0.017 ± 0.003 ^{ef}	ND	ND	1.930 ± 0.497 ^{bcd}	0.157 ± 0.032 ^{cd}	ND	0.240 ± 0.092 ^{ab}	0.130 ± 0.040 ^a	2.200 ± 0.664 ^{bc}	0.52
	ME	0.050 ± 0.000 ^{cdef}	0.357 ± 0.055 ^b	0.020 ± 0.006 ^{ab}	2.250 ± 0.566 ^{abc}	0.970 ± 0.433 ^b	0.020 ± 0.006 ^{bc}	0.120 ± 0.040 ^{bcd}	0.037 ± 0.020 ^b	2.037 ± 0.574 ^{bcd}	0.65
	SE	0.070 ± 0.012 ^{cd}	0.127 ± 0.066 ^{cd}	0.017 ± 0.009 ^{ab}	1.290 ± 0.006 ^{cdef}	0.570 ± 0.156 ^{bc}	0.040 ± 0.006 ^{bc}	0.090 ± 0.017 ^{cd}	0.027 ± 0.009 ^b	0.947 ± 0.090 ^{de}	0.35
	GF	0.023 ± 0.012 ^{ef}	0.140 ± 0.006 ^{cd}	0.010 ± 0.010 ^b	0.947 ± 0.119 ^{def}	0.543 ± 0.206 ^{bc}	0.023 ± 0.023 ^{bc}	0.180 ± 0.086 ^{abcd}	0.023 ± 0.023 ^b	0.850 ± 0.072 ^e	0.30
	PL	0.310 ± 0.000 ^a	0.020 ± 0.000 ^d	ND	2.750 ± 0.000 ^{ab}	0.100 ± 0.015 ^{cd}	0.100 ± 0.000 ^a	0.270 ± 0.000 ^a	ND	2.770 ± 0.000 ^b	0.70
OVERALL MEAN SREDNJA VRIJEDNOST		0.10	0.13	0.02	1.83	0.49	0.04	0.17	0.06	1.65	
W2	OG	0.087 ± 0.038 ^{bc}	0.203 ± 0.092 ^c	0.163 ± 0.149 ^a	2.177 ± 0.524 ^{abc}	0.317 ± 0.083 ^{cd}	0.040 ± 0.021 ^{bc}	0.120 ± 0.021 ^{bcd}	0.130 ± 0.023 ^a	1.477 ± 0.481 ^{cde}	0.52
	ER	0.057 ± 0.012 ^{cde}	0.070 ± 0.029 ^{cd}	0.003 ± 0.003 ^b	1.247 ± 0.163 ^{cdef}	0.357 ± 0.162 ^{cd}	0.020 ± 0.006 ^{bc}	0.107 ± 0.032 ^{bcd}	0.037 ± 0.017 ^b	1.103 ± 0.364 ^{de}	0.33
	ME	0.060 ± 0.006 ^{cde}	0.510 ± 0.104 ^a	0.017 ± 0.009 ^{ab}	3.050 ± 0.635 ^a	0.270 ± 0.058 ^{cd}	0.060 ± 0.029 ^{ab}	0.167 ± 0.032 ^{abcd}	0.050 ± 0.029 ^b	1.580 ± 0.393 ^{cde}	0.63
	SE	0.090 ± 0.006 ^{bc}	0.083 ± 0.003 ^{cd}	0.040 ± 0.023 ^{ab}	0.847 ± 0.066 ^{ef}	0.490 ± 0.040 ^{bcd}	0.027 ± 0.015 ^{bc}	0.077 ± 0.015 ^d	0.070 ± 0.006 ^{ab}	0.747 ± 0.251 ^f	0.28
	GF	0.010 ± 0.000 ^f	0.050 ± 0.000 ^{cd}	ND	0.430 ± 0.000 ^f	0.080 ± 0.000 ^{cd}	ND	0.220 ± 0.000 ^{abc}	ND	0.690 ± 0.000 ^e	0.16
	PL	0.033 ± 0.000 ^{def}	0.017 ± 0.000 ^d	0.041 ± 0.000 ^{ab}	0.382 ± 0.000 ^f	3.440 ± 0.000 ^a	0.062 ± 0.00 ^{ab}	0.142 ± 0.000 ^{abcd}	ND	4.316 ± 0.000 ^a	0.94
OVERALL MEAN SREDNJA VRIJEDNOST		0.06	0.16	0.04	1.36	0.83	0.04	0.13	0.05	1.65	

Table 3. Fluctuation of individual phenolic constituents concerning irrigation regimes in 6 populations in July. Pop: Populations; ND: not detected. Means with the same letter within columns are not significantly different at $P > 0.05$.

Tablica 3. Fluktucija pojedinačnih sastavnih dijelova fenola vezano uz režim navodnjavanja u 6 populacija u lipnju. Pop: populacija; nd: nije otkriveno. Srednje vrijednosti s istim slovom u stupcu nisu značajno različite u odnosu na $P > 0.05$.

July Sporij	Pop Pop	Phenolic compounds (mg/g dry weight)										OVERALL PHENOLIC CONTENT UKUPNI SADRŽAJ FENOLA
		Apigenin Apigenin	Caffeic acid Kofeinska kiselina	Galic acid Galna kiselina	Kaempferol Kaempferol	Luteolin Luteolin	Myricetin Miricetin	Quercetin Kvercetin	Rosmarinic acid Rozmarinska kiselina	Rutin Rutin		
	OG	0.127 ± 0.012 ^a	0.2667 ± 0.042 ^{ab}	0.247 ± 0.055 ^a	2.217 ± 0.498 ^{ab}	1.210 ± 0.060 ^{ab}	0.040 ± 0.00 ^{abc}	0.183 ± 0.054 ^{ab}	0.183 ± 0.095 ^a	1.993 ± 0.212 ^{ab}	0.72	
	ER	0.030 ± 0.021 ^{cd}	0.0567 ± 0.028 ^{ab}	0.003 ± 0.003 ^c	2.010 ± 0.705 ^{abc}	0.657 ± 0.244 ^{ab}	0.013 ± 0.009 ^{bc}	0.170 ± 0.061 ^{ab}	0.053 ± 0.022 ^b	2.807 ± 1.077 ^{ab}	0.64	
W1	ME	0.040 ± 0.012 ^{cd}	0.200 ± 0.110 ^{ab}	0.090 ± 0.0236 ^b	2.077 ± 0.130 ^{abc}	0.870 ± 0.040 ^{ab}	0.077 ± 0.026 ^{ab}	0.057 ± 0.003 ^{ab}	0.050 ± 0.029 ^b	1.977 ± 0.061 ^{ab}	0.61	
	SE	0.047 ± 0.017 ^{cd}	0.1067 ± 0.047 ^{ab}	0.063 ± 0.058 ^{bc}	0.813 ± 0.030 ^{bc}	0.687 ± 0.236 ^{ab}	0.020 ± 0.010 ^{bc}	0.043 ± 0.009 ^b	0.010 ± 0.010 ^b	1.137 ± 0.410 ^b	0.33	
	GF	0.007 ± 0.007 ^d	0.4467 ± 0.358 ^a	0.003 ± 0.003 ^c	0.923 ± 0.235 ^{bc}	0.710 ± 0.246 ^{ab}	ND	0.083 ± 0.042 ^{ab}	ND	1.690 ± 0.495 ^{ab}	0.43	
	PL	0.007 ± 0.003 ^d	0.0333 ± 0.003 ^b	ND	0.760 ± 0.208 ^c	1.420 ± 0.664 ^{ab}	0.007 ± 0.003 ^{bc}	0.197 ± 0.026 ^a	0.030 ± 0.017 ^b	2.860 ± 0.531 ^{ab}	0.59	
	OVERALL MEAN SREDNJA VRIJEDNOST	0.05	0.19	0.07	1.47	0.93	0.03	0.12	0.05	2.08		
	OG	0.087 ± 0.009 ^b	0.2033 ± 0.102 ^{ab}	0.033 ± 0.024 ^{bc}	2.177 ± 0.424 ^{abc}	1.573 ± 0.585 ^{ab}	0.023 ± 0.014 ^{bc}	0.100 ± 0.021 ^{ab}	0.043 ± 0.018 ^b	2.430 ± 0.741 ^{ab}	0.74	
	ER	0.020 ± 0.012 ^{cd}	0.0233 ± 0.009 ^b	ND	1.197 ± 0.350 ^{bc}	2.003 ± 0.909 ^a	0.027 ± 0.022 ^{bc}	0.193 ± 0.096 ^{ab}	0.083 ± 0.044 ^b	2.310 ± 0.777 ^{ab}	0.65	
W2	ME	0.057 ± 0.009 ^{bc}	0.3267 ± 0.061 ^{ab}	0.020 ± 0.011 ^{bc}	1.890 ± 0.341 ^{abc}	0.967 ± 0.413 ^{ab}	0.010 ± 0.006 ^{bc}	0.100 ± 0.023 ^{ab}	ND	1.797 ± 0.078 ^{ab}	0.58	
	SE	0.040 ± 0.010 ^{cd}	0.240 ± 0.032 ^{ab}	0.007 ± 0.007 ^{bc}	1.307 ± 0.286 ^{abc}	0.803 ± 0.169 ^{ab}	0.103 ± 0.061 ^a	0.070 ± 0.036 ^{ab}	0.013 ± 0.003 ^b	1.467 ± 0.385 ^{ab}	0.45	
	GF	0.027 ± 0.007 ^{cd}	0.090 ± 0.046 ^{ab}	0.007 ± 0.003 ^{bc}	0.983 ± 0.295 ^{bc}	0.863 ± 0.438 ^{ab}	0.027 ± 0.018 ^{bc}	0.120 ± 0.015 ^{ab}	ND	1.257 ± 0.423 ^b	0.38	
	PL	0.027 ± 0.017 ^{cd}	0.0167 ± 0.009 ^b	0.063 ± 0.009 ^{bc}	2.670 ± 0.849 ^a	0.477 ± 0.211 ^b	ND	0.173 ± 0.055 ^{ab}	0.037 ± 0.020 ^b	3.210 ± 0.618 ^a	0.74	
	OVERALL MEAN SREDNJA VRIJEDNOST	0.05	0.15	0.02	1.71	1.11	0.03	0.13	0.03	2.08		

C. colurna leaves contained mainly quercetin and myricetin (Benov and Georgiev, 1994). Riethmüller et al. (2014) investigated the phenolic compounds and antioxidant activities in different parts of the *C. colurna*. In parallel to our results, they detected quercetin, kaempferol and myricetin in methanolic leaf extract. Some phenolic compounds such as 3-, 4- and 5-caffeoylquinic acids, caffeoyltartaric acid, p-coumaroyltartaric acid, myricetin 3-rhamnoside, quercetin 3-hexoside, quercetin 3-rhamnoside, kaempferol 3-rhamnoside and derivatives of p-coumaric acid, myricetin and quercetin were identified in the cultivars of *C. avellana* leaves by HPLC-DAD (Amaral et al., 2005; Oliveira et al., 2007; Amaral et al., 2010).

Water deficiency stress (W2) was applied in June and July having average temperatures as 16.2 °C and 19.2, respectively. Generally, it was observed that water stress generated by halved irrigation regime (W2) elevated the phenolic constituents in both months, and the highest increase was observed in July due to the higher average temperature. Among the populations, PL was the most affected by water stress, and overall phenolic content was enhanced from 0.70 mg/g to 0.94 mg/g in June. Noticeable increase in individual phenol was obtained with luteolin level (34.4 times) in June in PL population (Table 2 and 3; Fig. 3). A steady increase was monitored with rutin level in OG population and with luteolin level in ER population from June to July with water stress. In addition, halved irrigation regime affected and elevated rutin level significantly in June and July in PL population (Table 2 and 3; Fig. 3).

Enhancements were observed significantly with water stress with most of the tested phenols. For example, rutin increased from 2.77 mg/g to 4.32 mg/g in PL population (56% rise) and from 1.08 mg/g to 1.48 mg/g in OG population (37% rise) in June. Similarly, 2.33-fold increase with rosmarinic acid in SE population in June, and 3-fold increase with apigenin in GF and PL populations in July were observed. Gallic acid showed 2.29 times and 2.00 times increase in OG and SE populations in June, respectively. Caffeic acid was elevated 1.42 times in OG and ME populations in June. Myricetin showed 3-fold rise in ME population in June and 5-fold rise in SE population in July. Kaempferol increased 1.36 times in ME and 1.20 times in OG in June, and 1.62 times in SE and 3.51 times in PL populations in July. Luteolin was ascended 3.03 times in ER and 1.30 times in OG in July (Table 2 and 3; Fig. 3).

Photosystem quantum efficiency (photosynthetic efficiency) in chlorophyll fluorescence measurements (Fv/Fm ratio) were also performed to determine the effect of water deficiency stress on photosystem II in TH leaves. The Fv/Fm ratio has long been regarded as a sensitive indicator of plant photosynthetic performance and as a numerical value in many developed plants is around 0.83. Decreases in this index indicate a decrease in PS II efficiency, i.e. photoinhi-

bition. The main effect of abiotic stress is that PS II becomes inclined to photoinhibition (Rong-hua et al., 2006; Köseoğlu and Dođru, 2021). Overall, drought stress-induced photoinhibition (W2) was observed as a significant reduction in the maximum quantum efficiency (Fv/Fm) of PS II in TH leaves comparing with control (W1) (Fig. 3). In June, the Fv/Fm values varied between 0.55-0.82 according to the populations in W1 irrigation, and this value decreased to 0.50-0.78 with W2 irrigation. In July, values between 0.67-0.82 in W1 irrigation decreased to 0.58-0.71 values in W2 treatment (Fig. 3). These results showed that water deficiency created a stress in the trees and it can be interpreted that this stress caused an increase in some phenol levels and populations. Similarly, Galle et al. (2007) determined photosynthetic performance in young pubescent oak (*Quercus pubescens*) trees during drought stress and reported the decrease in Fv/Fm values in stress-treated trees comparing with control. Wang et al. (2018) created drought stress in young apple tree with less irrigation and showed the decrease in Fv/Fm value to 0.375. However, Fv/Fm ratios in other words photosynthetic performance differed in each population in our study. In connection with this result, Rong-hua et al. (2006) reported that under drought stress in Barley, Fv/Fm values in drought tolerance genotypes were considerably greater than those in drought sensitive genotypes. The lowest Fv/Fm ratio (0.50) was obtained with PL population in June in our study (Fig. 3). The fact that the Fv/Fm value that is an indicator of photosynthetic activity was low in PL population that has the highest phenolic level, showed that this population was the most affected by drought stress. On the other hand, Fv/Fm values of GF population (W1) were higher than other populations. In addition, this population had the lowest overall phenolic content and interestingly, applied water stress in both months (W2) in this population did not cause an increase in phenolic content. This population should be more tolerant to water stress than other populations and able to cope with abiotic stress more easily without giving stress-induced increase in phenolic substances. Similarly, SE population with the second lowest phenolic content had higher Fv/Fm ratios. In SE population, water stress application in June could not increase the phenolic content and even the phenolic content decreased. It can be deduced that SE population is second stress-resistant population after GF population.

CONCLUSION ZAKLJUČAK

Among the tested populations, PL had the highest phenolic content, and their levels enhanced at most with water deficiency stress. Rutin, kaempferol and luteolin were determined as the most abundant phenols in all populations of Turkish hazel leaves and remarkable increases were observed with drought stress in luteolin and rutin levels in PL

population in June. The lowest phenolic content was observed in GF and SE populations, and drought stress applications did not increase their phenolic content overall. It was determined that the phenol levels of TH populations were different and the populations reacted differently with water deficiency concerning phenolic constituents and photosynthetic efficiency (Fv/Fm ratio). GF and SE populations may be more tolerant, and PL population may be more sensitive to drought stress when comparing Fv/Fm values among populations. Future studies should be focused on antioxidant enzyme activities like SOD, CAT and PAL to clarify the endurance of populations against abiotic stresses. It was observed that TH leaves, byproduct of hazelnut harvesting, have potential as a source of natural antioxidants in nutraceutical industry and can be improved with drought stress depending on genetic differences.

ACKNOWLEDGEMENTS

ZAHVALA

This study was carried out jointly with the Western Black Sea Forestry Research Institute and Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Biology. We thank the relevant institutions for their support.

REFERENCES

LITERATURA

- Amaral, J.S., P. Valentão, P.B. Andrade, R.C. Martins, R.M. Seabra, 2010: Phenolic composition of hazelnut leaves: Influence of cultivar, geographical origin and ripening stage, *Sci. Hortic.*, 126: 306-313.
- Amaral, J.S., F. Ferreres, P.B. Andrade, P. Valentão, C. Pinheiro, A. Santos, Seabra, R., 2005: Phenolic profile of hazelnut (*Corylus avellana* L.) leaves cultivars grown in Portugal. *Nat. Prod. Res.*, 19: 157-163.
- Arslan, M., 2005: Batı Karadeniz Bölgesindeki Türk fındığı (*Corylus colurna* L.) popülasyonlarının ekolojik ve silvikültürel yönden incelenmesi, M.Sc. thesis, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu, Turkey.
- Arslan, M., 2006: Geçmişle paylaştığımız ve geleceğe miras bırakmamız gereken doğal türlerimizden Türk fındığı (*Corylus colurna* L.), 1. Uluslararası Odun Dışı Orman Ürünleri Sempozyumu-Bildiriler Kitabı, KTÜ, 302-310.
- Balasundram, N., K. Sundram, S. Samman, 2006: Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chem.*, 99: 191-203.
- Benov, L., N. Georgiev., 1994: The antioxidant activity of flavonoids isolated from *Corylus colurna*. *Phytother. Res.*, 8: 92-94.
- Ceylan, O., M.D. Sahin, S. Avaz, 2013: Antibacterial Activity of *Corylus colurna* L. (Betulaceae) and *Prunus divaricata* Ledeb. subsp. *divaricata* (Rosaceae) from Usak, Turkey. *Bulg. J. Agric. Sci.* 19: 1204-1207.
- Cristofori, V., R. Muleo, C. Bignami, E. Rugini, 2012: Long term evaluation of hazelnut response to drip irrigation, VIII International Congress on Hazelnut, *Acta Hortic.*, 1052: 179-185.
- Davis, P.H., 1982: *Flora of Turkey and the East Aegean Islands VII*, Edinburgh Univ. Press, 685-686.
- Everett, T.H., 1988: *The New York Botanical Garden Illustrated Encyclopedia of Horticulture*. Garland Publishing, Inc., New-York & London.
- Gallé A., P. Haldimann, U. Feller, 2007: Photosynthetic performance and water relations in young pubescent oak (*Quercus pubescens*) trees during drought stress and recovery. *New Phytol.*, 174: 799-810.
- Korkut, D.S., S. Korkut, I. Bekar, M. Budakçı, T. Dilik, N. Çakıcıer, 2008: The effects of heat treatment on the physical properties and surface roughness of Turkish hazel (*Corylus colurna* L.) wood. *Int. J. Mol. Sci.* 9: 1772-1783.
- Köseoğlu, S.T., A. Dođru, 2021: Ekzojen Salisilik Asit Uygulamalarının Tuz Stresi Altındaki Hıyar Bitkilerinde Fotosistem II Aktivitesi Üzerindeki Etkileri. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9: 418-429.
- Li, R.H., P.G., Guo, B. Michael, G. Stefania, C. Salvatore, 2006: Evaluation of chlorophyll content and fluorescence parameters as indicators of drought tolerance in barley. *Agric. Sci. China*, 5: 751-757.
- Oliveira, I., A. Sousa, P. Valentão, F.B. Andrae, C.F.R. Ferreira, F. Ferreres, 2007: Hazel (*Corylus avellana* L.) leaves as source of antimicrobial and antioxidative compounds. *Food Chem.*, 105: 1018-1025.
- Polat, S., 2014: Türk fındığı (*Corylus colurna*)'nın Türkiye'deki yeni bir yayılış alanı. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 29: 136-149.
- Riethmüller, E., Á. Könczöl, D. Szakál, K. Végh, G.T. Balogh, Á. Kéry, 2016: HPLC-DPPH screening method for evaluation of antioxidant compounds in *Corylus* species. *Nat. Prod. Commun.*, 11: 641-644.
- Riethmüller, E., Tóth G., Alberti A., Sonati M., Kéry A. Antioxidant activity and phenolic composition of *Corylus colurna*. *Natural product communications*. 9 (5) 2014, pp. 679-682.
- Rong-hua, L., G. Pei-guo, M. Baumz, S. Grand, S. Ceccarelli, 2006: Evaluation of chlorophyll content and fluorescence parameters as indicators of drought tolerance in barley. *Agric. Sci. China*, 5: 751-757.
- Selmar, D., M. Kleinwächter, 2013: Stress enhances the synthesis of secondary plant products: the impact of stress-related over-reduction on the accumulation of natural products. *Plant Cell Physiol.*, 54: 817-826.
- Thakur, M., S. Bhattacharya, P.K. Khosla, S. Puri, 2019: Improving production of plant secondary metabolites through biotic and abiotic elicitation. *J. App. Res. Med. Aromat. Plants*, 12: 1-12.
- Turker, A.U., A.B. Yildirim, I. Tas, E. Ozkan, H. Turker, 2021: Evaluation of some traditional medicinal plants: phytochemical profile, antibacterial and antioxidant potentials. *Rom. Biotech. Lett.*, 26: 2499-2510.
- Ulgen, C., A. B. Yildirim, G. Sahin, A.U. Turker, 2021: Do magnetic field applications affect in vitro regeneration, growth, phenolic profiles, antioxidant potential and defense enzyme activities (SOD, CAT and PAL) in lemon balm (*Melissa officinalis* L.)? *Ind. Crops Prod.*, 169: 113624.
- Wang, Z., G. Li., H. Sun, L. Ma, Y. Guo, Z. Zhao, H. Gao, L. Mei, 2018: Effects of drought stress on photosynthesis and photosynthetic electron transport chain in young apple tree leaves. *Biology Open*, 7: bio035279.

SAŽETAK

Medvjeda lijeska (*Corylus colurna* L.) jedna je od prirodno rasprostranjenih vrsta lijeske u Turskoj. Lako se može razlikovati od drugih vrsta zahvaljujući svojoj visini i promjeru debla. Vrlo često se koristi za pošumljevanje terena sklonih eroziji zbog snažnog korijenja i skromnih ekloških zahtjeva. Njezino lišće i plodovi sadrže mnogo tvari koje se koriste u medicinske svrhe. Lišće medvjede lijeske ima snažno antioksidativno djelovanje zbog visokog sadržaja fenola. Cilj ovoga istraživanja bio je utvrditi sadržaj fenola u lišću šest populacija medvjede lijeske te procijeniti učinak sušnoga stresa na sadržaj fenola i kvantnu učinkovitost fotosustava II. Istraživane biljke proizvedene su cijepljenjem nakon sakupljanja plemki iz šest populacija medvjede lijeske (Oğuzlar, Erenler, Merkeşler, Seben, Güney Felakettin i Pelitcik). Istraživanje je provedeno u stakleničkim uvjetima kad su kalemljene biljke bile stare 7 godina. Tijekom pokusa (lipanj i srpanj), primijenjena su dva različita načina navodnjavanja (W1: tlo je navodnjavano do poljskog vodnog kapaciteta; W2: tlo je navodnjavano s 50 % manje vode u odnosu na W1 način navodnjavanja). Nakon primjene dva različita režima navodnjavanja, lišće je uzorkovano u lipnju i srpnju. Nakon toga je osušeno, ekstrahirano s metanolom te kvantitativno analizirano s ciljem utvrđivanja njegova fenolnog sastava (galna kiselina monohidrat, kofeinska kiselina, rutin, hidrat, luteolin-7-O- β -D glukozid, kaempferol, rozmarinska kiselina, miricetin, kvercetin, kumarin i apigenin) uz korištenje tekuće kromatografije visoke djelotvornosti (HPLC) i detektora s nizom dioda (DAD). Rutin, kaempferol i luteolin bili su dominantni fenoli u ekstraktu metanola iz lišća medvjede lijeske. Populacija Pelitcik bila je značajan izvor rutina i kaempferola u lipnju, a W2 režim navodnjavanja značajno je povećao razine oba fenola u srpnju. Isto tako, najviši sadržaj fenola zabilježen je u populaciji Pelitcik u lipnju, a W2 režim navodnjavanja značajno je povećao ukupan sadržaj fenola u lipnju i srpnju. Također je utvrđeno u kojoj mjeri nedostatak vode utječe na kvantnu učinkovitost fotosustava II (Fv/Fm). Općenito, Fv/Fm vrijednosti opadaju s nedostatkom vode. Ova studija pokazala je da nedostatak vode kod medvjede lijeske potiče produkciju fenola te da se na taj način može osigurati prirodni izvor fenola koji se može koristiti u farmaceutskoj i prehrambenoj industriji.

KLJUČNE RIJEČI: *Corylus colurna* L, kvantna učinkovitost, fenol, medvjeda lijeska, nedostatak vode

A GIS BASED LANDSLIDE SUSCEPTIBILITY MAPPING USING MACHINE LEARNING AND ALTERNATIVE FOREST ROAD ROUTES ASSESSMENT IN PROTECTION FORESTS

MAPIRANJE OSJETLJIVOSTI NA KLIZIŠTA NA TEMELJU GIS-A KORIŠTENJEM STROJNOG UČENJA I PROCJENE ALTERNATIVNIH ŠUMSKIH PUTOVA U ZAŠTITNIM ŠUMAMA

Ender BUGDAY¹

SAŽETAK

Šumarske aktivnosti treba provoditi u okviru održivog šumarstva, dok se ubiru blagodati šumarstva. U skladu s tim, izgradnju cesta kroz šume treba pažljivo planirati, posebno u zaštitnim šumama. Šumska područja u Turskoj općenito su široko rasprostranjena u planinskim i visoko nagnutim područjima koja su osjetljiva na klizišta – osjetljivost na klizišta jedan je od najvažnijih kriterija za odabir zaštićenih šuma. Kao takvo, važno je procijeniti detaljne i primjenjive alternative u pogledu posebnih područja i privatnih šuma. Cilj ovoga istraživanja je utvrditi alternativne pravce za šumske ceste u zaštićenim šumama korištenjem geografskih informacijskih sustava (GIS), posebno u područjima s velikom osjetljivošću na klizišta. U tu svrhu izrađena je karta osjetljivosti na klizišta (LSM) korištenjem metoda modeliranja logističke regresije (LR) i slučajnih šuma (RF), koje se široko koriste u strojnom učenju (ML). Odabrana su dva modela s najvišim radnim karakteristikama prijavnika (ROC) i površinom ispod krivulje (AUC), te deset čimbenika (nagib, nadmorska visina, litologija, udaljenost od ceste, udaljenost do greške, udaljenost od rijeke, zakrivljenost, indeks snage struje, korišteni su indeks topografskog položaja i indeks vlažnosti topografije). Najbolja metoda modeliranja LSM bila je AUC. Vrijednost AUC bila je 90,6% s RF pristupom i 80,3% s LR pristupom. Stvoreni LSM-ovi korišteni su za određivanje alternativnih putova koji izračunavaju analizu putanja troškova. Nadamo se da će osjetljivost na klizišta i odabir alternativnih putnih pravaca šumskih puteva utvrđenih pristupima i tehnikama u ovoj studiji biti od koristi planiranju šumskih cesta, kao i donositeljima planova i odluka.

KLJUČNE RIJEČI: Šumarstvo, otkrivanje alternativnih ruta, put troškova, slučajna šuma, logistička regresija

INTRODUCTION

UVOD

Ideally, the continuity of goods and services provided by forestry should be ensured while the integrity of forest ecosystems is preserved (Colchester, 1994; Dorren et al. 2004; Blaser and Gregersen 2013). Greater importance sho-

uld be given to protection forests due to the challenges they face (Lamsal 2011). Protection forests are defined through a general framework of regulations both in Turkey and throughout the globe (Weiss 2000; Bauer et al. 2004; Varmola et al. 2004; GDF 1984). Certain criteria must be met for a forest to qualify as a protection forest, including ava-

¹* Assoc. Prof. Dr. Ender Bugday, Çankırı Karatekin University, Faculty of Forestry, Forest Engineering Department, Çankırı, Turkey

Corresponding author: enthere@gmail.com, Adress: Yeni mahalle Bademlik caddesi No:8 Çankırı-Turkey, Phone: +90 376 212 2757 – Fax: +90 376 213 6983

lanches, landslides, and areas with high erosion sensitivity. They should prevent the filling of dams, lakes and river beds, and its adverse effect on the environmental health of settlements (GDF 1984). Forest road construction falls under the category of construction works that can harm the environment (Boston, 2016); harm that is mostly the result of defective planning (Gumus et al. 2008; Bugday 2018).

In order to prevent further damage to protection forests in areas with topographical and spatial challenges (Hayati et al. 2012; Akay et al. 2014), it is important to carefully plan and implement those plans in a manner that minimizes the destructive environmental effects of forest road construction.

Geographic Information Systems (GIS) software has proved advantageous in decision-making and planning processes (Phua and Minowa 2005). Multicriteria analysis, which informs GIS-based decisions in spatial and temporal contexts for both national and international studies, can be highly accurate and time-efficient by leveraging computers (Tan et al. 2021), and various modeling approaches can be used to generate GIS-based LSMs. Some of these approaches include: Fuzzy Logic (Stanley and Kirschbaum, 2017), Support Vector Machine (Kavzoglu et al. 2015), Frequency Ratio (Yilmaz and Keskin 2009), Logistic Regression (Zhou et al. 2021), Weights of Evidence (Pradhan et al. 2010), Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (Bui et al. 2012), Decision Tree (Arabameri et al.

2021), Machine Learning (Kavzoglu et al. 2019), Analytic Hierarchy Process (Laschi et al. 2016; Kadi et al. 2019) Artificial Neural Network (Jesudasan and Saravanan 2021). In addition, although there is no settled understanding in LSM modeling studies, generally aspect (Yan et al. 2019), slope (Sun et al. 2020), elevation (Du et al. 2017), curvature (Wang et al. 2020), distance to fault (Demir 2018) - road (Tang et al. 2021) - stream (Kalantar et al. 2018), land-use (Nohani et al. 2019), lithology (Paryani et al. 2020), NDVI (Pourghasemi et al. 2020), Stream Power Index (SPI) (Hong et al. 2018), Topographic Position Index (TPI) (Xie et al. 2021), and Topographic Wetness Index (TWI) (Gheshlaghi et al. 2021) etc. factors are widely used.

Forest roads include not only the basic facilities but also the structures required for the execution of forestry activities (Demir 2007). Forest roads should be well designed (Akay et al. 2019), because they can negatively affect underground (Haskell, 2000) and aboveground (Fallahchai et al. 2018) elements. As such, it is vital, both in terms of ecological and nature-friendly engineering, that plans for roads in protection forests with high landslide susceptibility and topographically negative features are detailed and provide alternatives in order to ensure roads are built in line with their purpose.

The aim of this study is to generate LSMs that can be used during planning phases as the basis for the determination of forest road routes in protection forests and establish a

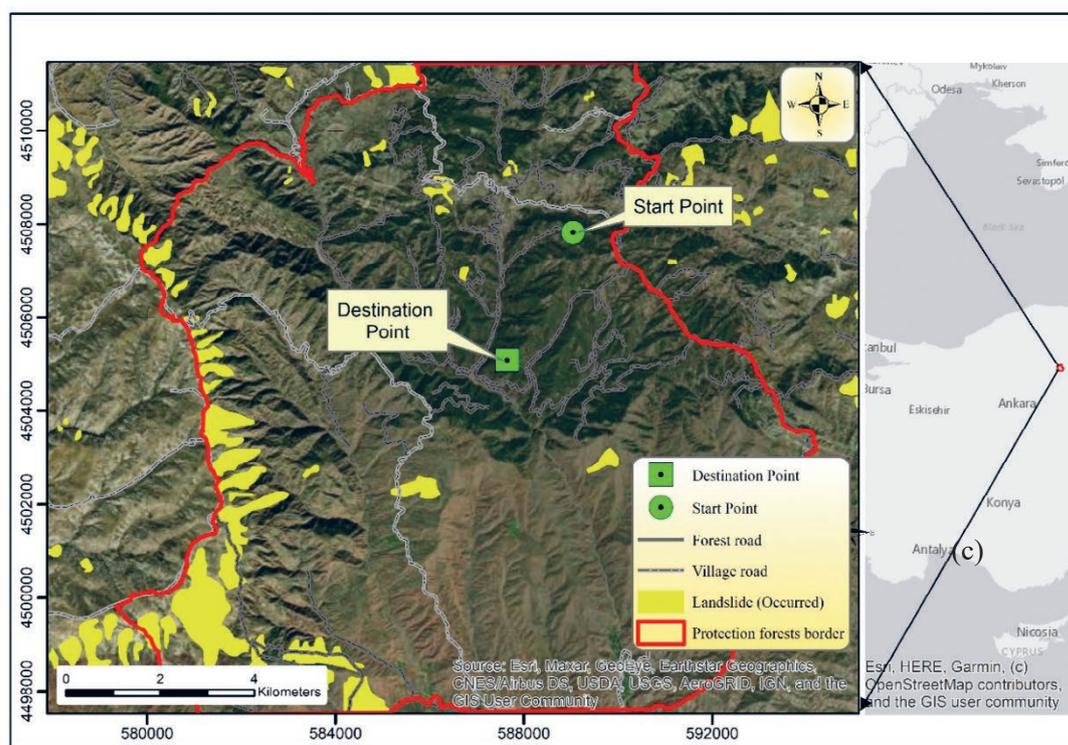


Figure 1. Location of landslides in the study area

Slika 1. Položaj klizišta na istraživanom području

platform for planners and decision makers to identify alternative routes by using modern methods. Sixteen different models were created through two different ML approaches: LR and RF modeling. Alternative forest roads were computed using the same approaches. Curvature, distance to fault, lithology, distance to road, slope (degree), stream power index (SPI), distance to stream, topographic position index (TPI), and topographic wetness index (TWI) factors were used for the modeling. The two models with the highest AUC value were used to calculate alternative routes by using least cost path analysis and ArcGIS software. During the last phase of this study, the alternative routes were compared with a route created through the classical approach.

MATERIAL AND METHODS

MATERIJAL I METODE

Study Area – *Prostorno područje*

The study area was conducted in the Erikli region, Yapraklı District, of the Çankırı province in northern Turkey. The area falls under the administrative responsibility of the Erikli Forestry Operations Directorate, which is affiliated to the Çankırı Forestry Operations Directorate of Ankara Regional Directorate of Forestry. This area has a history of landslide events. The protection forests have an area of 149.38 km² and are located at a latitude between 40° 37' 47" and 40° 44' 46" and a longitude between 33° 56' 34" and 34° 05' 25". Black pine (*Pinus nigra* Arnold) forests dominate this area while there are also stands. These forests have been named as protection forests by the General Directorate of Forestry (GDF). Almost all roads in the studied area are forest roads with road formation width of 6 m, and their total length is 157.96 km. The general forest road density is 10.57 m/ha. The area's altitude varies between approximately 790 m and 1,520 m with an average elevation of 1,210 m. The maximum slope is 67.6 degrees, and the average is 16.5 degrees. During the training phase, data on 70% (61 landslides) of the total 87 landslides that occurred in the studied area were selected, and data on the remaining 30% (26 landslides) were used during the testing phase.

LSM Modeling Process – *LSM Proces modeliranja*

The digital elevation model (DEM) was obtained free of charge from ASTER-GDEM (published on the web) and elevation, curvature, slope, SPI, TPI, and TWI factors were created using ArcGIS 10.3 TM software. Distance to road was obtained from the Forest Subdistrict databases. Lithology, distance to fault, and distance to stream factors, as well as field data of past landslides, were obtained from the General Directorate of Mineral Research and Explorations (GDMRE) (Duman et al. 2011).

Curvature (Figure 2a) is commonly used in LSM modeling studies because it helps predict the direction and severity of landslides (Dou et al. 2019). Distance to fault is an important and significant factor in the triggering of landslides (Massey et al. 2020). In the studied area, the distances were 0.5, 1, 3, 5, 10, and 20 km (Figure 2b). The lithology factor has high significance; it determines both landslide susceptibility and cost of forest road construction since it provides information on the characteristics of the bedrock (Boroughani et al. 2020). For this study, lithology was evaluated for five different groups (Figure 2c). Distance to road is an artificial factor affecting landslide formation that is frequently used in national and international literature to determine landslide susceptibility (Li and Chen 2020; Bugday and Akay 2019) (Figure 2d). Slope is a main factor in landslide formation (Pourghasemi et al. 2021) and, similar to the lithology factor, also affects cost. Five different classes (0°–5.71°, 5.71°–13.80°, 13.80°–21.88°, 21.88°–31.99° and > 32°) were added to the analysis based on the International Union of Forest Research Organizations (IUFRO) slope classes (commonly used in Turkey) (Figure 2e). The stream power index (SPI) was computed with the assumption that the flow (q) is proportional to the specific catchment area (As) and is expressed as the ability of the current water flow in the basin to cause erosion (Achour and Pourghasemi 2020) (Figure 2f). Distance to stream is a factor commonly employed in studies that consider the significance of proximity relations in landslide susceptibility (Senouci et al. 2021). Distances are expressed as zones with 0.5, 1, 2, 5 and 10 km intervals (Figure 2g). Topographic Position Index (TPI) is used in landslide susceptibility studies to determine the cell position relative to ridges and valleys, where positive values represent ridges, negative values represent valleys, and zero values represent flat areas (Jenness 2006) (Figure 2h). The TWI factor is used to express the location and spatial dimensions of water-saturated areas (Eiras et al., 2021) (Figure 2i).

LSM Process – *LSM proces*

In this study, the LSM Tool Pack, developed by Sahin et al. (2020), was used to create an LSM. LSM prediction models were created using the factors shown in Figure 2, using LR and RF modeling methods.

ArcGIS 10.3 software used LR and RF methods to evaluate the factors for this study. Information on past landslide events and on areas where landslides have never occurred was tested to validate the models. The validation of the models created by LR and RF methods was tested using receiver operating characteristic (ROC) analysis and the Area Under ROC Curve (AUC) value. In the literature, the AUC score is expressed as follows: 0.9–1.0 = excellent; 0.8–0.9 = very good; 0.7–0.8 = good; 0.6–0.7 = moderate; 0.5–0.6 = poor (Bradley, 1997).

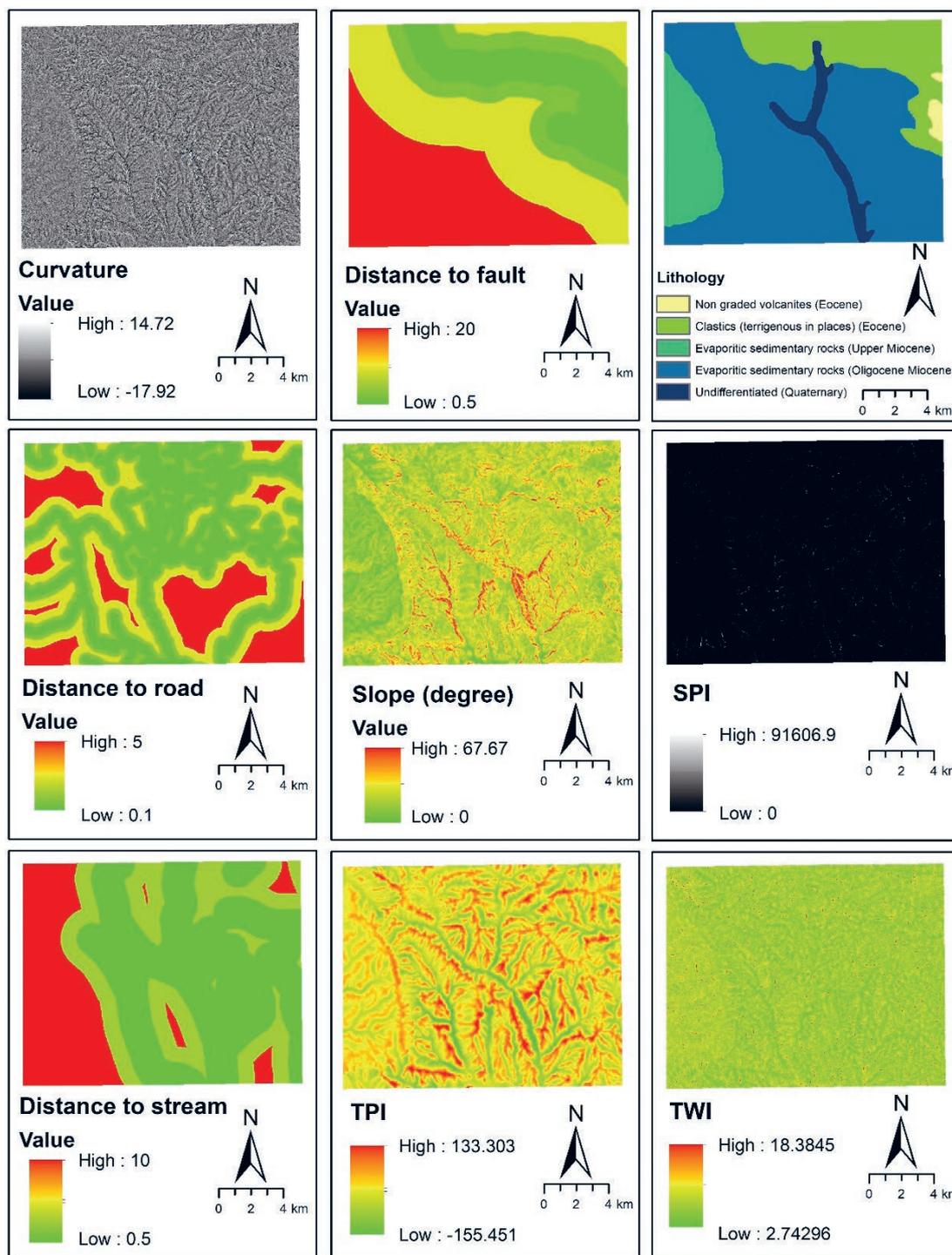


Figure 2. LSM factors in forested area; (a) curvature, (b) distance to fault, (c) lithology, (d) distance to road, (e) Slope(degree), (f) Stream Power Index (SPI), (g) distance to stream (h) Topographic Position Index (TPI), and (i) Topographic Wetness Index (TWI)

Slika 2. LSM faktori u šumovitom području; (a) zakrivljenost, (b) udaljenost do rasjeda, (c) litologija, (d) udaljenost do ceste, (e) nagib (stupanj), (f) indeks snage struje (SPI), (g) udaljenost do struje (h) Indeks topografskog položaja (TPI) i (i) indeks vlažnosti topografije (TWI)

Detection of Alternative Forest Road Routes – Otkrivanje alternativnih šumskih puteva

The last phase of the study was the generation of alternative road routes. ArcGIS-Cost Path analysis was carried out on a computer. Bases of single or multiple criteria (weighted and unweighted) can be employed in the analysis of routes

(ESRI 2016). This methodology was applied to three alternative scenarios in order to identify alternative road routes that were compared in order to determine the effectiveness and sensitivity of this approach.

The route determination study started by determining two points outside existing roads that connect to each other and

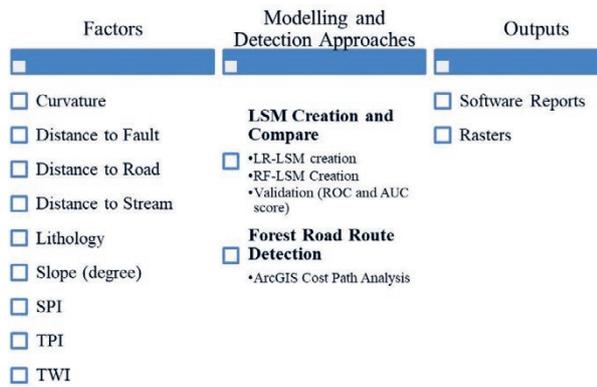


Figure 3. Study flowchart

Slika 3. Dijagram toka studije

to the planned alternatives, and route limitation was made by positioning the starting and destination points. First, road planning was carried out using the slope criterion used by the traditional approach. Second, the route was recalculated using ArcGIS Cost Path analysis, taking into account the landslide susceptibility obtained through the LR and RF methods. This study's workflow is summarized in Figure 3.

RESULTS REZULTATI

During the first phase, according to the importance of each factor as given by Sahin et al. (2020), chi-square, information gain, and random forest importance were applied from high to low importance as listed in Table 1. The table shows that each method and factor produced different feature

weights and are in different rankings, according to the statistical method. There are differences between the first three factors in the chi-square ranking and in the factor rankings of information gain and random forest importance. Selections were based on the values obtained from the chi-square to determine the models and modeling that was carried out.

To determine the effects of the factors on the performance of the prediction model (Sahin et al. 2020), the factors' importance values were ranked in ascending order. The factors that provided high performance (by choosing the best subset) were estimated in order to determine the highest AUC values. Various statistical tests (Wilcoxon signed-rank test, F-Test, Kolmogorov Smirnov test, and One Sample T-Test) were used by the LSM Tool Pack (Table 2). For this study, the Case 1 model-7 scenario was chosen. The best possible scenarios, using combinations of factors, are shown in Table 2.

Logistic Regression – Logistička regresija

The LR modeling approach has been frequently and widely used in landslide-susceptibility studies. The most successful combinations, using nine factors in total, are shown in Table 2. The AUC value (97.5522) of the Case 1 model-7 scenario, which was selected as the most successful LR approach, the estimated factors, std. Error, z-value, and Pr values are shown in Figure 4. The curvature factor correlated negatively with landslide formation, while the remaining eight factors (distance to fault, lithology, distance to road, slope, SPI, distance to stream, TPI, and TWI) correlated positively. Furthermore, slope, TPI, lithology, distance

Table 1. Feature importance's of the feature ranking algorithms

Tablica 1. Značaj značajke algoritama za rangiranje značajki

No Br	Factors Čimbenici	Chi-Squared Hi-Kvadrat	Factors Čimbenici	Information Gain Dobivanje Informacija	Factors Čimbenici	Random Forest Importance Značaj Slučajnih Šuma
1	Curvature (Zakrivljenost)	0,48363	Dis.to stream (Udaljenost do streama)	0,27114	Dis.to stream (Udaljenost do streama)	113,43418
2	Dis.to fault (Udaljenost do greške)	0,40660	TPI (Indeks topografskog položaja)	0,23300	TPI (Indeks topografskog položaja)	91,65237
3	Dis.to road (Udaljenost do ceste)	0,35962	Slope (Degree) (Nagib (stupanj))	0,11658	Slope (Degree) (Nagib (stupanj))	74,57421
4	Dis.to stream (Udaljenost do streama)	0,24392	Lithology (Litologija)	0,08317	Lithology (Litologija)	57,42980
5	Lithology (Litologija)	0,23980	Dis.to fault (Udaljenost do greške)	0,05243	Dis.to road (Udaljenost do ceste)	53,71091
6	Slope (Degree) (Nagib (stupanj))	0,22645	Dis.to road (Udaljenost do ceste)	0,03330	Dis.to fault (Udaljenost do greške)	49,56295
7	SPI (Indeks snage strujanja)	0,22143	SPI (Indeks snage strujanja)	0,02611	SPI (Indeks snage strujanja)	33,59275
8	TPI (Indeks topografskog položaja)	0,11068	Curvature (Zakrivljenost)	0,01192	TWI (Indeks Topografska vlažnost)	23,84570
9	TWI (Indeks Topografska vlažnost)	0,08544	TWI (Indeks Topografska vlažnost)	0,00740	Curvature (Zakrivljenost)	11,12684

Table 2. Best factors combinations according to Chi-Square, Information Gain, and Random Forest Importance**Tablica 2.** Najbolje kombinacije čimbenika prema Chi-Squareu, dobitku informacija i slučajnoj važnosti šuma

Feature ranking method Način rangiranja značajki	Case no Slučaj br	Statistical test used for subset selection Statistički test koji se koristi za odabir podskupa	Model No: The best subset size selected by performance of LR Broj modela: Najbolja veličina podskupa odabrana prema performansama LR	Features in the best subset Značajke u najboljem podskupu
Chi-Square Hi-Kvadrat	Slučaj 1	F-test F-test	Model 7 Model 7	Dis.to Stream, TPI, Slope, Lithology, Dis.to Fault, Dis.to Road, and SPI <i>Udaljenost do streama, Indeks topografskog položaja, Nagib, Litologija, Udaljenost do greške, Udaljenost do ceste, Indeks snage strujanja</i>
	Slučaj 2	Kolmogorov Smirnov test	Model 7 Model 7	Dis.to Stream, TPI, Slope, Lithology, Dis.to Fault, Dis.to Road, SPI <i>Udaljenost do streama, Indeks topografskog položaja, Nagib, Litologija, Udaljenost do greške, Udaljenost do ceste, Indeks snage strujanja</i>
	Slučaj 3	One Sample T-Test	Model 5 Model 5	Dis.to Stream, TPI, Slope, Lithology, and Dis.to Fault <i>Udaljenost do streama, Indeks topografskog položaja, Nagib, Litologija, Udaljenost do greške</i>
	Slučaj 4	Wilcoxon signed-rank test	Model 8 Model 8	Dis.to Stream, TPI, Slope, Lithology, Dis.to Fault, Dis.to Road, SPI, Curvature <i>Udaljenost do streama, Indeks topografskog položaja, Nagib, Litologija, Udaljenost do greške, Udaljenost do ceste, Indeks snage strujanja, Zakrivljenost</i>
Information Gain Dobivanje Informacija	Slučaj 5	F-test	Model 7 Model 7	Dis.to Stream, TPI, Slope, Lithology, Dis.to Fault, Dis.to Road, SPI <i>Udaljenost do streama, Indeks topografskog položaja, Nagib, Litologija, Udaljenost do greške, Udaljenost do ceste, Indeks snage strujanja</i>
	Slučaj 6	Kolmogorov Smirnov test	Model 6 Model 6	Dis.to Stream, TPI, Slope, Lithology, Dis.to Fault, Dis.to Road <i>Udaljenost do streama, Indeks topografskog položaja, Nagib, Litologija, Udaljenost do greške, Udaljenost do ceste</i>
	Slučaj 7	One Sample T-Test	Model 8 Model 8	Dis.to Stream, TPI, Slope, Lithology, Dis.to Fault, Dis.to Road, SPI, Curvature <i>Udaljenost do streama, Indeks topografskog položaja, Nagib, Litologija, Udaljenost do greške, Udaljenost do ceste, Indeks snage strujanja, Zakrivljenost</i>
	Slučaj 8	Wilcoxon signed-rank test	Model 5 Model 5	Dis.to Stream, TPI, Slope, Lithology, Dis.to Fault <i>Udaljenost do streama, Indeks topografskog položaja, Nagib, Litologija, Udaljenost do greške</i>
RF-Importance ZS-Šuma	Slučaj 9	F-test	Model 7 Model 7	Dis.to Stream, TPI, Slope, Lithology, Dis.to Fault, Dis.to Road, SPI <i>Udaljenost do streama, Indeks topografskog položaja, Nagib, Litologija, Udaljenost do greške, Udaljenost do ceste, Indeks snage strujanja</i>
	Slučaj 10	Kolmogorov Smirnov test	Model 5 Model 5	Dis.to Stream, TPI, Slope, Lithology, Dis.to Fault <i>Udaljenost do streama, Indeks topografskog položaja, Nagib, Litologija, Udaljenost do greške</i>
	Slučaj 11	One Sample T-Test	Model 8 Model 8	Dis.to Stream, TPI, Slope, Lithology, Dis.to Fault, Dis.to Road, SPI, Curvature <i>Udaljenost do streama, Indeks topografskog položaja, Nagib, Litologija, Udaljenost do greške, Udaljenost do ceste, Indeks snage strujanja, Zakrivljenost</i>
	Slučaj 12	Wilcoxon signed-rank test	Model 6 Model 6	Dis.to Stream, TPI, Slope, Lithology, Dis.to Fault, Dis.to Road <i>Udaljenost do streama, Indeks topografskog položaja, Nagib, Litologija, Udaljenost do greške, Udaljenost do ceste</i>

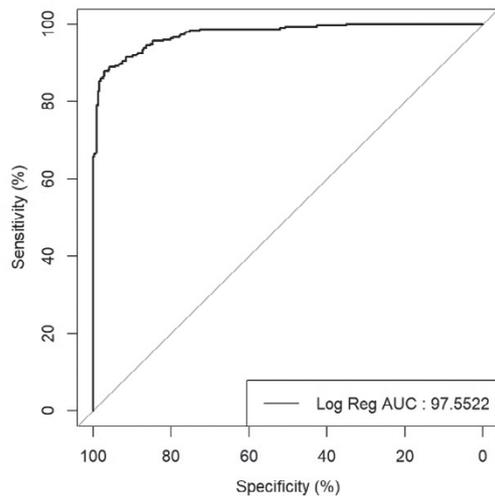
to fault, road and stream, and the TWI factors were more important than other factors (curvature and SPI) in terms of statistical significance.

Random Forest – Slučajna šuma

The RF approach was used for modeling, employing the same nine factors to make comparisons. The most successful model (Case 1 model-7) was calculated to have an

AUC value of 99.9862. The AUC value computed through this modeling approach and the factors' order of importance are shown in Figure 5.

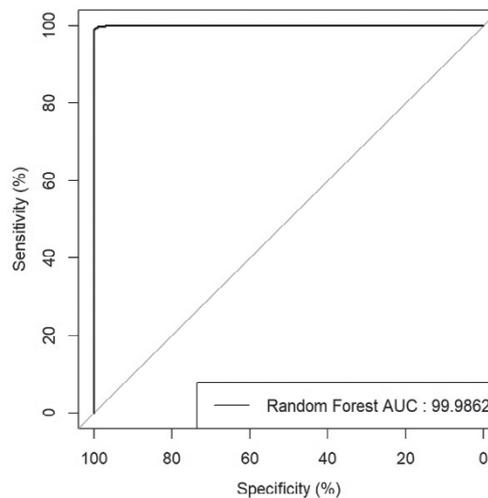
The ranking was found to be distance to stream, TPI, slope, lithology, distance to road, distance to fault, SPI, TWI, and curvature. The three factors with the highest importance in this ranking were distance to stream, TPI, and slope.



Coefficients	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-8.51E+00	7.84E-01	-10.859	< 2e-16 ***
Slope	2.69E-01	2.13E-02	12.617	< 2e-16 ***
TPI	1.12E-01	8.81E-03	12.709	< 2e-16 ***
Curvature	-5.40E-02	1.08E-01	-0.501	0.6162
Lithology	8.28E-01	8.71E-02	9.501	< 2e-16 ***
Fault	1.14E-01	3.48E-02	3.265	0.00109 **
Road	2.09E+00	2.66E-01	7.859	3.87e-15 ***
SPI	5.24E-05	6.87E-05	0.763	0.44566
Stream	2.34E-01	6.15E-02	3.808	0.00014 ***
TWI	4.49E-01	7.74E-02	5.805	6.43e-09 ***

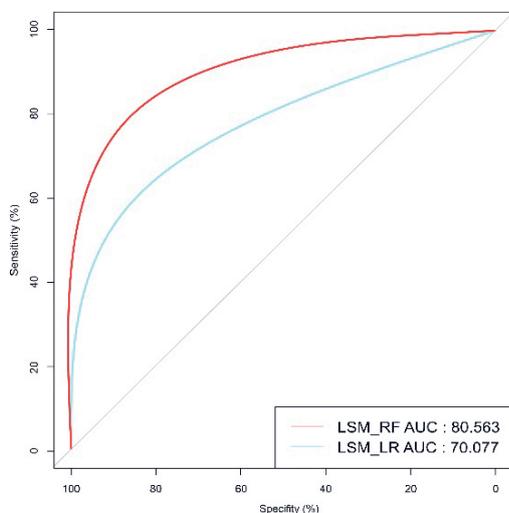
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
 (Dispersion parameter for binomial family taken to be 1) - Null deviance: 1987.95 on 1433 degrees of freedom Residual deviance: 614.25 on 1424 degrees of freedom - AIC: 634.29 - Number of Fisher Scoring iterations: 7

Figure 4. Best LR model AUC score and statistics on factors
Slika 4. Ocjena AUC najboljeg modela LR i statistika o faktorima



Factors	IncNodePurity
Dis.to Stream	130.86419
TPI	92.72004
Slope(degree)	45.57829
Lithology	22.42328
Dis.to Road	18.00387
Dis.to Fault	17.62894
SPI	12.03630
TWI	8.89416
Curvature	3.92871

Figure 5. Best RF model AUC score and order of importance of factors
Slika 5. Ocjena AUC najboljeg RF modela i redoslijed važnosti čimbenika



	LR_LSM	RF_LSM
Accuracy	0.45788	0.64529
AUC.Classified	0.70077	0.80563
AUC.NonClassified	0.90962	0.97664
MAE	0.54212	0.35471
RMSE	0.73629	0.59557
Kappa	0.09294	0.19251
Precision	0.99735	0.99923
Recall	0.41518	0.61711
F1	0.58630	0.76300

Figure 6. Models performance results of LR and RF
Slika 6. Modeliraju rezultati izvedbe LR i RF

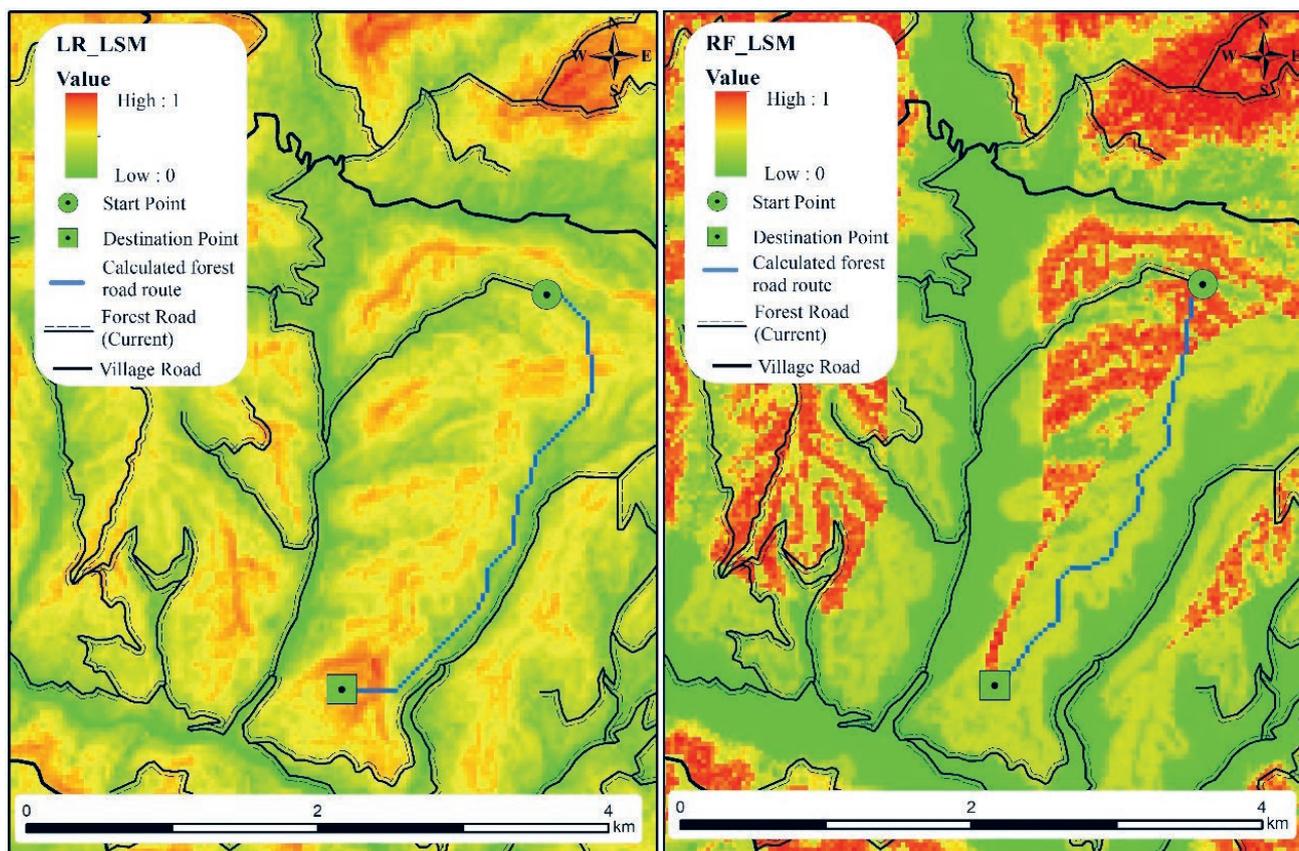


Figure 7. LSM generated from the LR and RF methods and calculated CostPath road route

Slika 7. LSM generiran iz LR i RF metode i izračunata CostPath cestovna ruta

Performance Comparison of The Best Model – *Usporedba izvedbe najboljeg modela*

During this phase, the performance of the best LSM models (model 7) produced through the LR and RF approaches was compared. According to the test results (Figure 6), the best model in both approaches was model 7, with an LR-AUC score = 0.70 and an RF-AUC score = 0.80. The LR and RF approaches are at good and very good model success levels, respectively.

Detection of Alternative Forest Road Routes – *Otkrivanje alternativnih šumskih puteva*

The study area was restricted to the area determined by the forest district chief. This was to increase accessibility during the execution of protection activities and to meet the road requirement. This area consists of Black Pine (*Pinus nigra* Arnold) stands. The results of the LR and RF approaches show that the landslide susceptibility of the study area was higher in the northeast and southwest axis compared with other areas (Figure 7). LSMs produced through each modeling approach were employed, and ArcGIS Cost Path analysis showed that alternative routes could be designed to pass through areas with very low landslide susceptibility.

DISCUSSION RASPRAVA

Most forest road planning studies in Turkey were completed in 1979 (Erdaş 1997). Planning studies have gained pace since the introduction of Geographic Information Systems (GIS) software for civilian use, and its use by institutions is widespread. Furthermore, a clear decision-making tool has emerged for plan and decision makers. GIS software has become a decision-support platform for numerous branches of study, for example, landslide susceptibility mapping. Mapping areas susceptible to landslides by expressing them through reliable modeling approaches is effective. There are factors that affect model success in LSM modeling studies: the size of the study area, the sensitivity of the landslide data employed, the resolution of the DEM data, and the methodology of the preferred modeling approach. In this study, the model success level is good to very good. Although model success varies in the national and international literature, the overall model success ranges from 65% to 98.5% AUC for LSM studies (Kavzoglu et al. 2019). Studies with similar characteristics can be compared with this study: Kavzoglu et al. (2015) used nine factors to determine the AUC value as 98.5%; Zhou et al. (2021) used ten factors to determine the AUC value as

78.2%, and Pradhan et al. (2010) used nine factors to determine the AUC value as 97%.

In this study, alternative routes for a forest area in need of a forest road were determined through ArcGIS Cost Path analysis, and the LSM was obtained through LR and RF methods (Figures 7). Other studies also use ArcGIS Cost Path analysis for alternative route detection (Sari and Sen, 2017; Liampas et al. 2019). The difference between this and other studies is that it was conducted with the intention of determining route options that meet the need for roads in forest areas. Forest road alternative routes have been a subject of interest both nationally and internationally. Studies carried out with a similar approach, but using different methods and software, are as follows: Akay and Sessions (2005) determined GIS-supported three-dimensional routes by using TRACER software; Laschi et al. (2016) used the AHP approach for alternative road planning, but did not consider the landslide criterion used for this study; Bugday and Akay (2019) evaluated the landslide criterion for forest roads in landslide areas but did not determine any alternative routes, and Kadi et al. (2019) planned routes using MATLAB software and the AHP approach.

CONCLUSION ZAKLJUČAK

In order to continue with uninterrupted forestry works throughout the year, it is important to make detailed road plans from the start and evaluate the advantages and disadvantages of the areas in terms of sustainability. Modern methods of determining alternative routes are vital in particularly sensitive areas. Plan and decision makers can make better decisions using detailed data obtained as a result of sensitive forestry studies. The length of the routes determined by this study are calculated to be approximately 2730 m, using the LR method, and 2850 m, using the RF method. More detailed and precise planning is needed in order to keep environmental damage caused by forest road construction to a minimum. Further studies that use multicriteria planning approaches and GIS software will be beneficial to forestry and forest management. It is clear that diversifying multifactor analyses in future studies, and making the results available to practitioners, planners, and decision makers, is important in terms of maximizing ecosystem health and minimizing human impact.

ACKNOWLEDGES ZAHVALA

I would like to thank the Çankırı Forest Management Directorate for providing the current tree species distribution and existing forest road data in the study area.

REFERENCES LITERATURA

- Achour, Y., Pourghasemi, H. R. 2020: How do machine learning techniques help in increasing accuracy of landslide susceptibility maps?. *Geoscience Frontiers*, 11(3), 871-883. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2019.10.001>
- Akay, A. E., Sessions, J. 2005: Applying the decision support system, TRACER, to forest road design. *Western Journal of Applied Forestry*, 20(3), 184-191. <https://doi.org/10.1093/wjaf/20.3.184>
- Akay, A. E., Wing, M. G., Sessions, J. 2014: Estimating sediment reduction cost for low-volume forest roads using a LiDAR-derived high-resolution DEM. *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, 9(1), 52-57. DOI:10.3846/bjrbe.2014.07
- Akay, A. E., Taş, İ., Gencal, B. 2019: Variation of tree diameters along road edges: the case of Karacabey linden forest in Bursa, Turkey. *Forestist*, 69(2), 81-86. DOI: 10.26650/forestist.2019.18014
- Arabameri, A., Chandra Pal, S., Rezaie, F., Chakraborty, R., Saha, A., Blaschke, T., Di Napoli, M., Ghorbanzadeh, O., Thi Ngo, P. T. 2021: Decision tree based ensemble machine learning approaches for landslide susceptibility mapping. *Geocarto International*, 1-35. <https://doi.org/10.1080/10106049.2021.1892210>
- Bauer, J., Kniivilä, M., Schmithüsen, F. 2004: Forest Legislation in Europe. Geneva Timber and Forest Discussion Paper, 37, ISSN 1020 7228.
- Blaser, J., Gregersen, H. 2013). *Forests in the next 300 years*. *Unasylva*, 64(1), 61-73.
- Boroughani, M., Pourhashemi, S., Hashemi, H., Salehi, M., Amirahmadi, A., Asadi, M. A. Z., Berndtsson, R. 2020: Application of remote sensing techniques and machine learning algorithms in dust source detection and dust source susceptibility mapping. *Ecological Informatics*, 56, 101059. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2020.101059>
- Boston, K. 2016: The potential effects of forest roads on the environment and mitigating their impacts. *Current Forestry Reports*, 2(4), 215-222. <https://doi.org/10.1007/s40725-016-0044-x>
- Bradley, A. P. 1997: The use of the area under the ROC curve in the evaluation of machine learning algorithms. *Pattern Recognition*, 30(7), 1145-1159. [https://doi.org/10.1016/S0031-3203\(96\)00142-2](https://doi.org/10.1016/S0031-3203(96)00142-2)
- Bugday, E. 2018: Application of artificial neural network system based on ANFIS using GIS for predicting forest road network suitability mapping. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(3), 1656-1668.
- Bugday, E., Akay, A. E. 2019: Evaluation of forest road network planning in landslide sensitive areas by GIS-based multi-criteria decision making approaches in Ihsangazi watershed, Northern Turkey. *Şumarski list*, 143(7-8), 325-336. <https://doi.org/10.31298/sl.143.7-8.4>
- Bui, D. T., Pradhan, B., Lofman, O., Revhaug, I., Dick, O. B. 2012: Landslide susceptibility mapping at Hoa Binh province (Vietnam) using an adaptive neuro-fuzzy inference system and GIS. *Computers Geosciences*, 45, 199-211. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2011.10.031>
- Colchester, M. 1994: Sustaining the forests: the community-based approach in south and south-east Asia. *Development and*

- Change, 25(1), 69-100. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7660.1994.tb00510.x>
- Demir, M. 2007: Impacts, management and functional planning criterion of forest road network system in Turkey. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 41(1), 56-68. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2006.05.006>
 - Demir, G. 2018: Landslide susceptibility mapping by using statistical analysis in the North Anatolian Fault Zone (NAFZ) on the northern part of Suşehri Town, Turkey. *Natural hazards*, 92(1), 133-154. <https://doi.org/10.1007/s11069-018-3195-1>
 - Dorren, L. K., Berger, F., Imeson, A. C., Maier, B., Rey, F. 2004: Integrity, stability and management of protection forests in the European Alps. *Forest ecology and management*, 195(1-2), 165-176. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.02.057>
 - Dou, J., Yunus, A. P., Bui, D. T., Merghadi, A., Sahana, M., Zhu, Z., Chen, C.W., Khosravi, K., Yang, Y., Pham, B. T. 2019: Assessment of advanced random forest and decision tree algorithms for modeling rainfall-induced landslide susceptibility in the Izu-Oshima Volcanic Island, Japan. *Science of the total environment*, 662, 332-346. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.221>
 - Du, G. L., Zhang, Y. S., Iqbal, J., Yang, Z. H., Yao, X. 2017: Landslide susceptibility mapping using an integrated model of information value method and logistic regression in the Bailongjiang watershed, Gansu Province, China. *Journal of Mountain Science*, 14(2), 249-268. <https://doi.org/10.1007/s11629-016-4126-9>
 - Duman, T.Y., T. Çan ve Ö. Emre. 2011. 1/1.500.000 Türkiye Heyelan Envanteri Haritası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Özel Yayınlar Serisi -27, Ankara, Türkiye. ISBN:978-605-4075-85-3.
 - Eiras, C. G. S., de Souza, J. R. G., de Freitas, R. D. A., Barella, C. F., Pereira, T. M. 2021: Discriminant analysis as an efficient method for landslide susceptibility assessment in cities with the scarcity of predisposition data. *Natural Hazards*, 1-16. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04638-4>
 - Erdaş, O. 1997: Orman Yolları-Cilt I. KTÜ Orman Fakültesi Yayınları, 187, 25. (in Turkish)
 - ESRI. 2016: Cost Path. <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/cost-path.htm>. (02/06/2021)
 - Fallahchai, M. M., Haghverdi, K., Mojaddam, M. S. 2018: Ecological effects of forest roads on plant species diversity in Caspian forests of Iran. *Acta Ecologica Sinica*, 38(3), 255-261
 - GDF. 1984: Muhafaza Ormanlarının Ayrılması ve İdaresi Hakkında Yönetmelik. Türkiye Cumhuriyeti, Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü (General Directorate of Turkey) Tertip no:5 Resmi Gazete tarihi: 13.08.1984, Sayı: 18942. Ankara (in Turkish).
 - Gheshlaghi, H. A., Feizizadeh, B. 2021: GIS-based ensemble modelling of fuzzy system and bivariate statistics as a tool to improve the accuracy of landslide susceptibility mapping. *Natural Hazards*, 1-34. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04673-1>
 - Gumus, S., Acar, H. H., Toksoy, D. 2008: Functional forest road network planning by consideration of environmental impact assessment for wood harvesting. *Environmental monitoring and assessment*, 142(1), 109-116. <https://doi.org/10.1007/s10661-007-9912-y>
 - Haskell, D. G. 2000: Effects of forest roads on macroinvertebrate soil fauna of the southern Appalachian Mountains. *Conservation Biology*, 14(1), 57-63. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.99232.x>
 - Hayati, E., Majnounian, B., Abdi, E. 2012: Qualitative evaluation and optimization of forest road network to minimize total costs and environmental impacts. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 5(3), 121. <https://doi.org/10.3832/ifer0610-009>
 - Hong, H., Liu, J., Bui, D. T., Pradhan, B., Acharya, T. D., Pham, B. T., Zhu, A., Chen, W., Ahmad, B. B. 2018: Landslide susceptibility mapping using J48 Decision Tree with AdaBoost, Bagging and Rotation Forest ensembles in the Guangchang area (China). *Catena*, 163, 399-413. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.01.005>
 - Jenness, J. 2006: Topographic Position Index (TPI) v. 1.2. Jenness Enterprises. Retrieved May 7, 2021 from http://www.jennessent.com/downloads/tpi_documentation_online.pdf
 - Jesudasan, J. J., Saravanan, S. 2021: Artificial Neural Network and Sensitivity Analysis in the Landslide Susceptibility Mapping of Idukki District, India. *Geocarto International*, (just-accepted), 1-14. <https://doi.org/10.1080/10106049.2021.1923831>
 - Kadi, F., Yildirim, F., Saralioglu, E. 2019: Risk analysis of forest roads using landslide susceptibility maps and generation of the optimum forest road route: a case study in Macka, Turkey. *Geocarto International*, 1-18. <https://doi.org/10.1080/10106049.2019.1659424>
 - Kalantar, B., Pradhan, B., Naghibi, S. A., Motevalli, A., Mansor, S. 2018: Assessment of the effects of training data selection on the landslide susceptibility mapping: a comparison between support vector machine (SVM), logistic regression (LR) and artificial neural networks (ANN). *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 9(1), 49-69. <https://doi.org/10.1080/19475705.2017.1407368>
 - Kavzoglu, T., Colkesen, I., Sahin, E. K. 2019: Machine learning techniques in landslide susceptibility mapping: A survey and a case study. *Landslides: Theory, practice and modelling*, 283-301. https://doi.org/10.1007/978-3-319-77377-3_13
 - Kavzoglu, T., Sahin, E. K., Colkesen, I. 2015: An assessment of multivariate and bivariate approaches in landslide susceptibility mapping: a case study of Duzkoy district. *Natural Hazards*, 76(1), 471-496. <https://doi.org/10.1007/s11069-014-1506-8>
 - Lamsal, P. 2011: Protection forest: a new dimension for biodiversity conservation, sustainable forest management and livelihood improvement. *The initiation*, 4, 111-114. <https://doi.org/10.3126/init.v4i0.5543>
 - Laschi, A., Neri, F., Brachetti Montorselli, N., Marchi, E. 2016: A methodological approach exploiting modern techniques for forest road network planning. *Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering*, 37(2), 319-331.
 - Li, Y., Chen, W. 2020: Landslide susceptibility evaluation using hybrid integration of evidential belief function and machine learning techniques. *Water*, 12(1), 113. <https://doi.org/10.3390/w12010113>
 - Liampas, S. A., Stamatiou, C., Drosos, V. 2019: Forest road network planning for biomass exploitation and fire preventions: a least cost path analysis. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 21(4), 33-42.
 - Massey, C. I., Townsend, D. T., Lukovic, B., Morgenstern, R., Jones, K., Rosser, B., de Vilder, S. 2020: Landslides triggered by

the MW 7.8 14 November 2016 Kaikōura earthquake: an update. *Landslides*, 17, 2401-2408. <https://doi.org/10.1007/s10346-020-01439-x>

- Nohani, E., Moharrami, M., Sharafi, S., Khosravi, K., Pradhan, B., Pham, B. T., Lee, S., M Melesse, A. 2019: Landslide susceptibility mapping using different GIS-based bivariate models. *Water*, 11(7), 1402. <https://doi.org/10.3390/w11071402>
- Paryani, S., Neshat, A., Javadi, S., Pradhan, B. 2020: Comparative performance of new hybrid ANFIS models in landslide susceptibility mapping. *Natural Hazards*, 103, 1961-1988. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04067-9>
- Phua, M. H., Minowa, M. 2005: A GIS-based multi-criteria decision making approach to forest conservation planning at a landscape scale: a case study in the Kinabalu Area, Sabah, Malaysia. *Landscape and urban planning*, 71(2-4), 207-222. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2004.03.004>
- Pourghasemi, H. R., Kornejady, A., Kerle, N., Shabani, F. 2020: Investigating the effects of different landslide positioning techniques, landslide partitioning approaches, and presence-absence balances on landslide susceptibility mapping. *Catena*, 187, 104364. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104364>
- Pourghasemi, H. R., Sadhasivam, N., Amiri, M., Eskandari, S., Santosh, M. 2021: Landslide susceptibility assessment and mapping using state-of-the art machine learning techniques. *Natural Hazards*, 1-26. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04732-7>
- Pradhan, B., Oh, H. J., Buchroithner, M. 2010: Weights-of-evidence model applied to landslide susceptibility mapping in a tropical hilly area. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 1(3), 199-223. <https://doi.org/10.1080/19475705.2010.498151>
- Sahin, E. K., Colkesen, I., Acmalı, S. S., Akgun, A., Aydinoglu, A. C. 2020: Developing comprehensive geocomputation tools for landslide susceptibility mapping: LSM tool pack. *Computers Geosciences*, 144, 104592. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2020.104592>
- Sari, F., Sen, M. 2017: Least cost path algorithm design for highway route selection. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 2(1), 1-8. <https://doi.org/10.26833/ijeg.285770>
- Senouci, R., Taïbi, N. E., Teodoro, A. C., Duarte, L., Mansour, H., Yahia Meddah, R. 2021: GIS-Based Expert Knowledge for Landslide Susceptibility Mapping (LSM): Case of Mostaganem Coast District, West of Algeria. *Sustainability*, 13(2), 630. <https://doi.org/10.3390/su13020630>
- Stanley, T., Kirschbaum, D. B. 2017: A heuristic approach to global landslide susceptibility mapping. *Natural Hazards*, 87(1), 145-164. <https://doi.org/10.1007/s11069-017-2757-y>
- Sun, X., Chen, J., Han, X., Bao, Y., Zhan, J., Peng, W. 2020: Application of a GIS-based slope unit method for landslide susceptibility mapping along the rapidly uplifting section of the upper Jinsha River, South-Western China. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 79(1), 533-549. <https://doi.org/10.1007/s10064-019-01572-5>
- Tan, Q., Bai, M., Zhou, P., Hu, J., Qin, X. 2021: Geological hazard risk assessment of line landslide based on remotely sensed data and GIS. *Measurement*, 169, 108370. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.108370>
- Tang, R. X., Yan, E., Wen, T., Yin, X. M., Tang, W. 2021: Comparison of Logistic Regression, Information Value, and Comprehensive Evaluating Model for Landslide Susceptibility Mapping. *Sustainability*, 13(7), 3803. <https://doi.org/10.3390/su13073803>
- Varmola, M., Hyppönen, M., Mäkitalo, K., Mikkola, K., Timonen, M. 2004: Forest management and regeneration success in protection forests near the timberline in Finnish Lapland. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 19(5), 424-441. <https://doi.org/10.1080/02827580410030154>
- Wang, G., Lei, X., Chen, W., Shahabi, H., Shirzadi, A. 2020: Hybrid computational intelligence methods for landslide susceptibility mapping. *Symmetry*, 12(3), 325. <https://doi.org/10.3390/sym12030325>
- Weiss, G. 2000: The Principle of Sustainability in Austrian Forest Legislation-Analysis and Evaluation. Forging a New Framework for Sustainable Forestry: Recent Developments in European Law. *IUFRO World Series*, 10, 39-57. <https://doi.org/10.3929/ethz-a-004601446>
- Xie, W., Li, X., Jian, W., Yang, Y., Liu, H., Robledo, L. F., Nie, W. 2021: A Novel Hybrid Method for Landslide Susceptibility Mapping-Based GeoDetector and Machine Learning Cluster: A Case of Xiaojin County, China. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(2), 93. <https://doi.org/10.3390/ijgi10020093>
- Yan, G., Liang, S., Gui, X., Xie, Y., Zhao, H. 2019: Optimizing landslide susceptibility mapping in the Kongtong District, NW China: comparing the subdivision criteria of factors. *Geocarto International*, 34(13), 1408-1426. <https://doi.org/10.1080/10106049.2018.1499816>
- Yilmaz, I., Keskin, I. 2009: GIS based statistical and physical approaches to landslide susceptibility mapping (Sebinkarahisar, Turkey). *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 68(4), 459-471. <https://doi.org/10.1007/s10064-009-0188-z>
- Zhou, S., Zhang, Y., Tan, X., Abbas, S. M. 2021: A comparative study of the bivariate, multivariate and machine-learning-based statistical models for landslide susceptibility mapping in a seismic-prone region in China. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(6), 1-19. <https://doi.org/10.1007/s12517-021-06630-5>

SUMMARY

Forestry activities should be carried out within the purview of sustainable forestry while reaping the benefits of forestry. Accordingly, the construction of forest roads through forests should be carefully planned, especially in protection forests. Forest areas in Turkey are generally widespread in mountainous and high sloping areas that are susceptible to landslides-landslide susceptibility is one of the most important criteria for the selection of protected forests. As such, it is important to evaluate detailed and applicable alternatives regarding special areas and private forests. The aim of this study is to determine alternative routes for forest roads in protected forests through the use of geographic information systems (GIS), particularly in areas with high landslide susceptibility. To this end, a landslide susceptibility map (LSM) was created using logistic regression (LR) and random forest (RF)

modeling methods, which are widely used in machine learning (ML). Two models with the highest receiver operating characteristic (ROC) and area under curve (AUC) values were selected, and ten factors (slope, elevation, lithology, distance to road, distance to fault, distance to river, curvature, stream power index, topographic position index, and topographic wetness index) were used. The best LSM modeling method was AUC. The AUC value was 90.6% with the RF approach and 80.3% with the LR approach. The generated LSMs were used to determine alternative routes that were calculated through cost path analysis. It is hoped that the susceptibility to landslides and selection of alternative forest road routes determined through the approaches and techniques in this study will benefit forest road planning as well as plan and decision makers.

KEY WORDS: Forestry, alternative route detection, cost-path, Random Forest, Logistic regression

DATES OF ARRIVAL OF THE EURASIAN GOLDEN ORIOLE (*Oriolus oriolus* L.) IN DECIDUOUS FOREST IN RELATION TO INCREASE OF LOCAL AIR TEMPERATURE IN NW CROATIA

DATUMI POVRATKA VUGE (*Oriolus oriolus* L.) SA ZIMOVANJA U BJELOGORIČNE ŠUME SJEVEROZAPADNE HRVATSKE U ODNOSU NA SVE TOPLIJA PROLJEĆA

Zdravko DOLENEC

SUMMARY

Numerous regions worldwide are affected by Earth climate warming. Most studies of bird phenology in relation to global and regional climate change have focused on trends in arrival dates and breeding dates. The study investigates the results of phenological spring migration research on Eurasian Golden Oriole during a period of 26 years (1991–2016) in relation to average spring air temperatures (April–May) and year in deciduous forests (north-western Croatia). Data is available for spring arrivals detected by the first song. Arrival date advanced significantly during the research period. According to the linear regression slopes, models suggested that in Eurasian Golden Oriole arrival date has advanced 6 days in period 1991–2016. Furthermore, average spring air temperatures (April–May) increased significantly during the study period. Furthermore, date of arrival was significantly negative correlated with average spring temperatures. My results provide evidence that warms spring has impacted spring migration arrival dates of Eurasian golden oriole of the deciduous forests in northwestern Croatia.

KEY WORDS: Eurasian Golden Oriole, *Oriolus oriolus* L., spring migration, spring temperature, deciduous forests, NW Croatia

INTRODUCTION

UVOD

Earth climate warming has affected numerous regions worldwide (Parmesan, 2006). There are abundant documents of advances in spring phenology in different organisms over long-term period in relations to climate change, for example, plant flowering earlier in Hungary (Szabó et al., 2016). Most studies of bird phenology in relation to global and regional climate change have focused on trends in arrival dates and breeding dates.

Earlier breeding dates have been associated in numerous species with higher air temperatures in some countries in Northern Hemisphere and South Hemisphere (Potti, 2009) and among them is also Croatia (Dolenec et al., 2012; Dolenec, 2019a). Earlier spring migration phenology is also associated with higher air temperatures in Croatia (Dolenec and Dolenec, 2010a; Dolenec 2019b) and other countries (Kolářová et al., 2017; Vengerov, 2017). Generally, early arrival is often linked with migration distance. In shorter-distance migrants

arrival dates advance more than in long-distance migrants (Rubolini et al., 2007). Climate change has impacted birds also in other ways, for example, altitudinal range shift (Kirchman and van Keuren, 2017). Despite many difference discussion, there is consensus that climate warming already has effect on phenology of bird species and populations.

I investigated long-term fluctuations in dates (1991–2016) of spring migration of the Eurasian Golden Oriole (*Oriolus oriolus* L.), a long-distance migrant, wintering south of the Sahara to examine migration phenology in relation to average spring air temperatures over the period of 26 years. This species is common breeding bird in northwestern Croatia.

MATERIAL AND METHODS

MATERIJALI I METODE

Research took place in Mokrice area (46°00'N, 15°55'E) in north-western Croatia from 1991 to 2016. Study area situated at an altitude approximately 140 m above sea level. The investigated area is a mixed farming area with small deciduous forest, hedges, orchards, lawns, arable land etc. This study was conducted in the small deciduous mixed forests consisting of Hornbeam (*Carpinus betulus* L.) and Pedunculate Oak (*Quercus robur* L.). The shrub cover is formed by Blackthorn (*Prunus spinosa* L.) and Common Elder (*Sambucus nigra* L.). Data is available for spring arrivals of Eurasian Golden Oriole detected by the first song. Bird singing was observed each year consistently from 10 April on the daily basis.

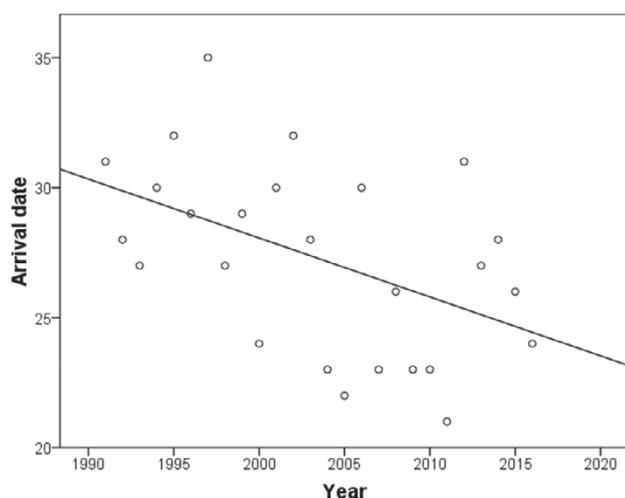


Figure 1. Correlation between study year (1991-2016) and arrival date of the Eurasian Golden Oriole in NW Croatia

Slika 1. Odnos između godina istraživanja (1991-2016) i datuma povratka vuge na područje sjeverozapadne Hrvatske

Bird singing was observed twice a day; in early morning and early afternoon. Dates were converted to numerical values such that 1 indicates 1 April. In this study, I focused on the long-term data. Long-term data have been important for documenting impact of temperature change in spring phenology (Askeyev et al. 2009; Dolenc and Dolenc, 2011a; Dolenc, 2018a). In some papers, shifts have significantly been correlated with changes (increase) in local air temperature (Biaduń et al., 2009; Dolenc and Dolenc, 2011b). Spring temperature data (mean April–May temperature, 1991–2016) were supplied by the station of Maksimir (123 m a.s.l.) – Meteorological Office in Zagreb, about ca. 20 km from the study area (April–May, mean = 9.2 ± 1.37 °C; range = 6.5 to 11.9 °C).

The relationship between the timing of migration and mean spring air temperatures and year in study area was assessed using a simple linear regression and Pearson correlation tests (r). Statistical data processing was performed using the SPSS 13.0 for Windows.

RESULTS

REZULTATI

The relevant variables used for this paper were the arrival date, mean spring temperature (April–May) and year. Correlation between study period (1991-2016) and arrival date was negative significant ($r = -0.48$, $n = 26$, $P = 0.013$; $y = 481.39 - 0.23x$; Figure 1). The spring migration of Eurasian Golden Oriole advanced 0.23 days per year (statistically significant) on average

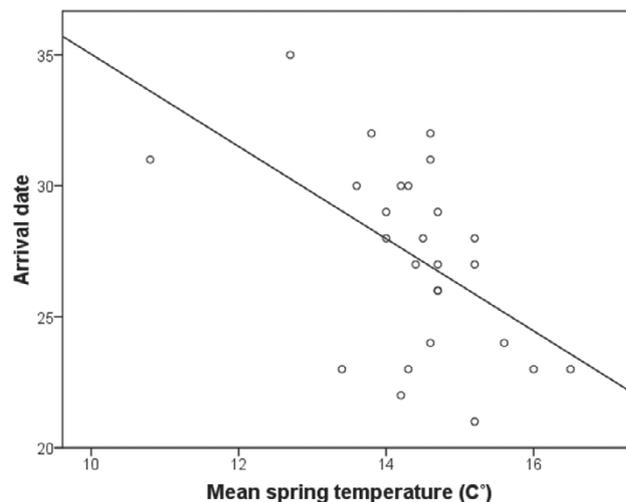


Figure 2. Correlation between average spring air temperature (April–May) and arrival date of the Eurasian Golden Oriole in NW Croatia

Slika 2. Odnos između srednje proljetne temperature (travanj–svibanj) i datuma povratka vuge na području sjeverozapadne Hrvatske

from the 1991 to 2016. Therefore, males are singing approximately 6 days earlier over 26-years. For the same time period average spring temperature (April–May) increased by 1.82°C ($r = 0.47$, $n = 26$, $p = 0.016$; $y = -117.86 + 0.07x$; data not shown). Therefore, temperature significantly increased in the research area during the study period. Relationship between arrival date and spring temperature was also significant ($r = -0.53$, $n = 26$, $p = 0.006$; $y = 52.63 - 1.76x$; Figure 2).

DISCUSSION AND CONCLUSION RASPRAVA I ZAKLJUČAK

My results provide evidence that warmer spring has impacted spring migration arrival dates of Eurasian Golden Oriole in the deciduous forests in northwestern Croatia. The advance of the arrival date of Eurasian Golden Oriole has been reported in some papers (Zalakevicius et al., 2006), but on the other hand, some authors found not significant trend (Biaduń et al., 2009). Concurrent trends in spring temperatures and bird phenology over recent few decades are well described also in other scientific literature. According to meta-analysis (413 species across five continents) birds have significantly advanced their spring migration time by 2.1 days per decade (Usui et al., 2017). Murphy-Klassen et al. (2005) revealed significantly earlier arrival in 27 of 96 species in Canada (1939–2001), on average, laying dates advanced 9 days. Furthermore, a long-term study of the phenology of the long-distance migratory Reed Warbler *Acrocephalus scirpaceus* (Hermann) and Sedge Warbler (*Acrocephalus schoenobaenus* L.) in Hungary demonstrated that arrival dates advanced 7.5 and 6.6 days between 1989 and 2009, respectively (Kovács et al., 2011). Contrary, spring phenology of bird migrants in Norway did not show any changes (Barrett, 2002). Some studies conducted in Croatia showed significant phenological response to spring temperatures, for instance, for the Blackcap [(*Sylvia atricapilla* L.) (Dolenec and Dolenec, 2010b)] and European Stonechat [(*Saxicola rubicola* L.) (Dolenec, 2018b)] but not all - for instance, White Wagtail [(*Motacilla alba* L.) (Dolenec, 2012)]. Therefore, the responses of bird species to climate warming are complex. For instance, some papers discuss possible negative repercussions of a mismatch between spring migration phenology and peak food in breeding period (Visser et al., 1998). This mistiming during the past few decades has caused decrease in population

sizes in some species (Both et al., 2006), because of climate change. The stable population sizes of the Eurasian Golden Oriole in NW Croatia could be a consequence of their ability to effectively track air temperature variation.

REFERENCES LITERATURA

- Askeyev, O. V., Sparks, T. H., Askeyev, I. V., 2009: Earliest recorded Tatarstan skylark in 2008: non-linear response to temperature suggests advances in arrival dates may accelerate. *Climate Research*, 89: 189–192.
- Barrett, R. T., 2002: The phenology of spring bird migration to north Norway. *Bird Study*, 49: 270–277.
- Biaduń, W., Kitowski, I., Filipiuk, E., 2009: Trends in the arrival dates of spring migrants in Lublin (E Poland). *Acta Ornithol.*, 44: 89–94.
- Both, C., Bouwthuis, S., Lessells, C. M., Visser, M. E., 2006: Climate change and population declines in a long distance migratory bird. *Nature*, 441: 81–83.
- Dolenec, Z., 2012: Non-significant trends towards earlier or later arrival date of the Pied Wagtail (*Motacilla alba* L.) in NW Croatia. *Pol. J. Ecol.*, 60: 851–854.
- Dolenec, Z., 2018a: Results of long-term monitoring of timing of laying in deciduous forest Blue Tit (*Cyanistes caeruleus* L.) in northwestern Croatia. *Šumarski list*, 142 (7-8): 381–386. (In Croatian with English summary)
- Dolenec, Z., 2018b: Role of Temperature during Spring Migration of the European Stonechat, *Saxicola rubicola* (Linnaeus, 1766) (Aves: Muscicapidae) in NW Croatia. *Acta Zool. Bulg.*, 70 (4): 523–526.
- Dolenec, Z., 2019a: Interannual variation of the clutch initiation of the great tit (*Parus major* Linnaeus) in relation to the local air temperature. *Current Science*, 117 (6): 924–926.
- Dolenec, Z., 2019b: Temporal shift in timing of breeding of European starling (*Sturnus vulgaris* Linnaeus) population. *Current Science*, 116: 29–30.
- Dolenec, Z., Dolenec, P., 2010a: Changes in spring migration of the wood pigeon (*Columba palumbus*) in northwestern Croatia. *Tur. J. Zool.*, 34: 267–269.
- Dolenec, Z., Dolenec, P., 2010b: Response of the Blackcap (*Sylvia atricapilla* L.) to temperature change. *Pol. J. Ecol.*, 58: 605–608.
- Dolenec, Z., Dolenec, P., 2011a: Spring migration characteristics of the House Martin, *Delichon urbica* (Aves: Hirundinidae) in Croatia: A response to climate change? *Zoologia*, 28: 139–141.
- Dolenec, Z., Dolenec, P., 2011b: Influence of the spring local warming on the breeding phenology in blackcap (*Sylvia atricapilla*) in Croatia. *J. Environ. Biol.*, 32: 625–627
- Dolenec, Z., Dolenec, P., Kralj, J., 2012: Egg-laying trends in black redstart (*Phoenicurus ochruros*). *Current Science*, 102: 970–972.
- Kirchman, J. J., van Keuren, A. E., 2017: Altitudinal Range Shifts of Birds At the Southern Periphery of the Boreal Forest: 40 Years of Change In the Adirondack Mountains. *Wilson J. Ornith.*, 129: 742–753.

- Kolářová, E., Matiu, M., Menzel, A., Nekovář, J., Lumpe, P., Adamič, P., 2017: Changes in spring arrival dates and temperature sensitivity of migratory birds over two centuries. *Int. J. Biometeorol.*, 61: 1279–1289.
- Kovács, S., Csörgő, T., Harnos, A., Fehérvári, P., Nagy, K., 2011: Change in migration phenology and biometrics of two conspecific *Sylvia* species in Hungary. *J. Ornithol.*, 152: 365–373
- Murphy-Klassen, H. M., Underwood, T. J., Sealy, S. G., Czyrnyj, A., 2005: Long-term trends in spring arrival dates of migrant birds at Delta Marsh, Manitoba, in relation to climate change. *Auk*, 122: 1130–1148.
- Parmesan, C., 2006: Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 37: 637–669.
- Potti, J., 2009: Advanced breeding dates in relation to recent climate warming in a Mediterranean montane population of Blue Tits *Cyanistes caeruleus*. *J. Ornithol.*, 150: 893–901.
- Rubolini, D., Møller, A. P., Raino, K., Lehikoinen, E., 2007: Intraspecific consistency and geographic variability in temporal trends of spring migration phenology among European bird species. *Climate Research*, 35: 135–146.
- Szabó, B., Vincze, E., Czúcz, B., 2016: Flowering phenological changes in relation to climate change in Hungary. *Int. J. Biometeorol.*, 60: 1347–1356.
- Usui, T., Butchart, S. H. M., Phillimore, A. B., 2017: Temporal shifts and temperature sensitivity of avian spring migratory phenology: a phylogenetic meta-analysis. *J. Anim. Ecol.*, 86: 250–261.
- Vengerov, P. D., 2017: Effect of Rise in Spring Air Temperature on the Arrival Dates and Reproductive Success of the Song Thrush, *Turdus philomelos* (C. L. Brehm, 1831) in the Forest-Steppe of the Russian Plain. *Russ. J. Ecol.*, 48: 178–184.
- Visser, M. E., Noordwijk, A. J. V., Tinbergen, J. M., Lessells, C. M., 1998: Warmer springs lead to mistimed reproduction in great tits (*Parus major*). *Proc. R. Soc. London B*, 265: 1867–1870.
- Zalakevicius, M., Bartkeviciene, G., Raudonikis, L., Janulaitis, J., 2006: Spring arrival response to climate change in birds: a case study from eastern Europe. *J. Ornithol.*, 147: 326–343.

SAŽETAK

Klimatsko zatopljenje dokumentirano je na mnogim područjima Zemlje. Mnogi znanstveni radovi o utjecaju klimatskih promjena na ptičji svijet ponajprije se odnose na fenologiju, a u prvom redu na povratak ptica sa zimovanja i početak nesidbe jaja. U ovome članku prezentiraju se rezultati 26-godišnjeg (1991-2016) praćenja proljetne migracije vuge u bjelogoričnim šumama na području sjeverozapadne Hrvatske u odnosu na prosječne proljetne temperature travnja i svibnja (razdoblje povratka sa zimovanja). Podaci su se prikupljali na temelju prvog glasanja vuge pojedine godine. Dobiveni rezultati sugeriraju da se vuge vraćaju šest dana ranije u odnosu na početnu godinu istraživanja. U spomenutom istraživačkom razdoblju osim što se vuge na području gniježđenja pojavljuju sve ranije, istodobno je došlo do signifikantnog porasta prosječnih temperatura travnja i svibnja. Zabilježena je značajna negativna korelacija između datuma povratka i prosječnih proljetnih temperatura, što nas upućuje na zaključak da su sve toplija proljeća vjerojatno razlogom sve ranijeg povratka vuge sa zimovanja u bjelogorične šume sjeverozapadne Hrvatske.

KLJUČNE RIJEČI: vuga, *Oriolus oriolus* L., proljetna migracija, proljetna temperatura zraka, bjelogorične šume, sjeverozapadna Hrvatska

PODUZETNIČKA INFRASTRUKTURA I PODUZETNIŠTVO U ŠUMARSTVU REPUBLIKE HRVATSKE – MOGUĆNOSTI I PERSPEKTIVE KORIŠTENJA

ENTREPRENEURIAL INFRASTRUCTURE AND ENTREPRENEURSHIP IN FORESTRY OF CROATIA – POSSIBILITIES AND PERSPECTIVES

Matija BAKARIĆ¹, Ivan MARTINIĆ¹, Mario ŠPORČIĆ^{1*}, David MIJOČ², Matija LANDEKIĆ¹

SAŽETAK

Poduzetništvo, posebice mikro, malo i srednje prema EU nasljeđu u Republici Hrvatskoj ima ključnu ulogu u stvaranju novih radnih mjesta, ponajprije kroz modele samozapošljavanja, potom kao pokretanje inovativnih poslovnih modela koji su generatori proizvodnje. Šumarski sektor bilježi sve veći udio inovativnih inženjerskih usluga namijenjenih za državne i privatne šume. Glavno obilježje još uvijek najzastupljenijih vrsta poduzetničkih aktivnosti u šumarskom sektoru je primarna primjenjivost u državnim šumama na djelatnostima sječe, privlačenja i daljinskog transporta te potom na uzgojnim radovima. Institucije i potpore na državnoj i EU razini imaju ulogu poticanja novih poduzetnika kroz „start-up“ modele na pokretanje inovativnih poslovnih rješenja primjenjivih u cijelom šumarskom sektoru.

KLJUČNE RIJEČI: inovacije, gospodarski razvoj, *start-up*, potpore

1. UVOD

1. INTRODUCTION

Poduzetništvo u današnje vrijeme ima globalno važnu ulogu kao primarni pokretač proizvodnje, a potom i niza drugih poslovnih aktivnosti. Glavni cilj poduzetništva je stvaranje novih vrijednosti pokretanjem i razvojem novih poduzeća, što je rezultat prepoznavanja poslovnih prilika i inovacija. U ekonomskoj teoriji poduzetništvo se definira kao ukupnost poduzetnikovih inovacijskih, organizacijskih, usmjeravajućih, upravljačkih i nadzornih sposobnosti. Segment poduzetničke inovativnosti je prepoznat u državnom šumarskom poduzeću kroz Uredbu o inovacijskim aktivnostima u Hrvatskim šumama d.o.o., gdje predstavlja formalni okvir za ocjenjivanje i nagrađivanje ino-

vacija (Mederski 2021). Prema Šošiću (1995), poduzetništvo je način gospodarskoga djelovanja u kojem kako, što i za koga stvoriti te na tržištu realizirati, odlučuje poduzetnik koji ulazi u posao na svoj trošak i rizik s nadom u dobitak u cilju dostizanja pravedne zarade i povećanja prihoda. Poduzetništvo je proces stvaranja vrijednosti ujedinjavanjem jedinstvene kombinacije resursa u svrhu iskorištavanja prilike (Škrčić 2006). Europska unija među svojim državama članicama kontinuirano promiče značaj malog i srednjeg poduzetništva kao pokretača gospodarskog rasta i razvoja, poticanja zapošljavanja i tržišne konkurentnosti.

Prema Zakonu o računovodstvu (Narodne novine, 47/2020) i Zakonu o poticanju razvoja malog gospodarstva (Narodne novine, 121/2016) utvrđeni su jasni kriteriji za razvrstavanje

¹ dr. sc. Matija Bakarić, prof. dr. sc. Ivan ¹Martinić, *prof. dr. sc. Mario ¹Šporčić, doc. dr. sc. Matija ¹Landekić, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, Zavod za šumarske tehnike i tehnologije, Svetošimunska 23, 10000 Zagreb, e-mail: mbakarić@sumfak.unizg.hr, martinic@sumfak.unizg.hr, sporcic@sumfak.unizg.hr, mlandekic@sumfak.unizg.hr

² David Mioč, Hercegbosanske šume d.o.o. Kupres, Splitska bb, 80320 Kupres, Bosna i Hercegovina, e-mail: dmijoc@gmail.com

* autor za korespondenciju – corresponding author

poduzetništva u Hrvatskoj, pri čemu se ono dijeli na mikro, malo, srednje i veliko poduzetništvo (Kolaković, 2006). Prema ovoj podjeli u Republici Hrvatskoj prevladava mikro i malo poduzetništvo, što preslikava europski standard i težnju unije za otvaranjem novih radnih mjesta, razvoju vještina i samozapošljavanju.

Poduzetnička infrastruktura kroz svoje sinergijsko djelovanje sa državnom upravom ima ključnu ulogu u poticanju razvoja već spomenutog malog poduzetništva. Prema strategiji razvoja poduzetništva u Republici Hrvatskoj (Narodne novine, 136/2013 pokretači i nositelji razvoja maloga gospodarstva su: nadležno ministarstvo, Hrvatska gospodarska komora, Hrvatska obrtnička komora, Zavod za zapošljavanje, jedinice područne i lokalne samouprave te razne udruge maloga gospodarstva i poduzetništva, kao i razvojne agencije, poduzetnički centri, poslovni inkubatori, poduzetnički akceleratori te sve ostale institucije namijenjene novim poduzetnicima. Međutim, navedene institucije nisu ravnomjerno geografski raspoređene, što uzrokuje u najvećoj mjeri neravnomjeran regionalni razvoj poduzetništva u Republici Hrvatskoj (Bakarić, 2018).

Poduzetnici koji nude svoje proizvode i usluge vezane uz šumarstvo, pronalaze svoje područje poslovanja u svim granama šumarstva podijeljenih prema Pravilniku o vrsti šumarskih radova, minimalnim uvjetima za njihovo izvođenje te radovima koje šumoposjednici mogu izvoditi samostalno (Narodne novine, 46/2021). Radovi pobrojani u navedenom Pravilniku zasigurno su modificirani kroz ključne karakteristike poduzetnika, kao što su inovativnost i spremnost na poslovni rizik.

Cilj je rada istražiti sastavnice poduzetničke infrastrukture koja se može primijeniti u šumarskom sektoru kao ishodište za uspješnu provedbu i razvoj poduzetničke aktivnosti među potencijalnim šumarskim poduzetnicima i onima koji imaju viziju pokretanja vlastitog posla.

2. PODUZETNIŠTVO U ŠUMARSTVU REPUBLIKE HRVATSKE

2. ENTREPRENEURSHIP IN FORESTRY OF THE REPUBLIC OF CROATIA

Šumarsko poduzetništvo u svom velikom dijelu spada u tradicionalne industrije, te su samim time u najvećem dijelu zastupljene tehnologije niske složenosti. Tržišne promjene koje se odvijaju na prostoru EU, stavljaju navedene tehnologije koje su najčešće primjenjive u državnim šumama u rizičan položaj za poslovanje. Naime, vrlo veliki izvor financijskih sredstava predstavljaju fondovi koji traže značajnu dozu inovativnosti kako bi se ostvarila potpora (Bakarić, 2018). Pritom poduzetnik treba biti svjestan činjenice kako je priroda inovativnih aktivnosti činjenica da su vrlo često riskantne, s mnogobrojnim neizvjesnim

troškovima realizacije ideja u potencijalni proizvod, proces i/ili poslovanje i rizičnim konačnim poslovnim rezultatom (Christiansen, 1997).

Važnost i značenje šumarskoga poduzetništva danas je u stalnom porastu, posebice u zemljama s visokom dinamikom tranzicije u šumarskom sektoru. Intenzivnim razvojem šumarskih tehnologija krajem 20. stoljeća i strukturnim promjenama u sektoru šumarstva došlo je do značajnog smanjenja broja zaposlenika i radnih sredstava u mnogim šumarskim upravama i poduzećima kojima je povjereno gospodarenje državnim šumama. Ovo razdoblje karakterizira i ubrzani razvoj novih poslovnih segmenata, kao što je pojava privatnih poduzetnika u izvođenju šumskih radova (Martinić 1998, Poschen 2000, Kastenholz 2002, Šporčić 2005, Šporčić i dr. 2009). Šumarski poduzetnici postali su nezamjenjivi akteri u provođenju radova pridobivanja drva, ali i u drugim šumarskim operacijama. Istraživanja provedena u tom razdoblju pokazala su da takvi prvi šumarski poduzetnici nisu bili adekvatno organizirani ni kvalificirani (Vondra et al. 1997, Martinić 1998, Šporčić i Martinić 2004), tj. očekivanja da novo uvedeni tržišni mehanizmi sami po sebi profiliraju i filtriraju najbolje i najkvalificiranije među poduzetnicima nisu se ostvarila. Veliki doprinos sređivanju stanja u šumarskom poduzetništvu Republike Hrvatske ostvaren je 2006. godine osnivanjem Hrvatske komore inženjera šumarstva i drvne tehnologije (HKIŠDT) na temelju Zakona o Hrvatskoj komori inženjera šumarstva i drvne tehnologije (Narodne novine, 22/06) te uvođenjem postupka licenciranja šumarskih poduzetnika 2007. godine (Šporčić et al. 2017).

Poduzetničke usluge u šumarstvu znače najčešće veću fleksibilnost i bolji financijski rezultat, a moguće je i kvalitetnije obavljanje radova zbog specijalizacije izvođitelja za određene djelatnosti. Proizvodni troškovi se kod pojedinih poslova smanjuju zbog ustupanja radova najpovoljnijem izvođitelju, čime naručitelj može računati na veću zaradu uz jednaku prodajnu cijenu proizvoda.

Šumarsko poduzetništvo čine najčešće male tvrtke koje trebaju kvalificirane i motivirane radnike za uspješno poslovanje. Težnja prema EU standardima kroz malo poduzetništvo s ciljem smanjenja stope nezaposlenosti, posebice kod mladih ljudi, usko korelira s pokretanjem *start-up* poduzetništva. Hrvatska, kao država u tranziciji, ima posebno naglašen problem nezaposlenih mladih te nisku razinu produktivnosti, što predstavlja ključne dimenzije problema na domaćem tržištu rada. Iskustva razvijenih zemalja pokazuju da je moguće povećati zaposlenost mladih i to namjenski dizajniranim programima i institucijama koje potiču poduzetništvo mladih (Zrilić i Širola 2013). Problem se javlja u neusklađenim zakonima te u poreznom opterećenju, iako svi smatraju da je novac glavna kočnica intenzivnijeg razvoja poduzetništva u šumarstvu. Financijska sredstva su

dostupna kroz razne fondove, bilo europske ili nacionalne, pokretanje pravnog oblika je financijski olakšano zbog manjih troškova pokretanja, kroz mogućnost osnivanja jednostavnog društva s ograničenom odgovornošću te informiranje potencijalnih korisnika kroz društvene medije o uslugama/proizvodu.

2.1 Poduzetnička područja i aktualne poduzetničke prilike u hrvatskom šumarstvu – 2.1 *Entrepreneurial areas and current entrepreneurial opportunities in Croatian forestry*

Kao što je već navedeno u uvodnom dijelu ovoga rada, neke od glavnih karakteristika poduzetništva su inovativnost i spremnost na preuzimanje rizika. S time je povezano i poduzetničko ponašanje, koje kroz te karakteristike pojedinca uočava poduzetničke prilike koje se u danom trenutku iz spektra poduzetničkih područja (tzv. poduzetničke niše) mogu pretvoriti u stabilni poslovni model.

Iako u pravilu šumarskim poduzetnicima u Hrvatskoj nedostaju specifična znanja i vještine, zadnjeg se desetljeća značajno poboljšala poduzetnička klima (na krilima financijskih instrumenata EU) te su se stvorile brojne povoljne prilike u različitim poduzetničkim područjima. To je posebno važno i ohrabruje u okolnostima nedostatka poslovnih aktivnosti u kojima bi svoje mjesto mogli i trebali zauzeti mladi šumarski stručnjaci (Martinić 2020).

Isti autor navodi i tri ključne poduzetničke „niše“ u šumarskom sektoru, kao i devet različitih izazova koji u danom trenutku u ovisnosti o tržišnim potrebama mogu postati vrlo perspektivne poduzetničke prilike i poslovne niše:

- unapređenja postojećih proizvoda i usluga;
- nove usluge;
- novi proizvodi.

Izazovi poduzetničkih niša:

- inovacija, unapređenje i uvođenje novih vrsta, tehnika i tehnologija šumarskih radova;
- europsko nasljeđe kroz smanjenje potrošnje energije u šumarskoj proizvodnji, veće iskorištenje drvnog obujma, diversifikacija proizvoda te povećanje energetske učinkovitosti u svim područjima šumarske proizvodnje;
- kreiranje novih proizvoda i procesa iz šumske i druge biomase te korištenje nedrvenih šumskih proizvoda;
- unapređenje i nadogradnja postojećih radova osnivanja i uzgajanja šuma;
- urbano šumarstvo i hortikultura kroz bolje i inovativnije planiranje, uređivanje, zaštitu i održavanje urbanih šuma i hortikulturnih objekata;
- specifične inženjerske usluge kroz poboljšanje gospodarenja privatnim šumama, dijagnosticiranja općeg stanja sastojina i vrednovanja koristi šumskih ekosustava;

- tematska edukacija namijenjena svakom pojedinom korisniku u šumarstvu ili u zaštićenom području;
- istraživanje i monitoring u šumarstvu kroz usluge nespecifičnih djelatnosti za šumarski sektor kao npr. identifikacija lokaliteta, snimanje i kartiranje, te kroz inovativne pristupe motrenja/praćenja vrsta i staništa i opažanje promjena;
- turizam kroz inovativne posjetiteljske programe i usluge vezane uz popunjavanje i doživljaj šume, kao i kroz prikaz opće korisnih funkcija šume

Navedeni izazovi predstavljaju široki spektar mogućih djelatnosti u šumarstvu, no isti se uslijed nedostatka aktera u šumarskom poduzetničkom prostoru u Republici Hrvatskoj ne mogu svi realizirati (Bakarić 2018). Čest slučaj je promjena djelatnosti ili dodavanje nove djelatnosti već postojećih poduzetnika oko novih za njih profitabilnih modela. Kao primjer ovdje možemo navesti mobiliziranje drvnog potencijala iz privatnih šuma unazad nekoliko godina, koje je posljedica političkih i zakonodavnih prilika u trgovačkom društvu Hrvatske šume d.o.o. Upravo u toj tržišnoj promjeni stvorila se prilika za pokretanje novih poslova vezanih za upravljanje privatnim šumama te za edukaciju o šumarskim temama šumovlasnika kao naručitelja posla, ali i poduzetnika kao izvođača.

3. PODUZETNIČKA INFRASTRUKTURA

3. ENTREPRENEURIAL INFRASTRUCTURE

Poduzetnička infrastruktura može se definirati kao zakonski propisi, sredstva i ustanove na kojima se zasniva stabilnost i razvoj društvenih zajednica i države (Škrtić i dr. 2010). U Republici Hrvatskoj postoji Zakon o unapređenju poduzetničke infrastrukture, prema kojemu ona u širem smislu predstavlja ukupnost svih prostorno specifičnih oblika odvijanja različitih poduzetničkih aktivnosti, nastalih kao rezultat promišljenog i organiziranog prostorno razvojnog koncepta jedinica lokalne i područne (regionalne) samouprave, odnosno Republike Hrvatske. Poduzetničke potporne institucije usmjerene su na stvaranje kvalitetnog, korisnički orijentiranog poduzetničkog okruženja u Republici Hrvatskoj, koji provode programe usmjerene na razvoj poduzetništva, što je i prikazano kroz SWOT analizu u tablici 1.

Potporu malima poduzetnicima u šumarskom sektoru pružaju i pravne osobe s javnim ovlastima, među kojima valja istaknuti Hrvatsku komoru inženjera šumarstva i drvene tehnologije, koja kroz svoje modele licenciranja provodi selekciju i postavlja standarde za kvalitetne izvoditelje, Hrvatsku gospodarsku komoru, Hrvatsku obrtničku komoru, Hrvatsku udrugu poslodavaca, Hrvatsku banku za obnovu i razvoj te ostala tijela osnovana od strane Republike Hrvatske.

Tablica 1. SWOT analiza poduzetničke infrastrukture primjenjive na šumarski sektor u RH**Table 1** SWOT analysis of entrepreneurial infrastructure applicable to the forestry sector in the Republic of Croatia

SNAGE – Strengths	SLABOSTI – Weaknesses
<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Poznavanje važnosti i primjene poduzetništva u šumarstvu; <i>Knowledge of the importance and application of entrepreneurship in forestry</i> ⇒ Praćenje EU trendova i prakse; <i>Monitoring EU trends and practices</i> ⇒ Usmjerenost na potrajno gospodarenje šumama; <i>Focus on sustainable forest management</i> ⇒ Usmjerenost na tržišno orijentirano održivo poduzetništvo; <i>Focus on market-oriented sustainable entrepreneurship;</i> ⇒ Korektan odnos između dionika poslovnog procesa. <i>Correct relationship between business process stakeholders.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Slabi protok informacija; <i>Poor information flow;</i> ⇒ Velika zastupljenost infrastrukture u velikim gradovima; nepovoljna regionalna rasprostranjenost; <i>High representation of infrastructure in large cities; unfavorable regional distribution;</i> ⇒ Zanemarenost ruralnih područja; <i>Neglect of rural areas;</i> ⇒ Relativno niska i zapostavljena razina inovativnosti poduzetničkih modela; <i>Relatively low and neglected level of innovation of entrepreneurial models;</i> ⇒ Relativno mali broj dostupnih poticajnih modela / mikrokredita za početnike. <i>Relatively few available incentive models / microcredit for beginners.</i>
PRILIKE – Opportunities	PRIJETNJE – Threats
<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Regionalni ujednačeni razvoj inovativnog poduzetništva; <i>Regional balanced development of innovative entrepreneurship;</i> ⇒ Konkurentnost na EU tržištu; <i>Competitiveness on the EU market;</i> ⇒ Stvaranje dodane vrijednosti; <i>Creating added value</i> ⇒ Širenje mreže dionika u šumarskom poduzetništvu. <i>Expansion of the network of stakeholders in forestry entrepreneurship.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Rizik od financijskih gubitaka; <i>Risk of financial losses;</i> ⇒ Nenamjensko korištenje dobivenih / sufinanciranih resursa; <i>Improper use of obtained / co-financed resources;</i> ⇒ Promjena na državnoj razini uslijed izvanredne situacije monetarno-kreditne i fiskalne politike; <i>Change at the state level due to the emergency situation of monetary and fiscal policy;</i> ⇒ Neravnomjeran interes poduzetnika za sve dostupne infrastrukturne opcije. <i>Uneven interest of entrepreneurs for all available infrastructure options.</i>

U tablici 1 prikazana je SWOT analiza pomoću koje su razrađeni potencijali poduzetničke infrastrukture primjenjive za poduzetništvo u šumarstvu, kako bi se najbolje iskoristile snage i prilike, a neutralizirale slabosti i prijetnje.

Na osnovi izrađene SWOT analize jasno su vidljive snage i slabosti koje obilježavaju karakteristike poduzetničke infrastrukture s njenoga subjektivnog, odnosno unutarnjeg aspekta, među kojima se posebno može istaknuti usmjerenost na potrajno gospodarenje šumama koje se potiče kroz mjere ruralnog razvoja u obliku konverzija sastojina, a sve to kroz praćenje EU trendova i prakse. Nasuprot tomu stoje vanjska obilježja infrastrukture kroz prilike i prijetnje koje karakteriziraju mogućnost ravnomyernog razvoja poduzetništva na cijelom području Republike Hrvatske i strah potencijalnih poduzetnika od gubitka financijskih sredstava.

3.1 Poduzetničke potporne institucije – 3.1 Entrepreneurial support institutions

Potporne institucije prema Zakonu o unapređenju poduzetničke infrastrukture dijele se na sljedeće subjekte:

- ⇒ Razvojne agencije;
- ⇒ Poduzetnički centri;
- ⇒ Poslovni inkubatori;
- ⇒ Poduzetnički akceleratori;
- ⇒ Poslovni parkovi;
- ⇒ Znanstveno tehnološki parkovi;
- ⇒ Centri kompetencije;
- ⇒ Slobodne zone.

Osnivači i upravitelji poduzetničke infrastrukture sukladno Zakonu su pojedinačne pravne osobe ili konzorcij pravnih subjekata (Republika Hrvatska, jedinice i tijela lokalne i područne samouprave, visoka učilišta, znanstveni instituti te strukovne i druge udruge i duge pravne osobe kao osnivači).

Subjekti poduzetničke infrastrukture imaju obvezu, nakon donošenja akta o osnivanju, upisati se u jedinstveni registar poduzetničke infrastrukture kako bi ostvarili preduvjet korištenja potpora nadležnog ministarstva te postali vidljivi i poznati potencijalnim korisnicima usluga.

3.2 Institucionalni okvir upravljanja poduzetništvom u Republici Hrvatskoj – 3.2 Institutional framework of entrepreneurship management in Republic of Croatia

Institucionalni okvir poduzetništva u Hrvatskoj karakterizira veliki broj zakona, odredbi i ostalih akata te njihova kontradiktornost koja se u pojedinim segmentima negativno odražavaju na poticanje gospodarskog rasta i poduzetničke aktivnosti.

Ishodište institucionalnog okvira čine strateški dokumenti i zakoni kojima se upravlja razvoj poduzetništva. Glavni dokument je strategija razvoja poduzetništva u Republici Hrvatskoj 2013.-2020. (Narodne novine, 136/2013) koja je rezultat rada tadašnjeg nadležnog ministarstva pod nazivom Ministarstvo poduzetništva i obrta. Ovaj dokument obuhvaća analizu stanja i potencijala te prikazuje strateške

ciljeve koji će doprinijeti realizaciji vizije, a misli se na konkurentno i ravnomjerno razvijeno malo gospodarstvo Hrvatske koje se temelji na rastućem broju uspješnih poslovnih subjekata, kontinuiranom povećanju izvoza, visokom stupnju inovativnosti, kvalitetno obrazovanom i fleksibilnom menadžmentu, inovativnom proizvodnom procesu, povoljnom poslovnom okruženju i olakšanom pristupu financijskim i ostalim instrumentima kako bi se održale povoljne stope rasta te dostigle najviši EU standardi.

Prema navedenoj strategiji sektor maloga gospodarstva u Hrvatskoj potpuno je usklađen s onim na razini Europske unije, te su kako bi se on još poboljšao i zadržao dobrim definirani su strateški ciljevi i smjernice (MINPO, 2013):

- ⇒ Poboljšanje ekonomske uspješnosti;
- ⇒ Promocija poduzetništva;
- ⇒ Unapređenje pristupa financiranju;
- ⇒ Poboljšanje poduzetničkih vještina;
- ⇒ Poboljšanje poslovnog okruženja.

U okviru zakonodavnog okvira izdvajaju se sljedeći zakoni:

- ⇒ Zakon o poticanju razvoja maloga gospodarstva (NN 29/02, 63/07, 53/12, 56/13, 121/16);
- ⇒ Zakon o državnim potporama (NN 47/14);
- ⇒ Zakon o trgovačkim društvima (NN 110/15);
- ⇒ Zakon o obrtu (NN 77/93, 90/96, 102/98, 64/01, 71/01, 49/03, 68/07, 79/07, 40/10, 143/13);
- ⇒ Zakon o unapređenju poduzetničke infrastrukture (NN 93/13, 114/13, 41/14).

Pregledom navedenog zakonodavnog okvira uočava se velik broj zakona i ponajprije znatan broj izmjena i dopuna. Upravo izmjene i dopune generiraju nezainteresiranost stručnoga kadra za bavljenjem poduzetništvom, usporavaju razvoj i utječu na nesigurnost poslovanja. Upravo u ovim tvrdnjama treba tražiti uzrok za sve otegotne okolnosti intenzivnijeg razvoja poduzetništva šumarskom sektoru.

3.3 Potpore namijenjene poduzetnicima u šumarskom sektoru iz EAFRD fonda – 3.3 Support intended for entrepreneurs in the forestry sector from the EAFRD fund

Ulaskom Hrvatske u EU financijska sredstva iz europskih fondova postala su dostupna poduzetnicima u svim sektorima. Potporni programi Europske unije financiraju se iz centraliziranih i decentraliziranih programa, centralizirani programi služe za financiranje prioriteta od značaja za cijelu EU, dok su decentralizirani programi namijenjeni za zasebne programe pojedine države članice koji financiraju prioritete od značaja za državu članicu u skladu sa strateškim ciljevima na razini EU-a (Kociper i dr. 2014).

Namjena strukturnih fondova EU-a je financiranje kohezijske politike kao ključne za poticanje otvaranja novih radnih mjesta, poslovne konkurentnosti, gospodarskog rasta,

održivog razvoja i poboljšanja kvalitete života građana EU. Instrumenti za provedbu kohezijske politike su fondovi:

- ⇒ Europski fond za regionalni razvoj (*European Regional Development Fund-ERDF*);
- ⇒ Europski socijalni fond (*European Social Fund-ESF*);
- ⇒ Kohezijski fond (*Cohesion Fund-CF*);
- ⇒ Europski fond za pomorstvo i ribarstvo (*European Maritime and Fisheries Fund-EMFF*);
- ⇒ Europski poljoprivredni fond za ruralni razvoj (*Agricultural Fund for Rural Development*)

Financijsku podršku poduzetnici u šumarskom sektoru imaju u Europskom poljoprivrednom fondu (*EAFRD*). Sredstva programa mogu koristiti poljoprivredni gospodarski subjekti, poljoprivredne organizacije, udruge i sindikati, udruge za zaštitu okoliša, organizacije koje pružaju usluge u kulturi zajednice, uključujući medije, udruge žena, poljoprivrednici, šumari i mladi. Iako se radi o programu koji je bio u periodu 2014.-2020. Godine, donesene su izmjene Programa odnosno postojećih mjera, s obzirom da će se u 2021. i 2022. godini kao u prijelaznom razdoblju nastaviti provoditi programi ruralnog razvoja.

Promatrajući u tablici 2 ključne tipove *EAFRD* fonda namijenjene šumarskom sektoru uočavaju se dvije vrste pot-

Tablica 2. Tipovi operacija šumarskom sektoru iz EAFRD fonda¹

Table 2 Custom types of operations for the forestry sector from EAFRD fund

TIP 8.5.1 Konverzija degradiranih šumskih sastojina i šumskih kultura <i>TYPE 8.5.1 Conversion of degraded forest stands and forest crops</i>	Visina i intenzitet potpore: <i>Aid amount and intensity:</i> ⇒ 5.000 € – 700.000 € ⇒ Intenzitet potpore je 100% ⇒ Intensity of aid is 100%
TIP 8.5.2. Uspostava i uređenje poučnih staza, vidikovaca i ostale manje infrastrukture <i>TYPE 8.5.2. Establishment and arrangement of educational trails, lookouts and other smaller infrastructure</i>	Visina i intenzitet potpore: <i>Aid amount and intensity:</i> ⇒ 5.000 € – 100.000 € ⇒ Intenzitet potpore je 100% ⇒ Intensity of aid is 100%
TIP 8.6.1. Modernizacija tehnologija, strojeva, alata i opreme u pridobivanju drva i šumsko-uzgojnim radovima <i>TYPE 8.6.1. Modernization of technologies, machines, tools and equipment in wood extraction and silvicultural works</i>	Visina i intenzitet potpore: <i>Aid amount and intensity:</i> ⇒ 5.000 € – 700.000 € ⇒ Intenzitet potpore je 50% ⇒ Intensity of aid is 50%
TIP 8.6.2. Modernizacija tehnologija, strojeva, alata i opreme u predindustrijskoj preradi drva <i>TYPE 8.6.2. Modernization of technologies, machines, tools and equipment in pre-industrial wood processing</i>	Visina i intenzitet potpore: <i>Aid amount and intensity:</i> ⇒ 10.000 € – 1.000.000 € ⇒ Intenzitet potpore je 50% ⇒ Intensity of aid is 50%

¹ Korisnici ovih potpora spadaju u sljedeće kategorije: Šumoposjednici, Trgovačka društva i druge pravne osobe koje gospodare šumama i šumskim zemljištima u vlasništvu Republike Hrvatske, udruženja šumoposjednika, udruge civilnog društva i druge pravne osobe aktivne u zaštiti prirode.

Tablica 3. Pregled subvencioniranih kredita HBOR-a**Table 3** Review of subsidized credits by HBOR

Poduzetništvo mladih, žena i početnika <i>Entrepreneurship of young people, women and beginners</i>
Investicije privatnog sektora <i>Private sector investment</i>
Izvoz <i>Export</i>
⇒ Priprema izvoza; ⇒ <i>Export preparation</i> ;
⇒ Kredit kupcu; ⇒ <i>Credit to the buyer</i>
⇒ Kredit dobavljaču. ⇒ <i>Credit to the supplier</i>
Investicije javnog sektora <i>Public sector investments</i>
EU projekti <i>EU projects</i>
Obrtna sredstva za ruralni razvoj <i>Working capital for rural development</i>
Financijsko restrukturiranje <i>Financial restructuring</i>
Ostalo <i>The rest</i>

pora s obzirom na njihov intenzitet potpore. Naime, u tipu 8.5.1. i 8.5.2. intenzitet potpore je 100% od ukupnog iznosa prihvatljivih troškova dok je u preostala dva tipa 8.6.1. i 8.6.2. intenzitet 50%. Nadalje, ukoliko se promatraju korisnici potpore, uočljivo je kako su tipovi 8.6.1. i 8.6.2. namijenjeni obrtima te mikro, malim i srednjim poduzećima od kojih se očekuje pomalo uhodani posao te je potrebno uložiti značajan dio vlastitih sredstava u projekt.

Tablica 4. Neki modeli kreditiranja**Table 4** Some credit models

Kriterij <i>Criterion</i>	Poduzetništvo mladih, žena i početnika <i>Entrepreneurship of young people, women and beginners</i>	Investicije privatnog sektora <i>Private sector investment</i>	Obrtna sredstva za ruralni razvoj <i>Working capital for rural development</i>
Korisnik kredita <i>Credit user</i>	Poslovni subjekti privatnog sektora ¹ <i>Private sector businesses</i>	Poslovni subjekti privatnog sektora ² <i>Private sector businesses</i>	Mikro, mali i srednji poduzetnici ³ <i>Micro, small and medium enterprises</i>
Iznos kredita <i>Credit amount</i>	200.000,00 kn – 2.000.000,00	< 200.000,00 kn	190.000,00 kn – 1.520.000,00 kn
Kamatna stopa <i>Percentage</i>	2,00%, fiksna 2,00%, <i>fixed</i>	1,50%, 2,00%, 3,00%, fiksna 1,50%, 2,00%, 3,00%, <i>fixed</i>	0,50%, <i>fixed</i>
Rok otplate <i>Repayment</i>		14 godina 14 <i>years</i>	5 godina 5 <i>years</i>

¹ Obiteljska poljoprivredna gospodarstva (OPG), zadruge i ustanove, koji su mladi poduzetnici, poduzetnici početnici i žene poduzetnice.

² Obiteljska poljoprivredna gospodarstva (OPG), zadruge i ustanove.

³ Za ovu mjeru unutar podjele kategorije poduzetnika dopušteni su sljedeći: OPG-i u susatvu PDV-a, šumoposjednici, obrti, trgovačka društva, zadruge, proizvođačke organizacije, čije poslovanje se odvija u okviru mjera 4.1., 4.2. i 8.6 te mikro i mali poduzetnici koji razvijaju nepoljoprivrednu djelatnost u okviru Mjere 6.4. Programa ruralnog razvoja Republike Hrvatske 2014–2020.

3.4 Potpore za pokretanje poduzetničke aktivnosti u šumarskom sektoru koje dodjeljuje Republika Hrvatska – 3.4 Support for starting an entrepreneurial activity in forestry sector assigned and financed by Republic of Croatia

Državnu razinu potpora za pokretanje poduzetništva čini nekoliko institucija koje dodjeljuju potpore u obliku poticanja samozapošljavanja i u obliku subvencioniranih kredita. Subvencionirane kredite dodjeljuje Hrvatska banka za obnovu i razvitak kroz osam kreditnih kategorija (tablica 3) koje su namijenjene širokom spektru djelatnosti, te će se u daljnjem dijelu teksta obraditi oni koji su interesantni prema mišljenju autora za poduzetništvo u šumarstvu.

Od osam ponuđenih modela kredita, prema mišljenju autora tri su interesantna za poticanje i razvoj poduzetničke klime u šumarskom sektoru, a to su poduzetništvo mladih, žena i početnika; investicije privatnog sektora te obrtna sredstva za ruralni razvoj (tablica 4).

Hrvatska agencija za malo gospodarstvo, inovacije i investicije (HAMAG-BICRO), agencija hrvatske vlade je neprofitna pravna osoba, čiji je osnivač Republika Hrvatska te ujedno ona jamči za njegove obveze.

Djelatnost Agencije je poticanje osnivanja i razvoja subjekata malog gospodarstva, poticanje ulaganja u malo gospodarstvo, financiranje poslovanja i razvoja subjekata malog gospodarstva kreditiranjem i davanjem jamstava subjektima malog gospodarstva za odobrene kredite od strane poslovnih banaka, kao i davanjem potpora za istraživanje, razvoj i primjenu suvremenih tehnologija. Financijski instrumenti dijele se na zajmove namijenjene za investicije te za obrtna sredstva. Šumarski sektor je u investicijskom segmentu zastupljen kroz mikrozajam za ruralni razvoj i kroz mali zajam

Tablica 5. Neki modeli kreditiranja prema HAMAG-BICRO

Table 5 Selected credit models HAMAG-BICRO

Kriterij <i>Criterion</i>	Mikro zajam za ruralni razvoj <i>Micro credit for rural development</i>	Mali zajam za ruralni razvoj <i>Small credit for rural development</i>	Mikro zajam za obrtna sredstva ruralni razvoj <i>Micro credit for working capital in rural development</i>
Korisnik kredita <i>Credit user</i>	Mikro i mali subjekti malog gospodarstva <i>Micro and small entrepreneurs</i>	Mikro, mali i srednji subjekti malog gospodarstva <i>Micro, small, medium entrepreneurs</i>	Mikro i mali subjekti malog gospodarstva <i>Micro and small entrepreneurs</i>
Kamatna stopa <i>Percentage</i>	0,1% – 0,25%	0,1% – 0,25%	0,5%
Rok otplate <i>Repayment</i>	Do 5 godina <i>Up to 5 years</i>	Do 10 godina <i>Up to 10 years</i>	Do 3 godina <i>Up to 3 years</i>

za ruralni razvoj, dok se obrtna sredstva mogu financirati kroz mikro zajam za obrtna sredstva za ruralni razvoj.

Nadalje će biti detaljnije navedeni neki modeli zajmova i poticaja poduzetništvu koji su primjenjivi izravno za šumarski sektor prema mišljenju autora:

Financijski instrumenti navedeni u tablici 5 imaju za cilj olakšati pristup financiranju mikro, malih i srednjih subjekata malog gospodarstva u poljoprivrednom, prerađivačkom i šumarskom sektoru kroz povećanje broja zajmova, smanjenje kamatnih stopa u ovisnosti o pripadnosti jedinici lokalne samouprave (JLS), smanjenjem i pojednostavljenjem sredstava osiguranja te lakšoj dostupnosti obrtnih sredstava.

Sredstva mikro zajma za obrtna sredstva ruralnog razvoja (tablica 5) namijenjena su za financiranje tekućeg poslovanja (nabava sirovine, repromaterijala, poluproizvoda, podmirenje obveza prema dobavljačima, troškovi radne snage i opći troškovi tekućeg poslovanja) te podmirenje kratkoročnih obveza prema financijskim institucijama, državi i drugih kratkoročnih obveza. Promatrajući razlike između kriterija zajmova za obrtna sredstva spram osnovnih sredstava, jasno se uočava razlika u kamatnoj stopi i roku otplate, što je i normalno, znajući kako se osnovni kapital ulaže u dugotrajnu imovinu i služi ostvarenju ponajprije strateških ciljeva, dok su obrtna sredstva namijenjena kratkotrajnoj imovini i obvezama.

4. UMJESTO ZAKLJUČAKA

4. INSTEAD OF CONCLUSIONS

Ovaj rad treba promatrati kao svojevrsnu pomoć potencijalnim poduzetnicima u šumarskom sektoru koji mogu biti iz populacije mladih inženjera nakon završenog fakultetskog obrazovanja; inženjera s praksom koji imaju želju okušati se u poduzetništvu; među studentima koji žele u studentskim danima pokušati voditi samostalni posao u poduzetništvu, te također svi ostali pojedinci koji vide sebe u šumarskom poduzetništvu.

Svakako treba istaknuti da ako želimo intenzivniji razvoj poduzetništva u šumarstvu Republike Hrvatske, mora se potaknuti znatan dio, ponajprije, šumarskih stručnjaka na

promišljanje o poduzetništvu kao o poslovno zanimljivoj opciji. Također je bitna spoznaja o nedovoljnom broju osoba iz šumarskog sektora koje su pohađale neki oblik edukacije o otvaranju novog poduzeća, što je posljedica poduzetništva koje karakteriziraju tehnologije niske složenosti koje su namijenjene za državne šume. Posljedice nedostatka edukacije vidljive su također u pomalo nerealno stvorenom problemu nedostatka financijskih sredstava. Navedeni nedostatak jedino može biti prisutan u ranim fazama poslovanja zbog nedostatka mikrokredita u pojedinim kvartalima godine. Dok u kasnijim fazama razvoja postoji cijeli niz financijskih instrumenata domaćih ili međunarodnih i potpornih institucija koji su navedeni u ovome radu.

Na samome kraju potrebno je navesti značajnu olakotnu okolnost prilikom pokretanja poslovnog subjekta u svim privrednim granama pa tako i šumarstvu, a to je mogućnost osnivanja jednostavnog dioničkog društva (j.d.o.o.) pomoću kojega je podržana pravna stečevina EU-a u poticanju razvoja samozapošljavanja kroz mikro i malo poduzetništvo. Nasuprot toj pozitivnoj stečevini može se navesti jedan nedostatak s nacionalne razine iz primjera Hrvatskog zavoda za zapošljavanje (HZZ) koji kroz svoje mjere samozapošljavanja nije uvrstio grane poljoprivrede i šumarstva u segment svojih potpora.

5. LITERATURA

5. REFERENCES

- Bakarić, M., 2018: Unaprjeđenje gospodarenja privatnim šumama u Republici Hrvatskoj modeliranjem poduzetničkih pothvata, doktorski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Christensen, C. M., 1997: The Innovator's Dilemma – When New Technologies cause a Great Firms to Fail, President and Fellows of Harvard College, 288, Harvard.
- Kastenholz, E., 2002: Best practices in forestry contracting. Forworknet Update, December 2002, p. 1-3
- Kolaković, M., 2006: Poduzetništvo u ekonomiji znanja, Sinergija nakladništvo d.o.o., Zagreb, str 24
- Martinić, I., 1998: Stanje i razvoj izvođenja šumskih radova u Hrvatskoj neovisnim
- poduzetnicima. Mehanizacija šumarstva, 23 (1): 7-15.
- Martinić, I., 2020: Obrazovni materijal za stručno usavršavanje nastavnika strukovnih predmeta, Modul: MT6 (S2) Usavršavanje

- u području struke – nova dostignuća i praćenje promjena, Agencija za strukovno obrazovanje i obrazovanje odraslih, Modernizacija susatava stručnog usavršavanja nastavnika strukovnih predmeta, projekt EU ie Europskog socijalnog fonda, 29-30
- Mederski, P., S., S. A. Borz, A. Đuka, A. Lazdinš, 2021: Challenges in forestry and Forest Engineering–Case Studies from Four Countries in East Europe, *Croatian Journal of Forest Engineering*, 42(1): 117–134. (DOI: <https://doi.org/10.5552/crojfe.2021.838>)
 - Poschen, P., 2000: Contract labour in European forestry. *Proceedings of 1st European Forest Entrepreneurs' Day*. 16 September 2000, Celle Germany, p. 12-14.
 - Sošić, H., 1995: Poduzetništvo, Zagreb: Birotehnika, str. 9
 - Strategija razvoja poduzetništva u Republici Hrvatskoj za razdoblje 2013.-2020., Ministarstvo poduzetništva i obrta
 - Škrtić, M., 2006: Poduzetništvo, Sinergija d.o.o., Zagreb, str. 1
 - Škrtić, M. et al. (2010) Poduzetništvo, Zagreb: Sinergija
 - Šporčić, M., I. Martinić, 2004 Uslužni izvoditelji šumskih radova u Hrvatskoj. *Šumarski list* 128(11-12): 633–648.
 - Šporčić, M., 2005: Uvid u neka gledišta poduzetništva u šumarstvu Europe. *Šumarski list*, 129 (5-6): 287-298.
 - Šporčić, M., I. Martinić, M. Landekić, M. Lovrić, 2009: Measuring efficiency of organisational units in Forestry by nonparametric model. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 30(1): 1–13.
 - Šporčić, M., M. Landekić, I. Papa, K. Lepoglavec, H. Nevečerel, A. Seletković, M. Bakarić, 2017: Current Status and Perspectives of Forestry Entrepreneurship in Croatia. *South-east European forestry* 8(1): 9 p. (DOI: <https://doi.org/10.15177/seeefor.17-01>)
 - Vondra, V., I. Martinić, M. Zdjelar 1997: Procjena uzroka nerazvijenosti privatnog poduzetništva u šumskom gospodarstvu Hrvatske ZIŠ, *Šumarski fakultet, Zagreb*, 1-14.
 - Zakon o državnim potporama (NN 47/14)
 - Zakon o obrtu (NN 77/93, 90/96, 102/98, 64/01, 71/01, 49/03, 68/07, 79/07, 40/10, 143/13)
 - Zakon o poticanju razvoja maloga gospodarstva (NN 29/02, 63/07, 53/12, 56/13, 121/16)
 - Zakon o računovodstvu (NN 78/2015)
 - Zakon o trgovačkim društvima (NN 111/93, 34/99, 121/99, 52/00, 118/03, 107/07, 146/08, 137/09, 125/11, 152/11, 111/12, 68/13, 110/15)
 - Zakon o unapređenju poduzetničke infrastrukture (NN 93/13, 114/13, 41/14)
 - HAMAG-BICRO (2021.) Strategije i zakonodavni okvir. Dostupno na: <http://www.hamagbicro.hr/potpore/zakonodavni-okvir/> (07.04.2021.)
 - Središnji državni portal (2021.) Poduzetnička infrastruktura. Dostupno na: <http://gov.hr/moja-uprava/poslovanje/pokretanje-poslovanja/poduzetnickainfrastruktura/1842> (10.03.2021.)

SUMMARY

The introduction provides an overview of a wide range of definitions of entrepreneurship and a brief overview of the situation and issues through institutional and legislative review. The second chapter presents the key features of forestry entrepreneurship in the Republic of Croatia. The main indicators of improving services in the forestry sector through the use of entrepreneurial services are discussed. Emphasis was also placed on comparison with EU standards through small business. Subsection 2.1 provides an overview of entrepreneurial opportunities in the forestry sector with special emphasis on innovative activities in which young forestry professionals could find themselves in the business of improving existing products and services, new services and new products. The third chapter lists the elements of entrepreneurial infrastructure through their facilities and all assessed in Table 1 through a SWOT analysis which shows the characteristics of strengths and weaknesses as internal characteristics and opportunities and threats as external characteristics. Section 3.1 lists the entrepreneurial support institutions established under the Law of the Improvement of Entrepreneurial Infrastructure. Subsection 3.2 provides an institutional framework for entrepreneurship management through strategic documents and laws with their characteristics. Subsection 3.3 shows aid to entrepreneurs from the EAFRD Fund for Rural Development. Table 2 shows the types of operations intended for the forestry sector together with the business entities for which they are intended and the amount and intensity of support. Subchapter 3.4 shows the support provided by the Republic of Croatia for the development of entrepreneurial activities, primarily through the credit lines of the Hrvatska banka za obnovu i razvoj (HBOR) and HAMAG-BICRO. Table 3 shows the currently available HBOR credit lines which are used as a starting point for selecting the most applicable for the forestry sector. From the shown credit lines, three are compatible and potentially applicable in the forestry sector. At the same time, these lines are shown with their characteristics in Table 4. Furthermore, the Croatian Government Agency HAMAG-BICRO also encourages the establishment of the forestry sector through three models shown in Table 5 with its characteristics for a successful promotion of entrepreneurship. forestry. In the last chapter, instead of conclusions, the problem of the lack of mass of potential entrepreneurs, primarily from a population of young forestry professionals, is mentioned. This is due to the lack of consideration by forestry experts about entrepreneurship as an interesting option. The impetus for thinking about entrepreneurship is certainly the simplified establishment of a business entity and the growing number, although still an insufficient number of credit lines for newly established business entities.

KEY WORDS: innovation, economic development, start-up, supports

PATKA KREKETALJKA (*Anas strepera* L.)

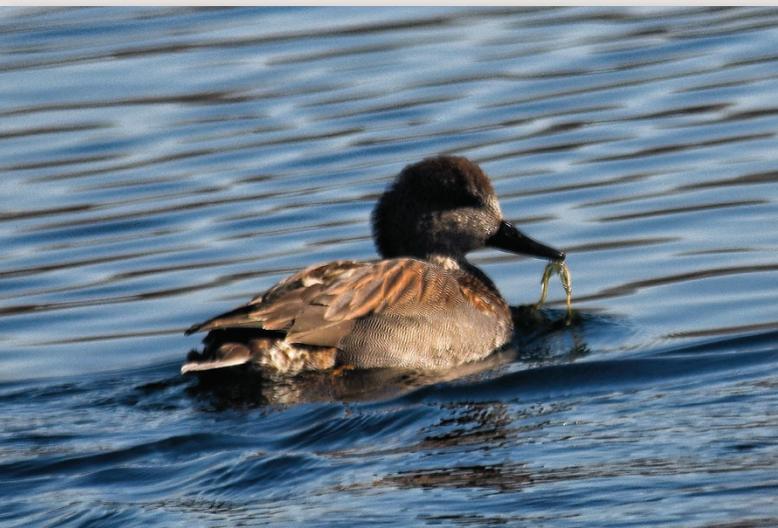
Dr. sc. Krunoslav Arač, dipl. ing. šum.

Naraste u dužinu od 46 do 56 cm s rasponom krila oko 90 cm, te ima od 0,65 do 0,9 kilograma težine pa po obliku tijela slični patkama gluharama od kojih je neznatno manja. Svrstana je u skupinu patka plivarica. Boja perja kod mužjaka na glavi i vratu je siva, prsa i bokovi su crno bijelo prugasti, pokrovna krilna pera su kestenjasta, trbuh je bijel, a zadnji dio tijela crn. Ženke su sivo smeđe prošarane. U oba spola na krilima je široka bijela uzdužna krilna pruga (koja je izrazito vidljiva u letu, kao i bijeli trbuh). Kljun je kod mužjaka tamno sive, a kod ženki žućkaste boje. U usporedbi s kljunom kod pataka gluhara, razmjerno je manji i uži s više dužih zubića. Gnijezdo gradi na tlu u neposrednoj blizini vode u gustom obalnom raslinju od biljnih dijelova vodene vegetacije koje iznutra oblaže lišćem i paperjem. Gnijezdi od svibnja do početka kolovoza kada ženke i mladunci napuštaju područje gnijezdilišta. Nese 8-12 (13) bjelkastih jaja veličine oko 54 mm. Na jajima sjedi ženka 24-26 dana. Mlade ptice su potkušci koji se osamostale i postanu sposobni za letenje sa 45-50 dana. Hrane se uglavnom vodenim biljem, te u manjem udjelu ličinkama vodenih kukaca, manjim vodenim beskralježnjacima i sitnom ribom. Hranu najčešće pronalazi plivajući glavom uronjenom u

vodu, rjeđe uranjanjem prednjeg dijela tijela. Stanište joj je vezano uz prostrane, plitke slatke i bočate stajačice i spore tekućice s bujnom obalnom i podvodnom vegetacijom. U Europi široko je rasprostranjena s tendencijom širenja u svim smjerovima osim u istočnoj Europi gdje brojnost stagnira ili čak opada. Populacije iz sjeverne i istočne Europe su selice, dok je u ostalim europskim dijelovima stanarica, pa je prema tome djelomična selica u zapadnoj i južnoj Europi, te selica na područjima sjeverne Afrike. Prije selidbe okuplja se u veća jata, dok se seli u manjim grupama (10-40 jedinki), a u proljeće uglavnom u parovima.

U Hrvatskoj je gnjezdarica u sjeveroistočnoj Slavoniji, zapadnom Pokuplju, na ribnjacima Draganić, Lipovljani, Jelasi... uz dravske akumulacije, šljunčare i rukavce (oko Varaždina, Koprivnice...). Pretpostavlja se da u Hrvatskoj ima manje od 100 gnijezdećih parova. U ostalim dijelovima Hrvatske je vidamo za vrijeme selidbe i zimovanja od listopada do travnja. Procjenjuje se da kod nas zimuje oko 300 jedinki. Jesenska selidba najintenzivnija je tijekom listopada i studenoga, a proljetna tijekom ožujka i travnja.

Patka kreketaljka je strogo zaštićena vrsta u Republici Hrvatskoj.



Mušjak patke kreketaljke tijekom hranjenja vodenim biljem na jezeru Šoderica kod Koprivnice



Mušjak patke kreketaljke i crne liske - usporedba veličine



PROJEKT “ŠUME U RUKAMA ŽENA” IDE NAPRIJED

Silvija Zec, dipl. ing. šum, Irina Suša, mag. ing. silv.

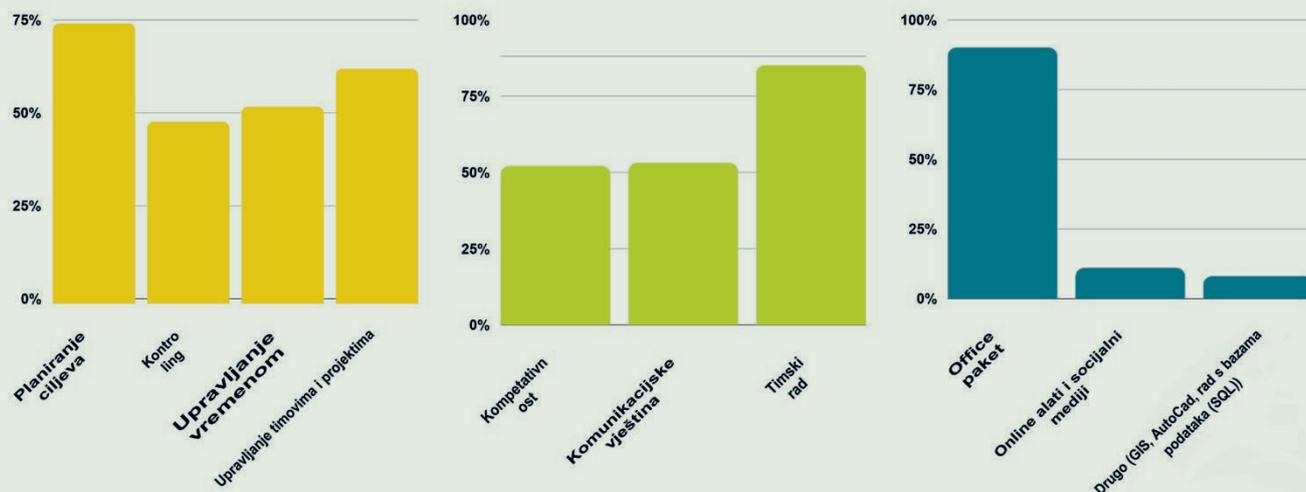
Stvaranje radne okoline koja podržava rodnu jednakost na svim razinama poslovanja ključno je za jačanje šumarskoga sektora

Postizanje ovoga cilja moguće je uz senzibiliziranje donositelja odluka, rukovoditelja i zaposlenika te poticanje njihova sudjelovanja u razvoju organizacijske kulture orijentirane prema rodnoj jednakosti. Potrebna je i prilagodba mjera i aktivnosti za provedbu ovog procesa.

Anketa šumarskih stručnjakinja i privatnih šumovlasnica provedena u sklopu projekta istaknula je glavne prepreke s kojima se žene u šumarskom sektoru suočavaju, a odnose se na uloge i stereotipe u sektoru. Studentice šumarstva ističu manjak samopouzdanja i kvalifikacija, što ukazuje na potrebu treninga kojima će unaprijediti svoje osobne i upravljačke vještine.

Najveći interes sudionice ankete pokazuje za sudjelovanjem u trening programima za razvoj osobnih, upravljačkih, socijalnih te IT vještina.

Žene šumarskog sektora izuzetno su motivirane za ulaganje u svoje znanje i vještine, posebice ono koje omogućuje lakši napredak u profesionalnoj karijeri. Posebno su zainteresirane za edukaciju usmjerenu na planiranje ciljeva, timski rad te Office paket:



U sklopu projekta *Fem4Forest* u drugoj polovici 2022. godine planiran je trening program - edukacije i radionice za jačanje vještina iz različitih područja te podizanje razine samopouzdanja i lakše postizanje ciljeva u profesionalnoj karijeri.

Donositeljima odluka, rukovoditeljima te zaposlenicima isticat će se važnost rodne jednakosti na svim organizacijskim razinama kako bi u budućnosti bili sposobni prepoznati i iskoristiti potencijale rodne perspektive u šumarstvu.

Projekt “Fem4Forest” (“Šume u rukama žena”) sufinanciran od Europske unije (ERDF, IPA II, ENI-UA) i Vlade RH Ured za Udruge

Mr. sp. MANDICA DASOVIĆ, RENATA RUDELIĆ, dipl. ing. šum. NEKE ZNAMENITOSTI U LIČKIM ŠUMAMA

Branko Meštrić, dipl. ing. šum.

U Gospiću je 18. ožujka 2022. godine promovirana knjiga zanimljiva naslova: „Neke znamenitosti u ličkim šumama“. Ako bi se kome ovaj naslov, pa i sama knjiga s koricama na kojima dominira krasan primjerak velebitske degenije činila nekako poznata – ne bi uopće bio u krivu. Prije skoro sedam godina, a povodom obilježavanja 250. obljetnice organiziranog šumarstva u Hrvatskoj, iste autorice objavile su prvu verziju ove knjige u kojoj su prikazale 50 znamenitosti. Krajem prošle 2021., a u spomen 70. godišnjici osnivanja prvog šumarskog kluba u Hrvatskoj (danas ogranka HŠD) upravo u Gospiću, proširile su knjigu na 70 znamenitosti. To izdanje je upravo promovirano. Kako ovaj časopis iz nekih razloga nije zabilježio niti ono izdanje iz 2015. (koje je, budi usput rečeno, razdijeljeno već tijekom same proslave), referirat ćemo se ovdje na obje ove knjige, naravno, sa težištem na najnovijoj – koja je još uvijek dostupna.

Knjigu naslova Neke znamenitosti u ličkim šumama autorica Mandice Dasović i Renate Rudelić izdalo je Hrvatsko šumarsko društvo, ogranak Gospić. Formata je 24x17 u punom koloru, broširano i kao takva pogodna za korištenje i kao vodič. Knjižni blok obuhvaća 92 stranice + korice s motivom velebitske degenije u proljetnom, cvjetajućem doživljaju, odnosno u jesenskom doživljaju na pozadini omota.

Značajne uredničke doprinose, posebice u ovom novom izdanju ima Oliver Vlainić, a obje knjige uredio je i oblikovao – pripremio za tisak – Branko Meštrić. Tisak je obavila Ografika d.o.o., Jastrebarsko, u siječanju 2022. u nakladi od 400 primjeraka.

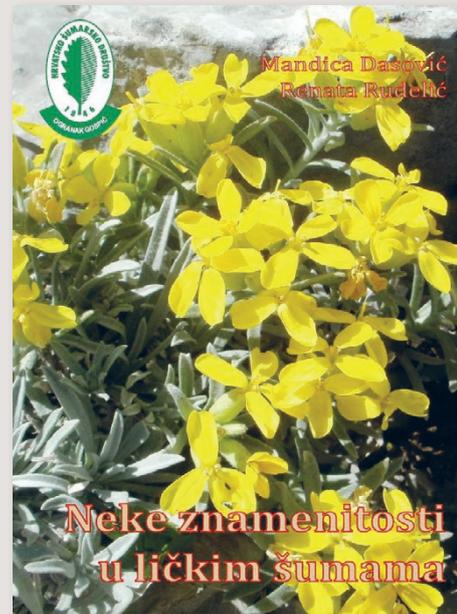
CIP zapis je dostupan u računalnome katalogu Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu pod brojem 001124090, a ISBN 978-953-48344-4-2 (Hrvatsko šumarsko društvo).

Knjiga je izdana uz financijsku potporu trgovačkog društva Hrvatske šume d. o. o. Uprave šuma Podružnice Gospić.

Knjiga je besplatna i može se dobiti u HŠD, ogranak Gospić, a u punom obliku (PDF) dostupna je i u digitalnoj biblioteci HŠD na adresi: <https://www.sumari.hr/biblio/knjiga.asp?id=14705>.

U **Predgovoru** ovog izdanja prva autorica definira domete ove knjige: *Ova knjižica – vodič kroz znamenitosti u ličkim šumama, namijenjena je svima onima koji znaju koliko ljepote i tajnovitosti skrivaju lički šumski predjeli i koji im se uvijek s ljubavlju i novom strasti vraćaju, ali još više onima koji to žele otkriti i zaviriti u prirodne ljepote protkane povijesnim zbivanjima.*

Nadam se da će mnogim čitateljima koji Liku nose u srcu, listajući ove stranice, zatirati osmijeh na licu kad naiđu na sliku



poznatog predjela ili nekog mjesta na kojemu su već bili i za koje ih vežu lijepe uspomene.

Poticaj za ovo izdanje je interes čitalačke publike koji je rastao s nestankom primjeraka istoimenog izdanja iz 2015. godine. Pokazalo se da je vodič zanimljiv i praktičan dar ljudima koji više nisu stanovnici ličkog kraja, ali i ostalim posjetiteljima toga područja.

Također se zahvaljuje i većem broju suradnika koji su ili na terenu ili u pripremi pridonijeli ovom izdanju.

Drugo poglavlje knjige, idstovjetno u oba izdanja, nosi naslov **Ličke šume** i predstavlja kvalitetan esej o šumama kojima gospodari UŠP Gospić i koje zapravo daju “okvir” svim prikazanim zanimljivostima. Upravo je jedini bitan kriterij odabira znamenitosti taj da su locirane, razasute po šumama na prostorima Like, to te razine da svaka znamenitost ima svoju lokaciju u konkretnoj šumariji, gospodarskoj jedinici, odjelu i odsjeku (ako nije tako obimna da prelazi granice odjela).

Novo poglavlje u drugoj knjizi je **Značajniji događaji iz prošlosti ličkog šumarstva**. Ovdje je pobrojano preko pedeset događanja u povijesti ličkog šumarstva, svi precizno locirani u određene godine i pouzdano dokumentirani – od 1743. godine kada general Jasyk započinje sadnju današnje park-šume Jasikovac u Gospiću, preko 1951. godine i osnivanja Šumarskog kluba Gospić pa do velikih obljetnica hrvatskog šumarstva, koje imaju svoje ishodište na ovim područjima i koje su se ovdje obilježile: 250. godišnjica

organiziranog šumarstva u Hrvatskoj, a kojoj je međaš upravo osnivanje jedne od tri šumarije na Baškim Oštarijama 1765. godine.

Vrijedno je spomenuti da je poglavlje ilustrirano upravo čuvenom i najstarijom šumarskom kartom Ličke pukovnije, koja je nastala s terenskom izmjerom površina šuma, popisivanjem količine i vrste stabala, s ciljem utvrđivanja stvarnog stanja sastava šume u dvije godine tijekom 1764. i 1765., a na temelju kojeg popisa je i počela dokumentirana povijest organiziranog šumarstva na području Hrvatske.

Konačno, nakon ovih uvodnih poglavlja, autorice dolaze i do konkretnih znamenitosti. Na početku ovog, glavnog dijela knjige dana je pregledna karta UŠP Gospić s ubilježanim i obročanim lokacijama svake od 70 znamenitosti, te paralelno na desnoj stranici s njihovim popisom s rednim brojem, nazivom i stranicom na kojoj se znamenitost može pronaći. Zgodno je primijetiti da su se autorice odlučile za prostorni redoslijed nizanja znamenitosti, pa kreću od prijevaja (ili tunela) Male Kapele i Šumarije Brinje, da bi obilazak završile na krajnjem jugoistoku u Šumariji Gračac, praktički na nekadašnjoj dalmatinskoj granici. Na tom svom putu idu od šumarije do šumarije “šarajući” cijelo vrijeme od grebena Velebita do granice na Uni.

Prikaz svake znamenitosti je vrlo koncizan i uredan, i načelno za svaku je znamenitost određena po jedna stranica. Znači, nakon naslova – broja i naziva znamenitosti, dana je njena precizna šumarska lokacija – šumarija, gospodarska jedinica, odjel i odsjek. Vrlo pogodno za šumare, ali možda malo teže dostupno za nešumarske korisnike kojih će svakako biti. Slijedi kratka “priča” koja definira pojedinu znamenitost, a potom je preostali prostor popunjen jednom ili više fotografija. Fotografije su u velikom broju slučajeva samih autorica, ima ih podosta i od suradnika, a samo su poneke preuzete iz javnih izvora. U ilustraciji uz ovaj prikaz donosim primjer jedne vrlo šumarske znamenitosti – 4. Smreka sa „štakastim“ korijenjem koja raste u Šumariji Brinje, Gospodarska jedinica „Pišćetak“, odsjek 47a.

Valja pohvaliti zaista širok raspon vrste znamenitosti koje su autorice sakupile. Iako bi na prvu pomislili da se strogo u šumama radi o 70 šumskih/šumarskih znamenitosti, to nikako nije tako. Pokazalo se još u prvoj knjizi da su u granicama šuma razmještene brojne znamenitosti “općeg” karaktera – naravno od prirodnih fenomena, među kojima ne manjka šumarskih, ali i do brojnih povijesnih i arheoloških, planinarskih ili uopće turistički zanimljivih. Pokušao sam klasirati sve znamenitosti i pokazalo se da su autorice odabrale i suvereno obradile zaista širok spektar fenomena po našim šumama vrijednih spomena. Valja napomenuti da zbroj u tablici očito premašuje brojku 70, jer poneke znamenitosti je zaista teško svrstati u samo jednu kategoriju.

prirodni fenomeni	26
šumske i šumarske fore	16
povijesne i arheološke	16
planinske i planinarske	18
ljudske intervencije	14

4. Smreka sa „štakastim“ korijenjem

Šumarija Brinje, Gospodarska jedinica „Pišćetak“, odsjek 47a

U šumama Kapele raste jedna obična smreka (*Picea abies* L./Karsten) s izrazito velikim nadzemnim (zračnim) korijenjem. Iako je smreka vrsta s plitkim korijenjem ta pojava nije rijetkost u gorskim šumama samo s puno manjim dimenzijama zračnog korijenja i naziva se „štakasto“ korijenje. Pretpostavlja se da je ova smreka isključila na visokom starom panju ili slomljenom deblu te je vremenom oko podloge pustila korijenje do tla koje se udebljalo dok je panj ili slomljeno deblo istrunulo i razgradilo se, a deblo smreke ostalo izdignuto skoro 3 m iznad tla. Zračno korijenje se sastoji od šest korijena dužine od 240 do 280 cm.

„Štakasto“ korijenje obične smreke
(*Picea abies* L./Karsten)
(Foto: Oliver Vlainić)

Revirnik Ivan Gomerčić unutar „Štakastog“ korijenja
(Foto: Mandica Dasović)



20

Posljednja “znamenitost” u knjizi je poglavlje **O autoricama** koje je također vrijedno osvrta.

Mr. sp. **Mandica Dasović**, dipl. ing. šum. se odmah nakon završenog Šumarskog fakulteta zapošljava se u tadašnjem Šumskom gospodarstvu „Lika“ u Gospiću i cijeli radni vijek provodi u svojoj Lici. Iza devedesetih u Hrvatskim šumama d.o.o. UŠP Gospić radi kao samostalna taksatorica, a od 1995. godine rukovoditeljica je Odjela za plan i analizu. Osnivanjem Odjela za ekologiju 2001. godine postaje rukovoditeljica odjela i to radi i danas. Stručni magistarski studij iz smjera ekološko oblikovanje prostora i zaštita prirode završava 2005. godine, a tema rada joj je znamenitost br. 26 – Laudonov gaj. Ponosna je nositeljica priznanja – Povelje uz brončanu plaketu za očuvanje velebitskih šuma, koju joj je dodijelilo Hrvatsko društvo biljne zaštite.

Članica je Hrvatskoga šumarskog društva od 1987. godine, a od 2008. godine predsjednica je Hrvatskoga šumarskog društva Ogranka Gospić. Dopredsjednicom Hrvatskog šumarskog društva postala je 2018. godine i prva je žena dopredsjednica ove ugledne udruge.

Renata Rudelić, dipl. ing. šum. zaposlena u Hrvatskim šumama d.o.o Zagreb od 1998. godine. Nepunih jedanaest godina radila je kao samostalna taksatorica u Odjelu za uređivanje šuma u Gospiću, a nakon toga kao stručna suradnica za pripremu rada u Proizvodnom odjelu. Od 2017. godine vraća se UŠP Bjelovar, dvije godine kao stručna suradnica za javnu nabavu, potom kao revirnica I u Šumariji Bjelovar, gdje radi i danas. Članica je Hrvatskoga šumarskog društva od 2000. godine, a od 2014. do 2017. godine obavljala je poslove tajnice Hrvatskoga šumarskog društva Ogranka Gospić.

ZAPISNIK

1. ELEKTRONIČKE SJEDNICE UPRAVNOG ODBORA HRVATSKOG ŠUMARSKOG DRUŠTVA 2022. GODINE

Mr. sc. Damir Delač

1. Elektronička sjednica Upravnog odbora HŠD-a 2022. godine održana je od 21. veljače 2022. u 0,⁰⁰ sati do 22. veljače 2022. u 24,⁰⁰ sata.

Nazočnici: Akademik Igor Anić, Emil Balint, dipl. ing., mr. sc. Boris Belamarić, prof. dr. sc. Ružica Lučić Beljo, Daniela Cetinjanin, dipl. ing., mr. spec. Mandica Dasović, Damir Dramalija, dipl. ing., mr. sc. Josip Dundović, mr. sc. Ivan Grginčić, mr. sc. Petar Jurjević, Ivan Krajačić, dipl. ing., Čedomir Križmanić, dipl. ing., prof. dr. sc. Josip Margaletić, Darko Mikičić, dipl. ing., Damir Miškulin, dipl. ing., Martina Pavičić, dipl. ing., prof. dr. sc. Ivica Tikvić, Davor Topolnjak, dipl. ing., Oliver Vlainić, dipl. ing., doc. dr. sc. Dinko Vusić, Dražen Zvirotić, dipl. ing.

Ispričani: Mario Bošnjak, dipl. ing., Goran Bukovac, dipl. ing., prof. dr. sc. Milan Glavaš, Goran Gobac, dipl. ing., Marina Juratović, dipl. ing., Damir Nuić, dipl. ing., dr. sc. Sanja Perić, Krasnodar Sabljčić, dipl. ing., Zoran Šarac, dipl. ing., Ante Taraš, dipl. ing., mr. sc. Goran Videc, Silvija Zec, dipl. ing.

Dnevni red

Ad. 1.

1. Usvajanje Financijskog izvješća – izvješća o izvršenju financijskog plana HŠD-a za 2021. godinu.
2. Usvajanje Izvješća Povjerenstva za popis imovine HŠD-a na dan 31. 12. 2021. godine.
3. Usvajanje Odluke o pokriću manjka prihoda HŠD-a ostvarenog u 2021. godini.
4. Usvajanje Izvješća Nadzornog odbora HŠD-a za 2021. godinu.

U privitku su članovima Upravnog odbora HŠD-a poslani sljedeći materijali:

- Izvješće o izvršenju financijskog plana HŠD-a za 2021. godinu.
- Obrazloženje izvješća izvršenja financijskog plana HŠD-a za 2021. godinu.
- Izvješće Povjerenstva za popis imovine na dan 31. 12. 2021. godine.
- Prijedlog Odluke o pokriću manjka prihoda HŠD-a ostvarenog 2021. godine.

Broj:

Zagreb, 1. ožujka 2022.

Tajnik

Hrvatskog šumarskog društva:



mr. sc. Damir Delač

- Izvješće Nadzornog odbora HŠD-a za 2021. godinu.

Kako je od ukupno 33 člana Upravnog odbora glasanju nazočilo njih 21 (64 %) utvrđen je kvorum.

Ad. 2.

Rezultati glasanja su sljedeći:

1. Usvajanje Financijskog izvješća – izvješća o izvršenju financijskog plana HŠD-a za 2021. godinu.
ZA-21, PROTIV-0, SUZDRŽAN-0.
2. Usvajanje Izvješća Povjerenstva za popis imovine HŠD-a na dan 31. 12. 2021. godine.
ZA-21, PROTIV-0, SUZDRŽAN-0.
3. Usvajanje prijedloga Odluke o pokriću manjka prihoda HŠD-a ostvarenog u 2021. godini.
ZA-21, PROTIV-0, SUZDRŽAN-0.
4. Usvajanje Izvješća Nadzornog odbora HŠD-a za 2021. godinu.
ZA-21, PROTIV-0, SUZDRŽAN-0.

Slijedom navedenih rezultata glasanja zaključujemo da su sva predložena Izvješća i Odluke jednoglasno usvojeni.

Pojedinačni rezultati glasanja 1. Elektroničke sjednice Upravnog odbora HŠD-a 2022. godine nalaze se u prilogu.

Predsjednik
Hrvatskog šumarskog društva:



Oliver Vlainić, dipl. ing. šum.

ZAPISNIK

1. ELEKTRONIČKE SJEDNICE SKUPŠTINE HRVATSKOG ŠUMARSKOG DRUŠTVA 2022. GODINE

Mr. sc. Damir Delač

1. Elektronička sjednica Skupštine Hrvatskoga šumarskog društva 2022. godine održana je od 23. veljače 2022. u 0,00 sati do 25. veljače 2022. u 24,00 sata.

sa sljedećim

Dnevnim redom

Ad. 1.

1. Usvajanje Financijskog izvješća – izvješća o izvršenju financijskog plana HŠD-a za 2021. godinu.
2. Usvajanje Izvješća Povjerenstva za popis imovine HŠD-a na dan 31. 12. 2021. godine.
3. Usvajanje Odluke o pokriću manjka prihoda HŠD-a ostvarenog u 2021. godini.
4. Usvajanje Izvješća Nadzornog odbora HŠD-a za 2021. godinu.

Ad. 2.

U prilogu Poziva delegatima su poslani sljedeći materijali:

- Izvješće o izvršenju financijskog plana HŠD-a za 2021. godinu.
- Obrazloženje izvješća izvršenja financijskog plana HŠD-a za 2021. godinu.
- Izvješće Povjerenstva za popis imovine na dan 31. 12. 2021. godine.
- Prijedlog Odluke o pokriću manjka prihoda HŠD-a ostvarenog 2021. godine.
- Izvješće Nadzornog odbora HŠD-a za 2021. godinu.

Ur. broj:

Zagreb, 1. ožujka 2022.

Tajnik

Hrvatskog šumarskog društva:

mr. sc. Damir Delač

Od 92 delegata Skupštine HŠD-a u radu Skupštine sudjelovalo je njih 65 (71 %), čime je ostvaren kvorum.

Ad. 3.

Rezultati glasanja su sljedeći:

1. Usvajanje Izvješća o izvršenju financijskog plana HŠD-a za 2021. godinu.
ZA-65, PROTIV-0, SUZDRŽAN-0.
2. Usvajanje Izvješća Povjerenstva za popis imovine HŠD-a na dan 31. 12. 2021. godine.
ZA-65, PROTIV-0, SUZDRŽAN-0.
3. Usvajanje prijedloga Odluke o pokriću manjka prihoda HŠD-a 2021. godine.
ZA-65, PROTIV-0, SUZDRŽAN-0.
4. Usvajanje Izvješća Nadzornog odbora HŠD-a za 2021. godinu.
ZA-65, PROTIV-0, SUZDRŽAN-0.

Slijedom navedenih rezultata glasanja zaključujemo da su sva Izvješća i Odluke jednoglasno usvojena.

Pojedinačni rezultati glasanja 1. Elektroničke sjednice Skupštine HŠD-a 2022. godine nalaze se u prilogu.

Predsjednik
Hrvatskog šumarskog društva:

Oliver Vlanić, dipl. ing. šum.

Dr. sc. Miroslav Harapin (22.9.1929 – 17.2.2022.)

Dr. sc. Sanja Novak Agbaba



U ime Ravnateljice dr. sc. Sanje Perić i svih sadašnjih i umirovljenih djelatnika Hrvatskog šumarskog instituta i Zavoda za zaštitu šuma i lovno gospodarenja, upućujem posljednji pozdrav cijenjenom doktoru znanosti Miroslavu Harapinu.

Vijest o smrti prijatelja, kolege, dugotrajnog rukovoditelja Zavoda za zaštitu šuma, umirovljenog znanstvenog savjetnika dr. sc. Miroslava Harapina unijela je neizmjernu tugu u naša srca. Današnji oproštaj ostavit će veliku prazninu koju je doktor Harapin imao u našim životima. Zauvijek će u našim sjećanjima ostati njegov entuzijazam i životna energija koja ga je krasila i u poznim godinama života. Njegova ogromna ostavština uvijek će nas podsjećati na njegov predan rad i plodonosan znanstveni doprinos.

Rođen je 22.09.1929. u Letovčanima Novodvorskim u okolici Klanjca iz zemljoradničke obitelji oca Ivana i majke Marije. Nakon osnovne škole koju završava u rodnom mjestu, nastavlja građansku školu u Klanjcu do 1945., da bi gimnaziju u Zagrebu završio 1950. Biološki smjer na Šumarskom fakultetu u Zagrebu završava 1957. godine. Nakon službovanja u Šumariji Fužine od 1959. do 1961. postiže zvanje asistenta. Godine 1963. odlazi na šestomjesečnu specijalizaciju i studentsko putovanje u SAD. Magistrirao je 1976., a doktorirao 1984. Zvanje znanstvenog suradnika stekao je 1976., a znanstvenog savjetnika 1985. godine.

Godine 1961. osnovan je Zavod za četinjače u Jastrebarskom, gdje je postavljen za šefa odjela za zaštitu šuma, preteče današnjem Zavodu za zaštitu šuma i lovno gospodarenje pri Hrvatskom šumarskom institutu, gdje je i radio do svog umirovljenja 1995. godine. Na Šumarskom fakultetu u Zagrebu predavao je na postdiplomskom studiju predmete iz područja zaštite šuma, te je bio mentor ili član mnogobrojnih komisija za magistrante i doktorante.

Od mnogobrojnih projekata koje je vodio i na kojima je sudjelovao je i američki projekt: "Osjetljivost na insekte i bolesti izabranih sjevernoameričkih vrsta šumskog drveća u Jugoslaviji od 1966. do 1971.", na kojemu je bio glavni istraživač. Od 1980. bio je voditelj Centra za dijagnozu i prognozu u šumarstvu SR Hrvatske čiji je bio osnivač, a koji se poslovi i danas obavljaju kao Izvještajno prognozni poslovi za Ministarstvo poljoprivrede. Bio je organizator i sudionik Ankete o zdravstvenom stanju šuma u Hrvatskoj - u svezi s motrenjem za cijelu Europu. Uveo je i unaprijedio biološko suzbijanje štetnika, a prvi je na ovim prostorima ispitivao djelotvornost i primjenu feromona za motrenje i suzbijanje smrekovih potkornjaka.

Kao nacionalni koordinator i ekspert sudjelovao je na sastancima zemalja Europe i svijeta na konferencijama o zaštiti šuma

Europe, u Geneve 1993., 1994. i Bruxelles 1994. Sudjelovao je na mnogim studentskim putovanjima i sastancima diljem Europe, sudjelovao je na mnogobrojnim stručnim i znanstvenim skupovima kako u zemlji, tako i u inozemstvu.

Sudjelovao je u radu mnogih stranih i domaćih organizacija, EPPO, IUFRO-Division 2, član Hrvatske šumarske akademije, predsjednik Hrvatskog entomološkog društva, član Hrvatskog društva biljne zaštite, član Hrvatskog ekološkog društva. Bio je član uredništva časopisa Radovi HŠI, Šumarskog lista i Glasnika zaštite bilja Hrvatskog agronomskog društva. Iza sebe ostavio je budućim pokoljenjima više od stotinu znanstvenih i stručnih radova te poglavlja u knjigama. Dr. sc. Miroslav Harapin dobitnik je Zlatne plakete za zasluge u zaštiti šuma koju mu je 2002. godine dodijelilo Hrvatsko društvo biljne zaštite na međunarodnom seminaru biljne zaštite u Opatiji.

Doktor Harapin nije s umirovljenjem prestao s radom, bio je i dalje aktivan u raznim društvima, sudjelovao na projektima i radovima te održavao razna predavanja. Često je dolazio u Hrvatski šumarski institut, diskutirao o raznim tematikama, sudjelovao na terenskim obilascima s djelatnicima Zavoda za zaštitu šuma, rado je dolazio na prigodne domjenke i druženja i dalje je ostao dio našeg kolektiva. S koliko je ljubavi i predanosti radio svoj posao vidi se iz završetka predavanja u Matici Hrvatskoj 2018. na temu „Čovjek i šuma“ koje je završio vrlo emotivno rekavši: „Drvo ima osjećaje kao i čovjek. Biljka osjeća kako joj se obraćaš. Istraživanja su pokazala da kada jednoj biljci govoriš ružno i da ćeš je uništiti, a drugoj govoriš da je voliš, vidi se razlika u njihovom razvoju. Drveće može komunicirati među sobom, pomaže jedno drugom. Kada se razbole obavještavaju preko korijenovog sustava druga drveća da stvore antitijela kao protutijek.“

Sudbina je htjela da i nakon umirovljenja doktora Harapina često sretnem na misi u franjevačkoj crkvi na Kaptolu, gdje je rado odlazio. Uvijek su to bili radosni susreti, gdje smo znali popričati i prisjetiti se zajedničkih radnih dana.

Dragi doktore Harapin neka Vam je laka zemlja, djelatnici Hrvatskog šumarskog instituta i Zavoda za zaštitu šuma i lovno gospodarenje zahvaljuju Vam za sve dobro što ste učinili kako za Institut i Zavod, tako i za hrvatsko šumarstvo i šume u Hrvatskoj.



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 ovlaštene 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 HKIŠDT, članak 1):

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

Javne ovlasti Komore:

- vodi imenik ovlaštenih inženjera šumarstva i drvne tehnologije,
- daje, 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.

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 obročati.

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 indexing 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. Muke Kristove u Komiži (Vis). ■ **Figure 1.** Blue passion vine in Komiža (the island of Vis, Croatia).

Slika 2. Listovi su naizmjenični, duboko, dlanasto, 5 (–7)-režnjasti, cijelog ruba, goli, 10–15 cm dugački i široki; peteljka je 3–7 cm dugačka. ■ **Figure 2.** Leaves are alternate, deeply, palmately 5(–7)-lobed, entire, glabrous, 10–15 cm long and wide; petiole is 3–7 cm long.



Slika 3. Cvjetovi su dvospolni, entomofilni, 6–7 (–10) cm promjera, pojedinačni; cvjetanje je u proljeće i ljeto. ■ **Figure 3.** Flowers are bisexual, entomophilous, 6–7(–10) cm in diameter, solitary; flowering from spring to summer.



Slika 4. Višesjemene, zoohorne bobice su elipsoidne do jajaste, narančaste, 4–6 cm dugačke, 3,5–4,5 cm široke; dozrijevaju u ljeto i jesen. Sjemenke su okružene sočnim, crvenim, jestivim arilusom. ■ **Figure 4.** Berries are broadly ellipsoid to ovoid, orange, 4–6 cm long, 3.5–4.5 cm in diameter, many-seeded; maturing in summer to autumn; zoochorous. Seeds are enclosed by juicy, red, edible aril.

***Passiflora caerulea* L. – muke Kristove, Kristova muka, Gospodinova krunica, pasiflora (*Passifloraceae*)**

Rod *Passiflora* L. sadrži više od 500 vrsta drvenastih i zeljastih penjačica, rjeđe grmova ili manjeg drveća, rasprostranjenih u Americi, Aziji i Oceaniji. U uzgoju su brojne vrste i križanci ukrasnih cvjetova. Marakuja (*P. edulis* Sims) se komercijalno uzgaja radi jestivih plodova. Muke Kristove, *P. caerulea* je zimzelena do vazdazelena drvenasta penjačica koja naraste do 10 (25) m visoko, a za podlogu se pričvršćuje pomoću vitica. Omiljena je ukrasna penjačica vrlo lijepih, velikih cvjetova, iz kojih se razvijaju narančasti, jestivi, ali ne posebno ukusni plodovi. Cvjetovi se otvaraju za sunčanog vremena, a pojedinačni cvijet traje dva dana. Ova penjačica najbolje uspijeva u vlažnom, dobro propusnom tlu. Iako mraz može uzrokovati sušenje nadzemnog dijela biljke, ona će ponovo potjerati iz korijena. Pasiflora potječe iz Južne Amerike.

***Passiflora caerulea* L. – Blue Passion Vine, Blue Passion Flower (*Passifloraceae*)**

The genus *Passiflora* L. comprises over 500 species of woody or herbaceous climbers, rarely shrubs or small trees, distributed in America, Asia and Oceania. A number of species and hybrids are cultivated for their ornamental flowers. The passion fruit (*P. edulis* Sims) is commercially cultivated for edible fruit. Blue passion vine, *P. caerulea* is a semi-evergreen to evergreen, woody climbing plant, growing to 10 (25) m high, attaching itself to its supports by tendrils. It is a popular ornamental climber with very beautiful, large flowers, followed by orange, edible, but not tasty fruits. The flowers open in sunny weather. Individual flower lives for about two days. Blue passion vine prefers moist, well-drained soil. Although the aboveground part of the plant can die due to frost, it will regrow from the roots. It is native to South America.