

ŠUMARSKI LIST

HRVATSKO ŠUMARSKO DRUŠTVO



UDC 630*
ISSN
0373-1332
CODEN
SULIAB



7-8

GODINA CXLVII
Zagreb
2023



HRVATSKO ŠUMARSKO
DRUŠTVO

CROATIAN FORESTRY
SOCIETY

članica
HIS

O DRUŠTVU
ČLANSTVO 2737

stranice ogranaka:
B J D E G O K A S I S P V A Z A

PRO SILVA CROATIA
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: hsd@sumari.hr



www.sumari.hr

HRVATSKO ŠUMARSKO DRUŠTVO

177. godina djelovanja
19 ogranaka diljem Hrvatske
oko 2700 članova

IMENIK HRVATSKIH ŠUMARA

14053 osoba
22423 biografskih činjenica
14832 bibliografskih jedinica

ŠUMARSKI LIST

147. godina neprekidnog izlaženja
1113 svezaka na 85336 stranica
16317 članaka od 3335 autora

DIGITALNA ŠUMARSKA BIBLIOTEKA

4488 naslova knjiga, časopisa i medija
na 26 jezika od 3162 autora
izdanja od 1732. do danas

IMENIK HRVATSKIH ŠUMARA



ŠUMARSKI LIST



DIGITALNA BIBLIOTEKA HSD



slučajna knjiga



ŠUMARSKI LINKOVI



EFN HŠ ŠF HŠI
HKISD DHMZ



Naslovna stranica – Front page:

„Posljedice olujnog nevremena
u Spačvanskom bazenu – šumski predjel
Kunjevci (Foto: Oliver Vlainić)

„The aftermath of a severe storm
in the Spačva Basin – Kunjevci forest area
(Photo: Oliver Vlainić)

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 | 13. Prof. dr. Boris Hrašovec | 25. Krešimir Pavić, dipl. ing. šum. |
| 2. Emil Balint, dipl. ing. šum. | 14. Krešimir Jakupak, dipl. ing. šum. | 26. Martina Pavičić, dipl. ing. šum. |
| 3. Mr.sc. Boris Belamarić | 15. Prof. dr. sc. Vladimir Jambrečević | 27. Dr. sc. Sanja Perić |
| 4. Daniela Cetinjanin, dipl. ing. šum. | 16. Marina Juratović, dipl. ing. šum. | 28. Darko Posarić, dipl. ing. šum. |
| 5. David Crnić, dipl. ing. šum. | 17. Josip Kovačić, dipl. ing. šum. | 29. Ante Šimić, dipl. ing. šum. |
| 6. Mr. sp. Mandica Dasović | 18. Ivan Krajačić, dipl. ing. šum. | 30. Prof. dr. sc. Ivica Tikvić |
| 7. Mr. sc. Damir Delač | 19. Valentina Kulaš, dipl. ing. šum. | 31. Mr. sc. Dalibor Tonc |
| 8. Damir Dramalija, dipl. ing. šum. | 20. Prof. dr. sc. Josip Margaletić | 32. Davor Topolnjak, dipl. ing. šum. |
| 9. Anto Glavaš, dipl. ing. šum. | 21. Dorica Matešić, dipl. ing. šum. | 33. Doc. dr. sc. Dinko Vusić |
| 10. Goran Gobac, dipl. ing. šum. | 22. Izv. prof. dr. sc. Stjepan Mikac | 34. Silvija Zec, dipl. ing. šum. |
| 11. Mr. sc. Goran Gregurović | 23. Darko Mikičić, dipl. ing. šum. | 35. Dražen Zvirotić, dipl. ing. šum. |
| 12. Prof. dr. Marijan Grubešić | 24. Damir Miškulin, dipl. ing. šum. | |

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

1. Šumski ekosustavi – Forest Ecosystems

Prof. dr. sc. Joso Vukelić,
urednik područja – *Field Editor*
Šumarska fitocenologija – *Forest Phytocoenology*

Urednici znanstvenih grana – *Editors of scientific branches:*

Prof. dr. sc. 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

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

Izv. prof. dr. sc. Krunoslav Teslak,
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* 114.3 (001)

<https://doi.org/10.31298/sl.147.7-8.1>

Bakšić D., N. Bakšić, D. Krstnošić, N. Pernar, I. Perković, S. Mikac, V. Roje, B. Krtalić

Značajke šumske prostirke i tla u šumi obične jele i crnoga graba (*Ostrya-Abietetum*/Fukarek 1963/Trinajstić 1983) na Biokovu – Forest floor and soil properties of silver fir and european hop hornbeam forests (*Ostrya-Abietetum*/Fukarek 1963/Trinajstić 1983) on Biokovo mountain. 307

UDK 630* 312 (001)

<https://doi.org/10.31298/sl.147.7-8.2>

Poršinsky T., Z. Bumber, Z. Pandur, A. Đuka

Područje rada forvardera – modeliranjem do podrške operativnoj primjeni – Forwarder's working range – from modeling to support for operational application 319

UDK 630* 934 + 187 (001)

<https://doi.org/10.31298/sl.147.7-8.3>

Španjol Ž., I. Gašparović, M. Vučetić, D. Zbiljski, M. Vojinović, V. Sušilović, I. Ljubić, K. Korov, B. Dorbić

Biološko-ekološka obilježja posebnog rezervata šumske vegetacije Kočje-otok Korčula – The biological and ecological characteristics of an special forest vegetation reserve Kočje-Korčula island 335

UDK 630* 615 (001)

<https://doi.org/10.31298/sl.147.7-8.4>

Skorup D., M. Vujasinović, G. Marinković, I. Grgić, B. Miletić

Assessment of forest resources based on sentinel-2 images – case study Derventa, BiH (Cadastral municipality of Brezici) – Procjena šumskih resursa na temelju sentinel-2 snimki – studija slučaja Derventa, BiH (katastarska općina Brezici). 353

UDK 630* 165 (001)

<https://doi.org/10.31298/sl.147.7-8.5>

Trudić B., B. Kiproviski, S. Kostić, S. Stojnić, M. Kebert, A. Ivezić, A. Pilipović

Are oxidative stress screening tests enough for small scale quercus robur genetic monitoring? – Jesu li testovi praćenja oksidacijskog stresa dovoljni za genetički monitoring hrasta lužnjaka u malom razmjeru? 363

Pregledni članci – Reviews

UDK 630* 965.3

<https://doi.org/10.31298/sl.147.5-6.6>

Jazbec A.

Kako rezultati državne mature utječu na prosječnu ocjenu i trajanje prijediplomskog studija na Fakultetu šumarstva i drvne tehnologije sveučilišta u Zagrebu? – How the results of state secondary high school final exams influence the average grade and duration of undergraduate study at Faculty of forestry and wood technology, university of Zagreb? 375

UDK 630* 233+187

<https://doi.org/10.31298/sl.147.7-8.7>

Ćuk M., R. Ponjarac, D. Igić, M. Ilić, M. Oldja, D. Vukov, A. Čarni

Historical overview of the Deliblato sands afforestation – Povijesni pregled pošumljavanja Deliblatske pješčare 383

Zaštita prirode – Nature protection

Arač, K.:

Alpska strizibuba (<i>Rosalia alpina</i> L.)	393
---	-----

Iz HŠD-a – From the Croatian forestry association

Vargović, L.:

Stručno-znanstveni, kulturni i sportski sadržaji Dana hrvatskog šumarstva u Vinkovcima	394
--	-----

Vlainić, O.:

Terenski dio 1. sjednice Upravnog odbora HŠD-a 2023. godine	399
---	-----

Zapisnik

1. sjednice elektroničke sjednice upravnog odbora Hrvatskog šumarskog društva (HŠD) 2023. godine	405
--	-----

Zapisnik

1. elektroničke sjednice skupštine Hrvatskog šumarskog društva (HŠD) 2023. godine	410
---	-----

RIJEČ UREDNIŠTVA

POSljedice OLUJNOG NEVREMENA NA ŠUME

Samo par sati, a na pojedinim lokacijama samo petnaestak minuta, bilo je dovoljno da vjetar olujne, gotovo orkanske snage, uništi trud više generacija hrvatskih šumara na potezu od slovenske granice do istočne Slavonije, gdje se nalaze ekonomski najvrijednije šume u lijepoj našoj, šume hrasta lužnjaka koje su najviše i stradale. Ljetni, devetnaesti dan mjeseca srpnja ove godine, ostat će upamćen kao i oni zimski dani 2014. godine kada se dogodio ledolomom i 2017. godine kada je vjetroizvalama pričinjena znatna šteta na goranskim šumama. Najveća izmjerena brzina vjetra u području Županje bila je 180 km/h. Povijesno do sada najjača brzina vjetra bila je 260 km/h, koju je imao tornado 1892. godine u okolici Novske, kada su također stradale šume u količini od 150 tisuća stabala hrasta i bukve. Očevici ovogodišnjeg nevremena bili su zapanjeni snagom prirode, a posljedice odaju dojam kataklizme kao nakon udara atomske bombe. Stoljetne šume hrastova lužnjaka i kitnjaka te bukve, u nekoliko minuta pretvorene su u triješće, povaljane su poput čunjeva. Iako je u tom nevremenu bilo ljudskih žrtava, splotom sretnih okolnosti (grmljavinsko nevrijeme dogodilo se popodne nakon radnog vremena pa nije bilo radnika u šumi) one se nisu dogodile u šumskim područjima. Veću opasnost predstavljala su stabla u drvo-redima i parkovima naselja. Sve češće ekstremne vremenske nepogode ostavljaju negativan trag na šumsko bogatstvo Republike Hrvatske, ali i ostatak Europe. Bez obzira na vidljiv učinak vremenskih pojava na cjelokupni život, još uvijek postoje skeptici koji ne vjeruju koliki utjecaj čovjek ima na klimatske promjene. Već više od pola stoljeća čovječanstvo donosi rezolucije kojima nastoji umanjiti negativan utjecaj razvoja moderne civilizacije, ponajprije na povećanje ugljika u atmosferi i porasta temperature. Nažalost, oni koji najviše negativno doprinose tomu, a to su na prvom mjestu najbogatije zemlje svijeta, još uvijek se ne žele odreći komfora i trke za profitom na štetu cijele planete Zemlje.

Prve procjene šumskih šteta na državnim šumama u Hrvatskoj bile su preko milijun metara kubnih, a nakon naknadnih obilazaka terena porasle su i na milijun i pol metara kubnih. Financijske štete za sada procijenjene su na

100 milijuna eura. Za privatne šume do sada nisu iskazane procijenjene štete, ali vjerojatno ni one nisu male. Točniji podaci o štetama znat će se tek kad se uspije dospjeti do svih stradalih dijelova i nakon obavljenih zračnih snimanja šumskih predjela. U prvi tren bilo je važno očistiti javne prometnice, što se bez pomoći šumarske operative ne bi moglo obaviti. Tu se državna tvrtka Hrvatske šume d.o.o. opet pokazala spremnom i sposobnom pomoći zajednici na uspostavljanju što sigurnijeg prometa u šumskim kompleksima. Predstoji mukotrpan posao na raščišćavanju šumskih prometnica, a najviše i višegodišnji rad na saniranju šteta i obnovi šumskih sastojina. Najviše su stradale starije sastojine, posebno one u kojima je započela oplodna sječa ili su sastojine bile pred obnovom. S ovom nepogodom značajno su poremećeni redovni šumskogospodarski radovi, a hrastovi šumski ekosustavi su dodatno narušeni nakon višegodišnjih sušnih razdoblja i negativnog djelovanja hrastove mrežaste stjenice, pri čemu su zabrinjavajući dugogodišnji izostanci uroda žira. Upitno je kakve će biti mogućnosti obnove uslijed niza negativnih čimbenika, koji ponajprije opterećuju nizinske ekosustave. Zbog velike štete na drvenoj masi značajno će biti umanjena financijska vrijednost prodanih proizvoda, koji će većinom završiti kao prostorno i energetsko drvo. Smanjeni prihodi i povećani troškovi zahtijevaju financijsku podršku države, kao što je u sličnim situacijama reagirala Savezna Republika Njemačka. Pripadnost Hrvatske Europskoj Uniji također bi trebao biti pozitivan i važan čimbenik nakon ove stoljetne vremenske nepogode u saniranju šteta na ustavom zaštićenom šumskom resursu, čija se pozitivna uloga u ublažavanju klimatskih promjena sve više povećava. Za očekivati je svekoliku pomoć od resornog ministarstva kako u financiranju sanacije, tako i u pojednostavljenju zakonske regulative u ovakvim situacijama. Isto tako potrebna je i pozitivna medijska podrška i šire praćenje nezapamćenih šteta na šumama. Nakon ove nepogode vjerojatno će se mijenjati i odnos javnosti prema urbanom šumarstvu i negativni stavovi prema uklanjanju opasnih i potencijalno opasnih stabala iz drvo-reda i parkova.

Uredništvo

EDITORIAL

THE EFFECTS OF STORMY WEATHER ON FORESTS

It took only a few hours, and in some localities a short fifteen minutes, for the wind of stormy and almost hurricane force to destroy the hard work of generations of Croatian foresters on the stretch from the Slovenian border to eastern Slavonia, home to the commercially most valuable forests in our homeland: forests of pedunculate oak. It was these forests that took the severest blow. July 19th of 2023 will be remembered for misfortunes just like those winter days in 2014 and 2017, when ice and wind inflicted enormous damage on the forests in Gorski Kotar. The highest recorded wind speed in the Županja area was 180 km per hour. Historically, the highest recorded wind speed so far, amounting to 260 km per hour, was caused by a tornado in the surroundings of Novska in 1892, when 150 thousand oak and beech trees perished. The witnesses of this year's storm were astounded by the power of nature, while the consequences resemble the cataclysm similar to that of an atomic bomb blast. Centuries-old forests of pedunculate and sessile oak, as well as beech, were turned into kindling and were flattened into cones. Although the storm led to human casualties, they did not occur in forested areas due to a set of fortunate circumstances (the thunderstorm occurred in the afternoon after working hours, so the forests were empty of people). The trees in alleys and parks in settlements posed a greater threat. More and more frequent extreme weather events leave a negative impact on the forest wealth in Croatia, but also in the rest of Europe. However, in spite of the evident effect of weather phenomena on the overall life, there are still sceptics who do not believe in human influence on climate change. For more than half a century there have been resolutions aimed at reducing the negative effect of the development of modern civilisation, primarily on the increase of carbon in the atmosphere and the rise in temperature. Regrettably, those who contribute the most to these negative trends, and these are primarily the richest countries in the world, are still not prepared to renounce comfort and the race for profit to the detriment of the entire planet Earth. The initial estimates of forest damage in state forests of Croatia amounted to over a million cubic metres. Subsequent field inspections increased damage to one and a half million cubic metres. Financial damage has so far been estimated at 100 million

euro. There are no estimates of damage in private forests as yet, but damage is most probably high as well. More accurate data on damage will be established only after all the inflicted areas have been inspected and aerial surveys of the forest areas have been completed. The first thing to do was to clear public roads, which could not have been done without the help of forestry operations. This is where the state company Croatian Forests Ltd again stepped in with their readiness and capacity to help the community restore the safest possible transport in forest areas. There is arduous work ahead on clearing forest roads, and even more importantly, several years of work on repairing damage and restoring forest stands. Older stands, especially those in which shelterwood cuts were started or which were on the brink of regeneration, suffered the severest damage. Regular forest management activities were considerably disrupted by this disastrous event, while forest ecosystems of oak were additionally damaged by several years of dry periods and the negative impact of the oak lace bug, leading to a worrying long-lasting absence of acorn yield. It is questionable how regeneration will be undertaken in the light of a series of negative factors that primarily affect lowland ecosystems. The great damage inflicted on the wood mass will significantly reduce the financial value of sold products, which will mostly end up as stack wood and fuelwood. Decreased yields and increased costs require financial support of the state, similar to the support provided by the Federal Republic of Germany. Croatia's membership in the European Union should also provide a positive aspect after this unprecedented weather disaster in repairing the damage to the constitutionally protected forest resource, whose positive role in mitigating climate change is gaining increasing importance. It is necessary to receive overall help from the relevant ministry both in financing the restoration and in simplifying legal regulations pertaining to such circumstances. A more positive media support and broader monitoring of unparalleled damage to forests is also needed. After this disaster, the public view of urban forestry and the negative attitudes towards removing dangerous and potentially dangerous trees from tree alleys and parks will probably change for the better.

Editorial Board

ZNAČAJKE ŠUMSKE PROSTIRKE I TLA U ŠUMI OBIČNE JELE I CRNOGA GRABA (*OSTRYO-ABIETETUM* /FUKAREK 1963/ TRINAJSTIĆ 1983) NA BIOKOVU

FOREST FLOOR AND SOIL PROPERTIES OF SILVER FIR AND EUROPEAN HOP HORNBEAM FORESTS (*Ostryo-Abietetum* /Fukarek 1963/Trinajstić 1983) ON BIOKOVO MOUNTAIN

Darko BAKŠIĆ, Nera BAKŠIĆ, Daniel KRSTNOŠIĆ, Nikola PERNAR, Ivan PERKOVIĆ, Stjepan MIKAC,
Vibor ROJE, Branimir KRTALIĆ

SAŽETAK

Brojna istraživanja pokazuju da su šume obične jele ugrožene klimatskim promjenama, posebice na južnim rubovima njihova rasprostranjenja gdje su negativni učinci zatopljenja izraženiji. Šume jele i crnoga graba rastu od 850 m do 1150 m nadmorske visine na kontinentalnoj padini planine Biokovo na karakterističnom vrtačastom reljefu, koji utječe na mozaični raspored golih stijena, tla, vegetacije i šumske prostirke. Cilj ovoga istraživanja je, po prvi puta, za termofilne i najjužnije šume jele i crnoga graba u Hrvatskoj utvrditi fiziografske značajke šumske prostirke i tla te sadržaj teških metala u površinskom sloju tla, pa usporediti dobivene podatke za šumsku prostirku i tlo s podacima za ostale jelove zajednice Hrvatske. Terenskim opažanjima u nizu vrtača utvrđeno je da ljeti (sušno i toplo razdoblje) iz jamskih otvora i pukotina struji hladan zrak, stvarajući u vrtačama specifične mikroklimatske uvjete koji pogoduju jeli i mogu potencijalno biti važan čimbenik njenog opstanka. U šumi jele i crnoga graba utvrđene su značajne količine šumske prostirke i zalihe ugljika, koje su u rasponu od 2,86 kg m⁻² do 11,59 kg m⁻², odnosno od 1,13 kg m⁻² do 4,89 kg m⁻² uz izrazitu prostornu varijabilnost. Po fiziografskim značajkama površinskog sloja tla šume jele i crnoga graba grupiraju se uz bukovo-jelove šume sjevernog Velebita i Gorskog kotara, što upućuje na dominantan pedogenetski utjecaj (karbonatnog) matičnog supstrata. Osnovni limitirajući čimbenik tla šuma jele i crnoga graba njegova je mala dubina. U površinskom sloju tla utvrđen je povišen do vrlo visok sadržaj teških metala Cu, Pb, Zn, Ni i Cd.

KLJUČNE RIJEČI: obična jela, tlo, šumska prostirka, crni grab, klimatske promjene

UVOD INTRODUCTION

Brojna istraživanja ukazuju na ugroženost šuma obične jele, gdje se negativan učinak aktualnih klimatskih promjena (IPCC 2023) manifestira kroz porast temperature, promjenu

sezonske raspodjele oborina i učestaliju pojavu sušnih razdoblja, posebno u ljetnom periodu, na koje je jela osjetljiva (Battipaglia i dr. 2009, Čavlović i dr. 2015, Gazol i dr. 2015, Ugarković i dr. 2021). Suša je jedan od čimbenika koji utječu na rast i opstanak stabala. Smanjenje biodostupne vode u

tlu uzrokuje poremećaj u metabolizmu stabala (fotosinteza pada, a respiracija raste) čime se posljedično smanjuje stupanj vezanja ugljika iz atmosfere, reducira rast i smanjuje sposobnost reprodukcije i obrane od patogena i insekata (McDowell & Sevanto 2010). Suša uzrokuje niske koncentracije kalcija u iglicama jele (Potočić i dr. 2005), a oslabljela i jače osuta stabla imaju veće teškoće u reguliranju stanja ishrane dušikom (Potočić i dr. 2007). Niže koncentracije kalcija i magnezija u iglicama jele povezane su sa sušom, potvrdila su i istraživanja Ugarković i dr. (2011). Navedeni čimbenici smanjuju vitalnost jele, čime se povećava njezina osjetljivost na štetnike. Oslabljene i oštećene sastojine osjetljivije su na napade sekundarnih štetnika kao što su potkornjaci (Pernek i dr. 2008, Pernek & Lacković 2011).

Osim utjecaja klimatskih promjena, značajan faktor koji može utjecati na stanje šumskih ekosustava je i zagađenost. Elling i dr. (2009) utvrdili su poremećaj u rastu i povećan mortalitet stabala jele u područjima sa zagađenjem zraka, što su za područje Gorskog kotara i Like potvrdila istraživanja Čavlović i dr. (2015), gdje je utvrđen negativan utjecaj emisije SO₂ na radijalni prirast jele za razdoblje od 1962. do 2001. godine. Posebnu se pozornost treba posvetiti populacijama smještenim na južnijim rubovima areala, jer su one osjetljivije na klimatske promjene (Hampe & Petit, 2005). Tako su Ugarković i dr. (2011) utvrdili su da je intenzitet odumiranja stabala jele, za područje Gorskog kotara, u sastojinama na rubu areala značajno veći od intenziteta odumiranja stabala u unutrašnjosti areala.

Izolirana populacija jele na Biokovu, najjužnija je u Hrvatskoj i nalazi se na rubu areala, posebice u termofilnijoj zajednici sa crnim grabom, a na temelju navedenog može se očekivati da će biti značajnije izložena negativnim utjecajima klimatskih promjena. Jela na Biokovu, zbog svog izoliranog položaja i specifičnih ekoloških uvjeta u kojima dolazi, pokazuje razlike u morfologiji zbog kojih su je neki znanstvenici smatrali vrstom, odnosno podvrstom (Šoljan i Šolić 1987, Šoljan 1990, Borzan i dr. 1992, Lovrić i Rac 1992, Rac i Lovrić 1992), dok su drugi navodili da se radi o ekotipu obične jele (Vidaković 1993, Trinajstić, 1999, 2001), što je kasnije i potvrđeno molekularno-genetskim istraživanjima (Ballian 2005, Ballian i Halilović 2016). Do sada provedeni pokusi provenijencija jele (Ivanković i Marjanović 2005, Gradečki-Poštenjak 2010), u kojima je bila uključena i biokovska jela, nisu imali za cilj istražiti fiziološki odziv jele na sušni stres i oporavak nakon suše. Takvim istraživanjem utvrdilo bi se je li biokovska jela, i u kojoj mjeri, prilagođena na stresne uvjete, čime bi potencijalno porasla njena važnost kao genskog resursa. Međutim, za to je nužno i poznavanje stanišnih uvjeta u kojima ta jela opstaje. Općenito su, jelove šume na Biokovu, u odnosu na ostatak jelovih šuma Hrvatske, u znanstvenom pogledu zapostavljene – prepoznaje se deficit kvalitetnih informacija, posebno o specifičnim ekološkim (stanišnim) uvjetima, odnosno klimatskim, edafskim, geomorfološkim i biotskim čimbenicima.

Iako se od 1987. godine u Republici Hrvatskoj, u okviru programa „ICP Forests“ (<https://www.icp.sumins.hr/>) suštavno motri oštećenost šumskih ekosustava, jela s Biokova nije uključena u plohe motrenja, pa zapravo nema dostupnih podataka o njenom stanju. Kako postoje podaci koji upućuju na vrlo povišen sadržaj teških metala, posebice olova, u području šuma crnog bora na Biokovu (Vrbek i Vrbek, 2011), moglo bi se očekivati da se slični rezultati pokažu i kod jelovih šuma Biokova. Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi fiziografske značajke tla i šumske prostirke, sadržaj nekih teških metala u površinskom sloju tla te usporediti dobivene podatke za šumsku prostirku i tlo s ostalim jelovim zajednicama Hrvatske.

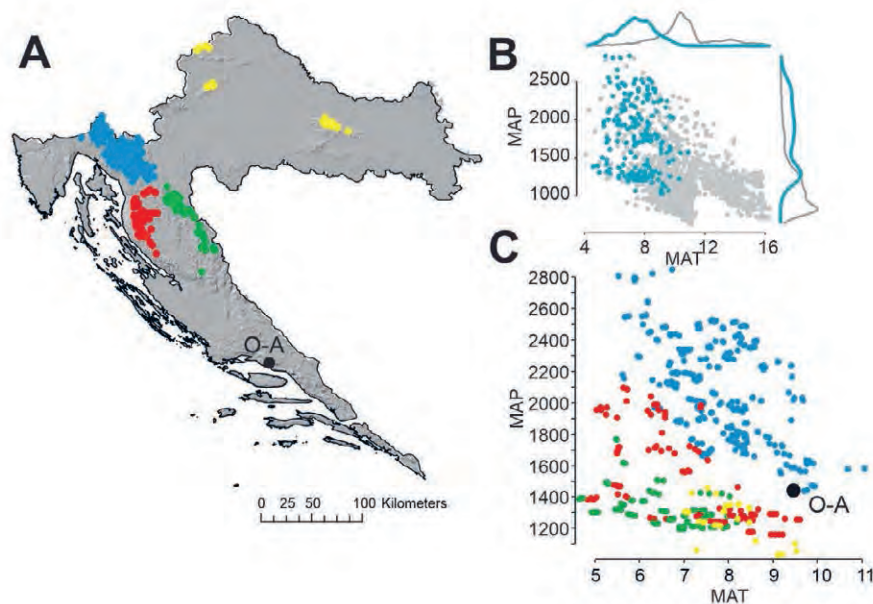
MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA MATERIAL AND METHODS OF RESEARCH

Područje istraživanja – *Research area*

Šume jele i crnoga graba (*Ostrya-Abietetum* /Fukarek 1963/ Trinajstić 1983) – oznaka O-A, na Biokovu rasprostiru se na nadmorskoj visini u rasponu od 850 m do 1150 m na vrtačastim platoima izgrađenima od vapnenačko-dolomitnih blokova ispresijecanih dubljim škrapama i pukotinama, na kalkomelanosolu i kalkokambisolu, a blizina mora daje im termofilniji karakter od ostalih jelovih šuma i omogućuju specifičan florni sastav (Vukelić i dr. 2008). S obzirom da u području rasprostiranja jele na Biokovu nema primjerenih meteoroloških postaja, za potrebe grubog opisa i usporedbu klimatskih značajki O-A s klimatskim značajkama jelovih šuma u Hrvatskoj korišteni su podaci, odnosno karte iz Klimatskog atlasa Hrvatske (Zaninović i dr. 2008) za razdoblje 1961. – 1990. godine.

Srednja godišnja temperatura zraka u O-A iznosi između 9 i 10 °C, a srednja godišnja količina oborine od 1400 do 1500 mm. Značajnije je, međutim, promatrati temperaturne vrijednosti i količinu oborine tijekom vegetacijskog razdoblja pa bi u O-A srednja temperatura zraka u srpnju bila između 19 i 20 °C, a količina oborine od travnja do listopada 400 do 500 mm. Kada se klimatske značajke za O-A na Biokovu usporede s klimatskim značajkama jelovih šuma u Hrvatskoj (Seletković 2001, Medvedović 2001) može se reći da se srednje godišnje vrijednosti temperature zraka, godišnje vrijednosti količine oborine i količine oborine u vegetacijskom razdoblju značajno razlikuju od onih za jelove šume Gorskog kotara i sjevernog i srednjeg Velebita. Klimatske značajke jelovih šuma Biokova najbližnije su onima iz nižih područja Like (slika 1).

Ako se uspoređuje količina oborine u vegetacijskom razdoblju, jelove šume Biokova imaju najmanje vrijednosti količina, posebno ako se uzme u obzir da u Klimatskom atlasu Hrvatske dane vrijednosti količine oborine uključuju jedan mjesec više (od travnja do listopada) u odnosu na podatke koje daju Seletković (2001) i Medvedović (2001). Srednja



Slika 1. Prostorni položaj nalazišta obične jele u RH: žute oznake Panonska Hrvatska, plave – Gorski kotar, crvene – Velebit, zelene – Kapela i Plješivica A. Odnos između prosječne temperature zraka MAT (°C) i ukupne količine oborina MAP (mm) za plohe na kojima se pojavljuje jela (plave točke) u odnosu na plohe gdje nema jele (sive točke) B. Odnos između prosječne temperature zraka MAT (°C) i ukupne količine oborina MAP (mm) za plohe na kojima se pojavljuje jela po područjima.

Figure 1. Spatial location of common fir sites in the Republic of Croatia: yellow marks Pannonian Croatia, blue - Gorski Kotar, red – Velebit, green – Kapela and Plješivica A. Relationship between mean annual temperature MAT (°C) and mean annual precipitation MAP (mm) for plots with fir (blue dots) versus plots without fir (grey dots) B. Relationship between mean annual temperature MAT (°C) and mean annual precipitation MAP (mm) for plots with fir by location.

mjesečna temperatura zraka u srpnju za termofilne jelove šume Biokova podjednaka je vrijednostima za područje jelovih šuma Panonske Hrvatske.

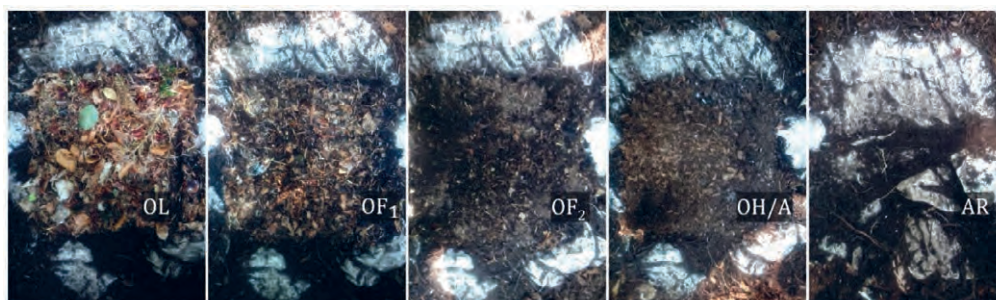
Šumska prostirka uzorkovana je unutar okvira dimenzija 30 cm × 30 cm po metodologiji detaljno opisanoj u Bakšić

Uzorkovanje šumske prostirke i tla – *Sampling of forest floor and soil*

Uzorkovanje šumske prostirke obavljeno je u predjelu Kaoci (slika 2) na 10 lokaliteta, unutar termofilne šume jele i crnoga graba: 5 lokaliteta u dnu vrtača gdje dominiraju stabla jela većih dimenzija; 3 lokaliteta u gornjoj trećini vrtača na mjestima gdje šumska prostirka i tlo uglavnom pokrivaju stijene, gdje su stabla jele tanjih dimenzija, izmješana sa stablima crnoga graba i 2 lokaliteta u dnu uvale gdje su stabla jele također većih dimenzija. Na jednom lokalitetu, u gornjoj trećini vrtače, tlo nije bilo moguće uzorkovati jer ga nije bilo, odnosno na vapnenačkoj stijeni bila je akumulirana samo šumska prostirka.



Slika 2. Područje istraživanja
Figure 2 Study site



Slika 3. Uzorkovanje šumske prostirke i površinskog sloja tla.
Figure 3 Sampling of the forest floor and topsoil.

i Bakšić (2017, 2020). Zasebno su uzorkovani podhorizonti šumske prostirke OL, OF₁, OF₂, OH (Schulp i dr. 2008) i površinski sloj tla do 10 cm dubine (slika 3).

Laboratorijske analize šumske prostirke i tla – *Laboratory analyses of forest floor and soil*

Masa suhe tvari uzoraka šumske prostirke određena je gravimetrijskom metodom nakon sušenja uzoraka na 100 °C 48 sati. Udjel organskog ugljika – OC (HRN ISO 10694, 2004) i ukupnog dušika – Nuk (HRN ISO 13878, 2004) u uzorcima šumske prostirke i tla određen je suhim spaljivanjem. Udjel vode (HRN ISO 11465:2004) određen je sušenjem uzoraka šumske prostirke (50 °C) i tla (105 °C) do konstantne mase. Granulometrijski sastav u mineralnom dijelu tla određen je metodom prosijavanja i sedimentacije (HRN ISO 11277, 2011). Na uzorcima tla određena je pH-vrijednosti u vodi i u otopini 0,01 mol dm⁻³ CaCl₂ (HRN ISO 10390, 2005). U uzorcima OH-podhorizonta (pH_{CaCl2} > 5,5) i tla (pH_{CaCl2} > 6) određen je udjel karbonata (HRN ISO 10693:2004), potreban za indirektnu metodu određivanja udjela organskog ugljika. Biogeni elementi i teški metali određeni su ekstrakcijom u zlatotopci (HRN ISO 11466:2004). Određivanje koncentracija elemenata u priređenim otopinama obavljeno je tehnikom atomske emisijske spektrometrije uz induktivno spregnutu plazmu (ICP-AES).

Analiza podataka – *Data analysis*

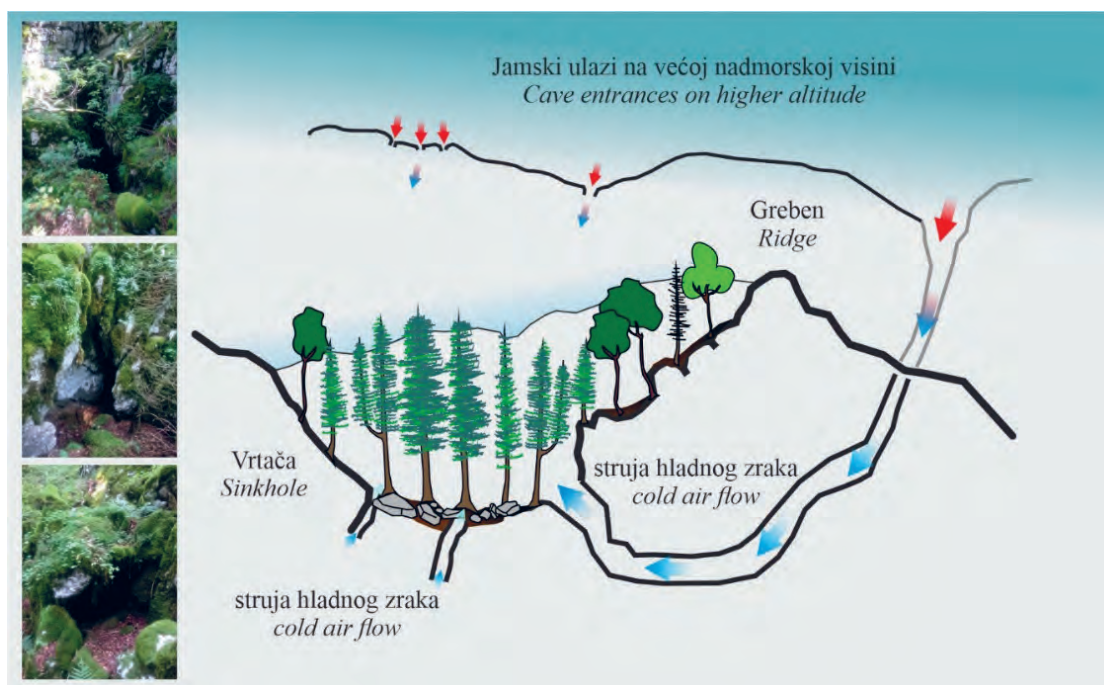
Za debljinu i količinu šumske prostirke, zalihu organskog ugljika (OC zaliha) i zalihu ukupnog dušika (Nuk zaliha)

po podhorizontima dana je deskriptivna statistika (N, aritmetička sredina, standardna devijacija te minimalne i maksimalne vrijednosti). Greška tipa I (α) od 5% smatrana je statistički značajnom (Sokkal i Rohlf 1995). Razlike količina prostirke, OC zaliha, Nuk zaliha prema položaju u reljefu testirane su analizom varijance ako je bio zadovoljen uvjet homogenosti varijance. Kad je analiza varijance pokazala da postoji statistički značajna razlika, pojedinačne razlike testirane su Tukey-evim višestrukim post hoc testom (Petz i dr., 2012). Za varijable kod kojih nije zadovoljen uvjet homogenosti varijance rađen je neparametrijski Kruskal-Wallis-ov test. Statistička analiza podataka obavljena je u programima Excel i Statistica 14 (TIBCO Software Inc. 2020). Utvrđeni sadržaj teških metala u površinskom sloju tla uspoređen je s maksimalno dopuštenim količinama (MDK) te je određen stupanj onečišćenja (So) prema Pravilniku o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja (NN 9/2014, NN 71/2019).

REZULTATI I RASPRAVA RESULTS AND DISCUSSION

Terenska opažanja – *Field observations*

Prilikom terenskih istraživanja zapaženo je da je jela, u dnu vrtača gdje je količina šumske prostirke veća, a tlo dublje, očekivano, vitalnija i u pravilu većih dimenzija te manje izložena odumiranju. U dnu vrtača mozaično se izmjenjuju kalkomelanosol, kalkokambisol plitki i rjeđe, srednje duboki. Dubina tla rijetko prelazi 40 cm. Iz jamskih otvora i



Slika 4. U nizu vrtača utvrđeno je da ljeti iz jama i pukotina pritječe hladan zrak stvarajući specifične mikroklimatske uvjete pogodne za jelu.

Figure 4. In a number of sinkholes, it was found that in summer (the dry and hot period) cold air flows in, from caves and cracks, creating specific microclimatic conditions in sinkholes that are favourable for fir.

Tablica 1. Količina šumske prostirke, OC zalihe i Nuk zalihe po podhorizontima OL, OF₁, OF₂ i OH u šumi jele i crnoga graba.
Table 1. Forest floor mass, OC stocks and Ntot stocks in OL, OF₁, OF₂ i OH subhorizons in fir and european hop hornbeam forests.

Pod-horizont <i>Sub-horizont</i>	N	Količina prostirke (kg m ⁻²) <i>Forest floor mass</i>				OC zaliha (kg m ⁻²) <i>OC stock</i>				Nuk zaliha (kg m ⁻²) <i>Ntot stock</i>			
		Aritm. sred. <i>Mean</i>	Std. dev. <i>Std. dev.</i>	Min. <i>Min.</i>	Maks. <i>Max.</i>	Aritm. sred. <i>Mean</i>	Std. dev. <i>Std. dev.</i>	Min. <i>Min.</i>	Maks. <i>Max.</i>	Aritm. sred. <i>Mean</i>	Std. dev. <i>Std. dev.</i>	Min. <i>Min.</i>	Maks. <i>Max.</i>
dno vrtače <i>sinkhole bottom</i>													
OL	5	0,69	0,25	0,41	1,05	0,35	0,15	0,20	0,56	0,01	0,00	0,01	0,01
OF ₁	5	1,22	0,21	0,99	1,50	0,56	0,12	0,43	0,72	0,02	0,00	0,02	0,02
OF ₂	5	3,03	1,40	1,64	5,17	1,25	0,66	0,63	2,28	0,05	0,02	0,03	0,09
OH	5	3,10	1,08	1,63	4,50	1,09	0,41	0,61	1,69	0,06	0,02	0,04	0,10
Ukupno <i>Total</i>	5	8,03	2,52	4,81	11,59	3,24	1,11	1,93	4,89	0,14	0,04	0,09	0,21
gornja trećina vrtače <i>the upper third of the sinkhole</i>													
OL	3	0,44	0,20	0,23	0,63	0,22	0,10	0,11	0,31	0,01	0,00	0,00	0,01
OF ₁	3	1,19	0,52	0,80	1,79	0,53	0,26	0,38	0,83	0,02	0,00	0,01	0,02
OF ₂	3	2,83	1,73	0,86	4,13	1,24	0,90	0,26	2,04	0,04	0,03	0,01	0,06
OH	3	1,25	0,69	0,55	1,93	0,48	0,34	0,13	0,81	0,02	0,01	0,01	0,03
Ukupno <i>Total</i>	3	5,71	2,49	2,86	7,49	2,48	1,31	1,02	3,54	0,08	0,03	0,05	0,11
uvala <i>karst valley</i>													
OL	2	1,18	0,14	1,08	1,28	0,55	0,07	0,50	0,60	0,02	0,00	0,01	0,02
OF ₁	2	0,31	0,00	0,61	0,61	0,14	0,00	0,28	0,28	0,01	0,00	0,00	0,01
OF ₂	2	1,39	0,64	0,93	1,84	0,43	0,31	0,21	0,65	0,02	0,01	0,01	0,03
OH	2	1,31	0,18	1,18	1,44	0,42	0,01	0,41	0,43	0,02	0,00	0,02	0,02
Ukupno <i>Total</i>	2	4,18	1,04	3,45	4,92	1,54	0,57	1,13	1,94	0,07	0,02	0,05	0,08

pukotina u dnu vrtača ljeti se osjeća strujanje hladnog i vlažnog zraka (u nekim jamama na Biokovu zabilježena je temperatura zraka od 3 °C, Bušelić i Ozimec 2008). Hladan zrak ostaje „zarobljen“ u vrtači, čime se stvaraju specifični mikroklimatski uvjeti koji pogoduju opstanku jele. Na Biokovu, u vršnoj zoni velik je broj jamskih otvora, te nebrojen broj pukotina (potencijalnih viših ulaza), a na nižim nadmorskim visinama u zoni rasprostranjenja jele brojne su vrtače s jamskim otvorima i pukotinama (niži ulazi) što omogućuje cirkulaciju zraka između površine i podzemlja (slika 4). Iako je pojava zabilježena u većem broju vrtača, taj utjecaj nije kvantificiran. Sličnu pojavu zapazi je i opisao i Mihevc (2021) u Smrekovoj dragi u Sloveniji. Ako se utvrdi da je ova pretpostavaka točna, cirkulacija zraka između površine i podzemlja mogla je biti, i biti će, važna za opstanak jele. Rezultati istraživanja utjecaja klimatskih promjena na ekološku nišu jele (Anić i dr. 2009) pokazali su vjerojatnost značajnog smanjenja prostorne distribucije ekološke niše u odnosu na današnje stanje, pa se u budućnosti može očekivati i smanjenje areala jele na Biokovu te njeno povlačenje i preživljavanje u vrtačama.

DEBLJINE, KOLIČINE TE ZALIHE ORGANSKOG UGLJIKA I UKUPNOG DUŠIKA U ŠUMSKOJ PROSTIRCI

DEPTH, MASS AND STOCKS OF ORGANIC CARBON AND TOTAL NITROGEN IN FOREST FLOOR

Prosječna debljina šumske prostirke u šumi jele i crnoga graba iznosi 4,0 cm, a ovisi o položaju u reljefu, pa je tako najveća debljina šumske prostirke zabilježena u dnu vrtača 4,9 cm, u gornjoj trećini vrtača se smanjuje pa iznosi 3,7 cm, dok na grebenima prevladavaju stijene i kameni blokovi, a tlo i prostirka često potpuno izostaju. U uvali je debljina šumske prostirke iznosila 2,5 cm.

Kako su debljina šumske prostirke, njena količina i zalihe OC i Nuk zavisne varijable, one pokazuju isti trend. Tako je ukupna količina šumske prostirke u dnu vrtača najveća i kreće su u rasponu od 4,81 kg m⁻² do 11,59 kg m⁻². Manja količina, utvrđena je u gornjim dijelovima vrtača u rasponu od 2,86 kg m⁻² do 7,49 kg m⁻², a najmanja u dnu uvala, u rasponu od 3,45 kg m⁻² do 4,92 kg m⁻². Na stjenovitim i ka-

menitim grebenima nije bilo akumulirane šumske prostirke ili je bila akumulirana u značajno manjim količinama.

Nije utvrđena statistički značajana razlika u udjelu OC i Nuk u šumskoj prostirci između istovrsnih podhorizonta s obzirom na položaj u reljefu, pa srednje vrijednosti (aritm. sred. $\pm$ std. dev.) po podhorizontima za OC iznose: u OL $49,09 \pm 2,32$ % (F 1,946, $p = 0,213$), u OF₁ $45,17 \pm 2,52$ % (F 0,136, $p = 0,876$), u OF₂ $38,01 \pm 7,48$ % (F 2,404, $p = 0,160$), a u OH $34,63 \pm 5,47$ % (F 0,214, $p = 0,812$). Udio Nuk u OL iznosi $1,49 \pm 0,47$ % (F 1,097, $p = 0,385$), u OF₁ $1,49 \pm 0,22$ % (F 0,943, $p = 0,441$), u OF₂ $1,53 \pm 0,31$ % (F 1,981, $p = 0,208$), a u OH $1,81 \pm 0,31$ % (F 1,513, $p = 0,284$).

Ukupna OC zaliha u dnu vrtača u rasponu je od $1,93 \text{ kg m}^{-2}$ do $4,89 \text{ kg m}^{-2}$. Manja OC zaliha utvrđena je u gornjim dijelovima vrtača u rasponu od $1,02 \text{ kg m}^{-2}$ do $3,54 \text{ kg m}^{-2}$, a još manja u dnu uvale u rasponu od $1,13 \text{ kg m}^{-2}$ do $1,94 \text{ kg m}^{-2}$. Ukupna Nuk zaliha u dnu vrtača kreće su u rasponu od $0,09 \text{ kg m}^{-2}$ do $0,21 \text{ kg m}^{-2}$. Manja Nuk zaliha utvrđena je u gornjim dijelovima vrtača u rasponu od $0,05 \text{ kg m}^{-2}$ do $0,11 \text{ kg m}^{-2}$, a još manja u dnu uvale u rasponu od $0,05 \text{ kg m}^{-2}$ do $0,08 \text{ kg m}^{-2}$. Deskriptivnom statistikom u tablici 1 prikazane su količine šumske prostirke, OC i Nuk zalihe po podhorizontima i ukupno.

Rubovi vrtača i grebeni imaju izraženiju stjenovitost, manju količinu šumske prostirke koja je prostorno neujednačeno akumulirana, te plitko tlo (kalkomelanosol). Tu do-

miniraju termofilne vrste drveća crni grab, hrast medunac, maklen i crni jasen, a stabla jele manjih su dimenzija te se pojavljuju sporadično ili izostaju. To je logično, jer su ovakvi položaji ljeti češće izloženi nepovoljnim sušnim uvjetima. Stabla jele uz rubove vrtača često su suha ili smanjene vitalnosti. Grebeni između vrtača na nekim su mjestima stjenoviti i kameniti bez vegetacije, prostirke i tla.

Dobiveni rezultati uspoređeni su s dostupnim rezultatima ranijih znanstvenih istraživanja (Bakšić 2002, Martinović 2003, Pernar i dr. 2008, Bakšić i dr. 2008, Glamočlija 2014, Bakšić i dr. 2020, Bakšić N 2022) za tri najzastupljenije je-love zajednice: zapadnodinarska bukovo-jelova šuma s miš-jim uhom (*Omphalodo-Fagetum* /Tregubov 1957/ Marinček i dr. 1993) – oznaka O-F; šuma jele s rebračom (*Blechno-Abietetum* Horvat /1938/ 1950) – oznaka B-A i panonska bukovo-jelova šuma s vlasuljom (*Festuco drymeiae-Abietetum* Vukelić et Baričević 2007) oznaka F-A (Tablica 2).

Količina akumulirane šumske prostirke, te OC i Nuk zaliha u zajednici O-A sa Biokova slična je onoj zajednice B-A iz Gorskog kotara, međutim udjel pojedinih podhorizonta u ukupnoj količini prostirke između ove dvije zajednice je različit, a najizraženija je razlika u udjelu OH-podhorizonta. U O-A OH-podhorizont čini 33 % ukupne mase, dok u B-A OH-podhorizont čini čak 76 % ukupne mase. O-F iz prašume Čorkova uvala ima manje srednje vrijednosti količina, OC i Nuk zaliha u šumskoj prostirci od O-A

Tablica 2. Količina, OC i Nuk zaliha u šumskoj prostirci različitih jelovih šuma Hrvatske: O-A (*Ostrya-Abietetum*), B-A (*Blechno-Abietetum*), O-F (*Omphalodo-Fagetum*) i F-A (*Festuco-Abietetum*)

Table 2. Mass, OC and Ntot stock in the forest floor of different fir forests in Croatia: O-A (*Ostrya-Abietetum*), B-A (*Blechno-Abietetum*), O-F (*Omphalodo-Fagetum*) i F-A (*Festuco-Abietetum*)

Šumska zajednica / Lokalitet Forest community / Locality	N	Aritm. sred. Mean	Std. dev. Std. dev.	Min. Min.	Maks. Max.	Udio OH OH proportion
kg m ⁻²						
O-A Biokovo						(%)
Količina Mass	10	6,57	2,65	2,86	11,59	33
OC zaliha OC ctock	10	2,67	1,20	1,02	4,89	29
Nuk zaliha Ntot stock	10	0,11	0,05	0,05	0,21	38
B-A Gorski kotar						
Količina Mass	25	6,25	2,50	3,15	11,53	76
OC zaliha OC ctock	25	2,39	0,91	1,26	4,27	70
Nuk zaliha Ntot stock	25	0,04	0,02	0,02	0,07	72
O-F Gorski kotar						
Količina Mass	30	1,17	0,66	0,33	3,56	0
OC zaliha OC ctock	30	0,50	0,28	0,14	1,49	0
Nuk zaliha Ntot stock	30	0,02	0,01	0,00	0,05	0
O-F Čorkova uvala						
Količina Mass	18	4,18	2,45	1,17	9,46	23
OC zaliha OC ctock	18	1,74	1,10	0,49	4,87	21
Nuk zaliha Ntot stock	18	0,07	0,03	0,02	0,03	23
F-A Medvednica						
Količina Mass	20	3,72	2,63	1,10	10,39	60
OC zaliha OC ctock	20	1,19	0,71	0,44	3,08	47
Nuk zaliha Ntot stock	20	0,08	0,05	0,03	0,21	56

i B-A, ali mu maksimalne vrijednosti ne odudaraju značajno. Najmanja količina šumske prostirke, te OC i Nuk zalihe zabilježena je u O-F u Gorkom kotaru, gdje nema OH-podhorizonta. Šumska prostirka u području krša, posebno na vapnenačkoj podlozi prostorno je značajno varijabilna, a na mnogim mjestima zbog stjenovitosti i kameinitosti prostirka izostaje pa ju tu nije niti moguće uzorkovati, što onda utječe na više minimalne i srednje vrijednosti. U B-A šumska prostirka kontinuirano pokriva tlo, pa se zapravo može reći da su realno najveće količinite OC i Nuk zalihe u njoj.

Značajna razlika između B-A i O-F (tablica 2) koje se nalaze u istom bioklimatu (Gorski kotar) može se objasniti različitim matičnim supstratom (silikat – vapnenac) koji uvjetuje formiranje različitih tipova tla, pa se u B-A na podzolu i distričnom kambisolu javlja karakteristična morforma humusa, dok se u O-F na kalkokambisolu javlja mull i mull-moder forma humusa. U F-A i O-A prisutna je morforma humusa.

FIZIOGRAFSKE ZNAČAJKE TLA PHYSIOGRAPHIC SOIL PROPERTIES

Tekstura tla u površinskih 10 cm dubine u šumi jele i crnoga graba kreće se u rasponu od praškaste ilovače do praškaste gline, a dvije najzastupljenije frakcije su prah $49,9 \pm 9,4\%$ i glina $30,0 \pm 12,4\%$. Udjel OC u površinskom sloju tla do 10 cm dubine iznosi $130,0 \text{ g kg}^{-1}$ što ga svrstava u kategoriju vrlo jako humoznog, a raspon se kreće od $45,0 \text{ g kg}^{-1}$ do $248,7 \text{ g kg}^{-1}$, odnosno od jako do vrlo jako humoznog. Iako nije utvrđena statistički značajna razlika u udjelu OC (F 3,216, $p = 0,112$), najniže vrijednosti imalo je tlo u uvali (raspon od $45,0 \text{ g kg}^{-1}$ do $60,0 \text{ g kg}^{-1}$). Udjel Nuk u površinskom sloju tla do 10 cm dubine iznosi $8,8 \text{ g kg}^{-1}$ što ga svrstava u kategoriju vrlo bogatog, a raspon se kreće od $3,0 \text{ g kg}^{-1}$ do $16,6 \text{ g kg}^{-1}$ (sve je u kategoriji vrlo bogatog). Iako nije utvrđena statistički značajna razlika u udjelu Nuk (F 1,923, $p = 0,226$), najniže vrijednosti imalo je tlo u uvali (raspon od $3,0 \text{ g kg}^{-1}$ do $3,8 \text{ g kg}^{-1}$). Nije utvrđena statistički značajna razlika C/N (F 3,442, $p = 0,101$) tla s obzirom na položaj u reljefu. C/N odnos u površinskom sloju tla do 10 cm dubine iznosi 15 (raspon od 13 – 22). Vrijednosti pH površinskog sloja tla do 10 cm dubine iznose $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} 5,83 \pm 0,59$, dok je $\text{pH}_{\text{CaCl}_2} 5,30 \pm 0,65$.

Na temelju određene srednje pH vrijednosti tlo je osrednje kiselo, odnosno, ako se promatraju minimalne i maksimalne vrijednosti ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} 4,89 - 6,74$; $\text{pH}_{\text{CaCl}_2} 4,19 - 6,24$), u rasponu od jako kiselog do vrlo slabo kiselog (Pernar i dr. 2013). Za uzorke tla u kojima je $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ bio iznad 6 određen je udjel karbonata. U četiri uzorka utvrđen je nizak udjel karbonata (CaCO_3) u rasponu od $0,63$ do $2,12 \text{ g kg}^{-1}$, dok su svi ostali uzorci bili beskarbonatni.

Po pH-vrijednosti ($H(6, N=135) = 93,669$, $p = 0,363$), udjelu OC ($H(6, N=135) = 17,175$, $p = 1,557$) i Nuk ($H(6, N=135) = 24,621$, $p = 0,827$) O-A se ne razlikuje statistički značajno od O-F sjevernog Velebita i Gorskog kotara što upućuje na dominantan pedogenetski utjecaj (karbonatnog) matičnog supstrata. Jedinu razliku čine udjel gline u A horizontu i ukupna dubina tla. Osnovni limitirajući čimbenik u šumi jele s crnim grabom je dubina tla. U odnosu na ostale jelove šume u području sjevernog Velebita, Gorskog kotara i Panonske Hrvatske radi se o najplićim tlima koja rijetko prelaze dubinu od 40 cm, dok primjerice kalkokambisoli na sjevernom Velebitu imaju raspon dubina od 37 do 80 cm, a u Gorkom kotaru od 27 do 66 cm. U Gorkom kotaru površ silikatne podloge distrični kambisol ima dubinu u rasponu od 32 do 102 cm, a podzol čak od 30 do 120 cm pa i više. Usporedba nekih fiziografskih značajki različitih jelovih zajednica (Bakšić 2002, Bakšić i dr. 2008, Glamočlija 2014) prikazana je u tablici 3.

BIOGENI ELEMENTI U TLU BIOGENIC ELEMENTS IN THE SOIL

Ekstrakcija elemenata u zlatotopci omogućuje uvid u „semitotalne“ vrijednosti udjela nekog elementa u tlu. U tablici 4 prikazana je deskriptivna statistika za svaki element. Za makroelemente P, K, Ca i Mg, te mikroelemente Fe i Mn u tablici 4 u trećem stupcu prikazane su i vrijednosti iskazane u % kako bi bile usporedive s rezultatima iz „Geokemijskog atlasa Republike Hrvatske“.

Udjel As, Cd i Pb u površinskom sloju tla do 10 cm dubine prikazan je deskriptivnom statistikom u tablici 5.

Tablica 4. Biogeni elementi ekstrahirani zlatotopkom u površinskom sloju tla do 10 cm dubine (N = 9).

Table 4. Biogenic elements extracted with Aqua Regia in topsoil (N = 9).

1	2	3	4	5	6	7
Element	Aritm. sred.	Aritm. sred.	Std. dev.	Min.	Maks.	Koef. Varijacije
Element	Mean	Mean	Std. dev.	Min.	Max.	CV
	mg kg^{-1}	%		mg kg^{-1}		%
P	1236,9	0,12	357,4	821,6	1902,8	29
K	6390,3	0,64	1396,5	4242,3	8694,6	22
Ca	17960,4	1,80	7755,4	6084,0	32030,0	43
Mg	7671,4	0,77	1512,9	5096,9	9219,9	20
Fe	38577,8	3,86	7288,7	25070,0	46050,0	19
Mn	1101,0	0,11	285,8	755,3	1561,2	26
Cu	45,3		6,9	33,6	56,5	15
Zn	163,4		22,9	138,5	210,5	14
Ni	60,8		27,4	26,6	114,9	45
Mo	2,4		3,0	0,9	10,2	124
B	41,9		4,6	33,1	48,5	11

Tablica 5. Škodljivi elementi As, Cd i Pb u površinskom sloju tla do 10 cm dubine (N = 9).**Table 5.** Harmful trace elements As, Cd and Pb in topsoil (N = 9)

1 Element <i>Element</i>	2 Aritm. sred. <i>Mean</i>	3 Std. dev. <i>Std. dev.</i>	4 Min. <i>Min.</i>	5 Maks. <i>Max.</i>	6 Koef. Varijacije <i>CV</i>
mg kg ⁻¹					%
As	13,9	6,1	8,9	22,2	44
Cd	6,3	0,9	5,0	7,9	14
Pb	71,8	21,0	37,7	96,7	29

Uspoređene su srednje vrijednosti (medijan) koncentracija za Cu, Zn, Ni, As, Cd i Pb (tablica 6, stupac 3) sa srednjim vrijednostima iz „Geokemijskog atlasa Hrvatske“ GKA RH (Halamić i Miko 2009) za područje Primorske Hrvatske (tablica 6, stupac 4). Vrijednosti medijana za Cd, Cu, Pb i Zn u zajednici O-A nalaze se unutar raspona vrijednosti za svaki pojedini element, ali su povišene u odnosu na vrijednosti medijana iz GKA RH (tablica 6, stupac 4), odnosno nalaze se iznad prosječnih geogenih vrijednosti za tlo (Pernar 2017). Kada se vrijednosti usporede s maksimalno dopuštenim – MDK (tablica 6, stupac 5), te stupnjem onečišćenja (tablica 6, stupac 6) (Pravilnik o onečišćenju poljoprivrednog zemljišta, NN 71/2019) kategorije onečišćenja (tablica 6, stupac 7) idu od povećane onečišćenosti za Cu do zagađenog za Cd.

U istraživanjima u sastojinama crnog bora na Biokovu u površinskim horizontima tla utvrđen je vrlo povišen sadržaj teških metala (Pb, Cu, Zn), posebice olova (Vrбек & Vrбек 2011) kojeg autori pripisuju zračnom daljinskom tran-

sportu i suhom i mokrom taloženju. Vrijednosti za Pb, Cu i Zn u O-A više su od onih utvrđenih u sastojinama crnog bora te bi se također mogle pripisati suhom i mokrom taloženju. Dobivene vrijednosti upućuju na potrebu uspostave motrenja koncentracija teških metala prema ICP programu (Bommarez i dr. 2021).

ZAKLJUČCI CONCLUSIONS

Usporedba klimatskih značajki jelovih šuma u Hrvatskoj pokazala je da jelove šume na Biokovu imaju veće srednje vrijednosti temperature zraka, manje srednje vrijednosti količine oborine, kao i manje količine oborine u vegetacijskom razdoblju od jelovih šuma Gorskog kotara i sjevernog i srednjeg Velebita. Klimatske značajke jelovih šuma Biokova najslabije su onima iz nižih područja Like. S obzirom da ne postoje direktno mjereni meteorološki podaci, nameće se potreba za uspostavom meteorološkog motrenja u predjelu Kaoci za potrebe preciznijeg definiranja klimatskih značajki u području pridolaska jele.

U termofilnoj šumi jele i crnog graba, stabla jele u dnu vrtača, gdje je količina šumske prostirke veća (4,81 kg m⁻² do 11,59 kg m⁻²), a tlo dublje, u pravilu su većih dimenzija, vitalnija, a time i manje izložena odumiranju. Iako je utvrđena značana količina akumulirane šumske prostirke i zaliha organskog ugljika u O-A, to treba promatrati u kontekstu izrazito velike prostorne varijabilnosti, gdje prostorna distribucija predstavlja mozaik od izostanka do maksimalno utvrđenih vrijednosti. U dnu vrtača mozaično se izmjenjuju kalkomelanosol, kalkokambisol plitki i, rjeđe,

Tablica 6 Usporedba medijana koncentracija elemenata u tlu (0-10 cm) u O-A sa medijanima iz „Geokemijskog atlasa Hrvatske“. Maksimalno dopuštena količina - MDK i stupanj onečišćenja temeljem jednadžbe $So (\%) = \text{ukupni sadržaj teških metala u zemljištu} / \text{maksimalno dopuštena vrijednost} \times 100$ (NN 9/2014, NN 71/2019).**Table 6.** Comparison of median concentrations of elements in soil (0-10 cm) in O-A with medians from the „Geochemical Atlas of Croatia“. Maximum Permissible Limits - MPL and pollution level based on the equation $PI (\%) = \text{total content of heavy metals in soil} / \text{maximum permissible limit} \times 100$ (NN 9/2014, NN 71/2019).

1 Element <i>Element</i>	2 O-A Aritm. sred. <i>Mean</i>	3 O-A Medijan <i>Median</i>	4 GKA RH Medijan <i>Median</i>	5 MDK MPL	6 So PI	7 Kategorija <i>Category</i>
mg kg ⁻¹				pHKCI 5 – 6	%	
Cu	45,3	45,3	35,5	90	50	Povećana onečišćenost <i>Increased contamination</i>
Zn	163,4	160,6	108,0	150	109	Onečišćeno <i>Contaminated</i>
Ni	60,8	59,0	74,6	50	122	Onečišćeno <i>Contaminated</i>
As	13,9	8,9	18,0	25	56	Velika onečišćenost <i>High contamination</i>
Cd	6,3	6,4	1,1	1,5	420	Zagađeno <i>Polluted</i>
Pb	71,8	78,6	48,7	100	72	Velika onečišćenost <i>High contamination</i>

srednje duboki (dubina < 40 cm). Iako vrtače zbog svoje morfologije, uz potpuno zatvoren šumski sklop, imaju svoje mikroklimatske posebnosti, treba istaknuti da se u većem broju vrtača, između vapnenačkih blokova, iz pukotina i jamskih otvora, u ljetnim mjesecima, osjeća strujanje hladnog i vlažnog zraka, čime su mikroklimatski uvjeti za opstanak jele povoljniji nego da se radi o samom utjecaju reljefa. Valjalo bi istražiti (terenskim obilaskom i motrenjem mikroklimatskih uvjeta) radi li se o lokalnom utjecaju (predjel Kaoci) ili o utjecaju koji je prisutan u cijelom području rasprostranjenja jele na Biokovu, a bilo bi preporučljivo uspostaviti plohu trajnog motrenja (ICP ploha) u sastojinama jele, jer kategorije onečišćenja idu od povećane onečišćenosti za Cu do zagađenog za Cd. Rubovi vrtača i grebeni imaju izraženiju stjenovitost, manju količinu šumske prostirke koja je prostorno neujednačeno akumulirana, te plitko tlo (kalkomelanosol). Tu dominiraju termofilne vrste drveća crni grab, hrast medunac, maklen i crni jasen, a stabla jele manjih su dimenzija te se pojavljuju sporadično ili izostaju. Na ovakvim nepovoljnijim, sušim položajima, stabla jele smanjene su vitalnosti i često se suše.

Zahvala – Acknowledgements

Autori zahvaljuju Parku prirode Biokovo na potpori ovom istraživanju.

LITERATURA REFERENCES

- Anić, I., J. Vukelić, S. Mikac, D. Bakšić, D. Ugarković, 2009: Utjecaj globalnih klimatskih promjena na ekološku nišu obične jele (*Abies alba* Mill.) u Hrvatskoj Sumar List br 3-4, CXXXIII, 135-144.
- Bakšić, D., 2002: Adsorpcijski kompleks tla na nekarbonatnim supstratima u jelovim i bukovo-jelovim sastojinama Hrvatske, magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, 133 p.
- Bakšić, D., N. Pernar, J. Vukelić, D. Baričević, 2008: Properties of cambisol in beech-fir forests of Velebit and Gorski kotar, Period Biol 110 (2). 119-125.
- Bakšić, D., D. Krstonošić, B. Hrašovec, N. Bakšić, N. Pernar, I. Perković, V. Roje, D. Ugarković, S. Mikac, A. Žmegač, D. Trlin, 2020: Motrenje stanja i kartiranje posebno značajnih šumskih asocijacija Parka prirode Biokovo, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, izvješće, 80 p.
- Bakšić, N., D. Bakšić, 2017: Količine goriva i zalihe ugljika u šumskoj prostirci sastojina alepskog bora na Mljetu (Forest floor fuel loads and carbon stocks in Aleppo pine forests on island Mljet), Sumar List, 5–6: 247–256, <https://doi.org/10.31298/sl.141.5-6.3>
- Bakšić, N., D. Bakšić, 2020: Estimation of fuel loads and carbon stocks of forest floor in endemic Dalmatian black pine forests, iForest - Biogeosciences and Forestry, Volume 13, Issue 5: 382-388 <https://doi.org/10.3832/for3184-013>.
- Bakšić, N., 2022: Zalihe ugljika i ukupnog dušika u šumskoj prostirci u prašumi Čorkova uvala, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvene tehnologije, 23 p.
- Ballian, D., 2005: Novi prilog poznavanju obične jele (*Abies alba* Mill.) s Biokova. Sumar List 1-2, CXXXIX, 63-70.
- Ballian, D., V. Halilović, 2016: Varijabilnost obične jele (*Abies alba* Mill.) u Bosni i Hercegovini. Udruženje inženjera i tehničara šumarstva Federacije Bosne i Hercegovine, Silva Slovenica – izdavački centar Šumarskog instituta Slovenije, Sarajevo, Ljubljana, 345 p.
- Battipaglia, G., M. Saurer, P. Cherubini, R. T. W. Siegwolf, M. F. Cotrufo, 2009: Tree rings indicate different drought resistance of native (*Abies alba* Mill.) and a nonnative (*Picea abies* (L.) Karst.) species co-occurring at a dry site in Southern Italy, For Ecol Manage 257: 820–828, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.10.015>
- Bommaré, T., N. Cools, B. De Vos, 2021: Heavy metals in forest floors and topsoils of ICP Forests Level I plots. Forest Soil Coordinating Centre of ICP Forests. Report of the Research Institute for Nature and Forest (5). Research Institute for Nature and Forest, Brussels. DOI: doi.org/10.21436/inbor.29316481
- Borzan, Ž., A. Ž. Lovrić, M. Rac, 1992: Hrvatski biljni endemi. ed. Monografija Šume u Hrvatskoj, str. 231-232.
- Bušelić, S., R. Ozimec, 2008: Speleologija Biokova. u Ozimec, R. (ur.2008): Biokovo. Graphis d.o.o. Zagreb, Javna ustanova Park Prirode Biokovo, 49-73, Zagreb.
- Čavlović, J., A. Bončina, M. Božić, E. Goršić, T. Simončić, K. Teslak, 2015: Depression and growth recovery of silver fir in uneven-aged Dinaric forests in Croatia from 1901 to 2001, Forestry 2015; 88, 586–598, <https://doi.org/10.1093/forestry/cpv026>
- Elling, W., Ch. Dittmar, K. Pfaffelmoser, T. Rotzer, 2009: Dendroecological assessment of the complex causes of decline and recovery of the growth of silver fir (*Abies alba* Mill.) in Southern Germany, For Ecol Manage 257: 1175–1187.
- Gazol, A., J. J. Camarero, E. Gutiérrez, I. Popa, L. Andreu-Hayles, R. Motta, P. Nola, M. Ribas, G. Sangüesa-Barreda, C. Urbinati, M. Carrer, 2015: Distinct effects of climate warming on populations of silver fir (*Abies alba*) across Europe, J Biogeogr 42: 1150–1162, <https://doi.org/10.1111/jbi.12512>
- Glamočlija, N., 2014: Utjecaj litološke podloge na fiziografske značajke tla bukovo-jelovih šuma na Medvednici, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, 57 p.
- Gradečki-Poštenjak, M., 2010: Utjecaj oštećenosti krošanja na varijabilnost fizioloških i kvantitativnih svojstava obične jele (*Abies alba* Mill.), disertacija. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 158 p.
- Halamić, J., S. Miko, 2009: Geokemijski atlas Hrvatske, Hrvatski geološki institut Zagreb, p. 87.
- Hampe, A., R. J. Petit, 2005: Conserving biodiversity under climate change: the rear edge matters. Ecology Letters, 8, 461–67.
- IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. A Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Ge-

- neva, Switzerland, (in press), https://report.ipcc.ch/ar6syrr/pdf/IPCC_AR6_SYR_LongerReport.pdf
- Ivanković, M., H. Marjanović, 2005: Varijabilnost visina sadnica obične jele (*Abies alba* Mill.) po sjemenskim jedinicama u pokusu provenijencija Brloško. Rad. Šumar. Inst. 40 (2): 117-130.
 - Lovrić A. Ž., M. Rac, 1992: Suhe jelove šume na primorskim vjetrometinama (*Abieti-Quercion* i *Calamagrostio-Abietion*), 6 IUFRO Tannensymposium, Zagreb, str. 143-150.
 - Martinović, J., 2003: Gospodarenje šumskim tlima u Hrvatskoj, Šumarski institut Jastrebarsko, 521 p.
 - McDowell N, S. Sevanto, 2010: The mechanisms of carbon starvation: how, when, or does it even occur at all? New Phytol 186:264-266,
 - Medvedović, J., 2001: Klima i hidrološke prilike u jelovim šumama Panonske Hrvatske, Obična jela (*Abies alba* Mill.) u Hrvatskoj (Prpić, B., ur.). Akademija šumarskih znanosti i Hrvatske šume d.o.o., 147-161 p.
 - Mihevc, A., 2021: Ice in caves and its effect on thermal inversion and permafrost in the case of the Velika Ledena jama v Paradani, Smrekova draga and neighbouring dolines, Acta Carsologica 50/2-3, 241-251, Postojna.
 - NN 9/2014: Pravilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja, Ministarstvo poljoprivrede RH, https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_01_9_167.html
 - NN 71/2019: Pravilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja, Ministarstvo poljoprivrede RH, https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_07_71_1507.html
 - Pernar, N., 2017: Tlo, nastanak, značajke, gospodarenje. Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, 799 p.
 - Pernar, N., S. Matić, D. Bakšić, E. Klimo, 2008: The accumulation and properties of surface humus layer in mixed selection forests of fir on different substrates, EKOLÓGIA, 27, 1: 41-53.
 - Pernar, N., D. Bakšić, I. Perković, 2013: Terenska i laboratorijska istraživanja tla, priručnik za uzorkovanje i analizu. Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, 192 p.
 - Pernek, M., B. Hrašovec, D. Matošević, I. Pilaš, T. Kiristis, J. C. Moser, 2008. Phoretic mites of three bark beetles (*Pityokteines* spp.) on Silver fir. Journal of Pest Science 81: 35-42.
 - Pernek, M., N. Lacković, 2011: Uloga jelovih krivozubih potkornjaka u sušenju jele i mogućnosti primjene feromonskih klopki za njihov monitoring. Sumar List 13: 114-121.
 - Petz, B., V. Kolesarić, D. Ivanec, 2012: Petzova statistika – Osnovne statističke metode za nematematičare, Naklada Slap, 680 p.
 - Potočić, N., T. Ćosić, I. Pilaš, 2005. The influence of climate and soil properties on calcium nutrition and vitality of silver fir (*Abies alba* Mill.). Environmental Pollution 137:596-602, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2005.01.045>
 - Potočić, N., T. Ćosić, I. Pilaš, I. Seletković, B. Vrbek, 2007. Dinamika dušika i fosfora u iglicama obične jele (*Abies alba* Mill.) različitog stupnja osutosti krošanja. Rad. – Šum. inst. Izvanredno izdanje 42:109-125.
 - Rac, M., A. Ž. Lovrić, 1992: Taksonomski varijacijski prikazi vrsta jele na zapadnom Balkanu i nova prirodna staništa endemske *Abies pardei* s ostalim hibridima. 6 IUFRO Tannensymposium, Zagreb, str. 57-67.
 - Schulp, C. J. E., G.-J. Nabuurs, P. H. Verburg, R. W. de Waal, 2008: Effect of tree species on carbon stocks in forest floor and mineral soil and implications for soil carbon inventories, For Ecol Manage 256, 482-490, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.05.007>
 - Seletković, Z., 2001: Klima i hidrološke prilike u dinarskim jelovim šumama u Hrvatskoj, Obična jela (*Abies alba* Mill.) u Hrvatskoj (Prpić, B., ur.). Akademija šumarskih znanosti i Hrvatske šume d.o.o., 133-146 p.
 - Sokal, R. R., F. J. Rohlf, 1995: Biometry: The principles and practice of statistics in biological research. 3rd ed. W. H. Freeman, New York, 887 p.
 - Šoljan D., E. Šolić, 1986/1987: Prilog poznavanju jele na Biokovu. Glasnik Zemaljskog muzeja BiH, 25-26: 53-69.
 - Šoljan. D., 1990: Novi varijetet vrste *Abies alba* Mill. Bilten Društva ekologa BiH, 5: 77-80.
 - TIBCO Software Inc., 2020: Data Science Workbench, version 14. <http://tibco.com>.
 - Trinajstić, I., 1999: Što su *Abies pardei* Gussone i *Abies biokovensis*. Sumar List, Zagreb, 1-2: 11-16.
 - Trinajstić, I., 2001: Rasprostranjenost obične jele *Abies alba* u Hrvatskoj. ed. Obična jela u Hrvatskoj, Zagreb, str. 98-101.
 - Ugarković, D., I. Tikvić, Z. Seletković, 2011: Odnos stanišnih i strukturnih čimbenika prema odumiranju i ishrani stabala obične jele (*Abies alba* Mill.) u Gorskom kotaru. Croat J For Eng 32 (1), 57-71.
 - Ugarković, D., I. Seletković, I. Tikvić, M. Ognjenović, K. Popić, M. Orešković, N. Potočić, 2021: Povezanost mortaliteta obične jele (*Abies alba* Mill.) s klimatskim i strukturnim parametrima, Sumar List, 7-8: 311-321.
 - Vidaković, M., 1993: Četinjače - morfologija i varijabilnost. Grafički zavod Hrvatske, Hrvatske šume, p.o. Zagreb, Zagreb, str.1-741.
 - Vrbek, B., M. Vrbek, 2011: Sadržaj teških kovina u tlu pod crnim borom na SZ obroncima Biokova, Znanstveno-stručni skup „Biokovo na razmeđu milenija: razvoj parka prirode u 21. stoljeću“, Potrka K., Škrabić H., Srzić S. (ur) Makarska JU PP Biokovo, str. 20-21.
 - Vukelić, J., S. Mikac, D. Baričević, D. Bakšić, R. Rosavec, 2008: Šumska staništa i šumske zajednice u Hrvatskoj. Nacionalna ekološka mreža, Državni zavod za zaštitu prirode, 264 p.
 - Zaninović, K., M. Gajić-Čapka, M. Perčec Tadić, M. Vučetić, J. Milković, A. Bajić, K. Cindrić, L. Cvitan, Z. Katušin, D. Kaučić, T. Likso, E. Lončar, Ž. Lončar, D. Mihajlović, K. Pandžić, M. Patarčić, L. Srnec, V. Vučetić, 2008: Klimatski atlas Hrvatske 1961-1990, 1971-2000. Croatian Meteorological and Hydrological Service, pp 200. - https://klima.hr/razno/publikacije/klimatski_atlas_hrvatske.pdf

SUMMARY

Climate change is affecting the availability of resources and conditions critical to the life and survival of forest communities and the species that inhabit them, especially at the edges of their distribution. Numerous studies indicate that fir forests are threatened by climate change, especially at the southern edges of their range where the negative effects of warming are more pronounced.

The aim of this study was to determine for the first time for the thermophilic and southernmost fir and hornbeam forests (*Ostryo-Abietetum*) in Croatia the physiographic characteristics of the forest floor and soil, as well as the content of heavy metals in topsoil layer, and to compare the obtained data for the forest floor and soil with data for other fir communities in Croatia. These forests grow from 850 m to 1150 m a.s.l. on the continental slope of Biokovo Mountain on a characteristic sinkhole relief which influences the mosaic arrangement of soil, vegetation and forest floor.

Field observations in a number of sinkholes have shown that in summer (the dry and hot period) cold air flows in from caves and cracks and creates specific microclimatic conditions in the sinkholes that are favourable for fir and could be a key factor for its survival.

At the bottom of the sinkholes, fir trees dominate, rockiness is less pronounced and Mollic Leptosol and Leptic Cambisol alternate. The forest floor mass (load) is higher. On the other hand, at the edges of the sinkholes, the rockiness is more pronounced, the soil is either very shallow (Mollic Leptosol) or absent, and the forest floor mass is lower. Thermophilic tree species dominate, while firs are sporadic or absent.

Considerable amounts of forest floor and carbon stocks were determined in the fir and hornbeam forests, ranging from 2.86 kg m⁻² to 11.59 kg m⁻² and 1.13 kg m⁻² to 4.89 kg m⁻², respectively, with high spatial variability. According to the physiographic characteristics of the surface layer of the soil, fir and hornbeam forests are grouped together with the beech-fir forests of the northern Velebit and Gorski kotar, indicating the dominant pedogenetic influence of the (carbonate) parent substrate. The basic limiting factor of the soil of fir and hornbeam forests is its shallow depth. Elevated to very high content of the heavy metals Cu, Pb, Zn, Ni and Cd were found in the topsoil.

KEY WORDS: silver fir, soil, forest floor, European hop hornbeam, climate change

PODRUČJE RADA FORWARDERA – MODELIRANJEM DO PODRŠKE OPERATIVNOJ PRIMJENI

FORWARDER'S WORKING RANGE – FROM MODELING TO SUPPORT FOR OPERATIONAL APPLICATION

Tomislav PORŠINSKY¹, Zoran BUMBER², Zdravko PANDUR¹, Andreja ĐUKA^{1*}

SAŽETAK

Na osnovi poznavanja dimenzijskih i masenih značajki forwardera, razvijen je model raspodjele osovinskih opterećenja te procjene kretnosti forwardera pri izvoženju drva uz i niz nagib terena. Model je zasnovan na poznavanju položaja točke težišta forwardera, deklarirane nosivosti forwardera i duljini utovarene oblovine, graničnom nagibu kretnosti forwardera temeljem vučne značajke vozila pri izvoženju drva uz nagib terena te graničnom nagibu terena pri izvoženju drva niz nagib, kod kojega obodna sila poprima vrijednost nula, uz poštivanje ograničenja proisteklih iz prethodnih istraživanja.

Simulacijsko modeliranje procjene kretnosti pri izvoženju drva uz i niz nagib terena prikazano je na primjeru osmokotačnoga forwardera Komatsu 875, deklarirane nosivosti 16.000 kg, opremljenoga pneumaticima 710/45-26.5 za koji je metodom podizanja osovine određen položaj točke težišta.

Rezultati raspodjele adhezijskog opterećenja prednje i stražnje osovine forwardera ukazali su da pri izvoženju drva tvrdih listača mase 16.000 kg te duljine 4,82 m, uz i niz nagib terena u granicama $\pm 70\%$ ne dolazi do prekoračenja zbroya dopuštenih opterećenja guma kotača po osovinama te dopuštenog opterećenja prednje i stražnje bogi osovine. Pri izvoženju drva uz nagib terena, do rasterećenja prednje bogi osovine dolazi kod nagiba terena $>68\%$. Za navedeni raspon uzdužnih nagiba terena, najmanji konusni indeks od 950 kPa za primjerni forwarder predstavlja mjeru okolišne pogodnosti, a izračunat je na osnovi nominalnog tlaka na podlogu referentnih (opterećenijih) kotača stražnje bogi osovine vozila.

Granični nagib kretnosti nominalno natovarenoga forwardera uz nagib terena značajno ovisi o nosivosti šumskog tla iskazanoga konusnim indeksom, ali i o klizanju kotača vozila. Za iste vrijednosti konusnoga indeksa tla, pri vrijednostima klizanja kotača (10 – 15 %) koje odgovaraju najvećoj vučnoj korisnosti, granični nagib kretnosti forwardera ima niže vrijednosti, u odnosu na klizanje kotača (20 – 25 %) koje odgovara okolišnom ograničenju, odnosno početku erozionih procesa na nagnutim terenima.

Granični nagib terena pri izvoženju drva forwarderom niz nagib terena kod kojeg obodna sila poprima vrijednost nula, značajno ovisi samo o nosivosti šumskog tla te se nije pokazao kao dobar pokazatelj ograničenja izvoženja drva. Određivanje ograničenja kretnosti forwardera pri izvoženju drva niz nagib terena u budućnosti će predstavljati istraživački izazov.

KEY WORDS: forwarder, težište vozila, opterećenje osovina

¹ Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za šumarske tehnike i tehnologije, Svetošimunska 25, HR–10002 Zagreb, Hrvatska, prof. dr. sc. Tomislav Poršinsky, e-pošta: tporsinsky@sumfak.unizg.hr, doc. dr. sc. Andreja Đuka, e-pošta: aduka@sumfak.unizg.hr, doc. dr. sc. Zdravko Pandur, e-pošta: zpandur@sumfak.unizg.hr;

² Hrvatske šume d.o.o. – UŠP Zagreb, Lazinska 41, HR – 10 000 Zagreb, mr. sc. Zoran Bumber, e-pošta: zoran.bumber@hrsume.hr

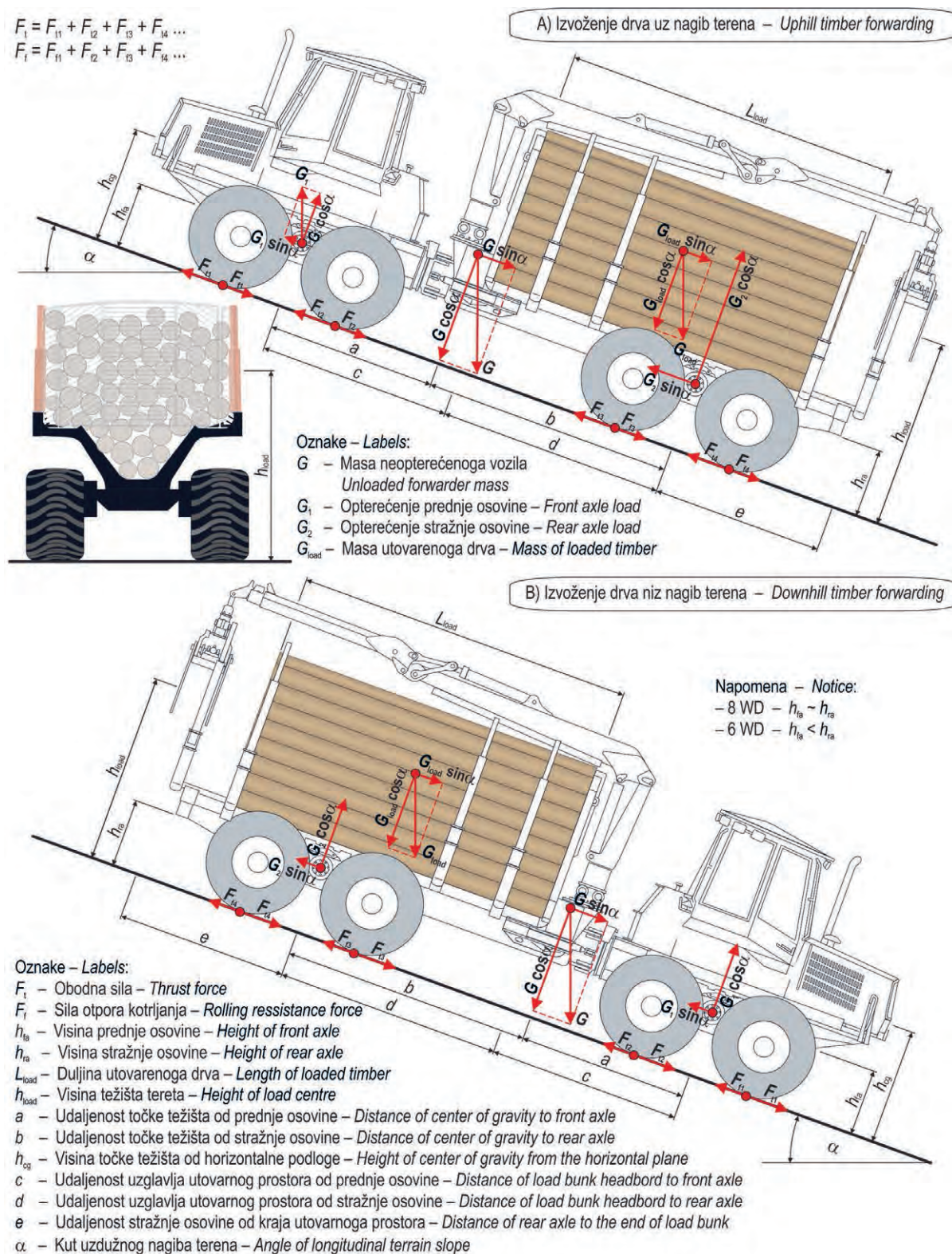
* dopisni autor – corresponding author, doc. dr. sc. Andreja Đuka, e-pošta: aduka@sumfak.unizg.hr

1. UVOD

INTRODUCTION

Privlačenje drva je pomicanje dijelova ili cijelih stabala, od panja ili mjesta sakupljanja drva do pomoćnoga stovarišta

(Poršinsky 2005), a izbor sredstva privlačenja drva (skider, forvarder, žičara) u svjetlu djelovanja terenskih čimbenika (reljefnih područja šuma) te razine primarne i sekundarne otvorenosti šuma je najbitnija odrednica cijeloga sustava pridobivanja drva (Janeš i dr. 2022). Primjena šumskih vo-



Slika 1. Raspodjela sila pri izvoženju drva forvaderom uz i niz nagib terena

Fig. 1 Distribution of forces at uphill and downhill timber forwarding

zila u mehaniziranim procesima proizvodnje drva predstavlja još uvijek najdjelotvorniji način pridobivanja drva, pri čemu se pred šumska vozila postavlja zahtjev za njihovom što većom kretnošću u odnosu na prometnost terena šumskoga bespuća (Poršinsky i dr. 2016). Kretnost je šumskih vozila njihova sposobnost prolaska s jednoga na drugo mjesto u prostoru šumskoga radišća (sječine) uz zadržavanje mogućnosti izvršavanja svoje primarne zadaće (Đuka i dr. 2018A). S obzirom na složenost međudjelovanja vozila i terena, kretnost se šumskih vozila raščlanjuje na: 1) prohodnost vozila – međudjelovanje geometrije vozila i geometrije površine terena (Poršinsky i dr. 2016), 2) vučnu značajku – ovisnost vučne sile o klizanju kotača i nosivosti podloge (Suvinen i Saarilahti 2006, Hittenbeck 2013) te 3) okolišnu pogodnost – dodirne tlakove vozila s tlom (Poršinsky i dr. 2011, Starke i dr. 2020).

Kretnost forvardera postaje istraživački izazov zbog njihovog sve većeg korištenja na nagnutim terenima (Visser i Berkett 2005, Strandgard i dr. 2017, Borz i dr. 2021), a dodatnim opremanjem forvardera sidreno-trakcijskim vitlom izvoženje drva forvarderima postaje troškovno konkurentnije iznošenju drva šumskim žičarama (Holzfeind i dr. 2018, Holzfeind i dr. 2020). Pored udaljenosti privlačenja drva (Đuka i dr. 2017, Đuka i dr. 2021), najznačajniji utjecajni čimbenik djelotvornosti izvoženja drva forvarderom je obujam (masa) tereta, koji forvarderi transportiraju unutar traktorskog turnusa (Spinelli i dr. 2004, Poršinsky i dr. 2014).

Na poznavanju dimenzijskih i masenih značajki forvardera, Weise (2002, 2003A, 2003B) razvija Plan raspodjele tereta forvardera na horizontalnoj podlozi s ciljem utvrđivanja mase (ali i duljine) utovarene oblovine tvrdih listića i četinjača uz poštivanje četiri ograničenja, pri čemu masa tereta: 1) ne smije biti veća od deklarirane nosivosti vozila od strane proizvođača, 2) ne preopterećuje prednju ili stražnju osovinu vozila (odnosno zbroj nosivosti pneumatika po osovini), ali i 3) ne rasterećuje prednju osovinu vozila. Bitno ograničenje primjene šumskih vozila pri kretanju uz nagib terena predstavlja i granični nagib kretnosti temeljem vučne značajke vozila, a koji povezuje dva istraživačka pristupa: 1) vozilo – teren te 2) kotač – tlo (Đuka i dr. 2018A, Poršinsky i dr. 2021, Bumber i dr. 2023). Sva navedena ograničenja prvenstveno su vezana za kretanje šumskih vozila uz nagib terena, dok za forvarder u literaturi nisu zabilježena ograničenja pri izvoženju drva niz nagib terena.

Ograničenje pri vuči drva skiderima s vitlom niz nagib terena, određeno je kutom nagiba terena kod kojega vučeno drvo počinje udarati u stražnju dasku vozila ili dodatno gurati skider, što se događa kada horizontalna sastavnica sile u užetu poprimi vrijednost nula, odnosno kada su težina tereta i otpor vuče drva skiderom u ravnoteži (Đuka i dr. 2016, Đuka i dr. 2018A). Isti autori, utvrđuju da navedenom

trenutku pri vuči drva skiderom niz nagib terena neposredno prethodi početak kočenja motorom vozila, koji je određen kutem nagiba terena kada obodna sila poprima vrijednost nula.

Nominalni tlak na podlogu (Melgren 1980) općeprihvaćen je način izračuna dodirnih tlakova šumskih vozila i tla (Partington i Ryans 2010, Poršinsky i dr. 2011), a na kojem se temelji i najmanja nosivost šumskog tla (Wronsky i Humphreys 1994), kao smjernica privlačenja drva na okolišno prihvatljiv način. Hittenbeck (2013) istražujući trakciju forvardera, na nagnutim terenima različite vlažnosti i kamenitosti tla, zaključuje da klizanje kotača od 25 % predstavlja okolišno ograničenje primjene forvardera u cilju sprečavanja erozionih procesa.

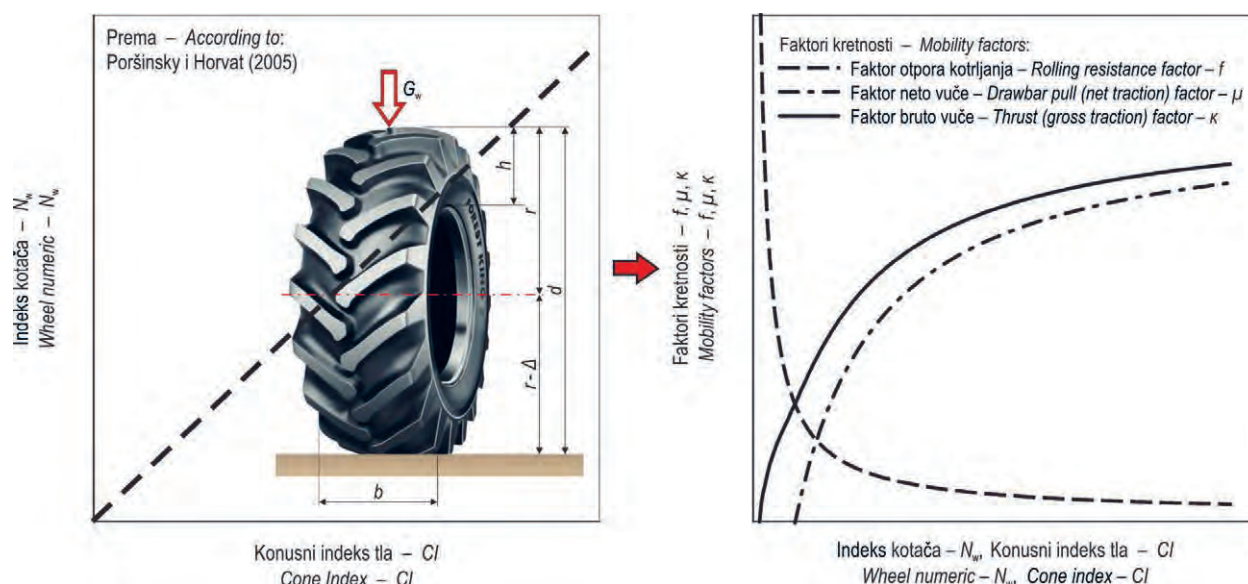
Pri planiranju izvoženja drva forvarderom i/ili pri odabiru forvardera prilikom njihove nabave, pred šumarske stručnjake se postavljaju zahtjevi za poznavanjem nagiba i smjera nagiba terena te nosivosti šumskog tla kod koje forvarderi mogu izvesti teret deklariran od strane proizvođača vozila (Bumber i dr. 2023). Isti autori, navode da odgovor na postavljeno pitanje daje simulacijsko modeliranje koje povezuje dva istraživačka pristupa proučavanju procjene kretnosti forvardera pri izvoženju drva (slike 1 i 2), a kojim je moguće obuhvatiti širi raspon vrijednosti navedenih utjecajnih čimbenika.

Teorijski pristup/okvir raspodjele sila pri izvoženju drva forvarderom uz i niz nagib terena, prikazan je na slici 1, gdje su sile raščlanjene na vertikalne, horizontalne i trakcijske, a koji je u literaturi poznat pod nazivom »sustav vozilo – teren«. Općenito, vozila započinju sa kretanjem kada obodna sila dovedena sustavom transmisije na obod kotača započinje svladavati sile/otpore: 1) vuče tereta, 2) nagiba terena, 3) kotrljanja, 4) zraka te 5) inercije (Suvinen i dr. 2009, Wong 2014). Kod forvardera ne postoji vučna sila iz razloga što oni pri kretanju savladavaju samo otpore kotrljanja, otpor zraka se zanemaruje zbog malih brzina kretanja, a pri konstantnim brzinama ne postoji ni otpor inercije (Saarilahti 2002, Suvinen i Saarilahti 2006), tako da su u praksi pri izvoženju drva forvarderom značajni samo otpor kotrljanja i otpor svladavanja nagiba terena (Hittenbeck 2013).

Navedenim, pri izvoženju drva uz nagib terena početak kretanja forvardera je trenutak kada obodna sila započinje svladavati otpore kotrljanja i nagiba terena (izraz 1).

$$F_t = (G + G_{\text{load}}) \cdot \cos \alpha \cdot f + (G + G_{\text{load}}) \cdot \sin \alpha = (G + G_{\text{load}}) \cdot (\cos \alpha \cdot f + \sin \alpha) \quad (1)$$

Kod izvoženja drva forvarderom niz nagib terena, obodna sila savladava iste otpore kao i kod izvoženja drva uz nagib, samo što otpor svladavanja nagiba terena sada djeluje u suprotnome smjeru, tj. smjeru kretanja vozila (izraz 2).



Slika 2. Ovisnost faktora kretnosti o indeksu kotača i konusnome indeksu tla

Fig. 2 Dependence of mobility factors on wheel numeric and cone index

$$F_t = (G + G_{load}) \cdot \cos \alpha \cdot f - (G + G_{load}) \cdot \sin \alpha = \\ = (G + G_{load}) \cdot (\cos \alpha \cdot f - \sin \alpha) \quad (2)$$

Dijeljem izraza 1 i 2 sa adhezijskom težinom nominalno natovarenoga forvardera, dolazi se do izraza faktora bruto vuče pri izvoženju drva forvarderom uz (izraz 3) i niz nagib terena (izraz 4). Faktor bruto vuče je pokazatelj koji govori koliko se adhezijske težine forvardera pretvara u obodnu silu.

$$\kappa = \frac{(G + G_{load}) \cdot (\cos \alpha \cdot f + \sin \alpha)}{(G + G_{load}) \cdot \cos \alpha} = \frac{\cos \alpha \cdot f + \sin \alpha}{\cos \alpha} = f + tg \alpha \quad (3)$$

$$\kappa = \frac{(G + G_{load}) \cdot (\cos \alpha \cdot f - \sin \alpha)}{(G + G_{load}) \cdot \cos \alpha} = \frac{\cos \alpha \cdot f - \sin \alpha}{\cos \alpha} = f - tg \alpha \quad (4)$$

Kretnost vozila ovisi i o njegovim trakcijskim značajkama tj. ovisnosti obodne/vučne sile o klizanju kotača i nosivosti podloge (Tiwari i dr. 2010, Mason i dr. 2018). Razvojem empirijske metode proučavanja složenoga sustava kotač – tlo (slika 2), za povezivanje vučnih značajki vozila s nosivosti tla (konusnim indeksom) koristi se – indeks kotača (Saarilahti 2002). Indeks kotača predstavlja bezdimenzijski parametar (faktor), koji opisuje međudjelovanje opterećenoga kotača i tla. Ovaj je pokazatelj određen odnosom dođirnoga tlaka kotača na tlo i nosivosti tla mjerene penetrometrom (Brixius 1987). Pomoću faktora kretnosti (bruto i neto vuče, otpora kotrljanja) izražavaju se i procjenjuju vučne značajke vozila (obodna i vučna sila, otpor kotrljanja) na osnovi opterećenja kotača vozila (slika 2). Izvoženje

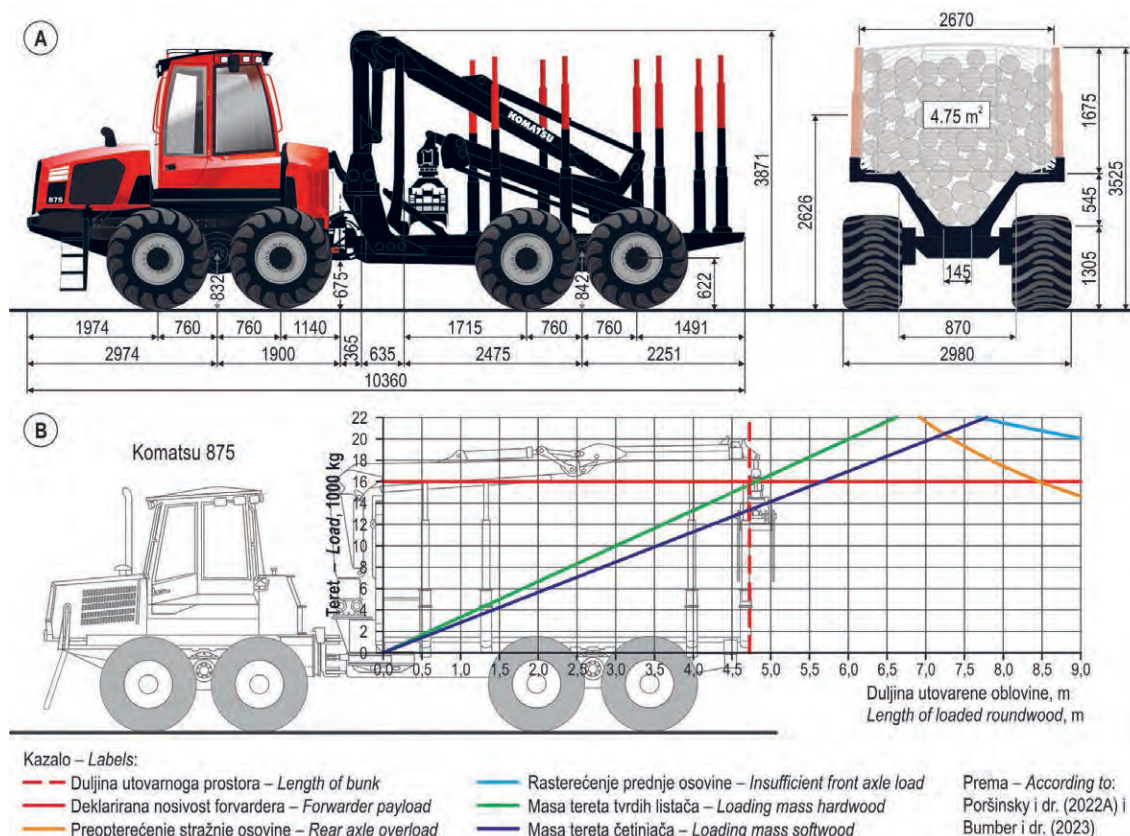
drva forvarderima započinje njihovim kretanjem koje je određeno sjecištem krivulja faktora bruto vuče i otpora kotrljanja, a područje iznad krivulje faktora bruto vuče je područje nemogućega kretanja vozila jer su u tom slučaju sile otpora kretanja vozila veće od obodne sile (Poršinsky i Horvat 2005). U slučaju različitih dimenzija prednjih i stražnjih pneumatika kotača vozila, odnosno nejednake raspodjele opterećenja između prednje i stražnje osovine vozila, za procjenu se kretnosti vozila koristi tzv. referentni kotač – kotač vozila s najnižom vrijednošću indeksa kotača, odnosno najvećim opterećenjem kotača (Saarilahti 2002).

Ciljevi rada su: i) izmjeriti položaj točke težišta primjernoga osmokotačnoga forvardera Komatsu 875, ii) razviti model raspodjele osovinskih opterećenja nominalno natovarenoga forvardera pri izvoženju drva uz i niz nagib terena, iii) utvrditi nominalni tlak na podlogu i minimalni konusni indeks tla, iv) utvrditi granični nagib kretnosti forvardera temeljem vučne značajke vozila pri izvoženju drva uz nagib terena, v) utvrditi granični nagib terena pri izvoženju drva niz nagib terena kod kojega obodna sila poprima vrijednost nula.

2. METODE METHODS

Izrada modela procjene kretnosti forvardera pri izvoženju drva uz i niz nagib terena, zasnovana je na forvarderu Komatsu 875, deklarirane nosivosti 16.000 kg (slika 3A).

Kut loma prednje i stražnje šasijske forvardera iznosi $\pm 42^\circ$, a vertikalnu gibljivost forvardera pri kretanju po nepravilnostima terena osigurava poprečni kut zakretanja od $\pm 16^\circ$, ali i kut osciliranja tandem kotača bogi osovine od $\pm 20^\circ$. Vozilo



Slika 3. Dimenzije (A) i Plan raspodjele tereta (B) forvardera Komatsu 875

Fig. 3 Dimensions (A) and Load distribution plan (B) of Komatsu 875 forwarder

pokreće šest-cilindarski dizelski motor s prednabijanjem, stapajnog obujma 7400 cm³, najveće snage 190 kW pri 1900 min⁻¹ i zakretnog momenta 1130 Nm pri 1500 min⁻¹. Forvarder je opremljen hidrauličkom dizalicom Komatsu 145F, mase 2400 kg i dosega 8,5 m te najvećega podiznog momenta 145 kNm.

Prednja i stražnja bogi osovina forvardera Komatsu 875 su iste – NAF PTA 76 za koje proizvođač navodi najveće dopušteno statičko opterećenje od 360 kN te najveće dopušteno dinamičko opterećenje od 290 kN (NAF 2022). Kotači prednje i stražnje osovine opremljeni su pneumaticima istih dimenzija 710/45-26.5 20 PR (Nokian Forest King TRS 2), čija nosivost pri tlaku punjenja zrakom od 500 kPa i brzini kretanja <10 km/h iznosi 6,9 t/gumi (Nokian 2022).

Poprečni presjek utovarnog prostora iznosi 4,75 m², a duljine je 4,726 m. Poršinsky i dr. (2022A) analizirajući dimenzijske i masene značajke forvardera Komatsu 875 u skladu s normom ISO 13860 (2016), izrađuju i Plan raspodjele tereta ovog forvardera za tvrde listače i četinjače prema metodologiji koju je razvio njemački Kuratorij za šumski rad i šumsku tehniku – KWF (Weise 2002, 2003A, 2003B) te zaključuju da pri ispunjenom poprečnom presjeku utovarnog prostora oblovinom tvrdih listača duljine od 4,82 m te četinjača od 5,65 m, neće doći do: 1) prekora-

čenja deklarirane nosivosti od strane proizvođača, 2) preopterećenja nosivosti prednje i stražnje osovine, 3) preopterećenja nosivosti pneumatika te 4) rasterećenja prednje osovine (slika 3B).

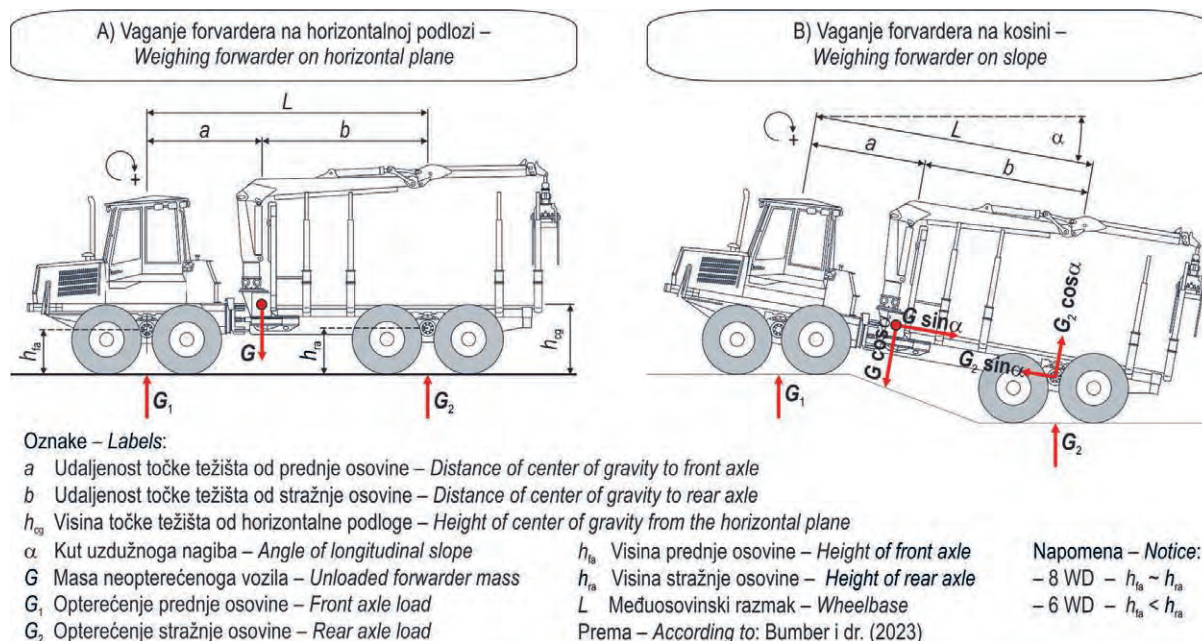
Položaj točke težišta forvardera utvrđen je metodom podizanja osovine (ISO 16231-2 2015). Vaganjem neopterećenog forvardera na ravnoj podlozi utvrditi će se opterećenja pojedinih kotača vozila (prijenosne 10-tonske vage Telub), odnosno njegovih osovinskih opterećenja, potrebnih za određivanje horizontalne udaljenosti točke težišta od prednje i stražnje osovine forvardera (slika 4A). Poznavanjem međuosovinskog razmaka forvardera i poštujući uvjete prikazane u izrazima 5 i 6 te postavljanjem jednadžbe ravnoteže oko prednje osovine (izraz 7) forvardera (pozitivni momenti su u smjeru kretanja kazaljke na satu), izvedeni su izrazi za izračun horizontalnih udaljenosti točke težišta od prednje (izraz 8) i stražnje osovine (izraz 9).

$$G_1 + G_2 = G \quad (5)$$

$$a + b = L \quad (6)$$

$$G \cdot a - G_2 \cdot L = 0 \quad (7)$$

$$a = \frac{G_2 \cdot L}{G} \quad (8)$$



Slika 4. Utvrđivanje točke težišta forvardera

Fig. 4 Determining the centre of gravity of the forwarder

$$b = L - a \quad (9)$$

Vaganje opterećenja ispod stražnjih kotača nenatovarenog forvardera na kosini (korištena je 25-tonska podizna platforma) provedeno je sa ciljem utvrđivanja promjene opterećenja stražnje osovine forvardera s obzirom na poznati uzdužni nagib vozila (slika 4B). Postavljanjem jednadžbe ravnoteže oko prednje osovine (izraz 10) forvardera (smjer pozitivnih momenata je u smjeru kretanja kazaljke na satu), izveden je izraz za izračun visine težišta nenatovarenoga forvardera (izraz 11). S obzirom da su bogi osovine i pneumatici osam-kotačnih forvardera istih dimenzija te uz zanemarivanje različitih progiba pneumatika kotača prednje i stražnje osovine forvardera proizlazi da su i visine prednje i stražnje osovine forvardera iste ($h_{fa} = h_{ra} = h_a$). Navedenim izraz za izračun visine težišta osam-kotačnog forvardera poprima oblik prikazan u jednadžbi 12.

$$G \cdot \cos \alpha \cdot a + G \cdot \sin \alpha \cdot (h_{cg} - h_{fa}) - G_2 \cdot \cos \alpha \cdot L + G_2 \cdot \sin \alpha \cdot (h_{ra} - h_{fa}) - G_1 \cdot 0 = 0 \quad (10)$$

$$h_{cg} = \frac{G_2 \cdot \cos \alpha \cdot L - G \cdot \cos \alpha \cdot a - G_2 \cdot \sin \alpha \cdot (h_{ra} - h_{fa})}{G \cdot \sin \alpha} + h_{fa} \quad (11)$$

$$h_{cg} = \frac{G_2 \cdot \cos \alpha \cdot L - G \cdot \cos \alpha \cdot a}{G \cdot \sin \alpha} + h_a \quad (12)$$

Model raspodjele osovinskih opterećenja nominalno natovarenoga forvardera pri izvoženju drva uz i niz nagib terena, zasnovan je na poznavanju položaja točke težišta neopterećenoga forvardera te njegovih ostalih dimenzijskih i masenih značajki prikazanih na slici 1, ali i masi utovarenoga drva pri ispunjenom poprečnom presjeku utovarnoga prostora na način koji koristi u svojim izvješćima njemački KWF (izraz 13). Pri izračunima KWF sugerira korištenje vrijednosti 0,7 za popunjenost utovarnoga prostora, odnosno gustoću drva od 1000 kg/m³ (tvrde listade) te 700 kg/m³ (četinjače).

$$G_{load} = A \cdot f \cdot \rho \cdot s \quad (13)$$

gdje su:

- G_{load} masa utovarenoga drva (kg)
 A površina poprečnoga presjeka utovarnoga prostora (m^2)
 f iskoristivost (popunjenost) poprečnoga presjeka utovarnoga prostora (%)
 ρ gustoća utovarenoga drva (kg/m^3)
 s duljina utovarene oblovinne (m).

Pri izvoženju drva uz nagib terena (slika 1A), opterećenje prednje osovine forvardera izvedeno je postavljanjem jednadžbe ravnoteže oko stražnje osovine (smjer pozitivnih momenata je suprotan od smjera kazaljke na satu) – izrazi 14 i 15, dok je opterećenje stražnje osovine forvardera izvedeno postavljanjem jednadžbe ravnoteže oko prednje osovine (smjer pozitivnih momenata je u smjeru kazaljke na satu) – izrazi 16 i 17.

$$G \cdot \cos \alpha \cdot b - G \cdot \sin \alpha \cdot (h_{cg} - h_{ra}) + G_{load} \cdot \cos \alpha \cdot \left(d - \frac{L_{load}}{2} \right) - G_{load} \cdot \sin \alpha \cdot (h_{load} - h_{ra}) - G_1 \cdot \cos \alpha \cdot (a + b) - G_1 \cdot \sin \alpha \cdot (h_{fa} - h_{ra}) = 0 \quad (14)$$

$$G_1 = \frac{G \cdot \left[\cos \alpha \cdot b - \sin \alpha \cdot (h_{cg} - h_{ra}) \right] + G_{load} \cdot \left[\cos \alpha \cdot \left(d - \frac{L_{load}}{2} \right) - \sin \alpha \cdot (h_{load} - h_{ra}) \right]}{\cos \alpha \cdot (a + b) + \sin \alpha \cdot (h_{fa} - h_{ra})} \quad (15)$$

$$G \cdot \cos \alpha \cdot a + G \cdot \sin \alpha \cdot (h_{cg} - h_{fa}) + G_{load} \cdot \cos \alpha \cdot \left(\frac{L_{load}}{2} + c \right) + G_{load} \cdot \sin \alpha \cdot (h_{load} - h_{fa}) - G_2 \cdot \cos \alpha \cdot (a + b) - G_2 \cdot \sin \alpha \cdot (h_{ra} - h_{fa}) = 0 \quad (16)$$

$$G_2 = \frac{G \cdot \left[\cos \alpha \cdot a + \sin \alpha \cdot (h_{cg} - h_{fa}) \right] + G_{load} \cdot \left[\cos \alpha \cdot \left(\frac{L_{load}}{2} + c \right) + \sin \alpha \cdot (h_{load} - h_{fa}) \right]}{\cos \alpha \cdot (a + b) + \sin \alpha \cdot (h_{ra} - h_{fa})} \quad (17)$$

Pri izvoženju drva niz nagib terena (slika 1B), opterećenje prednje osovine forvardera izvedeno je postavljanjem jednadžbe ravnoteže oko stražnje osovine (smjer pozitivnih momenata je u smjeru kazaljke na satu) – izrazi 18 i 19, dok je opterećenje stražnje osovine forvardera izvedeno postavljanjem jednadžbe ravnoteže oko prednje osovine (smjer pozitivnih momenata je suprotan od smjera kazaljke na satu) – izrazi 20 i 21.

$$G \cdot \cos \alpha \cdot b + G \cdot \sin \alpha \cdot (h_{cg} - h_{ra}) + G_{load} \cdot \cos \alpha \cdot \left(d - \frac{L_{load}}{2} \right) + G_{load} \cdot \sin \alpha \cdot (h_{load} - h_{ra}) - G_1 \cdot \cos \alpha \cdot (a + b) + G_1 \cdot \sin \alpha \cdot (h_{fa} - h_{ra}) = 0 \quad (18)$$

$$G_1 = \frac{G \cdot \left[\cos \alpha \cdot b + \sin \alpha \cdot (h_{cg} - h_{ra}) \right] + G_{load} \cdot \left[\cos \alpha \cdot \left(d - \frac{L_{load}}{2} \right) + \sin \alpha \cdot (h_{load} - h_{ra}) \right]}{\cos \alpha \cdot (a + b) - \sin \alpha \cdot (h_{fa} - h_{ra})} \quad (19)$$

$$G \cdot \cos \alpha \cdot a - G \cdot \sin \alpha \cdot (h_{cg} - h_{fa}) + G_{load} \cdot \cos \alpha \cdot \left(\frac{L_{load}}{2} + c \right) - G_{load} \cdot \sin \alpha \cdot (h_{load} - h_{fa}) - G_2 \cdot \cos \alpha \cdot (a + b) + G_2 \cdot \sin \alpha \cdot (h_{ra} - h_{fa}) = 0 \quad (20)$$

$$G_2 = \frac{G \cdot \left[\cos \alpha \cdot a - \sin \alpha \cdot (h_{cg} - h_{fa}) \right] + G_{load} \cdot \left[\cos \alpha \cdot \left(\frac{L_{load}}{2} + c \right) - \sin \alpha \cdot (h_{load} - h_{fa}) \right]}{\cos \alpha \cdot (a + b) - \sin \alpha \cdot (h_{ra} - h_{fa})} \quad (21)$$

Visina težišta tereta u izrazima od 14 do 21, izračunana je sukladno odredbama norme ISO 13860 (2016) za koji Poršinsky i dr. (2022B) izvode izraz za izračun, dok su ostale dimenzijske značajke primjernoga forvardera prikazane na slici 3.

Opterećenje kotača forvardera (G_w), ovisno o uzdužnom nagibu terena (a) te deklariranoj količini (masi) utovarenoga drva, pretpostavit će podjednaku raspodjelu adhezijskog osovinskog opterećenja. Na osnovi opterećenja kotača forvar-

dera, utvrdit će se referentni kotač vozila (kao onaj s najvećim opterećenjem), ali i izračunati nominalni tlak forvardera na podlogu (Mellgren 1980) prema izrazu 22, odnosno vrijednost najmanje nosivosti šumskog tla (Wronsky i Humpreys 1994) zasnovane na smjernici privlačenja drva na okolišno prihvatljiv način (izraz 23).

$$NGP = \frac{G_w}{r \cdot b} \quad (22)$$

$$CI_{\min} = 7,2 \cdot NGP \quad (23)$$

Procjena vučnih značajki forvardera Komatsu 875 odredit će se temeljem Brixiusovog modela (1987), s obzirom na: 1) opterećenje referentnog kotača vozila, 2) konusni indeks tla, 3) klizanje kotača (δ) 10 – 15 % koje odgovaraju najvećoj vučnoj korisnosti (Brixus 1987) te 20 – 25 % koje odgovara granici okolišne pogodnosti (Hittenbeck 2013). Brixiusov model kretnosti vozila zasnovan je na izrazima: 1) indeksa kotača vozila (izraz 24), 2) faktora otpora kotrljanja (izraz 25) te 3) faktora bruto vuče (izraz 26).

$$N_w = \left(\frac{CI \cdot b \cdot d}{G_w} \right) \left(\frac{1 + 5 \frac{\Delta}{h}}{1 + 3 \frac{b}{d}} \right) \quad (24)$$

$$f = \frac{1,0}{N_w} + 0,04 + \frac{0,5 \cdot \delta}{\sqrt{N_w}} \quad (25)$$

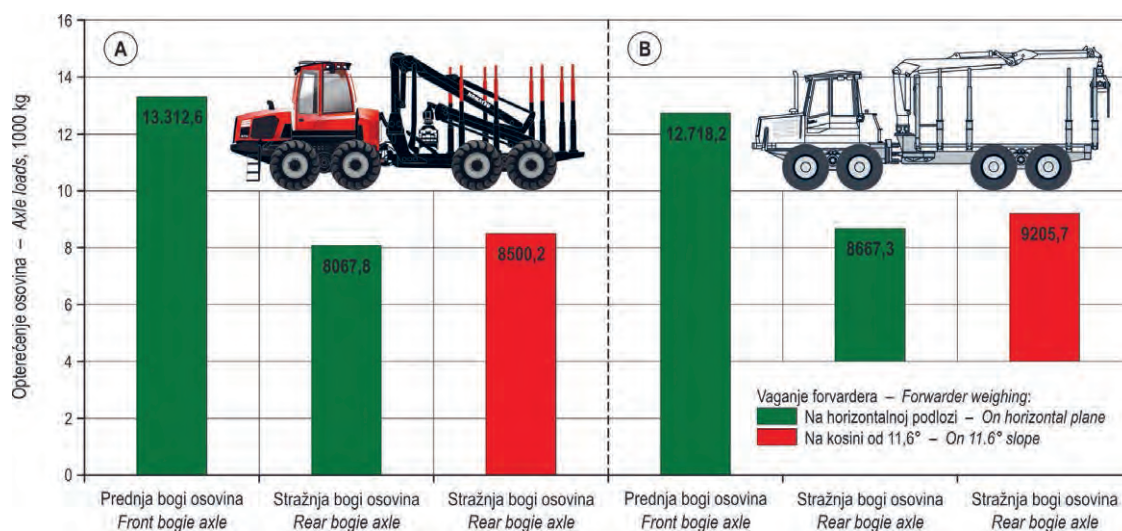
$$\kappa = 0,88 \left(1 - e^{-0,1 N_w} \right) \left(1 - e^{-7,5 \delta} \right) \quad (26)$$

$$\Delta = 0,008 + 0,01 \left[0,365 + \left(\frac{170}{p_i} \right) \right] \cdot G_w \quad (27)$$

Navedeni izrazi koji predviđaju vrijednosti indeksa kotača i faktora kretnosti razvijeni su regresijskom analizom mjernih rezultata 121 pokusa, tj. kombinacije tla i dimenzija pneumatika, odnosno opterećenja kotača. S obzirom na to da je indeks kotača temeljen i na progibu pneumatika kotača, za procjenu ovoga parametra korišten je empirijski izraz (Saarilahti 2002), koji se zasniva na tlaku punjenja pneumatika zrakom (p_i) i opterećenju kotača (izraz 27). Iako je Brixiusov model razvijen za potrebe procjene kretnosti poljoprivrednih traktora po oranicama, mnogi autori (Eichrodt 2003, Elwaleed i dr. 2006, Lubello 2008, Đuka i dr. 2018A, Poršinsky i dr. 2021, Bumber i dr. 2023) ga smatraju najpogodnijim za procjenu kretnosti šumskih vozila, uslijed uklapanja značajki opterećenih kotača šumskih vozila u područje primjenjivosti modela.

Granični nagib terena pri izvoženju drva forvarderom uz nagib temeljem vučne značajke zasnovan je na vrijednostima opterećenja referentnoga kotača nominalno natovarenoga forvardera pri različitim uzdužnim nagibima terena, kod kojih se izjednačavaju vrijednosti $tg\alpha$ s razlikom faktora bruto vuče (izraz 26) i faktora otpora kotrljanja (izraz 25) izračunatog na osnovi raspodjele opterećenja kotača i Brixius-ovog modela, s ciljem utvrđivanja vrijednosti konusnoga indeksa tla (izraz 28). Na taj način, svakoj vrijednosti uzdužnoga nagiba terena pri izvoženju drva nominalno natovarenoga forvardera, pridružena je vrijednost konusnoga indeksa tla.

$$tg\alpha = \left[0,88 \left(1 - e^{-0,1 N_w} \right) \left(1 - e^{-7,5 \delta} \right) \right] - \left[\frac{1,0}{N_w} + 0,04 + \frac{0,5 \cdot \delta}{\sqrt{N_w}} \right] \Rightarrow CI \quad (28)$$



Slika 5. Osovinska opterećenja na horizontalnoj podlozi i kosini od 11,6° – neopterećeni Komatsu 875

Fig. 5 Axle loads on horizontal plane and 11.6° slope – empty Komatsu 875

Tablica 1. Položaj točke težišta forvardera Komatsu 875**Table 1** Center of gravity position – Komatsu 875 forwarder

	Dizalica u transportnom položaju Loader in transport position	Dizalica u ispruženome položaju Loader in extended position
Udaljenost točke težišta od prednje osovine – <i>Distance of center of gravity from the front axle</i>	2028 mm	2178 mm
Udaljenost točke težišta od stražnje osovine – <i>Distance of center of gravity from the rear axle</i>	3347 mm	3197 mm
Visina točke težišta od horizontalne podloge – <i>Height of center of gravity from the horizontal plane</i>	1367 mm	1496 mm

Granični nagib terena pri izvoženju drva nominalno natovarenog forvardera niz nagib terena kod kojeg obodna sila poprима vrijednost nula te se postupno javlja sila kočenja, isto je tako, zasnovan na vrijednostima opterećenja referentnoga kotača pri različitim uzdužnim nagibima terena kod kojih vrijednosti faktora otpora kotrljanja izračunatog na osnovi raspodjele opterećenja i Brixsiusovog modela izjednačavaju sa tangensom kuta nagiba terena (izraz 29).

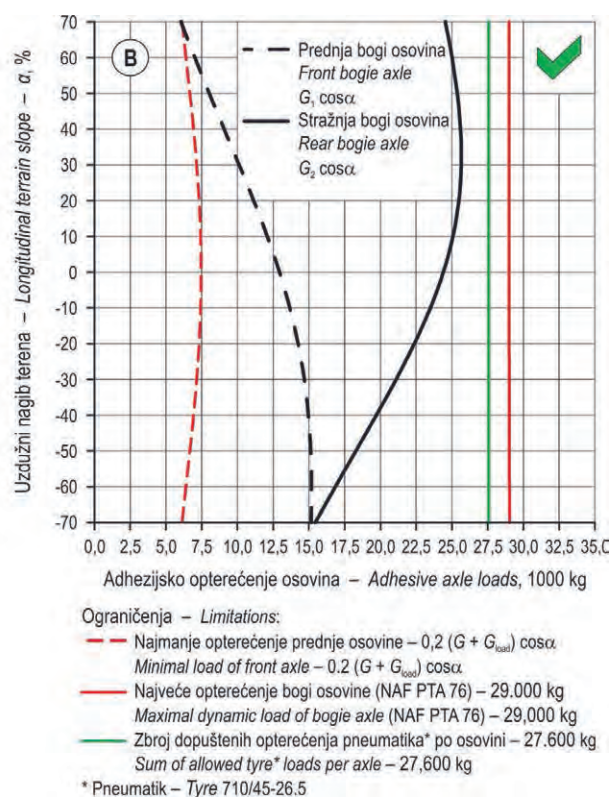
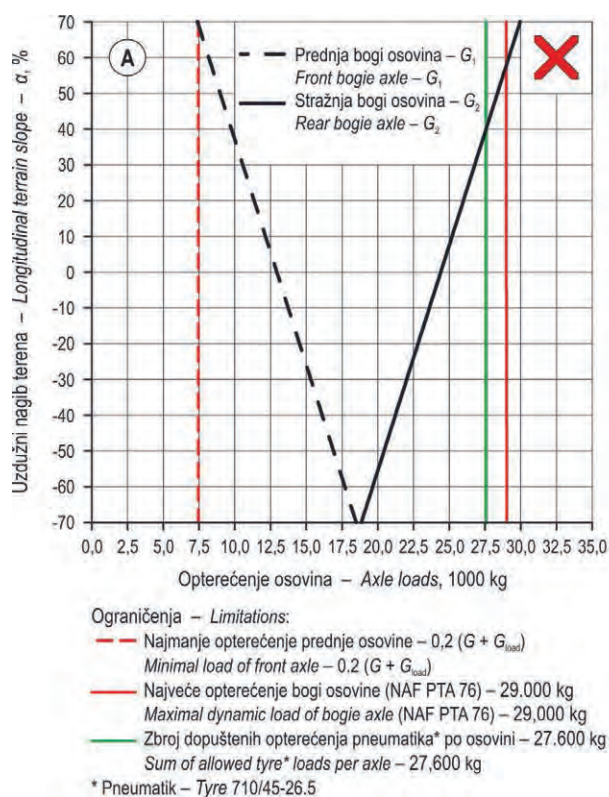
$$tg\alpha = \frac{1,0}{N_w} + 0,04 + \frac{0,5 \cdot \delta}{\sqrt{N_w}} \Rightarrow CI \quad (29)$$

3. REZULTATI RESULTS

Rezultate izmjere osovinskih opterećenja nenatovarenoga forvardera Komatsu 875 na horizontalnoj podlozi i kosini od 11,6° potrebnih za izračun točke težišta vozila prikazuje slika 5.

S obzirom da norma ISO 13860 (2016) ne određuju način iskazivanja osovinskih opterećenja forvardera s obzirom na položaj hidraulične dizalice, mjerenja su provedena u dvije inačice: 1) s dizalicom složenom u transportnom položaju (slika 5A) te 2) s dizalicom u ispruženome položaju (slika 5B).

Opterećenje prednje osovine forvardera sa dizalicom složenom u transportnom položaju iznosi 13.312,6 kg (62,3 % neto mase), a opterećenje stražnje osovine 8067,8 kg, odnosno 37,7 % neto mase (slika 5A). Kod vaganja forvardera sa ispruženom dizalicom (slika 5B), došlo je do promjene raspodjele opterećenja po osovima, gdje je prednja osovina opterećena sa 12.718,2 kg (59,5 %) te stražnja sa 8667,3 kg (40,5 %). Vaganjem forvardera na podiznoj platformi – kosini od 11,6° došlo je do povećanja opterećenja ispod stražnjih kotača u odnosu na mjerenja na horizontalnoj podlozi (slika 5). Vaganjem neopterećenog forvardera na kosini utvrđen je porast opterećenja stražnje osovine forvardera

**Slika 6.** Ovisnost osovinskih opterećenja i adhezijskih osovinskih opterećenja o smjeru i nagibu terena**Fig. 6** Axle loads and adhesive axle loads vs. terrain slope and slope direction

u odnosu na vaganje na horizontalnoj podlozi sa 8067,8 kg na 8500,2 kg (dizalica složena u transportni položaj), odnosno sa 8667,3 kg na 9205,7 kg (dizalica u ispruženom položaju).

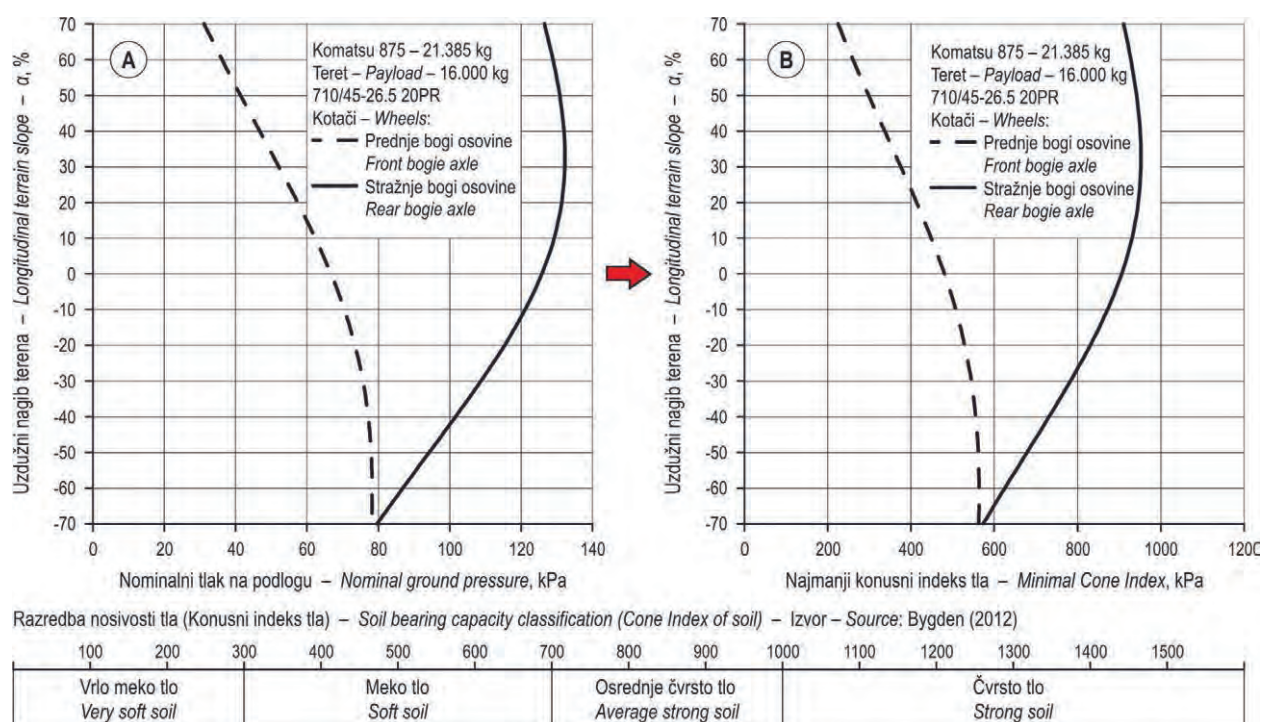
Poznavanjem međuosovinskog razmaka (5375 mm) te primjenom rezultata izmjere osovinjskih opterećenja i ukupne mase forvardera Komatsu 875 na horizontalnoj podlozi uz korištenje izraza 8 i 9, izračunata je udaljenost točke težišta forvardera od prednje i stražnje osovine vozila za forvarder sa dizalicom u transportnom položaju i sa ispruženom dizalicom (tablica 1). Na osnovi rezultata izmjere opterećenja stražnje osovine forvardera na kosini od 11,6°, ali i izračunatih vrijednosti horizontalne udaljenosti točke težišta od prednje osovine, primjenom izraza 12 izračunata je visina težišta forvardera Komatsu 875 sa dizalicom u transportnom položaju i sa ispruženom dizalicom (tablica 1).

Rezultati položaja točke težišta forvardera Komatsu 875 utvrđene metodom podizanja osovine vozila (tablica 1), ukazali su na porast udaljenosti točke težišta od prednje osovine kod forvardera sa ispruženom dizalicom u odnosu kada je ona u transportnom položaju (2028 mm → 2178 mm), ali i smanjenje udaljenosti točke težišta forvardera od stražnje osovine (3347 mm → 3197 mm), kao i porasta visine težišta forvardera (1367 mm → 1496 mm). Navedene razlike položaja točke težišta, posljedica su premještanja dijela mase podiznog, produžnog i izvlačnog kraka hidraulične dizalice ka stražnjoj osovini vozila, kao i njenim podizanjem u ravninu držača tereta.

Za izračun opterećenja prednje (izrazi 15 i 19) i stražnje osovine forvardera (izrazi 17 i 21) nominalno natovarenoga forvardera Komatsu 875, ovisno o udužnom nagibu i smjeru nagiba terena svakako je pogodnija primjena položaja točke težišta forvardera sa ispruženom dizalicom jer odgovara izvoženju drva nominalno natovarenoga forvardera. Pri ispunjenom poprečnome presjeku utovarnoga prostora (4,75 m²) oblovinom tvrdih listača (1000 kg/m³) duljine 4,82 m deklarirana nosivost (16 t) forvardera Komatsu 875 neće se prekoračiti (izraz 13).

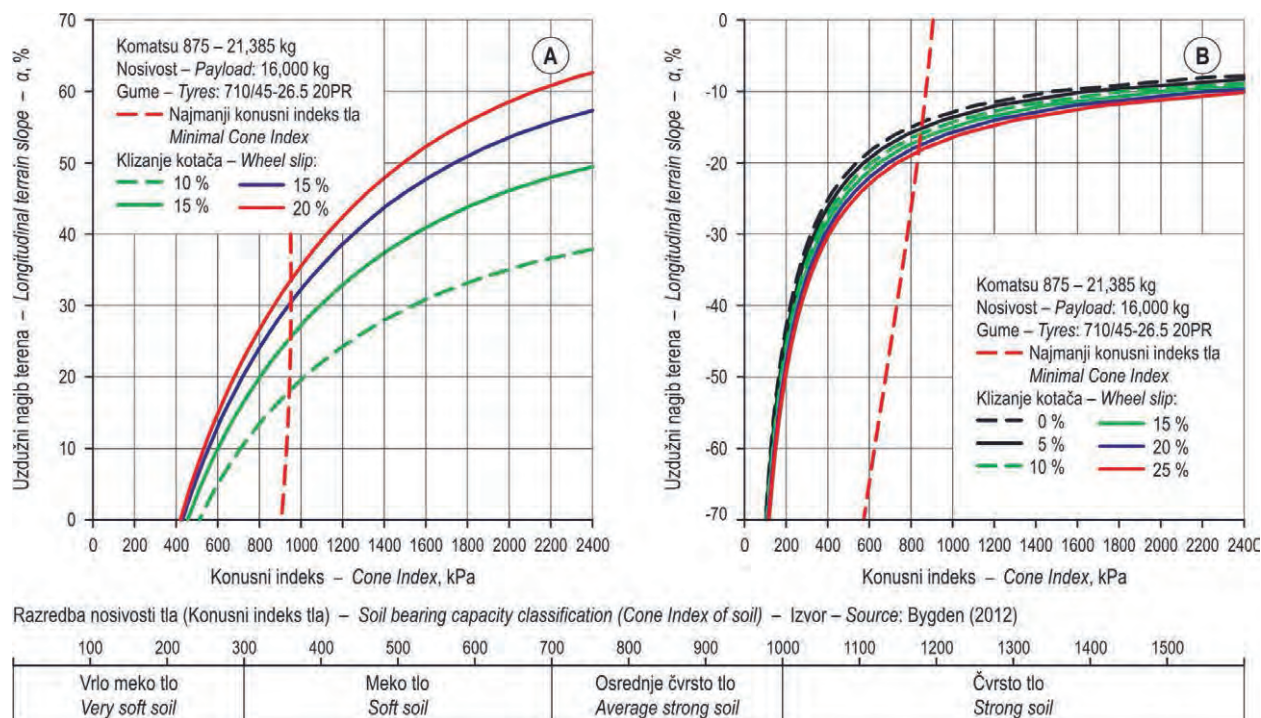
Raspodjelu osovinjskih i adhezijskih osovinjskih opterećenja nominalno natovarenoga forvardera Komatsu 875, s obzirom na izvoženje drva uz i niz nagib terena u granicama ±70 % prikazuje slika 6.

Pri izvoženju drva uz nagib terena, opterećenje stražnje osovine forvardera raste od 24,4 t do 30 t, dok kod prednje osovine dolazi do rasterećenja od 12,9 t (ravan teren) do 7,4 t (uzdužni nagib od 70 %), dok pri izvoženju drva niz nagib dolazi do rasterećenja stražnje osovine od 24,4 t do 18,9 t, a prednja osovina se dodatno opterećuje u rasponu od 12,9 t do 24,4 t (slika 6A). Uzdužni nagib terena od 41 % kod kojeg opterećenje stražnje osovine doseže zbroj dopuštenih opterećenja pneumatika 710/45-26.5, odnosno 50 % kod kojeg opterećenje stražnje osovine doseže dopušteno dinamičko opterećenje bogi osovine NAF PTA 76, ali i 68 % uzdužnog nagiba nakon kojega je opterećenje prednje osovine <20 % ukupne mase forvardera Komatsu 875 s deklariranim teretom, ne mogu se poimati kao ograničenja



Slika 7. Ovisnost nominalnog tlaka na podlogu i najmanjeg konusnog indeksa o nagibu terena

Fig. 7 Nominal ground pressure and minimal cone index vs. terrain slope



Slika 8. Granični nagib kretnosti forvardera – uz nagib terena (A), niz nagib terena (B)

Fig. 8 Gradeability of forwarder – uphill (A), downhill (B)

primjene forvardera, jer se radi o gravitacijskom opterećenju koje nije okomito na uzdužni nagib terena.

Ograničenja primjene forvardera vezana su ponajprije za adhezijsko opterećenje osovine (slika 6B), koje je okomito na kosinu uzdužnog nagiba terena. Adhezijsko opterećenje stražnje osovine forvardera Komatsu 875 s nominalnim teretom pri izvoženju drva uz nagib terena kreće se od 24,4 t (ravan teren) do 24,5 t (uzdužni nagib od 70 %), s izraženim maksimumom od 26,6 t kod uzdužnih nagiba terena između 30 % i 40 %. Pri izvoženju drva niz nagib terena dolazi do rasterećenja stražnje osovine forvardera od 24,4 t (ravan teren) do 15,4 t (nagib -70 %), a prednja osovina se dodatno adhezijski opterećuje u rasponu od 12,9 t (ravan teren) do 15,1 t (nagib -70 %). Analiza adhezijskih opterećenja prednje i stražnje osovine nominalno natovarenoga forvardera Komatsu 875 pri izvoženju drva uz i niz nagib terena u granicama ± 70 % ukazala je da u navedenom rasponu ne dolazi do prekoračenja: 1) zbroja dopuštenih opterećenja pneumatika 710/45-26.5 kotača po osovini (27,6 t) i 2) dopuštenog dinamičkog opterećenja bogi osovine NAF PTA 76 (29 t). Rasterećenje prednje osovine sa stajališta upravljivosti forvarderom, a koje ne smije pasti ispod 20 % ukupne mase opterećenoga forvardera nastupa pri uzdužnome nagibu terena od 68 %.

U daljnjim analizama, za potrebe izračuna nominalnog tlaka na podlogu, indeksa kotača te graničnog nagiba terena na temelju vučne značajke vozila, opterećenje kotača po osovinama ovisno o uzdužnome nagibu terena pretpostavit

će podjednaku raspodjelu adhezijskog osovinog opterećenja nazivno opterećenog forvardera Komatsu 875.

Raspodjelu nominalnog tlaka na podlogu i najmanjega konusnoga indeksa tla nazivno natovarenoga osmokotačnog forvardera Komatsu 875 opremljenog pneumaticima 710/45-26.5 ovisno o uzdužnome nagibu terena ± 70 % prikazuje slika 7.

Pri izvoženju drva uz nagib terena, nominalni tlak na podlogu kotača prednje bogi osovine kreće se od 67 kPa (ravan teren), a povećanjem uzdužnog nagiba terena se smanjuje uslijed rasterećenja prednje osovine na 31 kPa (nagib od 70 %), dok se nominalni tlak na podlogu kotača stražnje bogi osovine kreće od 126 kPa (ravan teren) s izraženom najvećom vrijednošću od 132 kPa kod uzdužnih nagiba terena između 30 % i 40 % (slika 7A). Kretanjem forvardera niz nagib terena, nominalni tlak na podlogu kotača prednje bogi osovine raste od 67 kPa (0 % nagiba) do 78 kPa (-70 % nagiba), a nominalni tlak na podlogu kotača stražnje bogi osovine se smanjuje od 126 kPa (0 % nagiba) do 80 kPa (-70 % nagiba).

Okolišnu pogodnost izvoženja drva forvarderom Komatsu 875 prikazuje analiza najmanjega konusnoga indeksa tla (slika 7B) i to na osnovi vrijednosti referentnih (opterećenjih) kotača stražnje bogi osovine neovisno o smjeru privlačenja drva. Pri izvoženju drva uz nagib terena, najmanji konusni indeks tla se kreće od 906 kPa (ravan teren) do 950 Pa (uzdužni nagibi terena od 30 % do 40 %), dok pri izvoženju drva niz nagib terena se smanjuje od 906 kPa do

573 kPa. Navedenim, djelotvorno izvoženje drva na okolišno prihvatljiv način nazivno opterećenog forvardera Komatsu 875 opremljenog pneumaticima 710/45-26.5 uz nagib terena vezano je ponajprije za povoljne uvjete nosivosti šumskog tla (čvrsto tlo), dok pri izvoženju drva niz nagib terena zadovoljava uvjete osrednje čvrstoga tla.

Granični nagib kretnosti nominalno natovarenoga forvardera Komatsu 875 <na temelju vučne značajke vozila uz nagib terena ($\kappa = f + tga$) značajno ovisi o nosivosti šumskog tla iskazanoga konusnim indeksom, ali i klizanju kotača vozila (slika 8A). Pri stalnom konusnom indeksu tla od 1 MPa, granični nagib kretnosti forvardera Komatsu 875 iznosi: 20 % pri klizanju kotača od 10 %, 28 % pri klizanju kotača od 15 %, 32 % pri klizanju kotača od 20 % te 36 % pri klizanju od 25 %.

Područje djelotvornoga rada na okolišno prihvatljiv način nominalno natovarenoga osamkotačnog forvardera Komatsu 875 opremljenoga pneumaticima 710/45-26.5 prikazano je kao sjecište krivulja graničnoga nagiba kretnosti pri klizanju kotača od 25 % i najmanjega konusnog indeksa tla (slika 8A). Uvjeti nosivosti šumskog tla ograničeni su vrijednošću najmanjeg konusnoga indeksa tla od 950 kPa graničnim nagibom kretnosti od 33 %, a daljnjim porastom konusnoga indeksa raste i granični nagib kretnosti forvardera: 1 MPa → 36 %, 1,2 MPa → 42 %, 1,4 MPa → 48 %, 1,6 MPa → 52 %, 1,8 MPa → 56 %, 2,0 MPa → 58 %, 2,2 MPa → 61 %, 2,4 MPa → 63 %, 2,6 MPa → 64 %. Za ovako određeno područje rada forvardera, svakako treba poimati i rezultate permanentnog mjerenja konusnoga indeksa tla tijekom godine dana (na primjeru distričnih smeđih tala gorskih bukovo-jelovih šuma), a koji ukazuju da se tijekom godine konusni indeks tla kretao u rasponu od 800 kPa do 1200 kPa, izuzev mjeseca srpnja kada doseže vrijednosti od 2200 kPa (Đuka i dr. 2018B). Utjecaj smanjenja tereta (utovarenoga drva) forvardera na granični nagib terena pri izvoženju drva uz nagib nije razmatran zbog nepovoljnog utjecaja na proizvodnost izvoženja drva (Spinelli i dr. 2004, Poršinsky i dr. 2014).

Granični nagib terena nominalno natovarenog forvardera pri izvoženju drva niz nagib terena (slika 8B) kod kojeg obodna sila poprima vrijednost nula ($F_t = 0 \rightarrow f = tga$) ovisi samo o nosivosti šumskog tla, jer su pri stalnome konusnome indeksu tla razlike u graničnim nagibima terena pri klizanjima kotača u rasponu od 0 % do 25 % zanemarive. Polučeni rezultati su logični, jer uslijed smanjivanja nosivosti tla iskazane konusnim indeksom raste propadanje vozila u tlo te samim time i otpor kotrljanja za što je potreban i veći nagib pri izvoženju drva nizbrdo, kod kojega su faktor otpora kotrljanja i tangens kuta nagiba terena u ravnoteži. Međutim, uspoređujući polučene vrijednosti prikazane u dijagramu slike 8B s općeprihvaćenim u literaturi vrijednostima nagiba terena (Visser i Stampfer 2015, Cavalli i

Amishev 2019) koja svladavaju šumska vozila od ± 33 %, može se zaključiti da granični nagib terena pri izvoženju drva nizbrdo kod kojega obodna sila poprima vrijednost nula nije dobar pokazatelj ograničenja kretnosti forvardera.

4. RASPRAVA DISCUSSION

Prikazani model kretnosti forvardera pri izvoženju drva uz nagib terena zasnovan je na poznavanju položaja točke težišta nenatovarenoga forvardera, kojeg norma ISO 13860 (2016) izrijekom ne spominje, niti ju iskazuju proizvođači forvardera. Težište vozila je bitan konstruktivni pokazatelj, koji ima velik utjecaj na vučnu značajku i stabilnost kretanja vozila, a predstavlja točku u kojoj je koncentrirana cjelokupna masa vozila (Khorsandi i dr. 2018). Uslijed manjih brzina kretanja šumskih vozila u odnosu na cestovna, položaj težišta forvardera je statička, u osnovi nepromjenjiva značajka, koja se dinamički ne mijenja pri ubrzanju, kočenju ili kretanju u krivinama (Poršinsky i dr. 2022B). Zbog sve većeg korištenja forvardera na nagnutim terenima (Megerski i dr. 2021, Borz i dr. 2021, Ring i dr. 2021, Sampietro i dr. 2022), ovaj maseni pokazatelj forvardera dobiva na značenju zbog njegove neophodnosti pri modeliranju raspodjele osovinskih opterećenja i dodirnih tlakova te kretnosti šumskih vozila, s obzirom na udužni nagib terena i smjer kretanja (Đuka i dr. 2016, Đuka i dr. 2018A, Poršinsky i dr. 2021) u cilju planiranja privlačenja drva na siguran, djelotvoran i okolišno prihvatljiv način.

Za utvrđivanja položaja točke težišta vozila koriste se razne metode: vješanja (ISO 789-6 2019), njihala (Fabbri i Molari 2004, ISO 10392 2011), podizanja osovine (ISO 16231-2 2015, OECD 2002, Wang et al. 2016) i nagibnog stola (Edlund i dr. 2020). Određivanje položaja točke težišta osamkotačnog forvardera Komatsu 875 metodom podizanja osovine na podiznoj platformi uz mjerenje opterećenja kotača forvardera prijenosnim vagama, ukazala je da je točku težišta moguće utvrditi i bez skupe specijalizirane mjerne opreme (nagibni stol) kojom najčešće raspolažu samo atestne institucije. Primjena podizne platforme osigurala je da svi kotači bogi osovine budu u horizontalnome položaju (slika 4B) te su na taj način prijenosne vage mjerile okomita opterećenja, a ne rezultatne sile. Rezultati su ukazali da položaj točke težišta forvardera ovisi i o položaju hidraulične dizalice (sklopljena u transportnome položaju ili ispružena) tijekom mjerenja opterećenja kotača vozila na horizontalnoj podlozi i kosini, što bi trebalo uključiti u normativne dokumente.

Poznavanjem položaja točke težišta neopterećenog forvardera i duljine oblovine koja odgovara nominalnom teretu (uz pretpostavku ispunjenog poprečnog presjeka utovarnoga prostora) te postavljanjem momentnih jednadžbi oko osovine forvardera otvoren je put izračunu opterećenja

prednje i stražnje osovine forvardera ovisno o uzdužnome nagibu i smjeru nagiba terena. Ograničenja primjene forvardera, primarno razvijena za KWF-ov Plan raspodjele tereta forvardera na horizontalnoj podlozi (Weise 2002, 2003A, 2003B): 1) najveći teret utovarenoga drva ne smije biti veći od deklarirane nosivosti forvardera od strane proizvođača, 2) najveće dopušteno opterećenje prednje i 3) stražnje osovine ne smije se prekoračiti (pri čemu treba uzeti u obzir i zbroj nosivosti pneumatika po osovini) te 4) opterećenje prednje osovine ne smije pasti ispod 20 % mase opterećenoga forvardera; primjenjiva su i na izvoženje drva uz i niz nagib terena s napomenom da se ona odnose na adhezijska osovinska opterećenja koja su okomita na kosinu uzdužnog nagiba terena.

Jednolika raspodjela osovinskih opterećenja u cilju izračuna opterećenja kotača najveće je ograničenje prikazanoga modela, zbog spoznaje da prednji i stražnji kotači unutar bogi osovine nisu apsolutno jednako opterećeni (Poršinsky i dr. 2022A). Međutim, bez ovako izračunatog opterećenja kotača, nije se mogao simulirati granični nagib kretnosti forvardera, niti nomanalni tlak na podlogu. Slučaj nejednolikog opterećenja kotača bogi osovine događa se i prilikom kretanja forvardera i uzrokovan je obodnom silom (Horvat 1993).

Najveći nominalni tlakovi na podlogu i najveće vrijednosti najmanjega konusnog indeksa tla forvardera Komatsu 875 pri izvoženju drva uz i niz nagib terena u granicama $\pm 70\%$, utvrđeni su ispod kotača stražnje bogi osovine vozila pogotovo pri izvoženju drva uz nagib terena (slika 7). Pri izvoženju drva uz nagib terena nazivno opterećenoga forvardera Komatsu 875 opremljenog pneumaticima 710/45-26.5 nominalni tlak na podlogu ispod stražnjih kotača iznosi 132 kPa, a najveća vrijednost najmanjeg konusnog indeksa tla od 950 kPa – što ukazuje da je djelotvorno privlačenje drva na okolišno prihvatljiv način moguće samo pri čvrstom tlu. Opremanjem forvardera Komatsu 875 širim pneumaticima 800/40-26.5 (nominalni tlak na podlogu 117 kPa, najmanji konusni indeks 845 kPa) ili balonkama (eng. *High Flotation Tyre*) 54×37-25 (nominalni tlak na podlogu 94 kPa, najmanji konusni indeks 674 kPa) zadovoljeni su svi uvjeti njegove primjene na osrednje čvrstim tlima. Dodatnim opremanjem kotača prednje i stražnje bogi osovine polugusjenicama, nazivno opterećeni forvarder Komatsu 875 postaje okolišno pogodan i u dijelu uvjeta mekog tla (Poršinsky i dr. 2011, Poršinsky i dr. 2020).

Granični nagib kretnosti nominalno natovarenoga forvardera uz nagib terena ukazao je da značajno ovisi o nosivosti šumskog tla iskazanoga konusnim indeksom, ali i o klizanju kotača vozila. Za iste vrijednosti konusnoga indeksa tla, pri vrijednostima klizanja kotača (10 – 15 %) koje odgovaraju najvećoj vučnoj korisnosti (Brixius 1987), granični nagib kretnosti forvardera ima niže vrijednosti, u odnosu

na klizanje kotača (20 – 25 %) koje odgovara okolišnom ograničenju, odnosno početku erozionih procesa na nagnutim terenima (Hittenbeck 2013). Porastom klizanja $>25\%$ ne ograničava se obodna sila na kotaču vozila, već dolazi do smanjenja brzine kretanja, značajnog energijskog gubitka, ali i porasta oštećivanja šumskog tla (Ringdahl i dr. 2012, Schönauer i dr. 2021). U slučajevima smanjene nosivosti šumskog tla od one prikazane na dijagramu slike 8A, kretnost forvardera na nagnutom terenu osigurat će se njegovim opremanjem trakcijskim vitlom (Holzfeind i dr. 2020).

Po uzoru na kriterije i ograničenja vuče drva skiderom s vitlom niz nagib terena (Đuka i dr. 2016, Đuka i dr. 2018A) istražen je granični nagib terena nominalno natovarenog forvardera pri izvoženju drva nizbrdo kod kojeg obodna sila (faktor bruto vuče) poprima vrijednost nula – nakon kojega povećanjem nagiba terena vozilo počinje kočiti motorom. Zbog pojave negativnih vrijednosti klizanja kotača pri kretanju šumskih vozila niz nagib terena (Šušnjar i dr. 2010), a koje Brixsius-ov model procjene vučnih značajki vozila (Brixsius 1987) ne obuhvaća, polučene vrijednosti prikazane u dijagramu slike 8B niže su od općeprihvaćenih u literaturi vrijednosti nagiba terena (Visser i Stampfer 2015, Cavalli i Amishev 2019) koja svladavaju šumska vozila od $\pm 33\%$, a što ukazuje da ovako određen kriterij nije dobar pokazatelj ograničenja kretnosti forvardera pri izvoženju drva niz nagib terena. Određivanje ograničenja kretnosti forvardera pri izvoženju drva niz nagib terena u budućnosti će predstavljati istraživački izazov, čija će se polazišna pretpostavka najvjerojatnije vezati na postotak negativnog klizanja kotača, kod kojega je onemogućeno upravljanje forvarderom uslijed klizanja cijeloga vozila.

5. ZAKLJUČCI CONCLUSSIONS

Na primjeru osmokotačnog forvardera, prikazan je simulacijski model procjene kretnosti forvardera pri izvoženju drva uz i niz nagib terena. Predstavljeni model omogućuje poimanje promjena sila pri izvoženju drva nazivno natovarenog forvardera uslijed širokih raspona promjena utjecajnih čimbenika: 1) nagiba terena 2) smjera izvoženja drva te 3) uvjeta nosivosti podloge iskazane konusnim indeksom tla. Ugradnjom kriterija/ograničenja privlačenja drva proisteklih iz prethodnih istraživanja model kretnosti forvardera dobiva na uporabnome značenju, odnosno teorijski pristup približava stvarnosti izvoženja drva.

Prikazani model kretnosti je zasnovan na lako mjerljivim ili dostupnim podacima šumskih vozila, ali i jednom teže mjerljivom, odnosno nedostupnom podatku iz kataloga proizvođača šumskih vozila – položaju točke težišta, koji je prikazanom metodom podizanja osovine uz korištenje prijenosnih vaga relativno lako utvrditi.

Svi poznati kriteriji/ograničenja kretnosti šumskih vozila ponajprije su vezani za njihovo kretanje uz nagib terena. Ograničenje kretnosti skidera pri vuči drva niz nagib je čvrsto određeno, dok u literaturi nisu zabilježena ograničenja izvoženja drva forvarderom niz nagib. Granični nagib terena pri izvoženju drva nominalno natovarenog forvardera nizbrdo, kod kojeg obodna sila poprima vrijednost nula nije se pokazao kao dobar pokazatelj ograničenja izvoženja drva. Određivanje ograničenja kretnosti forvardera pri izvoženju drva niz nagib terena u budućnosti će predstavljati istraživački izazov.

Zahvala – Acknowledgement

Istraživanje je provedeno u sklopu projekta »Očuvanje sastojina poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl) u Republici Hrvatskoj s naglaskom na biotske štetne čimbenike« koji financira Ministarstvo poljoprivrede Republike Hrvatske iz sredstava naknade za korištenje općekorisnih funkcija šuma (OKFŠ) za financiranje znanstvenog rada iz područja šumarstva.

6. LITERATURA REFERENCES

- Borz, S.A., M.V., Marcu, M.F., Cataldo, 2021: Evaluation of an HSM 208F 14 tone HVT-R2 Forwarder Prototype under Conditions of Steep-Terrain Low-Access Forests. *Croat. j. for. eng.* 42(2): 185–200. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2021.775>
- Brixius, W.W., 1987: Traction prediction equations for bias ply tires. *ASAE Paper No. 87–1622*: 1–31.
- Bygden, G., 2012: GIS for Operative Support. In: *Global Perspectives on Sustainable Forest Management* (ed: C.A. Okia), In Tech, 217–222.
- Bumber, Z., A., Đuka, Z., Pandur, T., Poršinsky, 2023: Gradeability of a Forwarder Based on Traction Performance. *Forests* 14(1): 103. <https://doi.org/10.3390/f14010103>
- Cavalli, R., Dž., Amishev, 2019: Steep terrain forest operations – challenges, technology development, current implementation, and future opportunities. *Int. J. For. Eng.* 30(3): 175–181. <https://doi.org/10.1080/14942119.2019.1603030>
- Đuka, A., T., Pentek, D., Horvat, T., Poršinsky, 2016: Modelling of Downhill Timber Skidding: Bigger Load – Bigger Slope. *Croat. j. for. eng.* 37(1): 139–150.
- 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 Biogeosci. For.* 10: 886–894. <http://dx.doi.org/10.3832/ifor2471-010>
- Đuka, A., T., Poršinsky, T., Pentek, Z., Pandur, D., Vusić, I., Papa, 2018A: Mobility Range of a Cable Skidder for Timber Extraction on Sloped Terrain. *Forests* 9(9): 526. <https://doi.org/10.3390/f9090526>
- Đuka, A., T., Poršinsky, T., Pentek, Z., Pandur, D., Janeš, I., Papa, 2018B: Soil Measurements in the Context of Planning Harvesting Operations and Variable Climatic Conditions. *South-east Eur. For.* 9(1): 61–71. <https://doi.org/10.15177/seefor.18-04>
- Đuka, A., Z., Bumber, T., Poršinsky, I., Papa, T., Pentek, T., 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>
- Eichrodt, A.W., 2003: Development of a Spatial Trafficability Evaluation System. PhD Thesis, ETH Zurich, 1–165.
- Edlund, B., O., Lindroos, T., Nordfjell, 2020: The effect of rollover protection systems and trailers on quad bike stability. *Int. J. For. Eng.* 31(2): 95–105. <https://doi.org/10.1080/14942119.2020.1708067>
- Elwaleed, A.K., A., Yahya, M., Zohadie, D., Ahmad, A.F., Kheiralla, 2006: Net traction ratio prediction for high-lug agricultural tyre. *J. Terramech.* 43(2): 119–139. <https://doi.org/10.1016/j.jterra.2004.10.002>
- Fabbri, A., G., Molari, 2004: Static measurement of the centre of gravity height on narrow-track agricultural tractors. *Biosyst. Eng.* 87(3): 299–304. <https://doi.org/10.1016/j.biosystem-seng.2003.12.008>
- Hittenbeck, J., 2013: Estimation of Trafficable Grades from Traction Performance of a Forwarder. *Croat. j. for. eng.* 34(1): 71–81.
- Holzfeind, T., K., Stampfer, F., Holzleitner, 2018: Productivity, setup time and costs of a winch-assisted forwarder. *J. For. Res.* 23(4): 196–203. <https://doi.org/10.1080/13416979.2018.1483131>
- Holzfeind, T., R., Visser, W., Chung, F., Holzleitner, G., Erber, 2020: Development and Benefits of Winch-Assist Harvesting. *Curr. For. Rep.* 6: 201–209. <https://doi.org/10.1007/s40725-020-00121-8>
- Horvat, D., 1993: Prilog poznavanju dinamike bogie sustava kotača (A Contribution to comprehension of the bogie wheel system dynamics). *Meh. šumar.* 18(3): 107–120.
- ISO 10392, 2011: Road vehicles Determination of centre of gravity. International Standard Organization, Geneva, Switzerland.
- ISO 13860, 2016: Machinery for forestry – Forwarders – Terms, definitions and commercial specifications. International Standard Organization, Geneva, Switzerland.
- ISO 789-6, 2019: Agricultural tractors – Test procedures – Part 6: Centre of gravity. International Standard Organization, Geneva, Switzerland.
- ISO 16231-2, 2015: Self-propelled agricultural machinery – Assessment of stability – Part 2: Determination of static stability and test procedures. International Standard Organization, Geneva, Switzerland.
- Janeš, D., A., Đuka, I., Papa, T., Pentek, M., Moro, I., Žarković, T., Poršinsky, T., 2022: Pokazatelji primarne otvorenosti četiri reljefna područja šuma (Indicators of Primary Forest Accessibility in Different Terrain Categories). *Šum. list* 146 (3–4): 103–116. <https://doi.org/10.31298/sl.146.3-4.1>
- Khorsandi, F., P.D., Ayers, R.S., Freeland, X., Wang, 2018: Modeling the effect of liquid movement on the center of gravity calculation of agricultural vehicles. *J. Terramech.* 75: 37–48. <https://doi.org/10.1016/j.jterra.2017.09.005>
- Kormanek, M., J., Dvořák, 2022: Use of Impact Penetrometer to Determine Changes in Soil Compactness After Entracon Sioux EH30 Timber Harvesting. *Croat. j. for. eng.* 43(2): 325–337. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2022.1054>

- Lubello, D., 2008: A rule based SDSS for integrated forest harvesting planning. PhD Thesis, Università degli studi di Padova, Padova, 1–213.
- Mason, G.L., J.M., Williams, F., Vahedifard, J.D., Priddy, 2018: A unified equation for predicting traction for wheels on sand over a range of braked, towed, and powered operations. *J. Terramech.* 79: 33–40. <https://doi.org/10.1016/j.jterra.2018.05.005>
- 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. *Croat. j. for. eng.* 42(1): 117–134. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2021.838>
- Mellgren, P.G., 1980: Terrain Classification for Canadian Forestry. Canadian Pulp and Paper Association, 1–13.
- NAF, 2022: Planetary Portal—Bogie Axle. Available online: <https://www.nafaxles.com/wp-content/uploads/2021/09/naf-bogie-pta-87-portal-5-en-2019.pdf>
- Nokian, 2022: Technical Manual – Heavy Tyres. Nokian Tyres, 1–476. Available online: https://nokiantyres.studio.crasman.fi/file/dl/i/C37sJA/zFdkuqML3-WXBXPNrncrUA/NokianHeavyTyres_TechnicalTireManual_v7.1_2022-05.pdf
- OECD, 2002: Standard code for the Official Testing of Agricultural and Forestry Tractor Performance. Organization for Economic Co-operation and Development, Paris.
- Partington, M., M., Ryans, 2010: Understanding the nominal ground pressure of forestry equipment. *FPInnovations* 12(5): 1–8.
- Poršinsky, T., 2005: Djelotvornost i ekološka pogodnost forwardera Timberjack 1710 pri izvoženju oblovine iz nizinskih šuma Hrvatske. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–170.
- Poršinsky, T., D., Horvat, 2005: Indeks kotača kao parametar procjene okolišne prihvatljivosti vozila za privlačenje drva (Wheel Numeric as Parameter for Assessing Environmental Acceptability of Vehicles for Timber Extraction). *Nova meh. šumar.* 26: 25–38.
- Poršinsky, T., I., Stankić, A., Bosner, 2011: Ecoefficient Timber Forwarding Based on Nominal Ground Pressure Analysis. *Croat. j. for. eng.* 31(1): 345–356.
- Poršinsky, T., A., Đuka, O., Busić, 2014: Utjecaj propisnosti mjerenja oblovine na transport drva (Influence of Prescribed Method of Roundwood Scaling on Timber Transport). *Nova meh. šumar.* 35: 1–9.
- Poršinsky, T., M., Moro, A., Đuka, 2016: Kutovi i polumjeri prohodnosti skidera s vitlom (Maneuverability Characteristics of Cable Skidder). *Šum. list* 140(5–6): 259–272. <https://doi.org/10.31298/sl.140.5-6.5>
- Poršinsky, T., J., Matas, D., Horvat, A., Đuka, 2020: Pneumatici kotača šumskih vozila (Tyres of Forestry Vehicles). *Šum. list* 144(9–10): 509–522. <https://doi.org/10.31298/sl.144.9-10.7>
- Poršinsky, T., V., Kajgana, Ž., Tomašić, A., Đuka, 2021: Granični nagib kretnosti skidera s vitlom temeljem vučne značajke vozila (Gradeability of the Cable Skidder Based on Traction Performance). *Šum. list* 145(5–6): 211–224. <https://dx.doi.org/10.31298/sl.145.5-6.1>
- Poršinsky, T., Z., Pandur, Z., Bumber, M., Lovrinčević, B., Uršić, A., Đuka, 2022A: Dimenzijske i masene značajke forwardera (Dimensional and Mass Characteristics of Forwarders). *Šum. list* 146(9–10): 387–401. <https://doi.org/10.31298/sl.146.9-10.1>
- Poršinsky, T., Z., Bumber, Z., Pandur, M., Moro, M., Lovrinčević, A., Đuka, 2022B: Dimenzijske značajke utovarnog prostora forwardera (Dimensional Characteristics of Forwarder Loading Space). *Nova meh. šumar.* 43: 19–26. <https://doi.org/10.5552/nms.2022.3>
- Ring, E., M., Andersson, L., Hansson, G., Jansson, L., Högbom, 2021: Logging Mats and Logging Residue as Ground Protection during Forwarder Traffic along Till Hillslopes. *Croat. j. for. eng.* 42(3): 445–462. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2021.875>
- Ringdahl, O., T., Hellström, I., Wästerlund, O., Lindroos, 2012: Estimating wheel slip for a forest machine using RTK-DGPS. *J. Terramech.* 49(5): 271–279. <https://doi.org/10.1016/j.jterra.2012.08.003>
- Saarihahti, M., 2002: Soil interaction model. Project deliverable D2 (Work package No. 1) of the Development of a Protocol for Ecoefficient Wood Harvesting on Sensitive Sites (ECOWOOD). EU 5th Framework Project (Quality of Life and Management of Living Resources) Contract No. QLK5-1999-00991 (1999–2002), 1–87.
- Sampietro, J.A., D.A., de Vargas, F.L., Souza, M.F., Nicoletti, M., Bonazza, L.R., Topanotti, 2022: Comparison of Forwarder Productivity and Optimal Road Density in Thinning and Clearcutting of Pine Plantation in Southern Brazil. *Croat. j. for. eng.* 43(1): 65–77. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2022.1147>
- Schönauer, M., T., Holzfeind, S., Hoffmann, F., Holzleitner, B., Hinte D., Jaeger, 2021: Effect of a traction-assist winch on wheel slippage and machine induced soil disturbance in flat terrain. *Int. J. For. Eng.* 32(1): 1–11. <https://doi.org/10.1080/14942119.2021.1832816>
- Spinelli, R., P., Owende, S., Ward, M., Tornero, 2004: Comparison of short-wood forwarding systems used in Iberia. *Silva Fenn.* 38: 85–94. <https://doi.org/10.14214/sf.437>
- Strandgard, M., R., Mitchell, M., Acuna, 2017: Time consumption and productivity of a forwarder operating on a slope in a cut-to-length harvest system in a *Pinus radiata* D. Don pine plantation. *J. For. Sci.* 63(7): 324–330. <https://doi.org/10.17221/10/2017-JFS>
- Starke, M., C., Derron, F., Heubaum, M., Ziesak, 2020: Rut Depth Evaluation of a Triple-Bogie System for Forwarders – Field Trials with TLS Data Support. *Sustainability* 12(16): 6412. <https://doi.org/10.3390/su12166412>
- Suvinen, A., M., Saarihahti, 2006: Measuring the mobility parameters of forwarders using GPS and CAN bus techniques. *J. Terramech.* 43(2): 237–252. <https://doi.org/10.1016/j.jterra.2005.12.005>
- Suvinen, A., 2006: A GIS-based simulation model for terrain tractability. *J. Terramech.* 43(4): 427–449. <https://doi.org/10.1016/j.jterra.2005.05.002>
- Suvinen, A., T., Tokola, M., Saarihahti, 2009: Terrain Trafficability Prediction with GIS Analysis. *For. Sci.* 55(5): 433–442. <https://doi.org/10.1093/forestscience/55.5.433>
- Šušnjar, M., A., Bosner, T., Poršinsky, 2010: Vučne značajke skidera pri privlačenju drva niz nagib (Skidder Traction Performance in Downhill Timber Extraction). *Nova meh. šumar.* 31: 3–14.
- Tiwari, V.K., K.P., Pandey, P.K., Pranav, 2010: A review on traction prediction equations. *J. Terramech.* 47(3): 191–199. <https://doi.org/10.1016/j.jterra.2009.10.002>

- Visser, R., H., Berkett, 2015: Effect of terrain steepness on machine slope when harvesting. *Int. J. For. Eng.* 26(1): 1–9. <https://doi.org/10.1080/14942119.2015.1033211>
- Visser, R., K., Stampfer, 2015: Expanding Ground-based Harvesting onto Steep Terrain: A Review. *Croat. j. for. eng.* 36(2): 321–331.
- Weise, G., 2002: Was kann der Rückezug wirklich? KWF Forsttechnische Informationen 1+2: 4–6.
- Weise, G., 2003A: Load Distribution Plans for Forwarders. *Agrartechnische Forschung* 9(1): 7–10.
- Weise, G., 2003B: Load Distribution Plans for Forwarders. *Landtechnik* 58(1): 30–31.
- Wang, X., L., Gao, P.D., Ayers, S., Su, C., Yuan, 2016: The influence of the lift angle on the center of gravity: measurements for zero turning radius mowers. *Appl. Eng. Agric.* 32(2): 189–199. <https://doi.org/10.13031/aea.32.10548>
- Wong, J.Y., 2014: Mechanics of off-road vehicle – Terrain interaction. In *Road and off-Road Vehicle Systems Dynamics Handbook*, 1st ed.; Mastinu, G., Ploechl, M., Eds.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 697–726, ISBN 978-0-8493-3322-4.
- Wronski, E.B., N., Humphreys, 1994: A method for evaluating the cumulative impact of ground-based logging systems on soils. *J. For. Eng.* 5(2): 9–20. <https://doi.org/10.1080/08435243.1994.10702656>

SUMMARY

In the example of an eight-wheeled forwarder, a simulation model is presented for assessing the mobility of the forwarder when transporting timber uphill and downhill. The presented model shows the changes in forces during timber forwarding by a nominally loaded forwarder due to a wide range of changes in influencing factors: 1) the slope of the terrain, 2) the direction of timber forwarding, and 3) the soil bearing capacity expressed by the cone index. By incorporating the criteria/limitations of timber forwarding derived from previous research, the forwarder mobility model gains practical meaning; that is, the theoretical approach brings the reality of timber forwarding closer. The mobility model shown is based on easily measurable or available data but also on the position of the centre of gravity, which is relatively easy to determine by the shown method of lifting the forwarders' axle with the use of portable scales and is usually unavailable to read in the manufacturers' catalogue. All known criteria/restrictions of mobility of forest vehicles are primarily related to their movement uphill. The limitation of the skidder's mobility when skidding timber downhill has been firmly determined, while there are no limitations in the literature for forwarding timber downhill. Gradeability of a nominally loaded forwarder downhill, where the thrust force takes the value of zero, did not prove to be a good indicator or a limitation of timber forwarding. Determining the mobility limitations of the forwarder during timber forwarding downhill will be a research challenge in the future.

KEY WORDS: forwarder, centre of gravity, axle load

BIOLOŠKO-EKOLOŠKA OBILJEŽJA POSEBNOG REZERVATA ŠUMSKE VEGETACIJE KOČJE-OTOK KORČULA

THE BIOLOGICAL AND ECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF AN SPECIAL FOREST VEGETATION RESERVE KOČJE-KORČULA ISLAND

Željko ŠPANJOL¹, Ivana GAŠPAROVIĆ², Marko VUČETIĆ³, Dunja ZBILJSKI⁴, Milan VOJINOVIĆ⁵,
Vedran SUŠILOVIĆ⁶, Ivan LJUBIĆ⁷, Katarina KOROV⁸, Boris DORBIĆ⁹

SAŽETAK

Prirodni fenomen, Kočje, 1962. godine proglašen je posebnim rezervatom šumske vegetacije, dok je njegov glavni fenomen šuma stogodišnjih stabala hrasta crnike (*Quercus ilex* L.). Rezervat je sjemenskog postanka s ponekom panjačom. Osim s vegetacijskog gledišta, Kočje je specifično i zbog niza geomorfoloških oblika. Šumu ovog rezervata se može svrstati u šumu hrasta crnike i crnog jasena. U radu su dani rezultati opsežnih istraživanja koja su provedena u prvoj polovici 2015. godine, a uključivala su strukturna, vegetacijska i mikroklimatska mjerenja. Strukturna izmjera stabala provedena je na području cijelog rezervata, a vegetacijska i mikroklimatološka istraživanja su obuhvatila 7 pokusnih ploha.

Rezultati su pokazali da inventarizirana stabala hrasta crnike (140) pokazuju konstantno opadanje vitaliteta, što je sasvim razumljivo i vezano na njihovu stoljetnu dob. Ustanovljeno je i da su najbrojnije vrste u fazi ponika i pomladka: *Laurus nobilis* L. i *Viburnum tinus* L., dok hrast crnika prevladava u nadstojnoj etaži. S obzirom na strukturne tablice sastojina na pokusnim plohama 1.-7. kao i na ukupne iznose drvene zalihe, došlo se do spoznaje da se sklopljeni dio šume rezervata i dalje nalazi u stadiju visoke crnikove šume.

Iz fitocenoloških snimki (tablica 12) također uočavamo tu heterogenost staničnih uvjeta budući osim tipičnih vrsta asocijacije *Fraxino orni-Quercetum ilicis* Horvatić (1956.) 1958. (Šuma hrasta crnike i crnog jasena) ovisno o geološko-morfološkim, hidrološkim, pedološkim i mikroklimatskim prilikama pridolaze vrste koje nisu tipične za šumsku vegetaciju. Ponajprije paprati, vegetacija stijena, mahovina i sl. Pokrovnost vegetacije u rezervatu Kočje nije jednolična. Središnji dio gdje prevladavaju stara stabla crnike pokrovnost sloja drveća je 90-95 % (100 %), grmlje pokriva 30-100 %. Pokrovnost sloja prizemnog rašća je također različita i ovisi o pokrovnosti sloja grmlja i drveća, tako da je od 5-80 %. Isto tako u rezervatu nalazimo gusti sloj nerazgrađenog listinca najčešće od 2 do 5 cm, a u „džepovima“, škrapama između stijena 10 do 15 cm. Tu ga najviše nanosi voda za jakih kiša.

Mikroklimatskim istraživanjima je potvrđeno da kolebanja mikroklimatskih elemenata (temperatura i količina svjetla) ovise o stupnju sklopljenosti sastojine u sloju drveća i grmlja te geomorfološkim situacijama na plohama.

KLJUČNE RIJEČI: Kočje, posebni rezervat šumske vegetacije, hrast crnika, vegetacija, izmjere.

¹ Prof. dr. sc. Željko Španjol, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za ekologiju i uzgajanje šuma, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Republika Hrvatska, zespanjol.rab@gmail.com

² Ivana Gašparović, mag. ing. prosp. arh., Vile velebita 30, 10 000 Zagreb, Republika Hrvatska.

³ Marko Vučetić, dipl. ing. fiz, Put Podstina 13, 21450 Hvar, Republika Hrvatska

⁴ Dunja Zbiljski, mag. ing. silv.

⁵ Milan Vojinović, dipl. ing. šum., Anemona d.o.o., 20260 Korčula, Republika Hrvatska

⁶ Vedran Sušilović, mag. ing. silv.

⁷ Ivan Ljubić, mag. ing. silv.

⁸ Katarina Korov, mag. ing. silv.

⁹ Nasl. izv. prof. dr. sc. Boris Dorbić, prof. struč. stud., Veleučilište „Marko Marulić“ u Kninu, Krešimirova 30, 22 300 Knin, Republika Hrvatska

UVOD

INTRODUCTION

Posebnost šumovitog otoka Korčule je 3 kilometra zapadno od samog grada Korčule, prirodni fenomen, Kočje, koje je proglašeno 1962. godine posebnim rezervatom šumske vegetacije. Glavni fenomen ovog zaštićenog objekta je šuma stogodišnjih stabala hrasta crnike (*Quercus ilex* L.).

Osim s vegetacijskog gledišta, Kočje je posebno i zbog niza geomorfoloških oblika. Hodnici, zasvođeni i uski prolazi, šupljine, prepreke kao i druge dolomitne tvorevine, tvore zanimljivi sustav povezanih odaja nad zemljom s obiljem različitih vrsta paprati i mahovina koje su dio površinskog pokrova. Rezervat se nalazi na podlozi od vapnenca, poviše dolomitske jezgre koja djelomično izbija na površinu (iznad 30 metara) (Anonymous, 2000). Pritom oblikuje prirodnu barijeru te čuva ovaj mikrobiološki ekosustav od juga, bure, maestra, dok iz podzemnih prolaza i šupljina dolazi vlažan zrak koji stvara optimalne uvjete za razvoj raznolikih i brojnih svojti, utječući tako na biološku raznolikost područja. Velike kamene gromade u narodu nazivaju «kok», a dale su naziv i obilježje cijelom području (D.D, 2020).

Do sada nisu provedena sustavna floristička i vegetacijska istraživanja rezervata već se iznose prvotni opis rezervata s njegovim prirodnim obilježjima koji je dao Onofri (1964), dakle neposredno nakon zaštite ove šume. Kasnije Denich i Draganović (1985) vrlo kratko pišu o potrebi čuvanja posebnog rezervata šumske vegetacije, navodeći iste podatke o njegovim biološko-ekološkim vrijednostima ističući tada da „*ovom objektu barem za sada ne prijeto opasnost da bude degradiran bilo izgradnjom ili nekim drugim zahvatom*“. U preporuci ističu da „*u rezervatu ne treba izvoditi bilo kakve šumsko uzgojne radove-sječa, pročišćavanje ili slično, s time da se stabla masline mogu redovito obrađivati*“. Na osnovi do tada postojećih oskudnih istraživanja o Kočju pišu Španjol i dr. (2014).



Slika 1. „Ulaz“ u Kočje (Foto: Autori)
Figure 1. „Entrance“ to Kočje (Photo: Authors)

Iako dosadašnja istraživanja pokazuju da u nadstojnom sloju drveća dominira hrast crnika, lovor je znatno zastupljeniji u poniku i pomladku i sloju grmlja te konkurira crniki u sloju drveća na mikrolokacijama povoljnijih mikrostanišnih uvjeta kao što su: dublje tlo i samim time veća vlaga tla.

Prema Pavariu (1931), u: Horvat, A. (1955) lovor čini ostatak tercijarne flore (humidna toplija klima). Detaljni prikaz ove vrste s biološko-ekološkog, uzgojnog, povijesnog, uporabnog aspekta dali su Španjol i dr. (2021).

Ovaj rad je pionirskog karaktera u kontekstu šumarskih istraživanja o posebnom rezervatu šumske vegetacije Kočje, te se većinski temelji na novim podacima.

SINEKOLOŠKA OBILJEŽJA OTOKA I POSEBNOG REZERVATA ŠUMSKE VEGETACIJE KOČJE

THE SYNECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF AN ISLAND AND AN SPECIAL FOREST VEGETATION RESERVE OF KOČJE

Klimatska obilježja – *Climatic features*

Klimatska obilježja su dobivena obradom podataka dobivenih od Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ-a). Meteorološka postaja: Korčula (klimatološka) nadmorska visina: 15 m; geografske širine: 42°57' N i geografske dužine: 17°08' E. Obrađeni podaci odnose se na razdoblje od 1981. – 2014. godine.

Srednja godišnja temperatura zraka za navedeno razdoblje iznosi 17,0°C. Najhladnija je zima sa srednjom temperaturom od 9,6°C, a najtoplije je ljeto sa srednjom temperaturom od 25,0°C. Najhladniji mjesec redovito je veljača (9,2°C), a najtopliji srpanj (26,0°C).



Slika 2. „Stražar“ iznad šume (Foto: Autori)
Figure 2. „Guard“ above the forest (Photo: Authors)

Srednje temperature zraka za vegetacijsko razdoblje (travanj-rujan), prema različitim autorima, imaju izrazito veće značenje za razvoj vegetacije, nego srednje godišnje temperature zraka, koje u pojedinim godinama znatno više zavise o temperaturi zraka tijekom zime. Izračunata srednja (poprečna) temperatura za vegetacijsko razdoblje iznosi 21,9°C.

Apsolutne maksimalne i minimalne temperature zraka pokazatelj su stvarnih i ukupnih toplotnih razlika određenog područja. Često su limitirajući čimbenik kod pridolaska, razvoja i opstanka neke vrste. Velika razvedenost, a posebice čimbenici reljefa, kao nadmorska visina i nagib, u većoj mjeri utječu na veća odstupanja i u ekstremima temperature zraka. Na meteorološkoj postaji Korčula za navedeno razdoblje izmjerena je najniža temperatura zraka od -4,0°C. Apsolutna maksimalna temperatura zraka je velika i iznosi 39,0°C. Apsolutno kolebanje temperature zraka iznosi 43°C, a srednje kolebanje temperature zraka iznosi 16,8°C.

Iz godišnjeg hoda razvidno je da se radi o maritimnom oborinskom režimu. Veći dio oborina padne u hladnijim dijelovima godine. Maksimalne količine mjesečnih oborina padnu tijekom kasne jesen ili početkom zime, a srpanj je mjesec s najmanjom količinom oborina. Oborine koje padnu u vegetacijskom razdoblju iznose 330,5 mm. U pogledu raspodjele oborina prema godišnjim dobima najveće količine oborina padnu u jesen (338,4 mm), dok je drugi maksimum zima (332,9 mm). Najmanje količine oborina padnu u ljeto (112,6 mm), dok u proljeće padne 237,7 mm oborina.

Maksimumi vlage zraka su bili u listopadu, studenom i prosincu, a minimumi u lipnju i srpnju. Za navedenu meteorološku postaju, prema podacima za navedeno razdoblje, nema ekstremno vlažnog ni ekstremno suhog zraka, jer godišnja srednja vrijednost relativne vlage zraka nije viša od 90 % i niža od 40 %. Srednja godišnja relativna vlaga zraka iznosila je 71 % (nadosrednja). Dnevni hod relativne vlage zraka obično je svugdje obrnut od dnevnog hoda temperature – najveći postotak vlage je ujutro, a najmanji poslijepodne. Godišnja amplituda relativne vlage zraka iznosi 11 %. Na području otoka Korčule nema pojave mraza. Magla ovdje nije učestala pojava. Tijekom godine je samo 3,6 dana s maglom. S ekološkog stajališta magla je vrlo važna, jer povećava ukupnu zračnu vlagu i stvara dodatne količine oborina. Sušno razdoblje traje od lipnja do kolovoza, a razdoblje suhoće od svibnja do rujna.

Po W. Köppenu okoliš na promatranoj meteorološkoj postaji karakterizira Csa tip klime, što znači umjereno topla kišna klima. Za njega je karakteristično da ima dugotrajno sušno razdoblje, a najsušni dio godine odnosi se ljetno razdoblje. S obzirom na vrijednost Langovog godišnjeg kišnog faktora Korčula pripada semihumidnoj klimi i ima četiri aridna mjeseca. Mjesečni kišni faktori su u rasponu od aridnih do humidnih. S obzirom na Martonne-ov indeks aridnosti, koji iznosi 37,9, klima je humidna.

Geološko – pedološka i hidrološka obilježja – *Geological – pedological and hydrological characteristics*

Otok je građen od rudistnih vapnenaca i dolomita gornje krede, koji su u većoj mjeri raspoređeni zonalno. Iznad dolomita i vapnenca raspoređeni su mlađi slojevi pleistocena: crvenica, breše i koštane breše te pijesak. Navedeni sedimenti istaloženi su u prije formiranim udubljenjima u kršu. Pijeska još ima i u Blatskom polju, Prapratni i Lumbardi (Kalogjera 2017). Dominantni tip tla na području otoka je crvenica (tera rossa), a javlja se kao: eolska, podzolirana, braunizirana i antropomorfna. Dolazi još i kao: karbonatna, smeđa, primorska i planinska tla, kao i crnica te razni tipovi hidrogenih tala (Kalogjera, 2017). Značajan faktor u oblikovanju navedenog prostora je oborinska voda. Razaranjem i prodiranjem u krš dovodi do formiranja različitih speleoloških pojava (pećine, jame i ponori). Veličina tih pojava je različita u dužini i dubini ovisno o tipu naslaga, broju pukotina, te o intenzitetu rada voda (površinskih i nadzemnih). Morfologija otoka Korčule je tipično krška. Na području Korčule ne postoje površinski vodeni tokovi, dok su jedine otvorene vodene površine lokve na flišnoj podlozi (npr. kod Lumbarde), ali ljeti često presušu (Krklec i dr. 2011). Kočje je smješteno na dobro uslojenim vapnencima, iznad dolomitne jezgre (slike 1, 2 i 3). Iz dolomitnih stijena izvire vrelo (na dva mjesta), dok veće vrelo ne presuši ni u razdoblju veće suše. Životinje nemaju pristup vrelu radi njegovog položaja (kosa stijena). Upravo zbog navedenog takav položaj onemogućava onečišćenje te je zbog čistoće vode prozvano „*Vilinin izvorom*“. (Anonymous, 2000). Kako piše Sardelić (2007) „*A zatim slijedi iznenađenje! Voda! Prava, živa voda, voda bistra, pitka, voda hladna, ugodna. U prirodno oblikovanom kamenom koritu, nalik na kakvu divovsku školjku koja krije svoj biser, ogleda se malo jezerce-Vilino korito! Da, vile su njegove čuvarice.*“ (slika 4). Narodne priče i legende prepune su priča o vilama i njihovom suživotu sa lokalnim stanovništvom.

Vegetacijska obilježja – *Vegetation characteristics*

Iako nije tipična, šuma posebnog rezervata šumske vegetacije Kočje može se svrstati u šumu hrasta crnike i crnog jasea (*Fraxino orni-Quercetum ilicis* Horvatić (1956) 1958) (Vukelić 2012).

Bogatstvo vegetacije Kočja omogućeno je zbog visokog zadržavanja vlažnosti. Razlog tomu je isparavanje spriječeno krošnjama hrasta crnike (*Quercus ilex* L.). Posljedično, dolomitsko je stijenje prekriveni lišajem te debelim naslagama mahovina (*Selaginella denticulata* (L.) Spring), a trula mahovina, izrazita vlažnost i sjenovit teren stvaraju optimalne uvjete za pojavu paprati (*Polypodium vulgare* L., *Polypodium interjectum* Shivas, *Asplenium trihomane* L.). U sloju drveća dominiraju hrast crnika (*Quercus ilex* L.) i lovor (*Laurus nobilis* L.).



Slika 3. Izdignuti kameni stupovi iznad šume (Foto: Autori)

Figure 3. Elevated stone pillars above the forest (Photo: Authors)



Slika 4. Vilin izvor i Vilino korito (Foto: Autori)

Figure 4. Vila izvor and Fairy trough (Photo: Authors)



U sloju grmlja pridolazi: *Laurus nobilis* L., *Pistacia terebinthus* L., *Phillyrea latifolia* L., *Coronilla emerus* L. – subsp. *emeroides* (Boiss. et Spruner) Hayek, *Myrtus communis* L., *Viburnum tinus* L., *Arbutus unedo* L., *Ruscus aculeatus* L. te ostale vrste tipične za primorsku makiju. Grmovi su prekriveni penjačicama i povijušama (*Lonicera implexa* Ait., *Smilax aspera* L., *Hedera helix* L.), a mnoge od njih nadvisuju stijene i krošnje crnike. Na vrhovima stijena, u raspučinama popunjenim humusom, pridolaze mediteranske vrste (*Salvia officinalis* L., *Rosmarinus officinas* L., *Helichrysum italicum* (Roth) Mill. corr. Guss., *Cistus villosus* L., *Inula candida* (L.) Cass.). Treba naglasiti da se u ovom toplom mediteranskom području susreću florni elementi zapadnog i istočnog mediterana, sa srednjoeuropskim elementima, i to na specifičnom terenu koji se može nazvati kontinentalnim i mediteranskim.

Sa znanstvenog promišljanja zanimljivi su stavovi Lovrić (1995; 1995a) koji u svojim radovima opisuje ovakve (ove?) i/ili njima slične šume kao subtropske kišne *laurisylvae*.

Tako on šume zajednice *Oleo-Quercion rotundifoliae* R. Mart navodi da su naše najbujnije i najviše sredozemne vazdazelene šume, koje u jadranskim klancima na otocima i dubljim ponikvama dostižu visinu 12–20 m i imaju prepoznatljiv gusti polumračni sklop poput džungle različitog drveća i grmlja s lijanama. Na granama dolaze „zavjese i brade“ od mahovina- epifitnih i lišajeva. Na tlu se pak nalaze bujni spužvasti tapet od mahovina s velikim brojem raznih gljiva i paprati. Zato se po vanjskoj fizionomiji i građi, ove naše reliktno laurisylve značajno razlikuju od drugih primorskih i kopnenih šuma u Hrvatskoj i šire. Visoke laurisylvae *Oleo-Quercion* se nalaze disjunktno, od zapadnog Sredozemlja do Jadrana kroz više kišnih refugija s izrazitim oborinama na Sredozemlju. Autor navodi da je najveći zapadni refugij na obali Pirenejskog poluotoka i obližnjim otocima s desetak pripadajućih zajednica. Drugi se pak nalaze u sjevernom Tunisu, Dalmaciji, zapadnoj Grčkoj, sjeverozapadnoj Turskoj, itd. Zajednički pokazatelji navedene sveze i staništa

karbonatnih laurisylva u toplo-vlažnoj inačici Mediterana su: *Quercus ilex* subsp. *rotundifolia* (Qu. *ballota*), *Laurus nobilis* (optimum), *Juniperus oxycedrus* subsp. *badia* (J. *arboorea*), *Pistacia saportae* Burnat (P. *lentiscus* X *terebinthus*), *Viburnum rugosum* (V. *pseudotinus*), *Euphorbia characias* L., uz mnoštvo lijana *Smilax mauretanica*, *Rubia aucheri* (R. *longifolia*), *Hedera colchica* i *Hed. taurica* (H. *helix* subsp. *poëtarum*), *Origanum heracleoticum* L., *Limodorum abortivum* (L.) Sw., pa obilno velike južne paprati *Dryopteris australis* (D. *pallida* (Bory) Maire et Petitm.), *Polypodium australe*, *Polystichum setiferum* (Forssk.) Woyn., *Pteridium tauricum* (Pt. *aquilinum* (L.) Kuhn ssp. *brevipes*) itd. Na drveću (račve grana) i trulim rupama rastu izraziti vaskularni epifiti: *Umbilicus erectus*, *Sedum maximum*, *Parietaria judaica* L., *Polypodium interjectum* Shivas i dr. Po granama i deblu javljaju se epifitne mahovine *Cryphaea arborea* i obilje lišaja, a na tlu se nalazi debeli sag od nekih subtropskih mahovina: *Bryum canariense*, *Sphaerocarpus texanus*, *Cololejeunea rossetiana*, *Riccia raddiana*, *Riccia michelii*, *Cephaloziella baumgartneri*, *Southbya nigrella* i ine južne pa još obilne gljive: *Boletus caucasicus*, *Xerocomus armeniacus*, *Ramaria nigrescens*, *Russula maculata*.

Lovrić (1995; 1995a) ističe dvije glavne pripadne zajednice u našim vlažnim jadranskim refugijima. Prva je: *Lauro-Quercetum ilicis* (R.Mart. 1957) Quez.& al. 1976 (*Lauretum nobilis* Lak.& al.), ujedno unutar sveze najsjevernija i osiromašena šuma poluvlažnih viših makija (7-12 m) koja se nalazi na ivici eumediterana ili pak južnije u klancima i ponikvama. Nalazi se na rubu Sredozemlja u karbonatnim vlažnim uvalama južne Europe, i to od sjeverne Španjolske do Grčke. U Hrvatskoj u jugoistočnoj Istri, Cresu (sjever), sjeverne obale Korčule, Mljeta, Pelješca, uz rijeku Omblu nedaleko Dubrovnika, u Konavlima i dr. Uz dominaciju lovora drugi su pokazatelji u većoj mjeri isti kao i za svezu, to je ustvari prijelazna šuma između sveza *Quercion ilicis* i *Oleo-Quercion*. Druga zajednica je *Smilaci-Quercetum rotundifoliae* (R.Mart. 1986) Barb.& al. 1987 (*«Palaeo-Quercetum refugiorum»* Radić, Fukarek), koja raste uz sjevernu granicu sveze i to prema rubu eumediterana, u Hrvatskoj najčešće u dubokim ponikvama i obalnim klancima. Učestalija je u sjeverozapadnom Sredozemlju, a kod nas se javlja na istočnoj granici, u Mereškoj jami na Cresu i djelomice na Sv. Grguru, primorskim klancima Biokova itd. Indikatori su dominantni *Qu. ilex* ssp. *rotundifolia*, pa *Juniperus oxycedrus* subsp. *badia* (J. *arboorea*), *Smilax mauretanica*, *Tamus communis* subsp. *cretica*, a na tlu obilje paprati *Dryopteris mediterranea*, *Polypodium interjectum*, *Asplenium adiantum-nigrum* i dr. Prethodno navedenu Merašku jamu (Lovrić 1995; 1995a) tako opisuje i Kranjčev (2008). On piše slijedeće: "Kako se nalazi u blizini malog naselja Merag, dobila je naziv Meraška jama. Uz dobrog vodiča pronašli smo put do njezinog dna prolazeći šumicom crnike i lovora. Silazak u jamu usred bijela dana činio se kao spuštanje u neki mračan hodnik, jer se prolazilo kao kroz labirint, uz velike blokove kamenja.

Gusta makija uzrokuje veliku sjenu. Sve kamenje i donji dijelovi drveća prekrili su buseni mahovina i papratnjača za koje ovdje vladaju posebno povoljni uvjeti, jer je posvuda mnogo vlage. Tu bi se mogla načiniti prava kolekcija naših kopnenih vrsta mahovina i papratnjača. Prolazimo uz oveće spilje, s čijeg stropa kaplje voda, a stijene su joj izgrađene od razlomljenih i slijepljenih vapnenačkih dijelova stijena, što ukazuje na neke osobite procese u davnoj geološkoj prošlosti."

Ove teze predmet su dodatnih istraživanja florističke i vegetacijske specijalnosti.

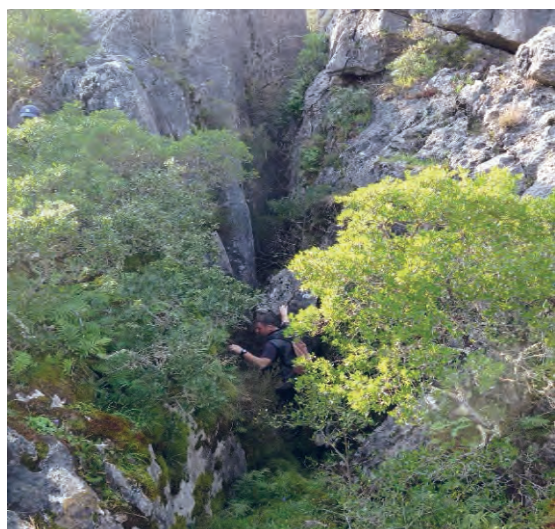
Zaštita posebnog rezervata šumske vegetacije Kočje – Protection of the special forest vegetation reserve of Kočje

Na temelju Zakona o zaštiti prirode (NN 19/60) Zavod za zaštitu prirode u Zagrebu donosi rješenje: Utvrđeno je da predjel Kočje u selu Žrnovu na Korčuli posjeduje karakteristike zaštićenog objekta prirode i to kao posebni rezervat šumske vegetacije. U navedenom rezervatu zabranjena je sječa i oštećivanje stabala crnike te branje i oštećivanje druge vegetacije, lom stijena, kao i drugi zahvati koji mogu izmijeniti izgled objekta. Unutar područja pod zaštitom nalaze se masline (starosti preko 100 godina). Između raznolikih stijena prisutno je i oko 100 starih stabala crnike. Najstariji primjerci su stari oko 100 godina. Predjel Kočje s izgledom netaknute prirode, ima geološku, botaničku i estetsku vrijednost. Zanimljivo je značenje Kočja za stanovništvo, gdje se u Rješenju spominje kao „memorijalni prirodni spomenik“ budući se narod tu skrivao od Talijanskih okupatora u I. i II svjetskom ratu što nam je potvrdila



Slika 5. Gotovo cijelo stoljeće s Kočjem (Foto: Autori)

Figure 5. Almost a whole century with Kočje (Photo: Authors)



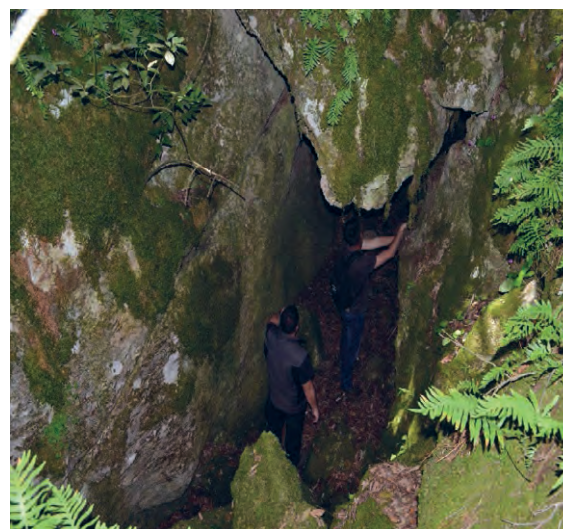
Slike 6. i 7. Atraktivno ali i opasno (Foto: Autori)
Figures 6. i 7. Attractive but also dangerous (Photo: Authors)

mještanka, 15.5.2015., tada 92. godišnjakinja (slika 5). Kako je ta šuma privatno vlasništvo, po njenom kazivanju, mještani su tu sjekli drva za ogrjev i građu. Ukupna površina navedenog predjela iznosi 4,62 ha i upisan je u registar zaštićenih objekata prirode pod registarskim brojem 66 – 23. svibnja 1962. (Rješenje o zaštiti-arhiva,1962.)

Valorizacija rezervata u turizmu – *The valorization of reserve in tourism*

Kočje je smješteno 3 km od grada Korčule, što je relativno mala udaljenost za turističke posjetitelje. No, bez obzira na tu okolnost, ovaj šumski rezervat je i dalje većinski posjećen od lokalnog stanovništva, kojem je dobro poznat. Tek se u posljednje vrijeme ova "vilinska šuma" počela nalaziti u ponudama turističkih agencija. Sardelić (2007) ističe da je do sada ovaj objekt prirode šttila lokalna zajednica, koja je mogla kontrolirati dolaske manjih skupina posjetitelja. Međutim, postavljanjem Kočja na turističku ponudu otoka Korčule, postoji opasnost od prevelikog priljeva posjetitelja, što je sasvim neprimjereno s obzirom na kategoriju zaštite ovog područja, neuređene infrastrukture za obilazak te ponajviše zbog osjetljivog ekosustava. Kočje, osim temeljnog fenomena šumske vegetacije, obogaćuju razvedeni geološki kompleksi, koji čine ovo područje zanimljivim, ali i potencijalno vrlo opasnim za posjetitelje (slike 6 i 7).

Treba naglasiti, da se posebni rezervat šumske vegetacije Kočje nalazi na privatnom posjedu, stoga organizirani posjeti objektu moraju i s te strane biti pravno regulirani. Javna ustanova za upravljanje zaštićenim dijelovima prirode na području Dubrovačko-neretvanske županije trebala bi voditi brigu o zaštiti i valorizaciji posebnog rezervata šumske vegetacije Kočje sukladno Zakonu o zaštiti prirode jer ona njime upravlja, a ne prepustiti improvizaciji privatnih interesa.



METODE I CILJ ISTRAŽIVANJA **RESEARCH METHODS AND OBJECTIVE**

U posebnom rezervatu šumske vegetacije Kočje do sada nije bilo provedenih detaljnih istraživanja. Stoga je ovo prva biološko-ekološka inventarizacija prvenstveno flore i vegetacije rezervata od njegove zaštite.

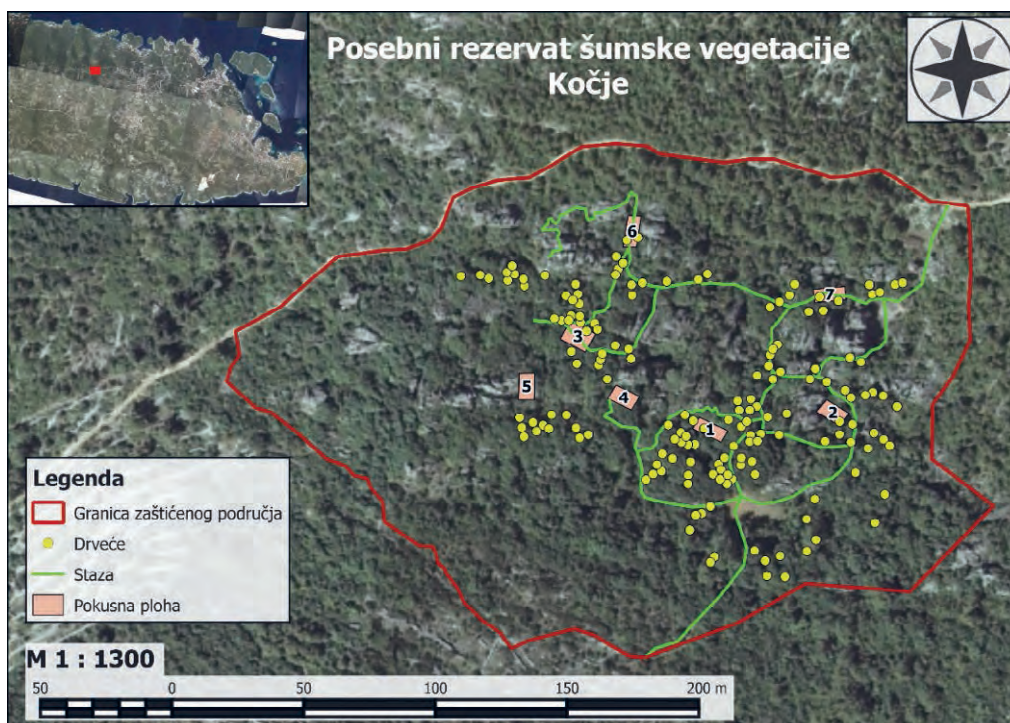
Detaljna istraživanja su provedena tijekom ožujka i svibnja 2015. godine i kasnijih godina je posjećivan i bilježila su se određena zapažanja.

Zbog razvedenosti terena i složenih geoloških oblika metodom pokusnih ploha izdvojeno je 7 površina različitih vegetacijskih, mikroklimatskih i strukturnih obilježja zbog zastupanja svih oblika šumske vegetacije. Cilj istraživanja obuhvaćao je određivanje elemenata strukture (broj stabala, temeljnica, drvena zaliha), utvrđivanje stanja ponika i pomladka, provođenje fitocenološkog snimanja, mikroklimatska mjerenja radi određivanja ekoloških uvjeta te opisivanje općih značajki istraživanog područja uz eventualne uzroke ugroženosti, kako bi se mogla prognozirati sukcesija šumske vegetacije na tome području te utvrditi stanje i parametre ekosustava.

Terenskim radom napravljena je inventarizacija svih stabala hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) prsnog promjera većeg od 20 cm. Za svako stablo je izmjeren prsni promjer, visina, visina krošnje te radijus. Uz to su zabilježeni porijeklo, klasifikacija stabala i vitaliteta. Svako stablo je zabilježeno GPS uređajem. Nedavnim pregledom dva su se stabla promjera 26 cm i 36 cm osušila.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA **RESEARCH RESULTS**

Računalnom analizom obavljenih terenskih istraživanja i izmjera, dobiveni su rezultati koje prikazujemo u 3 cjeline:



Slika 8. Karta posebnog rezervata šumske vegetacije Kočje sa ucrtanim granicama rezervata, kartiranim izmjerenim stablima hrasta crnike (*Q. ilex*) i smještajem pokusnih ploha 1-7

Figure 8. Map of the special reserve of forest vegetation Kočje with the boundaries of the reserve drawn, the measured trees of holm oak (*Q. ilex*) mapped and the location of experimental plots 1-7

- Struktura sastojina
- Vegetacijske značajke
- Mikroklimatska istraživanja

STRUKTURA SASTOJINE STRUCTURE OF INGREDIENTS

Tablica 1. prikazuje brojčano stanje i strukturu ponika i pomladka po vrstama drveća i visinskim klasama od 25 (1-

Tablica 1. Struktura ponika i pomlatka po visinskim klasama i vrstama drveća zbirno za svih 7 pokusnih ploha

Table 1. Structure of shoots and shoots by height classes and tree species collectively for all 7 experimental plots

Vrsta Drveća Types of trees	Broj biljaka po visinskim klasama na pokusnim plohama (cm) Number of plants by height class on experimental plots (cm)													Σ	%	Po ha Per ha
	1-25	26-50	51-75	76-100	101-125	126-150	151-175	176-200	226-250	276-300	326-350	376-400	426-500			
1	79	40	1	7	2	13	–	3	2	8	4	4	4	167	46,0	3728
2	11	10	1	2	–	4	–	4	–	–	1	1	2	36	10,0	804
3	–	1	–	–	–	–	–	1	1	–	1	2	3	9	2,5	201
4	16	16	–	6	1	3	1	3	3	3	4	3	3	62	17,1	1384
5	15	28	2	4	1	4	–	2	1	1	1	–	–	59	16,2	1317
6	1	5	1	2	–	2	–	4	1	–	–	–	–	16	4,4	357
7	–	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3	0,8	67
8	1	1	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–	3	0,8	67
9	–	1	–	2	–	–	–	1	–	–	–	–	–	4	1,1	89
10	–	4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4	1,1	89
Ukupno Total	123	109	5	23	4	26	1	18	8	13	11	10	12	363		

Legenda – Legend:

1. *Laurus nobilis* L. – lovor, 2. *Quercus ilex* L. – hrast crnika, 3. *Fraxinus ornus* L. – crni jasen, 4. *Viburnum tinus* L. – lemprika, 5. *Phyllirea latifolia* L. – širokolisna zelenika, 6. *Myrtus communis* L. – mirta, 7. *Pistacia lentiscus* L. – tršlja, 8. *Arbutus unedo* L. – planika, 9. *Pistacia terebinthus* L. – smrdljika, 10. *Erica arborea* L. – veliki vrijes

Tablica 2. Struktura sastojine po vrstama drveća i debljinskim stupnjevima na pokusnoj plohi 1.**Table 2.** Structure of the stand by tree species and thickness levels on experimental plot 1.

Posebni rezervat šumske vegetacije Kočje Pokusna ploha-Exp. area: Ploha 1 Površina-Surfaces: (12 x 5 m) 60 m ² Godina-Year: 13.03.2015.												
Deb. raz. – Thick. cl.	Crni jasen (<i>Fraxinus ornus</i> L.)			Lovor (<i>Laurus nobilis</i> L.)			Hrast crnika (<i>Quercus ilex</i> L.)			UKUPNO-TOTAL		
(cm)	N	G (m ²)	V (m ³)	N	G (m ²)	V (m ³)	N	G (m ²)	V (m ³)	N	G (m ²)	V (m ³)
2												
4				2	0,003	0,012				2	0,00	0,01
6				1	0,003	0,010				1	0,00	0,01
8				3	0,014	0,063	1	0,004	0,011	4	0,02	0,07
10	1	0,009	0,050							1	0,01	0,05
12												
14	1	0,015	0,079							1	0,01	0,08
16												
18	1	0,024	0,116							1	0,02	0,12
28							1	0,064	0,285	1	0,06	0,28
30							1	0,070	0,356	1	0,07	0,36
32												
34							1	0,091	0,451	1	0,09	0,45
36												
38												
40												
Ukupno – Total	3	0,048	0,245	6	0,020	0,085	4	0,230	1,103	13	0,30	1,43
Po ha – Per ha	500	8,00	40,84	1000	3,29	14,17	667	38,35	183,84	2167	49,64	238,85

Legenda – Legend:

N – broj stabala – *N* – number of treesG (m²) – temeljnica,V (m³) – volumen - *V* (m³) – *V* (m³) – volume**Tablica 3.** Struktura sastojine po vrstama drveća i debljinskim stupnjevima na pokusnoj plohi 2.**Table 3.** Structure of the stand by tree species and thickness levels on experimental plot 2.

Posebni rezervat šumske vegetacije Kočje							Pokusna ploha-Exp. area: Ploha 2														
							Površina-Surfaces: (12x5 m) 60 m²														
							Godina-Year: 13.03.2015.														
Deb. raz.	Crni jasen			Lovor			Mirta (<i>Myrtus communis</i> L.)			Širokolisna zelenika (<i>Phyllirea latifolia</i> L.)			Hrast crnika (<i>Quercus ilex</i> L.)			Lemprika (<i>Viburnum tinus</i> L.)			UKUPNO TOTAL		
Thick. cl	(<i>Fraxinus ornus</i> L.)			(<i>Laurus nobilis</i> L.)																	
(cm)	N	G (m²)	V(m³)	N	G (m²)	V(m³)	N	G (m²)	V(m³)	N	G (m²)	V(m³)	N	G (m²)	V(m³)	N	G (m²)	V(m³)	N	G (m²)	V(m³)
2																					
4				6	0,010	0,032							2	0,003	0,009	1	0,002	0,005	9	0,01	0,04
6	3	0,002	0,008	2	0,005	0,028	1	0,004	0,010	1	0,003	0,009	1	0,003	0,010				8	0,02	0,07
8				2	0,009	0,043							1	0,006	0,030				3	0,02	0,07
10													3	0,022	0,130				3	0,02	0,13
12	1	0,013	0,072				1	0,013	0,073										2	0,03	0,15
14													2	0,030	0,185				2	0,03	0,18
16				1	0,019	0,128													1	0,02	0,13
18													1	0,025	0,149				1	0,02	0,15
Ukupno Total	4	0,015	0,080	11	0,043	0,232	2	0,016	0,084	1	0,003	0,009	10	0,089	0,513	1	0,002	0,005	29	0,17	0,92
Po ha	667	2,57	13,41	1833	7,23	38,60	333	2,71	13,92	167	0,48	1,44	1667	14,81	85,53	167	0,26	0,82	4833	28,06	152,90
Per ha																					

Legenda-Legend:

N – broj stabala-N-number of trees

G (m²) – temeljnicaV (m³) – volumen - *V* (m³) – volume

Tablica 4. Struktura sastojine po vrstama drveća i debljinskim stupnjevima na pokusnoj plohi 3.

Table 4. Structure of the stand by tree species and thickness levels on experimental plot 3.

Posebni rezervat šumske vegetacije Kočje							Pokusna ploha-Exp. area: Ploha 3 Površina-Surfaces: (11 x 8 m) 88 m² Godina-Year: 13.03.2015.											
Deb. raz. Thick.cl (cm)	Crni jasen (<i>Fraxinus ornus</i> L.)			Lovor (<i>Laurus nobilis</i> L.)			Širokolisna zelenika (<i>Phyllirea latifolia</i> L.)			Hrast crnika (<i>Quercus ilex</i> L.)			Lemprika (<i>Viburnum tinus</i> L.)			UKUPNO TOTAL		
	N	G(m²)	V(m³)	N	G(m²)	V(m³)	N	G(m²)	V(m³)	N	G(m²)	V(m³)	N	G(m²)	V(m³)	N	G(m²)	V(m³)
2																		
4	2	0,001	0,005							1	0,002	0,005	1	0,001	0,005	4	0,00	0,01
6							3	0,008	0,030				2	0,004	0,014	5	0,01	0,04
8	2	0,004	0,018				2	0,010	0,044							4	0,01	0,06
10	1	0,007	0,040	1	0,008	0,041										2	0,02	0,08
12																		
14																		
16							1	0,022	0,095	1	0,02	0,11				2	0,04	0,21
18																		
20																		
22																		
24										1	0,042	0,169				1	0,04	0,17
26																		
28																		
30										1	0,072	0,304				1	0,07	0,30
32										1	0,083	0,435				1	0,08	0,43
Ukupno	5	0,012	0,062	1	0,008	0,041	6	0,040	0,168	5	0,220	1,025	3	0,005	0,018	20	0,29	1,31
Po ha	586	1,36	7,05	114	0,91	4,66	682	4,55	19,09	586	25,00	116,48	341	0,57	2,05	2273	32,95	148,86

Legenda-Legend:

N – broj stabala-N-number of trees

G (m²) – temeljnicaV (m³) – volumen - V (m³) – volume

450) cm zbirno za svih 7 pokusnih ploha. Površine ploha su 12m x 5m = 60m² osim plohe 3 koja je zbog heterogenosti geomorfoloških i vegetacijskih obilježja tog staništa površine 11m x 8m = 88m².

Na temelju dobivenih rezultata na svih 7 pokusnih ploha zapaža se razlika u zastupljenosti vrsta, broju biljaka u poniku i pomladku koji ukazuju upravo na tu geomorfološku, hidrološku i mikroklimatsku heterogenost koja utječe na pridolazak pojedinih vrsta i njihovu brojnost.

Iz tablice 1. vidimo da je u poniku i pomladku najzastupljeniji lovor (46,0 %), zatim dolaze lemprika (17,1 %) i zelenika (16,2 %) dok temeljna vrsta ove šumske zajednice hrast crnika je zastupljena s 10,0 % u strukturi ponika i pomladka. Kao poluskiofilna vrsta u mladosti treba zasjenu krošanja, ali kasnije treba dovoljnu količinu svjetla da pređe u više visinske razrede. To joj na većem dijelu u rezervatu nedostaje. Prema izmjerama takvi najpovoljniji stanišni uvjeti za njen razvoj su na plohama 6. i 7.

Struktura same odrasle sastojine dobivena je prikupljenim podacima neposrednim mjerenjem na terenu prsnih promjera i visina na pojedinoj pokusnoj plohi. Oni su osnova za izračunavanje strukturnih elemenata: N – broja stabala, G –

temeljnica i V – volumena, za svaku pokusnu plohu 1.-7., po vrstama drveća, debljinskim razredima i etažama te ukupno. Iz dobivenih strukturnih rezultata (tablice 2.-8.) uočavamo da u nadstojnom sloju drveća dominira hrast crnika nad

**Slika 9.** Heterogenost stanišnih uvjeta za rast šumske vegetacije (Foto: Autori)

Figure 9. Heterogeneity of habitat conditions for the growth of forest vegetation (Photo: Authors)

Tablica 5. Struktura sastojine po vrstama drveća i debljinskim stupnjevima na pokusnoj plohi 4.

Table 5. Structure of the stand by tree species and thickness levels on experimental plot 4.

Posebni rezervat šumske vegetacije Kočje										Pokusna ploha-Exp. area: Ploha 4 Površina-Surfaces: (12 x 5 m) 60 m ² Godina-Year: 13.03.2015.					
Deb. raz. Thick cl.	Širokolisna zelenika (<i>Phyllirea latifolia</i> L.)			Tršlja (<i>Pistacia lentiscus</i> L.)			Hrast crnika (<i>Quercus ilex</i> L.)			Lemprika (<i>Viburnum tinus</i> L.)			UKUPNO TOTAL		
(cm)	N	G(m ²)	V(m ³)	N	G(m ²)	V(m ³)	N	G(m ²)	V(m ³)	N	G(m ²)	V(m ³)	N	G(m ²)	V(m ³)
2															
4	2	0,003	0,009										2	0,00	0,01
6										2	0,004	0,018	2	0,00	0,02
8				1	0,004	0,012	3	0,013	0,038				4	0,02	0,05
10							1	0,009	0,020				1	0,01	0,02
12															
14							1	0,015	0,060				1	0,02	0,06
16															
18							1	0,02	0,10				1	0,02	0,10
Ukupno Total	2	0,003	0,009	1	0,004	0,012	6	0,062	0,215	2	0,004	0,018	11	0,07	0,25
Po ha Per ha	333	0,48	1,54	167	0,70	2,04	1000	10,40	35,75	333	0,68	3,06	1833	12,27	42,38

Legenda-Legend:

N – broj stabala-N-number of trees

G (m²) – temeljnicaV (m³) – volumen - V (m³) – volume**Tablica 6.** Struktura sastojine po vrstama drveća i debljinskim stupnjevima na pokusnoj plohi 5.

Table 6. Structure of the stand by tree species and thickness levels on experimental plot 5.

Posebni rezervat šumske vegetacije Kočje							Pokusna ploha-Exp. area : Ploha 5 Površina-Surfaces: (12 x 5 m) 60 m ² Godina:-Year 13.03.2015.					
Deb. raz. Thick. cl	Crni jasen (<i>Fraxinus ornus</i> L.)			Širokolisna zelenika (<i>Phyllirea latifolia</i> L.)			Tršija (<i>Pistacia lentiscus</i> L.)			UKUPNO-total		
(cm)	N	G(m ²)	V(m ³)	N	G(m ²)	V(m ³)	N	G(m ²)	V(m ³)	N	G(m ²)	V(m ³)
2												
4				5	0,009	0,013				5	0,01	0,01
6				5	0,013	0,025	1	0,003	0,005	6	0,02	0,03
8	1	0,006	0,012	1	0,004	0,008				2	0,01	0,02
Ukupno Total	1	0,006	0,012	11	0,026	0,046	1	0,003	0,005	13	0,03	0,06
Po ha Per ha	167	1,04	1,98	1833	4,27	7,70	167	0,43	0,88	2167	5,74	10,56

Legenda-Legend:

N – broj stabala-N-number of trees

G (m²) – temeljnicaV (m³) – volumen - V (m³) – volume

lovorom koji je znatno zastupljeniji napose u poniku i pomladku (tablica 1) i sloju grmlja (tablica 20) te konkurira crniki u sloju drveća na plohama na mikrolokacijama gdje mu više odgovaraju mikrostanišni uvjeti: dublje tlo, veća vlaga.

Terenskim radom napravljena je inventarizacija svih stabala hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) prsnog promjera većeg od 20 cm. Za svako stablo je izmjeren prsni promjer, visina, visina krošnje te radijus. Uz to su zabilježeni porijeklo, kla-

sifikacija stabala i vitalitet. Svako stablo je zabilježeno GPS uređajem, te je njihov prostorni razmještaj vidljiv na slici 8. Nedavnim pregledom dva su se stabla promjera 26 cm i 36 cm osušila.

U tablici 9. dan je prikaz broja stabala po debljinskim razredima a u tablici 10. po visinskim razredima.

Iz dobivenih rezultata uočljivo je da je sastojina ujednačene dobi budući gotovo 90 % stabala crnike su prsnog promjera do 40 cm., a dominantne visine su u rasponu od 12 m do

Tablica 7. Struktura sastojine po vrstama drveća i debljinskim stupnjevima na pokusnoj plohi 6.**Table 7.** Structure of the stand by tree species and thickness levels on experimental plot 6.

Posebni rezervat šumske vegetacije Kočje							Pokusna ploha-Exp. area: Ploha 6 Površina-Surfaces: (12 x 5 m) 60m² Godina-Year: 13.03.2015.											
Deb. raz. Thick. cl	Veliki vrijes (<i>Erica arborea</i> L.)			Šmrika (<i>Juniperus oxycedrus</i> L.)			Lovor (<i>Laurus nobilis</i> L.)			Širokolisna zelenika (<i>Phyllirea latifolia</i> L.)			Hrast crnika (<i>Quercus ilex</i> L.)			UKUPNO TOTAL		
(cm)	N	G(m²)	V(m³)	N	G(m²)	V(m³)	N	G(m²)	V(m³)	N	G(m²)	V(m³)	N	G(m²)	V(m³)	N	G(m²)	V(m³)
2																		
4	2	0,003	0,011				1	0,001	0,004	2	0,003	0,008	1	0,002	0,006	6	0,01	0,03
6	3	0,007	0,028										3	0,007	0,028	6	0,01	0,06
8													1	0,006	0,032	1	0,01	0,03
10																		
12				1	0,010	0,032							1	0,013	0,081	2	0,02	0,11
14													2	0,033	0,177	2	0,03	0,18
24													1	0,047	0,221	1	0,05	0,22
38													1	0,111	0,553	1	0,11	0,55
40																		
Ukupno Total	5	0,011	0,039	1	0,010	0,032	1	0,001	0,004	2	0,003	0,008	10	0,219	1,098	19	0,24	1,18
Po ha Per ha	833	1,81	6,52	167	1,72	5,29	167	0,22	0,72	333	0,45	1,33	1667	36,48	182,97	3167	40,67	196,83

Legenda-Legend:

N – broj stabala-N-number of trees

G (m²) – temeljnicaV (m³) – volumen - V (m³) – volume**Tablica 8.** Struktura sastojine po vrstama drveća i debljinskim stupnjevima na pokusnoj plohi 7.**Table 8.** Structure of the stand by tree species and thickness levels on experimental plot 7.

Posebni rezervat šumske vegetacije Kočje							Pokusna ploha-Exp. area: Ploha 7 Površina-Surfaces: (12 x 5 m) 60 m² Godina-Year: 13.03.2015.					
Deb. raz. Thick. cl	Crni jasen (<i>Fraxinus ornus</i> L.)			Lovor (<i>Laurus nobilis</i> L.)			Hrast crnika (<i>Quercus ilex</i> L.)			UKUPNO TOTAL		
(cm)	N	G(m²)	V(m³)	N	G(m²)	V(m³)	N	G(m²)	V(m³)	N	G(m²)	V(m³)
2	1	0,001	0,006	2	0,005	0,017				1	0,00	0,01
4									2	0,00	0,02	
6												
8												
10							1	0,009	0,040	1	0,01	0,04
12							1	0,012	0,072	1	0,01	0,07
14							1	0,015	0,074	1	0,01	0,07
16							1	0,022	0,115	1	0,02	0,11
18												
20							1	0,030	0,145	1	0,03	0,14
Ukupno Total	1	0,001	0,006	2	0,005	0,017	5	0,087	0,445	8	0,09	0,47
Po ha Per ha	167	0,22	1,03	333	0,81	2,75	833	14,44	74,23	1333	15,47	78,01

Legenda-Legend:

N – broj stabala-N-number of trees

G (m²) – temeljnicaV (m³) – volumen - V (m³) – volume

17 m, gdje je srednje sastojinsko stablo 14.1 m. U Rješenju o zaštiti (1962) navodi se tada da su promjeri crnike od 20 cm – 40 cm, a visine se kreću od 8 m – 12 m (Rješenje o zaštiti-arhiva,1962.)

Od ostalih vrsta stabala prsnog promjera većeg od 10 cm prevladava lovor (*Laurus nobilis* L.), 5 stabala, koji su promjera 11-15 cm a visine 10-14 cm. Na sunčanim, rubnim dijelovima izmjerili smo 4 stabala alepskg bora (*Pinus ha-*

Tablica 9. Broj stabala crnike (*Quercus ilex* L.) po debljinskim razredima (od promjera 20 cm)Table 9. Number of holm oak trees (*Quercus ilex* L.) by thickness class (from 20 cm in diameter)

Promjer (cm) Diameter					Ukupno Total
21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	
68	54	13	4	1	140

Tablica 10. Broj stabala crnike (*Quercus ilex* L.) po visinskim razredimaTable 10. Number of holm oak trees (*Quercus ilex* L.) by height class

Visina (m) Height (m)				Ukupno Total
4-10	10,5-15	15,5-20	20,5-24	
22	71	46	1	140

lepnensis Mill) promjera 32-67 cm, visine 12-18 m, kao i 3 masline (*Olea europaea* L) budući je u granicama rezervata maslinik. One su promjera 25-32 cm, a visine 13-15 m. Izmjerene su 3 planike (*Arbutus unedo* L.) promjera 11-16 cm, a visine 6-9 m. Dva crna jasena (*Fraxinus ornus* L.) bila su promjera 13 i 21 cm, a visine 9 i 12 m. Zabilježena je i jedna širokolisna zelenika (*Phyllirea latifolia* L.) promjera 17 cm a visine 3 m te jedna vrlo stara šmrika (*Juniperus oxycedrus* L.) prsnog promjera 28 cm te 8 m visine.

VEGETACIJSKA ISTRAŽIVANJA VEGETATION RESEARCH

Vegetacijska istraživanja su obavljena na lokacijama postavljenih 7 ploha. Opća obilježja istraživanih lokacija dana su u tablici 11., a fitocenološke snimke u tablici 12.

Pokrovnost vegetacije u rezervatu Kočje nije jednolična. Središnji dio gdje prevladavaju stara stabla crnike pokrovnost sloja drveća je 90-95 % (100%), grmlje pokriva 30-100 %. Pokrovnost sloja prizemnog rašća je također različita i ovisi o pokrovnosti sloja grmlja i drveća tako da je od 5-80 %. Isto tako u rezervatu nalazimo gusti sloj nerazgrađenog listinca najčešće od 2 do 5 cm, a u „džepovima“, škrapama između stijena 10 do 15 cm. Tu ga najviše nanosi voda za jakih kiša.

Iz fitocenoloških snimki također uočavamo tu heterogenost staničnih uvjeta budući osim tipičnih vrsta asocijacije *Fraxino orni-Quercetum ilicis* Horvatić (1956.) 1958. (Šuma hrasta crnike i crnog jasena) ovisno o geološko-morfološkim, hidrološkim, pedološkim i mikroklimatskim prilikama pridolaze vrste koje nisu tipične za šumsku vegetaciju. Ponajprije paprati, vegetacija stijena, mahovi i sl (slike 9, 10, 11 i 13)..

**Slike 10. i 11.** Stojletne crnike iznikle iz kamena (Foto: Autori)

Figures 10. and 11. Centuries-old holm oaks sprouting from stone (Photo: Authors)

Tablica 12. Fitocenološke snimke pokusnih ploha 1.-7.

Table 12. Phytocenological recordings of experimental plots 1-7.

Broj plohe Plot number	1	2	3	4	5	6	7
Vrsta Species	Procjena Assessment	Procjena Assessment	Procjena Assessment	Procjena Assessment	Procjena Assessment	Procjena Assessment	Procjena Assessment
I – sloj drveća							
I – layer of trees							
<i>Quercus ilex</i> L. - hrast crnika	1	3	3	5	-	5	4
<i>Laurus nobilis</i> L. – lovor	2	2	2	-	-	-	1
<i>Fraxinus ornus</i> L. - crni jasen	1	-	+	-	+	-	-
<i>Phyllirea latifolia</i> L. - širokolisna zelenika	-	-	-	-	+	-	-
II – sloj grmlja							
II – layer of bushes							
<i>Laurus nobilis</i> L. – lovor	1	3	3	-	-	1	2
<i>Quercus ilex</i> - L. hrast crnika	+	+	2	+	+	2	1
<i>Fraxinus ornus</i> L. - crni jasen	+	1	1	+	+	-	+
<i>Arbutus unedo</i> L.-planika	-	-	-	+	-	-	+
<i>Erica arborea</i> L.-veliki vrijes	-	-	-	-	+	1	-
<i>Ruscus aculeatus</i> L. - bodljikava vepřina	2	+	2	2	-	1	+
<i>Hedera helix</i> L. – bršljan	+	-	1	1	1	+	+
<i>Myrtus communis</i> L. – mirta	+	1	+	-	1	+	-
<i>Viburnum tinus</i> L.-lemprika		+	3	2	4	4	2
<i>Coronilla emerus</i> L. – subsp. <i>emeroides</i> (Boiss.et Spruner) Hayek – obična šibika	+	+	-	2	1	-	-
<i>Frangula rupestris</i> (Scop.) Schur. - kamenjarska krkavina	+	-	-	-	-	-	-
<i>Smilax aspera</i> L. – tetivika	+	-	+	+	-	+	+
<i>Phyllirea latifolia</i> L. - širokolisna zelenika	1	+	1	2	2	1	2
<i>Pistacia lentiscus</i> L. – tršlja	+	-	-	2	+	-	-
<i>Pistacia terebinthus</i> L.-smrdjlika	-	-	-	1	+	-	-
<i>Asparagus acutifolius</i> L. - oštrolisna šparoga	+	+	-	1	+	+	-
<i>Juniperus oxycedrus</i> L. – šmřika		-	-	-	-	+	-
<i>Rubus caesius</i> L. - modrosiva kupina	1	-	-	2	+	+	-
<i>Tamus communis</i> L.-blijušć	-	-	+	+	-	-	-
<i>Rubia peregřina</i> L. - ljepļivi broć	-	+	-	1	-	1	+
III – sloj prizemnog rašća							
III – layer of ground growth							
<i>Hedera helix</i> L. – bršljan	+	1	2	2	-	-	1
<i>Laurus nobilis</i> L. – lovor	2	+	1	1	-	+	-
<i>Quercus ilex</i> - L. hrast crnika	+	-	+	+	-	+	+
<i>Arbutus unedo</i> L. – planika	+	-	-	-	-	-	-
<i>Viburnum tinus</i> L. – lemprika	+	-	+	-	-	1	+
<i>Phyllirea latifolia</i> L. - širokolisna zelenika	-	-	-	-	-	+	+
<i>Polypodium interjectum</i> Shivas	2	1	-	4	2	1	1
<i>Arum italicum</i> M ill. - talijanski kozlac	+	+	-	1	-	+	+
<i>Asplenium trichomanes</i> L. - smeđa slezenica	1	+	+	1	-	+	-

[illegible]

Slika 12. Vrtna šumarica (*Anemona hortensis* L.) (Foto: Autori)
Figure 12. Garden anemone (*Anemona hortensis* L.) (Photo: Authors)



Slika 13. (*Polypodium interjectum* Shivas) raste iz kore hrasta crnike (Q. ilex L.) (slika desno) (Foto: Autori)

Figure 13. (*Polypodium interjectum* Shivas) growing from the bark of a holm oak (Q. ilex L.) (picture on the right) (Photo: Authors)

Osim vrsta zabilježenih na fitocenološkim snimkama, u pukotinama stijena dolaze još i ljekovita crkvina (*Parietaria officinalis* L.), razgranjena crkvina (*Parietaria judaica* L.), zupčasta selagina (*Selaginella denticulata* (L.) Spring), poljska zvončika (*Campanula rapunculoides* L.), vrtna šumarica (*Anemona hortensis* L.) (slika 12) i dr.

Prema pravilniku o strogo zaštićenim vrstama (NN 144/2013; 73/2017) dolaze dvije strogo zaštićene vrste i to obični ljepušak (*Hydrocotyle vulgaris* L.) koji je ujedno prema Crvenoj knjizi vaskularne flore Hrvatske (2005) kritično ugrožena vrsta (CR) te Portenšlagov zvončić (*Campanula portenschlagiana* Schult), hrvatski endem, koji je prema Crvenoj knjizi vaskularne flore Hrvatske (2005) gotovo ugrožena vrsta (NT).

MIKROKLIMATOLOŠKA ISTRAŽIVANJA
MICROCLIMATOLOGICAL RESEARCH

Količina svjetlosti je mjerena pomoću PAR (photosynthetic active radiation) metra, modela LP 471 PAR probe (Slike 14



Slika 14. Primjena uređaja LP 471 PAR probe (slika lijevo) (Foto: Autori)
Figure 14. Application of the LP 471 PAR test device (picture on the left) (Photo: Authors)



Slika 15. Multitermometer korišten u istraživanjima na području posebnog rezervata šumske vegetacije Kočje (Foto: Autori)

Figure 15. Multithermometer used in research in the area of the special forest vegetation reserve Kočje (Photo: Authors)

i 15.). To je uređaj za mjerenje osvijetljenosti, svjetlosti, te zračenja preko VIS - NIR, UVA, UVB i UVC spektralnog područja ili mjerenja ozračenja prema UV krivulji. Uređaj mjeri fotosintetski aktivno zračenje u mikromolima, tj. mjeri fotone koji su pali na površinu lista u sekundi na metar kvadratni. Uređaj obuhvaća spektar od 400 do 700 nm, preciznosti $0,01 \text{ mmol} \times \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Temperatura je mjerena multitermometrom, preciznosti 0,1, te raspona od $-50 - 50^\circ\text{C}$.

Tablica 13. prikazuje vrijednosti temperature i svjetlosti za pokusne plohe 1-7, vrijeme očitavanja te nadmorsku visinu. Temperatura je na svakoj plohi očitana 3 puta, te je izračunata njezina prosječna vrijednost. Prosječna količina svjetla

za svaku plohu dobivena je sa dva očitavanja svake vrijednosti (minimalne, maksimalne i prosječne) te kasnijim računanjem njihove srednje vrijednosti.

Ugarković i dr. (2017, 2019) ističu da kolebanja mikroklimatskih elemenata (temperature zraka i tla, zračne vlage, količine svjetla i dr.) ovise o stadiju i strukturi šume i znatno variraju od gariga do sklopljenih sastojina. Naše pokusne plohe postavljene su u relativno sklopljenoj staroj sastojini hrasta crnike. Iz dobivenih rezultata uočljivo je da se prosječna temperatura zraka u šumi kreće od $8,87^\circ\text{C}$ do $13,40^\circ\text{C}$, dok se na većini ploha (5) kreće u rasponu od $10,20^\circ\text{C}$ do $10,80^\circ$. Razlike ovise o stupnju sklopljenosti sa-

Tablica 13. Prikaz vrijednosti parametara za svaku pokusnu plohu

Table 13. Display of parameter values for each experimental plot

PARAMETRI PARAMETERS		PLOHA 1 SURFACE 1	PLOHA 2 SURFACE 2	PLOHA 3 SURFACE 3	PLOHA 4 SURFACE 4	PLOHA 5 SURFACE 5	PLOHA 6 SURFACE 6	PLOHA 7 SURFACE 7
TEMPERATURA ($^\circ\text{C}$) TEMPERATURE ($^\circ\text{C}$)	1. očitavanje-reading	9.5	10.6	10.1	10.3	13.6	11	10.3
	2. očitavanje-reading	8.5	10.5	10.2	10.2	13.2	10.5	10.4
	3. očitavanje-reading	8.6	10.6	10.3	10.1	13.4	10.9	10.3
	PROSJEČNA TEMPERATURA AVERAGE TEMPERATURE	8.87	10.57	10.20	10.20	13.40	10.80	10.33
SVJETLO ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) LIGHT ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	minimalna 1. očitavanje-reading	0.1	47.05	0	51.55	339.3	33.34	37
	minimal 2. očitavanje-reading	0.1	66.38	0	30.86	147.34	0.32	10.23
	maksimalna 1. očitavanje-reading	21.38	49.44	28.78	53.4	903.7	46.47	40.09
	maximum 2. očitavanje-reading	25.19	80.13	29.86	71.97	989.6	46.47	22.94
	prosječna 1. očitavanje-reading	14.68	48.28	23.6	52.6	575	41.05	38.9
	average 2. očitavanje-reading	14.68	38.01	23.44	52.85	520	11.11	19.85
	PROSJEČNA KOLIČINA SVJETLA AVERAGE AMOUNT OF LIGHT	12.69	54.88	17.61	52.21	579.16	29.79	28.17
	VRIJEME OČITAVANJA VRIJEDNOSTI (hh:mm) VALUE READING TIME (hh:mm)	12:30	12:21	11:56	11:40	11:48	12:00	12:15
NADMORSKA VISINA (m) ALTITUDE (m)		168.6	176.77	177.25	184.7	189.5	181.33	178.45

stojine u sloju drveća i grmlja te geomorfološkim prilikama na plohama (kameni hodnici, zasvođeni i uski prolazi, kamene gromade, prepreke i sl.). Isti ti čimbenici utječu i na količinu svjetla koja dopire do tla i kreće se od 12,69 ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) do 579,16 ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$).

ZAKLJUČAK CONCLUSION

Posebni rezervat šumske vegetacije Kočje pretežito je sjemenskog postanka, s ponekom panjačom. Od ukupnog broja (140) inventariziranih stabala hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) njih 78 je procijenjeno kao stablo s velikim povredama, 48 kao stablo s malim povredama, a 12 stabala je ocijenjeno kao stablo u odumiranju. U međuvremenu su se dva stabla crnike promjera 26 cm i 36 cm osušila. Ako promatramo procjenu vitaliteta krošnje, njih 53 ima krošnju s malim povredama, 76 s velikim, a u odumiranju je 9 krošnja. Presjek ovih podataka pokazuje da je vitaliteta ovih stabala u konstantnome opadanju, što je svakako razumljivo s obzirom na njihovu stoljetnu dob.

Međutim, nameće se pitanje prirodne obnove ovih stabala. Najbrojnije vrste u fazi ponika i pomladka su: *Laurus nobilis* (46,0 %), *Viburnum tinus* (17,1 %) i *Phyllirea latifolia* (16,2 %) (tablica 1.) U kasnijim fazama rasta, u višim visinskim razredima nešto brojnije postaje crnika (*Quercus ilex*), te dominantne ostaju lovor (*Laurus nobilis*) i zelenika (*Phyllirea latifolia*). Hrast crnika koji drži apsolutnu dominaciju u nadstojnoj etaži, u sloju ponika i pomladka nalazi zastupljen tek 10,0 %. Razlog je tomu što crnika nema dovoljno svjetla za razvoj u početku za nicanje, a posebno za kasniji razvoj. Ona je poluskiofit, te joj u mladosti treba zastor krošnja, a kasnije dovoljno svjetla. S obzirom na strukturne tablice sastojina na pokusnim plohama 1.-7. (tablice 2.-8.), te na ukupne iznose drvene zalihe, možemo utvrditi da se sklopljeni dio šume rezervata i dalje nalazi u stadiju visoke crnikove šume, dok određeni dijelovi, ovisno o položaju i već spominjanim specifičnim mikrostanišnim prilikama i nemogućnosti razvoja tipične klimazonalne zajednice polako prelaze u neke druge vegetacijske stadije koje možemo nazvati u klasičnom šumarskom smislu određenim degradacijskim oblicima. Mada su oni specifični i biološki vrlo značajni sa svojom biološkom raznolikošću. Iz fitocenoloških snimki (tablica 12) je razvidna heterogenost staničnih uvjeta, jer osim tipičnih vrsta asocijacije *Fraxino orni-Quercetum ilicis* Horvatić (1956) (Šuma hrasta crnike i crnog jasena) ovisno o geološko-morfološkim, pedološkim, hidrološkim i mikroklimatskim prilikama pridolaze i netipične vrste vrste za šumsku vegetaciju. Posebno se to odnosi na paprati, vegetacija stijena, mahovina i slično. Pokrovnost vegetacije u rezervatu Kočje nije jednolična. Središnji dio gdje prevladavaju stara stabla crnike pokrovnost sloja drveća je 90-95 % (100 %), grmlje pokriva 30-

100 %. Pokrovnost sloja prizemnog rašća je također različita i ovisi o pokrovnosti sloja grmlja i drveća tako da je od 5-80 %. U ovom rezervatu se nalazi i gusti sloj nerazgrađenog listinca (2 do 5 cm), a u škrapama između stijena 10 do 15 cm. Najviše ga u „džepove“ nanosi voda za jakih kiša. Mikroklimatska istraživanja su potvrdila da kolebanja mikroklimatskih elemenata (temperature i količine svjetla) ovisi o stupnju sklopljenosti sastojine u sloju drveća i grmlja te geomorfološkim prilikama na plohama (kameni hodnici, zasvođeni i uski prolazi, kamene gromade, prepreke i sl.). Terenska i literaturna istraživanja posebnog rezervata šumske vegetacije Kočje daju nam sliku jednog specifičnog, jedinstvenog, malog po prostoru ali jako bogatog po biološko-ekološkim posebnostima šumskog ekosustava. On još krije mnoge znanstvene nepoznanice. To traži nastavak interdisciplinarnog istraživanja napose florističkih i vegetacijskih, zatim geološko-pedoloških te mikoloških i faunističkih obilježja ovog lokaliteta.

Glavna istraživanja su obavljena u sklopu projekta „Inventarizacija flore i vegetacije i mikroklimatska mjerenja u posebnom rezervatu šumske vegetacije Kočje“. Naručitelj projekta je Javna ustanova za upravljanje zaštićenim dijelovima prirode Dubrovačko-neretvanske županije, a izvršitelj Ekološke finalizacije j.d.o.o. Zagreb.

LITERATURA REFERENCES

- Anonymous, 2000. In memoriam prof. dr. sc. Ivo Onofri-Kočje specijalni rezervat vegetacije na otoku Korčuli. *Godišnjak: Glasilo Udruga prijatelja modro-zelenih vrijednosti „Petar Gulinio“ - Korčula*, 2, 7.
- D.D., 2020. Skriveni biser: U unutrašnjosti Korčule nalazi se nestvarno lijepo Kočje, rezervat nedirnete prirode, dostupno na: <https://www.dalmacijadanas.hr/skriveni-biser-u-unutrasnjosti-korcule-nalazi-se-nestvarno-lijepo-kocje-rezervat-nedirnete-prirode/> (pristupljeno: 02.02.2020)
- Denich, A., E. Draganović, 1985. Valorizacija i kategorizacija prirodnih vrijednosti područja Općine Korčula, Republički zavod za zaštitu prirode, Zagreb.
- Horvat, A, 1955. Istraživanja o uzgoju sadnica lovora (*Laurus nobilis* L.) pod zasjenom. *Anal. Instituta za eksperimentalno šumarstvo JAZU*, 1, 491-496.
- Kalogjera, D, 2017. Prirodno geografske značajke, dostupno na: <https://www.korcula.hr/o-korculi/prirodno-geografske-znacajke/> (pristupljeno: 05.02.2020)
- Kranjčev, R, 2008. U Meraškoj jami. *Šumarski list*, CXXXII (7-8), 373.
- Krklec, K., I. Ljubenkov., A. Bensa, 2011. Prirodni resursi otoka Korčule, *Geoadria*, 16 (1-3), 25.
- Lovrić, A.Ž, 1995. Jadranska dendroflora, svezak 1., Dendroflora hrvatskog Jadrana - drveće i grmlje obalnih Dinarida i otoka. WikiFora Adriatica - 1, Herbarium Adriaticum - ADRZ.

- Lovrić, A.Ž., 1995a. Terciarno pradrveće oko Hrvatske -Reliktna dendroflora Dinarskog krša. WikiFora Adriatica – 1, Herbarium Adriaticum – ADRZ.
- Macan, T., 1997. Dubrovnik Martola Dupca, Matica Hrvatska Dubrovnik, Dubrovnik.
- Nikolić, T., J. Topić, 2005. Crvena knjiga vaskularne flore Hrvatske. Ministarstvo kulture, Državni zavod za zaštitu prirode Republike Hrvatske, Zagreb.
- Onofri, I., 1964. Kočje – posebni rezervat šumske vegetacije na otoku Korčuli, *Priroda*, 51 (6), 182-183.
- Pravilnik o strogo zaštićenim vrstama (NN 144/2013; 73/2017)
- Sardelić, S., 2007. Tajanstveni svijet otoka Korčule, *Informatica museologica*, 38 (3-4), 92-95.
- Španjol, Ž. i dr., 2014. Vodič kroz zaštićene dijelove prirode u području Dubrovačko – neretvanske županije, J.U. za upravljanje zaštićenim prirodnim vrijednostima Dubrovačko-neretvanske županije, 144 str.
- Španjol, Ž., B. Dorbić, M. Vučetić, 2021. Planika (*Arbutus unedo* L.) i lovor (*Laurus nobilis*) L.- značajne (važne) vrste našeg mediteranskog krša, *Vatrogastvo i upravljanje požarima*, XI (2), 29-71.
- Ugarković, D. i dr., 2017. Utjecaj strukture sastojina na mikroklimu šumskih ekosustava hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) i alepskoga bora (*Pinus halepensis* Mill.). *Nova mehanizacija šumarstva* 38, 57-65.
- Ugarković, D. i dr., 2019. Microclimate differences in the degradation stages of holm oak (*Quercus ilex* L.) forests. *Šumarski list CXLIII*, (9-10), 391-402.
- Vukelić, J. (2012): Šumska vegetacija Hrvatske, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb.
- Arhiva-Zavod za zaštitu prirode SRH, 1962
- Zakon o zaštiti prirode (NN 19/60)
- Zakon o zaštiti prirode (NN 80/13; 15/18; 14/19; 127/19)
- web.hamradio.hr

SUMMARY

The natural phenomenon of Kočje, was declared as a special reserve of forest vegetation in 1962, while its main phenomenon is a forest of hundred-year-old holm oak trees (*Quercus ilex* L.). It is a reserve of seed production with some sedges. Apart from its vegetation, Kočje has a number of geomorphological forms. The forest of this reserve is classified as a forest of holm oak and black ash. The paper presents the results of extensive research conducted in the first half of 2015, which included structural, vegetation and microclimate measurements. The structural survey of the trees was carried out in the entire area of the reserve, and the vegetation and microclimatological research included 7 test plots.

The results showed that the inventoried holm oak trees (140) show a constant decline in vitality, which is quite understandable and related to their age and most of numerous species are in the stage of ponics and saplings: *Laurus nobilis* and *Viburnum tinus*, while holm oak predominates in the upper layer. With regard to the structural tables of the stands on experimental plots 1.-7. (tables 2-8), as well as the total amount of wood stock, it is confirmed that the closed part of the reserve's forest is still in the stage of high holm oak forest.

Phytocenological recordings (table 12) are showing that there is a heterogeneity of cellular conditions, since, in addition to the typical species of the association Fraxino orni–Quercetum ilicis Horvatić (1956) 1958 (Black oak and black ash forest), depending on geological-morphological, hydrological, pedological and microclimatic conditions, additional species which are not typical for forest vegetation. Primarily ferns, rock vegetation, mosses, etc. The vegetation cover in Kočje reserve is an uniform. In the central part where old holm oak trees predominate, the tree layer coverage is 90-95 % (100 %), bushes cover 30-100 %. The coverage of the layer of ground growth is also different and depends on the coverage of the layer of bushes and trees, so it is from 5-80 %. In the reserve, we find a thick layer of undecomposed leaf (2-5 cm), and in "pockets", scraps between rocks, (10-15 cm). It is mostly applied by water during heavy rains. The microclimatic research has confirmed that the fluctuations of microclimatic elements (temperature and amount of light) depend on the degree of assembly of the stand in the layer of trees and bushes and the geomorphological conditions on the surfaces (stone corridors, arched and narrow passages, boulders, obstacles, etc.).

KEY WORDS: Kočje, special reserve of forest vegetation, holm oak, vegetation, measurements

ASSESSMENT OF FOREST RESOURCES BASED ON SENTINEL-2 IMAGES – CASE STUDY DERVENTA, BIH (CADASTRAL MUNICIPALITY OF BREZICI)

PROCJENA ŠUMSKIH RESURSA NA TEMELJU SENTINEL-2 SNIMKI – STUDIJA SLUČAJA DERVENTA, BiH (KATASTARSKA OPĆINA BREZICI)

Dragana SKORUP¹, Miroslav VUJASINOVIĆ², Goran MARINKOVIĆ³, Ilija GRGIĆ⁴, Boban MILETIĆ⁵

SUMMARY

The management of forest resources is complicated due to the complete lack of maintenance and disorganization of the land administration and survey that are decades old. Modern, unconventional monitoring systems are used with the aim of improving the existing records systems and creating a clearer insight into the state of forest resources. This study provides an example of the use of one such system, Sentinel-2. Using the R programming language, the multispectral Sentinel-2 images were classified by the Random Forest classification algorithm. Following the completion of the classifications, the accuracy of the classification was evaluated using the error matrix and the Kappa value. An analysis of forest resources for one cadastral municipality was accomplished using classified rasters and data from the Real Estate Cadastre Database. Based on the data analysis, major changes are visible in terms of the abandonment of agricultural land and its conversion into a certain form of forest vegetation. Furthermore, based on these data, the study demonstrates changes that can be monitored in shorter time intervals. Sentinel-2 images can be used to determine forest expansion, based on the aforementioned analyses, resulting in a clearer and better representation of existing forest resources that are unknown due to outdated and unreliable land administration systems.

KEY WORDS: Sentinel-2, Real Estate Cadastre Database, Random Forest, forest

INTRODUCTION UVOD

Monitoring of LULC (Land Use/Land Cover) changes has a significant impact on managing land use and offering specific subsidies that would significantly improve life quality (Szostak et al. 2018). Land Use refers to the way that land

is utilized by humans, and Land Cover represents the physical characteristics of the land surface. Analysis of the data on land use and land cover, allows the identification of opportunities for optimizing land use, such as prioritizing efforts to conserve and develop strategies for the protection and restoration of forests, as well as the potential to discover new forest resources and their optimal utilization

¹ Dragana Skorup, master ing. geod., Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet, Banja Luka, e-mail: dragana.skorup@aggf.unibl.org

² Miroslav Vujasinović, master ing. geod., Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet, Banja Luka, e-mail: miroslav.vujasinovic@aggf.unibl.org

³ Izv. prof. dr. sc. Goran Marinković, dipl. ing. geod., Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, e-mail: goranmarinkovic@uns.ac.rs

⁴ Izv. prof. dr. sc. Ilija Grgić, dipl. ing. geod., Državna geodetska uprava, Zagreb, Hrvatska, e-mail: ilija.grgic@dgu.hr

⁵ Dr. sc. Boban Miletić, dipl. ing. šum., Poljoprivredni fakultet, Istočno Sarajevo, e-mail: boban.miletic@pof.ues.rs.ba

(Rawat and Kumar 2015). In the context of outdated, decades-old systems and surveys, land management and knowledge of acceptable vegetation resources are not viable. Economic development of any country or region depends on the regulation of land administration and land-legal relations since it enhances the possibility of future investments, which are extremely challenging in situations where the system is entirely out of date and disorganized (Macanović and Đurić 2018).

The lack of up-to-dateness and inconsistency of the cadastral records that are under the jurisdiction of the Republic Administration for Geodetic and Property-Legal Affairs with the actual situation is shown by the simple fact that there is a census cadastre in certain parts of it. The census cadastre is still in force in 9 local self-governance units, i.e. in 107 cadastral municipalities, representing about 7.3% of the entire territory of the Republic of Srpska, which is one of two separate entities of the state BiH (Bosnia and Herzegovina). On the other hand, the land cadastre based on the Austro-Hungarian survey from the 19th century is still present in some municipalities in this entity (RUGIPP 2021).

In the Republic of Srpska, efforts are being made to establish a real estate cadastre covering the entire country. The establishment of the real estate cadastre as a unique record is carried out through the process of public presentation of data on real estate and the holders of those rights. The costly and time-consuming process is expected to result in a single record that enables it to transfer real estate in legal transactions. It is expected to establish a real estate cadastre on approximately 64.1% of the Republic of Srpska territory by 2025 (RUGIPP 2021).

To monitor the real state of resources, the possibilities of using unconventional, modern LULC monitoring systems, such as remote sensing (Li et al. 2019) and Sentinel-2 images (Dobrinčić et al. 2019; Phiri et al. 2020) are being investigated. The public remote sensing data are based on a policy of open access and play a crucial role in monitoring changes in forest resources as well as other ecosystem processes, especially in developing countries with limited access to remote sensing data (Turner et al. 2015).

Copernicus enables the use of data from a constellation of satellites (Sentinel) and other missions (commercial and public satellites). The launch of Sentinel-1A in 2014 (Torres and Davidson 2019) initiated the process of establishing a complete constellation of 20 satellites in orbit by 2030. Today, there are six Sentinel missions. Each mission focuses on a different aspect of Earth observation; Atmospheric, Oceanic, and Land monitoring, and the data is of use in many applications (The European Space Agency 2022). Copernicus's services are divided into six thematic areas: services for land management, services for the marine environment, services related to the atmosphere, services to aid

emergency response, services associated with security, and services related to climate change (Aschbacher 2017). Studies (Barakat et al. 2018; Bucha et al. 2021; Jovanović et al. 2021; Kovačević et al. 2020; Puletti et al. 2018; Svoboda et al. 2022) demonstrate the manner of using Sentinel-1 and Sentinel-2 for investigating losing or expanding forest areas in the reference regions. In the study (Szostak et al. 2018), remote sensing was applied to depict the discrepancy between official records and actual conditions, and the studies (Kabadayi et al. 2022; Stefanski et al. 2014; Visockiene et al. 2019) demonstrate the use of remote sensing for detecting abandoned agricultural land. Sentinel-2 satellites have a wide range of potential applications in forestry and agriculture (Segarra et al. 2020) because of their unique geographical, temporal, and spectral capabilities.

The Sentinel-2 mission, created as part of the Copernicus program, consists of two polar-orbiting satellites: Sentinel-2A and Sentinel-2B, which are located at a mean altitude of 786 km and placed in the same sun-synchronous orbit, phased at 180° to each other (European Space Agency 2012). The satellites are equipped with MSI (MultiSpectral Instrument) (Gascon et al. 2017). Up to 1.6 TB of data are collected, stored, and retrieved by MSI carriers per orbit. The data is delivered to the ground stations. The ground segment consists of a flight control section and a section for downloading, processing, and distributing MSI images. There are 13 spectral channels and spatial resolutions of 10 m, 20 m, and 60 m, with a wide swath width of 290 km. The time resolution is 10 days at the equator with one satellite, and 5 days with 2 satellites under cloud-free conditions, resulting in 2-3 days at mid-latitudes (Drusch et al. 2012). The environmental monitoring program using the constellation Sentinel - 2 images is changing the way issues related to climate change and ordinary life are managed, understood, and solved. Owing to this mission, it is also possible to monitor certain variables such as chlorophyll and water content in leaves, and leaf surface index. It is also possible to use data to monitor the movement of water courses and map risks and disasters.

In order to provide harmonization with the strategic decisions of the EU (European Union), where energy and climate frameworks foresee an increase in the share of energy production from renewable sources to 32% by 2030, a better assessment of forest areas should be the first and probably the most important. Moreover, continuous forest and shrub growth outside of actively managed forests must be included in the carbon storage accounting (EU Regulation 2018/841) (Bucha et al. 2021). In Europe, and particularly in its eastern and central regions, there was a trend of forest area expansion by 0.17 million km² between 1990 and 2010 (FAO UN 2010) and a slight decrease in expansion from 2010 to 2020 (FAO UN 2020). The expansion of forests is the result of afforestation and the natural expansion of fo-

rests in places where agricultural land has been abandoned. The abandonment of agricultural land in these regions is a consequence of social and political changes such as the disintegration of socialist agrarian policy and the joining of countries to the global market (Kuemmerle et al. 2008).

The use of remote sensing for assessment of forest resources is crucial because forestry engineers and forest institutions cannot rely on existing records from the real estate cadastre to estimate the size of forest resources. Remote sensing provides several benefits, including extensive coverage of the area, continuous and up-to-date availability of images, consistent outcomes that are not influenced by human bias, effortless incorporation with spatial data, cost-efficiency, and accessibility to a broad range of professionals (Lechner et al. 2020).

Machine learning has been used as a tool for processing remote sensing data. Machine learning can be seen as learning by example because it is an automatic approach to creating empirical models based only on data. Unlike the non-parametric approach, machine learning makes no assumptions about the data, its probability distribution, or its functional form. It is used to solve regression and classification problems (Kovačević 2021). The ones that are most often used are Decision Tree, Random Forest, Neural Network and Support-vector machine.

RF (Random Forest) is a technique that builds multiple decision trees, using a randomly selected subset of samples and training variables. RF is based on the idea that a combination of bootstrap aggregated classifiers perform better

than a single classifier (Breiman 2001), where the bootstrap component means that each tree is parameterized by a series of randomly selected set of observations with replacement from the training data. Two parameters need to be set in order to produce the RF. The first parameter, Ntree, specifies the number of decision trees to be generated, while the second parameter, Mtry, determines the number of variables to be randomly selected and tested for the best split when growing the trees (Belgiu and Dragut 2016).

When compared to other methods, RF has a low computing complexity and is able to handle big data sets, process thousands of input variables, estimate the importance of a variable in the classification process, and be resistant to noise and limit values (Rodríguez-Galiano et al. 2012).

The RF machine learning technique is implemented in the CAST (Caret Applications for Spatio-Temporal) library for application within the programming language R. This library uses the CARET (Classification And REgression Training) functionalities which represent the most widely used package for model training and prediction using machine learning techniques (Kuhn 2019).

This article focuses on monitoring forest areas and the contradiction between official forest records and the situation on the ground, based on Sentinel-2 data. One cadastral municipality is tested to clarify the true reality of the forest resources in the Republic of Srpska entity. Additionally, to demonstrate how quickly changes take place, changes that happened between 2017 and 2022 in one cadastral municipality are displayed.

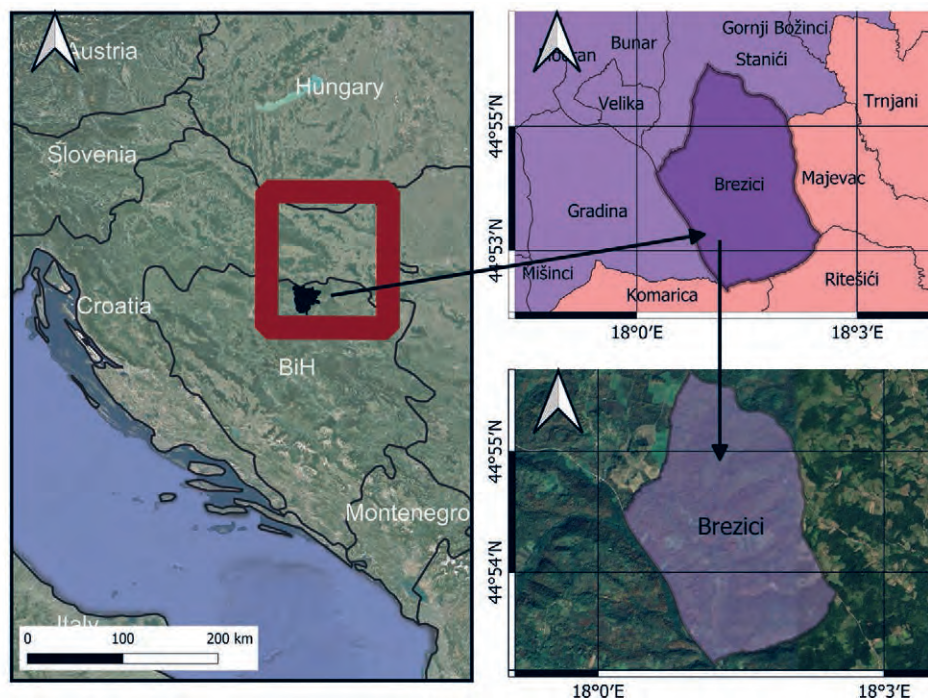


Figure 1. The study area is in Derventa, Bosnia and Herzegovina (cadastral municipality of Brezici).

Slika 1. Područje istraživanja - Derventa, Bosna i Hercegovina (katastarska općina Brezici).

MATERIALS AND METHODOLOGY MATERIJALI I METODE

Study Area – Područje istraživanja

The cadastral municipality of Brezici is located in the southeastern part of the city of Derventa, Figure 1. Various land uses are present in the cadastral municipality of Brezici, and according to data from the cadastre, the largest area is occupied by agricultural fields, followed by forests, meadows, grassland, and orchards. According to data from the Real Estate Cadastre Database, the most represented type of forest is the deciduous forest, covering 185 ha, which is 26% of the total territory. The survey in the city of Derventa was conducted between 1976 - 1977 (RUGIPP 2016).

Input Data – Ulazni podaci

Compared to the popular Landsat 8 and other non-commercial satellites, the Sentinel-2 satellites provide more detail in the NIR and SWIR bands, which contributes to the performance of land cover classification for monitoring urban environments, forests, smart agriculture, and many others (ED Chaves et al. 2020).

Sentinel-2 data is available in different processed forms because Sentinel-2 MSI products undergo different stages of processing to reach a level that can be accessed by the users (Phiri et al. 2020): Level – 0, Level – 1A, Level – 1B, Level – 1C and Level – 2A. Level-0 and Level-1A are not accessible to the users, whereas Level-1C (TOA) and Level-2A (BOA) are used for mapping land cover and land use, respectively. The original data for the cadastral municipality of Brezici were taken from the Real Estate Cadastre Database.

Methods – Metode

The idea of this study is to show the changes that take place in a small, limited area over appropriate periods, with an emphasis on the emergence of new forest areas and the abandonment of agricultural areas due to accelerated urbanization, which is particularly visible in the areas of former socialist countries. The extended steps of the study are shown in Figure 2. The first step includes downloading Sentinel-2 images for two time periods, 2017 and 2022.

Images were classified in both time series in the same way (described in the next chapter) and the accuracy of both classified images was assessed. Along with the performed classification, as well as for its needs, the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) index was calculated. The classification was performed using the RF algorithm. In addition to Sentinel-2 images, the data from the Real Estate Cadastre Database for a specific cadastral municipality were also used. The downloaded data were classified and converted into raster data to compare them.

Download and processing of Sentinel-2 data – Preuzimanje i obrada Sentinel-2 snimki

For this study, Sentinel – 2 (Level - 2A) data were downloaded from the Copernicus Sci Hub platform. The images were downloaded for two-time epochs in August and November 2017, and in May and September 2022, and sorted by spectral channels. We used B2-Blue, B3-Green, B4-Red, B8-NIR (Near-InfraRed) and B6-Red edge, B7-Red edge, B8A-Narrow NIR, B11-SWIR (Short-Wave InfraRed), B12-SWIR in further procedures and analyses. The criterion for

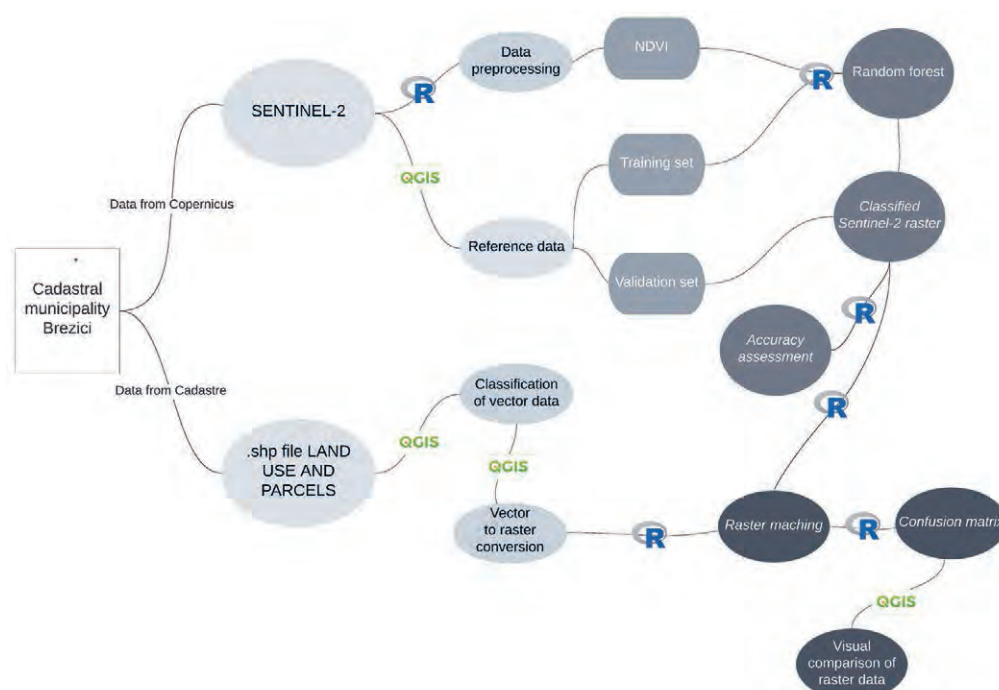


Figure 2. Methodology of creating the paper.

Slika 2. Metodologija izrade rada.

selecting satellite images is for the image to contain little or no clouds and haze, and belong to different seasons in order to discern the phenological phases of plants (Abdi 2020). The matching of the spatial resolution of 20 m with the spatial resolution of 10 m is performed based on the method of the nearest neighbor element in the R programming language. Calculating NDVI, raster classification, accuracy assessment of classifications, and computational analysis of raster differences were performed using the R programming language, whereas QGIS was used for creating training sets, validation sets, and visual analysis.

NDVI was calculated in R based on the quotient of the difference between the red and infrared bands and the sum of those bands (Rouse Jr et al. 1973):

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED}), \quad 1$$

This value represents the normalized difference of vegetation indices and is determined based on spectral values from channels B8 (Near Infrared) and B4 (Red). NDVI values were calculated for both series of images, and one raster representing the difference between the two NDVI images was also calculated.

For the purpose of training, data was prepared from the area sourced from the Copernicus platform. Data preparation was performed in the QGIS software environment. Training data are crucial components in supervised learning and most machine learning algorithms require a large number of training data samples (Abdi 2020). A higher number of carefully selected samples bring better final results. In the area where it is necessary to perform the classification based on the calculated values of NDVI, polygons were drawn according to the previously established classes (forest, other). For each class, about 20 polygons were drawn on different parts of the raster. It was important to consider the size of the drawn polygon to ensure that the given polygons are the best possible representation of the given class. After the preparation of the training set, RF was applied to classify images. The model process has been carried out using loaded training data, predictors, and the desired learning technique, as well as defining metric cri-

teria and determining the best model. The Kappa coefficient was used as a criterion for determining the best model. After cross-validation, it was possible to view the results with the best-obtained parameters through the parameter optimization process.

After the classification was completed, it was important to calculate the accuracy of the results. Accuracy was defined as the degree to which the map produced agrees with the reference classification (Olofsson et al. 2013). Independent data collection was important to determine the accuracy and credibility of spatial information. Therefore, there were two sets of data; the first set was used to create a classification model (training set), which was then applied to the second set (validation set). Performance measures were determined by comparing the classified and reference (known) output classes on the validation data set, which could be represented by a confusion matrix (Kovačević 2022).

Based on confusion matrix, it was possible to calculate various quantitative measures: OA (Overall Accuracy), PA (Producer's Accuracy), UA (User's Accuracy), and Kappa coefficient of agreement (Liu et al. 2007). The Kappa coefficient can have a value from -1 to 1. A kappa coefficient ranging from 0.81 to 1.00 indicates a very good agreement (Miranda et al. 2018).

Data validation was performed in the QGIS software package. Polygons were drawn on the given area independently of the classified raster and training data. The points were intersected with the newly created polygons, and the values for the classified area were obtained. After loading the appropriate data, the confusion matrix and other parameters for accuracy assessment were calculated.

The accuracy achieved by raster classification for 2017 and 2022 is shown in Table 1.

Data from the Real Estate Cadastre Database of Brezici were obtained on October 25, 2022. As input data, .shp files were used, which were manipulated in the QGIS software package. The classification of vector data was performed into two classes: forest, and other. After creating the classes, the vector data were converted into a raster.

Table 1. Achieved classification accuracy of Sentinel images from 2017 and 2022

Tablica 1. Postignuta točnost klasifikacije Sentinel snimki iz 2017. i 2022. godine.

Sentinel 2017 image Satelitska snimka Sentinel - 2017			Sentinel 2022 image Satelitska snimka Sentinel – 2022	
Overall Accuracy <i>Ukupna točnost</i>	98,90%		99,63%	
Cohen's Kappa <i>Kohenova Kappa</i>	0,973		0,991	
Producer's Accuracy <i>Točnost proizvođača</i>	other - 99,5%	forest – 97,5%	other – 99,5%	forest – 100%
	<i>ostalo - 99,5%</i>	<i>šuma – 97,5%</i>	<i>ostalo – 99,5%</i>	<i>šuma – 100%</i>
User's Accuracy <i>Točnost korisnika</i>	other – 99,0%	forest – 98,7%	other – 100%	forest - 98,7%
	<i>ostalo – 99,0%</i>	<i>šuma – 98,7%</i>	<i>ostalo – 100%</i>	<i>šuma - 98,7%</i>

RESULTS REZULTATI

The results refer to the visual and digital interpretation of the obtained classified rasters, the interpretation of statistically obtained accuracy indicators, and the final presentation of the difference between the classified rasters.

In the previous chapter were presented the statistically obtained accuracy indicators, indicating the fact that the classification, in relation to the test sample, meets the expected accuracy.

In the first part of the results analysis, a visual and computational overlapping of the rasters of the classified Sentinel-2 images from 2017 and 2022 was performed. The analysis was performed to show the changes occurring in limited areas in short intervals.

Figure 3 shows the difference between the two classified images from 2017 and 2022. The Sentinel-2 images for 2017 were taken in two-time intervals, August and November. Although the choice of recording time intervals is not ideal, it was not possible to choose other intervals due to bad weather conditions during the acquisition. Although there are certain errors in the classified image from 2017, it is possible to decipher certain changes that were visually confirmed based on Google Earth Pro, and presented in Figure 3.

The second part of the analysis compares Real Estate Cadastre Data for the cadastral municipality of Brezici, which was created based on a survey from 1976, to Sentinel-2 images from 2022. Due to the modern, urban life that has been in effect for the last 20 years, changes are happening at a very high rate, which is almost impossible to capture using traditional survey methods. Owing to the development of remote sensing, it is possible to see, with appropriate accuracy, the extent of the changes that have occurred and to propose adequate assessment methods as the next steps. The difference between cadastral data and data obtained from Sentinel-2 images is shown in Figure 4. Table 2 shows the confusion matrix out of which computational conclusions about the difference between these two rasters can be drawn.

Table 2. Confusion matrix representing the pixel difference between the cadastral raster and Sentinel classified raster from 2022

Tablica 2. Matrica konfuzije koja predstavlja razliku piksela između klasificiranih rastera katastra i Sentinel-a iz 2022. godine.

		Sentinel_2022 image <i>Satelitska snimka Sentinel-2022</i>	
		Other <i>Ostalo</i>	Forest <i>Šuma</i>
Cadastre <i>Katastar</i>	Other <i>Ostalo</i>	18386	31915
	Forest <i>Šuma</i>	1003	17174

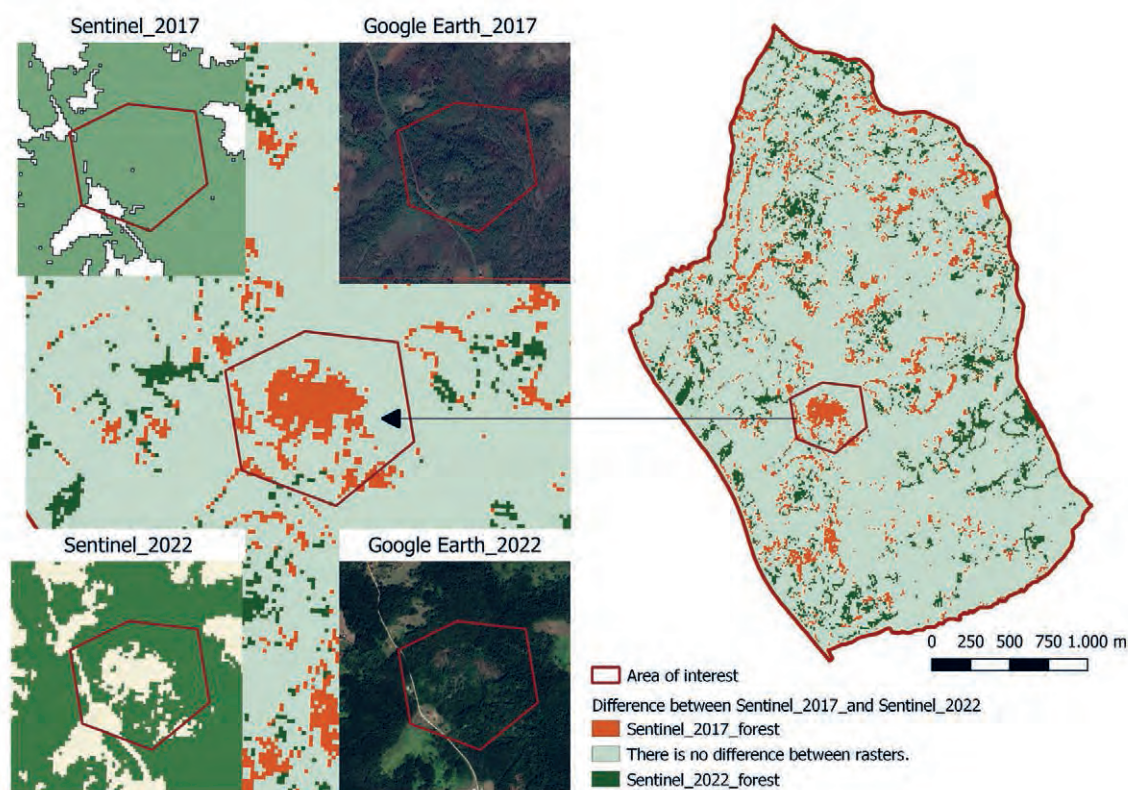


Figure 3. The overview shows the change in vegetation on the Sentinel image from 2017 and 2022

Slika 3. Prikaz obuhvata na kojem je vizualno vidljiva promjena vegetacije na Sentinel snimki iz 2017. i 2022. godine.

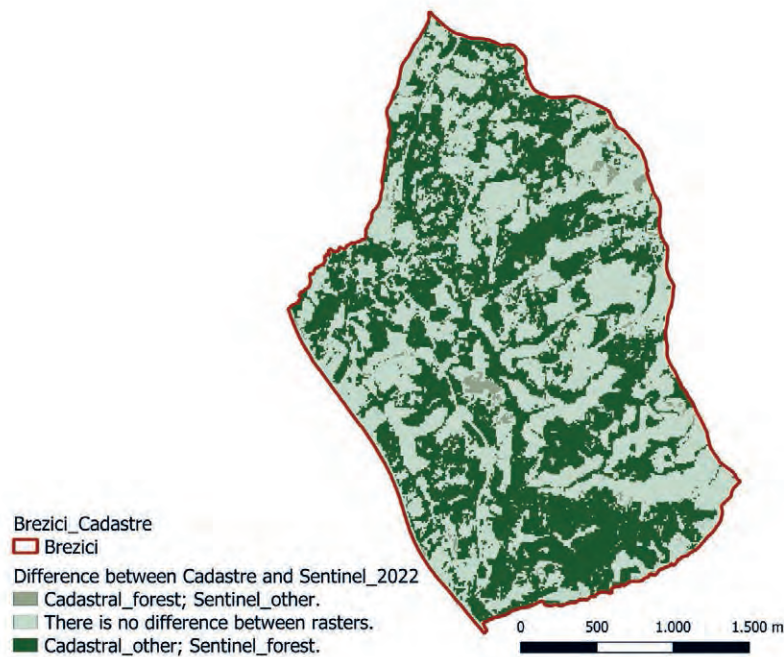


Figure 4. Difference between classified rasters of cadastral data and Sentinel from 2022

Slika 4. Razlika klasificiranih rastera katastarskih podataka i Sentinel-a iz 2022. godine.

The visual assessment of the obtained results was performed in the QGIS software package. Satellite data from Google was used for visual analysis. Satellite data are from the Google Satellite API which has been imported into QGIS as XYZ Tiles. Google Satellite API uses the same set of satellite images as Google Earth. This particular data source has been

chosen due to its higher spatial resolution in comparison to the images accessible from the Sentinel mission. Google's satellite imagery comes from a variety of sources, including satellite and aerial imagery providers such as DigitalGlobe, TerraMetrics, and GeoEye (Fisher et al. 2012). Google integrates these sources into a single, high-resolution, and regu-

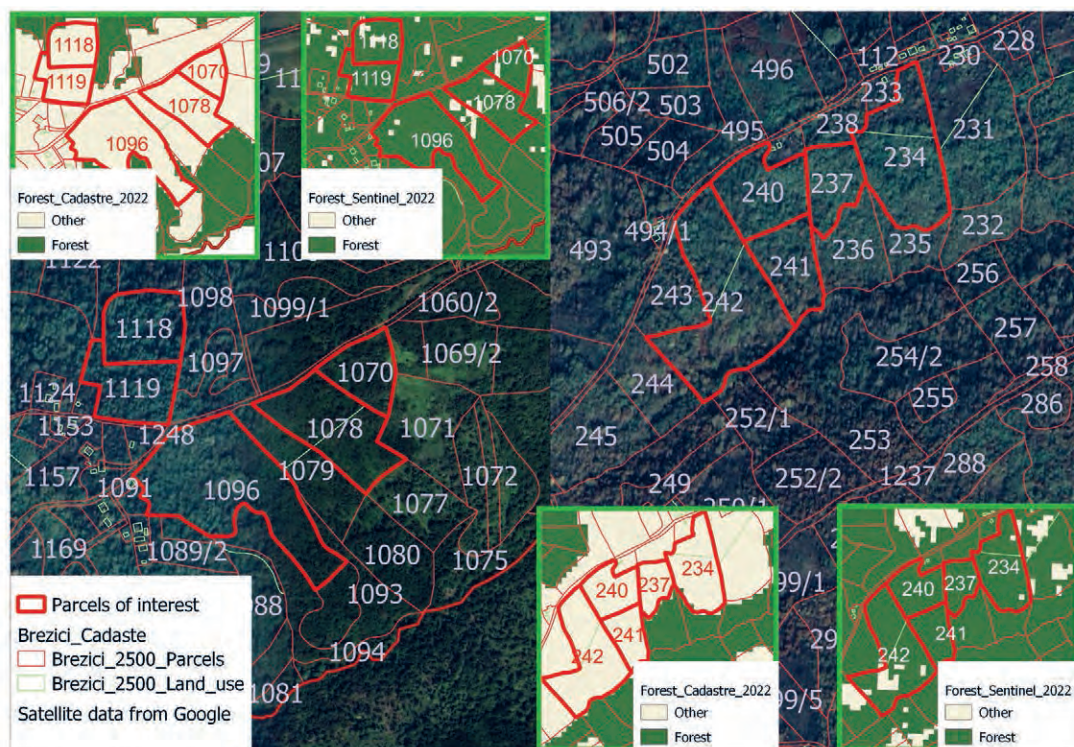


Figure 5. Comparison of Sentinel image, and cadastral data.

Slika 5. Usporedba Sentinel snimke i katastarskih podataka.

Table 3. Land use of parcels in the cadastre, and on Sentinel images.
Tablica 3. Način korištenja parcela u katastru i na Sentinel snimcima.

Parcel number <i>Broj parcele</i>	Land use_Cadastre <i>Način korištenja - Katastar</i>	Land use_Sentinel <i>Način korištenja – Sentinel</i>
234	agricultural field <i>njiva</i>	forest <i>šuma</i>
237	agricultural field <i>njiva</i>	forest <i>šuma</i>
240	agricultural field <i>njiva</i>	forest <i>šuma</i>
241	grassland <i>pašnjak</i>	forest <i>šuma</i>
242	agricultural field <i>njiva</i>	forest <i>šuma</i>
1118	grassland <i>pašnjak</i>	forest <i>šuma</i>
1119	agricultural field <i>njiva</i>	forest <i>šuma</i>
1096	agricultural field <i>njiva</i>	forest <i>šuma</i>
1078	agricultural field <i>njiva</i>	forest <i>šuma</i>
1070	agricultural field <i>njiva</i>	forest <i>šuma</i>

Table 4. Representation of the area under forests in the cadastre, Sentinel_2017, and Sentinel_2022

Tablica 4. Prikaz površine pod šumama u katastru, Sentinel_2017 i Sentinel_2022.

Units of measure <i>Jedinice mjere</i>	Forest Cadastre <i>Šume Katastar</i>	Forest Sentinel – 2017 <i>Šume Sentinel – 2017</i>	Forest Sentinel – 2022 <i>Šume Sentinel – 2022</i>
m ²	1855434	4825168	4857447
%	26	69	69

larly updated global mosaic of imagery that is available through the Google Maps and Google Earth platforms (Google Earth Web and Google Earth Pro Desktop).

Examples of test areas are shown in Figure 5. Based on the given images, it is possible to see the amount of overgrown agricultural land in the area of Brezici. The land use in Table 3 is collected from Real Estate Cadastre Database, and compared to the land use of classified Sentinel-2 images.

After the visual analyses, raster data were converted into vector data to obtain the amount of lost and created forest areas. The final result shows that three times more forest has been deciphered today than was the case in 1976 when a survey was carried out to establish the cadastre, the data which are still used today, Table 4.

CONCLUSION AND DISCUSSION ZAKLJUČAK I DISKUSIJA

According to the Real Estate Cadastre Database, 26% of the total territory of the cadastral municipality of Brezici is co-

vered in forest, whereas according to the Sentinel-2 images, 69% of the territory is separated under some form of tall vegetation. Of course, the accuracy and spatial resolution of the Sentinel-2 images, as well as significant shortcomings during classification due to the lack of a field-collected training sample, must be considered. However, taking into account all the disadvantages of using Sentinel-2 images, the existence of a huge difference between the real situation on the field and the data from the Real Estate Cadastre Database is unquestionable. The Real Estate Cadastre Database does not accurately reflect the extent of tree and shrub invasion on land where agricultural production has ceased.

The study shows the possibility of using Sentinel-2 images to monitor LULC changes regarding the implementation of EU programs and updating the Real Estate Cadastre Database. Remote sensing and the Copernicus program provide countless free geodata that provide information on the spatial and temporal distribution of land cover (land classes) and the spatial range of vegetation.

Future research should be directed towards developing appropriate training data, which requires going out into the field and allocating appropriate funds for research and determining multiple classes of data, aiming to better classify Sentinel-2 images. By better classifying Sentinel-2 images, in the sense of extracting more classes of data, a more accurate and precise model is obtained that will meet the needs of the Real Estate Cadastre Database updating in a much more detailed scope. Additionally, the use of some commercial satellite images and the financial profitability concerning the conventional ways of establishing the real estate cadastre should also be considered.

REFERENCES LITERATURA

- Abdi, A. M., 2020: Land cover and land use classification performance of machine learning algorithms in a boreal landscape using Sentinel-2 data, *GIScience & Remote Sensing*, 57(1): 1–20.
- Aschbacher, J., 2017: ESA's earth observation strategy and Copernicus, *Satellite earth observations and their impact on society and policy*, Springer, 81–86., Singapore.
- Barakat, A., R. Khellouk, A. El Jazouli, F. Touhami, S. Nadem, 2018: Monitoring of forest cover dynamics in eastern area of Béni-Mellal Province using ASTER and Sentinel-2A multispectral data, *Geology, Ecology, and Landscapes*, 2(3): 203–215.
- Belgiu, M., L. Dragut, 2016: Random forest in remote sensing: A review of applications and future directions, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 114: 24–31.
- Breiman, L., 2001: Random forests, *Machine Learning*, 45(1): 5–32.
- Bucha, T., J. Papčo, I. Sačkov, J. Pajtik, J. M. Sedliak, I. Barka, J. Feranec, 2021: Woody Above-Ground Biomass Estimation on

- Abandoned Agriculture Land Using Sentinel-1 and Sentinel-2 Data, *Remote Sensing*, 13(13), 2488.
- Dobrinić, D., D. Medak, A. Katanec, 2019: Klasifikacija zemljišnog pokrova iz podataka Sentinel satelitskih misija, *Simpozij Ovlaštenih Inženjera Geodezije, Zbornik Radova* 12, 18(20): 50.–55., Opatija.
 - Drusch, M., U. Del Bello, S. Carlier, O. Colin, V. Fernandez, F. Gascon, B. Hoersch, C. Isola, P. Laberinti, P. Martimort, and others, 2012: Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services, *Remote Sensing of Environment*, 120: 25.–36.
 - ED Chaves, M., M. CA Picoli, I. D. Sanches, 2020: Recent applications of Landsat 8/OLI and Sentinel-2/MSI for land use and land cover mapping: A systematic review, *Remote Sensing*, 12(18), 3062.
 - FAO UN, 2016: Global Forest Resources Assessment 2015, 2nd Ed, FAO, Rome.
 - FAO UN, 2020: Global Forest Resources Assessment 2020-Key findings, FAO, Rome.
 - Fisher, G. B., C. B. Amos, B. Bookhagen, D. W. Burbank, V. Godard, S. J. Whitmeyer, 2012: Channel widths, landslides, faults, and beyond: The new world order of high-spatial-resolution Google Earth imagery in the study of earth surface processes, *Geological Society of America Special Papers*, 492(01): 1.–22.
 - Gascon, F., C. Bouzinac, O. Thépaut, M. Jung, B. Francesconi, J. Louis, V. Lonjou, B. Lafrance, S. Massera, A. Gaudel-Vacaresse, and others, 2017: Copernicus Sentinel-2A calibration and products validation status, *Remote Sensing*, 9(6), 584.
 - Jovanović, D., M. Gavrilović, M. Borisov, M., Govedarica, 2021: Uporaba Sentinel 1 i Sentinel 2 snimaka u identifikaciji nestalih šumskih površina-studija slučaja Fruška gora (Srbija), *Šumarski List*, 145(3–4): 127.–134.
 - Kabadayi, M. E., P. Ettetehadi Osgouei, E. Sertel, 2022: Agricultural Land Abandonment in Bulgaria: A Long-Term Remote Sensing Perspective, 1950-1980, *Land*, 11(10), 1855.
 - Kovačević, J., 2021: Kartiranje šumske vegetacije na osnovu podataka satelitskog osmatranja Zemlje korišćenjem tehnika mašinskog učenja (Doktorska disertacija), Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, Beograd.
 - Kovačević, J., Ž. Cvjetinović, D. Lakušić, N. Kuzmanović, J. Šinžar-Sekulić, M. Mitrović, N. Stanić, N. Brodić, D. Mihajlović, 2020: Spatio-temporal classification framework for mapping Woody vegetation from multi-temporal Sentinel-2 imagery, *Remote Sensing*, 12(17), 2845.
 - Kuemmerle, T., P. Hostert, V. C. Radeloff, S. van der Linden, K. Perzanowski, I. Kruhlov, 2008: Cross-border comparison of post-socialist farmland abandonment in the Carpathians, *Ecosystems*, 11(4): 614.–628.
 - Kuhn, M., 2019: The CARET Package: <https://topepo.github.io/caret/> (Accessed: 4. 10. 2022.)
 - Lechner, A. M., G. M. Foody, D. S. Boyd, 2020: Applications in remote sensing to forest ecology and management. *One Earth*, 2(5): 405.–412.
 - Li, X., W. Y. Chen, G. Sanesi, R. Laforteza, 2019: Remote sensing in urban forestry: Recent applications and future directions, *Remote Sensing*, 11(10), 1144.
 - Liu, C., P. Frazier, L. Kumar, 2007: Comparative assessment of the measures of thematic classification accuracy, *Remote Sensing of Environment*, 107(4): 606.–616.
 - Macanović, D., M. Đurić 2018: Od nastanka katastra u Bosni i Hercegovini do katastra nepokretnosti kao registra nepokretnosti i stvarnih prava na njima, *FIG VI Hrvatski Kongres o Katastru i LADM2018*, 29.–35., Zagreb.
 - Miranda, E., A. B. Mutiara, W. C. Wibowo and others, 2018: Classification of land cover from Sentinel-2 imagery using supervised classification technique (preliminary study), *Proceedings of 2018 International Conference on Information Management and Technology (ICIMTech)*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 69.–74., Jakarta.
 - Olofsson, P., G. M. Foody, S. V. Stehman, and C. E. Woodcock, 2013: Making better use of accuracy data in land change studies: Estimating accuracy and area and quantifying uncertainty using stratified estimation, *Remote Sensing of Environment*, 129: 122.–131.
 - Phiri, D., M. Simwanda, S. Salekin, V. R. Nyirenda, Y. Murayama, M. Ranagalage, 2020: Sentinel-2 data for land cover/use mapping: a review, *Remote Sensing*, 12(14), 2291.
 - Puletti, N., F. Chianucci, C. Castaldi, and others, 2018: Use of Sentinel-2 for forest classification in Mediterranean environments, *Ann. Silv. Res.*, 42(1): 32.–38.
 - Rawat, J. S., M. Kumar, 2015: Monitoring land use/cover change using remote sensing and GIS techniques: A case study of Hawalbagh block, district Almora, Uttarakhand, India, *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 18(1): 77.–84.
 - Rodriguez-Galiano, V. F., B. Ghimire, J. Rogan, M. Chica-Olmo, J. P. Rigol-Sanchez, 2012: An assessment of the effectiveness of a random forest classifier for land-cover classification, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 67: 93.–104.
 - Rouse Jr, J. W., R. H. Haas, J. A. Schell, D. W. Deering, 1973: Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation, *Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium: The Proceedings of a Symposium Held by Goddard Space Flight Center at Washington, DC On*, 351, 309, Washington
 - RUGIPP, 2016: Program poslova premjera i uspostavljanja katastra nepokretnosti za period od 2016-2020. godine, RUGIP, Banja Luka
 - RUGIPP, 2021: Program poslova premjera i osnivanja katastra nepokretnosti za period od 2021-2025. godine, *Službeni Glasnik Republike Srpske* - Broj 16/22.
 - Segarra, J., M. L. Buchaillot, J. L. Araus, S. C. Kefauver, 2020: Remote sensing for precision agriculture: Sentinel-2 improved features and applications, *Agronomy*, 10(5), 641.
 - Stefanski, J., O. Chaskovskyy, B. Waske, 2014: Mapping and monitoring of land use changes in post-Soviet western Ukraine using remote sensing data, *Applied Geography*, 55: 155.–164.
 - Svoboda, J., P. Štych, J. Laštovička, D. Paluba, N. Kobliuk, 2022: Random Forest Classification of Land Use, Land-Use Change and Forestry (LULUCF) Using Sentinel-2 Data—A Case Study of Czechia, *Remote Sensing*, 14(5), 1189.
 - Szostak, M., H. Paweła, P. Dobrosława, 2018: Using of Sentinel-2 images for automation of the forest succession detection, *European Journal of Remote Sensing*, 51(1): 142.–149.

- The European Space Agency, 2022: Sentinel Online, <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/copernicus-expansion-missions> (Accessed: 4. 10. 2022.)
- Torres, R., M. Davidson, 2019: Overview of Copernicus SAR space component and its evolution, IGARSS 2019-2019 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, IEEE 5381.–5384., Yokohama
- Turner, W., C. Rondinini, N. Pettorelli, B. Mora, A. K. Leidner, Z. Szantoi, G. Buchanan, S. Dech, J. Dwyer, M. Herold, and others, 2015: Free and open-access satellite data are key to biodiversity conservation, *Biological Conservation*, 182: 173.–176.
- Visockiene, J. S., E. Tumeliene, V. Maliene, 2019: Analysis and identification of abandoned agricultural land using remote sensing methodology, *Land Use Policy*, 82: 709.–715.

SAŽETAK

Gospodarenje šumskim resurima otežano je u uvjetima potpune neažurnosti i neuređenosti desetljećima starog sustava evidencije i izmjere. U svrhu poboljšanja postojećih evidencijskih sustava i stvaranja jasnijeg uvida u stanje šumskog bogatstva koriste se nekonvencionalni, suvremeni sustavi praćenja. Korištenje daljinskog istraživanja za procjenu šumskog bogatstva je važno, jer se inženjeri šumarstva i šumarske ustanove ne mogu pouzdati u postojeće evidencije preuzete iz katastra nekretnina kako bi utvrdili opseg šumskog bogatstva.

Za demonstraciju korištenja daljinskog istraživanja u svrhu utvrđivanja opsega šumskog bogatstva preuzete su satelitske snimke Sentinel-2 za 2017. i 2022. godinu, kao i podaci iz baze podataka katastra nekretnina k.o. (katastarske općine) Brezici, slika 1. Preuzete multispektralne Sentinel-2 slike klasificirane su na temelju Random Forest klasifikacijskog algoritma, korištenjem programskog jezika R. Tijek procesa obrade podataka prikazan je na slici 2. Nakon završenih klasifikacija, točnost klasifikacije procijenjena je na temelju matrice pogrešaka i Kappa vrijednosti. Parametri točnosti za klasificirane snimke prikazani su u tablici 1. U prvom dijelu analize rezultata obavljeno je vizualno i numeričko preklapanje klasificiranih Sentinel-2 rastera iz 2017. i 2022. godine. Analiza je provedena s ciljem prikazivanja promjena koje se događaju na ograničenim područjima u kratkim vremenskim intervalima, slika 3. Drugi dio analize odnosi se na usporedbu podataka katastra nekretnina za k.o. Brezici nastalih na temelju izmjere i Sentinel-2 snimki iz 2022. godine, slika 4. i tablica 2. Cilj ovog dijela rada je pokazati razliku između stvarnog i katastarskog stanja. Na slici 5. i tablici 3. prikazane su razlike u načinu korištenja između katastra i Sentinel-2 snimki, što ukazuje na promjene nastale napuštanjem poljoprivrednog zemljišta i njegovom prenamjenom u određeni oblik šumske vegetacije. Prema bazi podataka katastra nekretnina, 26% ukupnog teritorija k.o. Brezici prekriveno je šumom, dok je zahvaljujući snimkama Sentinel-2 69% teritorija izdvojeno pod nekim oblikom visoke vegetacije, tablica 4. Analize pokazuju da se Sentinel-2 snimke mogu uspješno koristiti za utvrđivanje obuhvata šuma s ciljem boljeg i kvalitetnijeg prikaza postojećih šumskih resursa koji su nepoznati zbog zastarjelih i nepouzdatih sustava evidencije.

KLJUČNE RIJEČI: Sentinel-2, baza podataka katastra nekretnina, Random Forest, šume

ARE OXIDATIVE STRESS SCREENING TESTS ENOUGH FOR SMALL SCALE QUERCUS ROBUR GENETIC MONITORING?

JESU LI TESTOVI PRAĆENJA OKSIDACIJSKOG STRESA DOVOLJNI ZA GENETIČKI MONITORING HRASTA LUŽNJAKA U MALOM RAZMJERU?

Branislav TRUDIĆ¹, Biljana KIPROVSKI², Saša KOSTIĆ³, Srđan STOJNIĆ³, Marko KEBERT³, Aleksandar IVEZIĆ⁴, Andrej PILIPOVIĆ³

SUMMARY

Although being present much widely in terms of its geographical distribution, pedunculate oak (*Quercus robur* L.) represents one of the crucial species in forest ecosystems in South Eastern Europe. We wanted to contribute to existing efforts in designing genetic monitoring methodology for this noble broadleaved species, through the screening of genotypes with different health status and belonging to two phenological varieties [early (var. *prae-cox*) vs late (var. *tardissima*)] using seven oxidative stress parameters (total protein content, total phenolic compounds content, total flavonoids content, DPPH, ABTS, NO radical scavenger activities and Ferric reducing antioxidant power assay - FRAP). Results of this study provided significant biological message, contributing to better understanding of existing biodiversity of pedunculate oak in Serbia. Four out of seven oxidative stress screening tests (total phenolic compounds content, total flavonoids content, RSC NO and FRAP) clearly discriminated late vs early individuals sampled from selected pedunculate oak gene pool. Although presented results did not show significance in using mentioned parameters to distinct damaged from vital individuals, nevertheless, knowledge gained through discussion and comparison with previous studies contributed to precise determination of biochemical tests which might be used in future efforts of genetic monitoring of this species.

KEY WORDS: antioxidative, biodiversity, ecotype, pedunculate oak, stress

INTRODUCTION UVOD

Pedunculate oak (*Quercus robur* L.) is the dominant tree species in many natural and planted European lowland and riparian forests excluding large parts of Spain, Portugal and North Scandinavia (Sergeant et al., 2011). Among the deciduous, ring-porous oak species, pedunculate oak *Q. robur* is one of the most abundant species in Europe (Haneca et

al., 2009). *Q. robur* is typically found in mesic sites across floodplains and valleys of large European rivers, lowlands and rocky sites (Madrigal-González et al., 2017).

According to RCP climate scenarios, pedunculate oak (*Q. robur* L.) has been marked as the most affected tree species due to ongoing, intensive climate change (de Wergifosse, 2022). The decline of oak forests can cause great economic losses since oaks are considered highly valuable tree

¹ Forest Biodiversity and Restoration Team, Forestry division, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italy, corresponding author: branislav.trudic@fao.org

² Institute of Field and Vegetable Crops, National Institute of the Republic of Serbia, 30 Maksima Gorkog Street, 21000 Novi Sad, Serbia

³ Institute of Lowland Forestry and Environment, University of Novi Sad, 13d Antona Čehova Street, 21000 Novi Sad, Serbia

⁴ Biosense Institute, 1 Dr Zorana Đinđića Street, 21000 Novi Sad, Serbia

species due to their long history of exploitation for wood production and construction (Mikac et al., 2018).

Q. robur has a high-water requirement and displays low water use efficiency, and is thus, sensitive to drought stress (Čehulić et al., 2019; Bose et al., 2021; Kostić et al., 2022). In Serbia, the majority of pedunculate oak stands are situated in the northern part of the country, along with the Sava and the Danube rivers, and in Central Serbia, along the Morava River (Trudić et al., 2013; Stojnić et al., 2014; Rađević et al., 2020). Despite the occurrence and dispersal, pedunculate oak in South Eastern Europe and Serbia alike is under strong influence of drought stress, coming from different natural sources. Climate change, as cumulative challenging factor, is a major driver of drought, and, therefore, influencing *Q. robur* gene pools in Serbia with dry seasons and shortage of water availability in soil and air (Kostić et al., 2019; 2021a, 2021b, 2022; Stojanović et al., 2021). Although a number of studies conducted in the Sava river basin (Medarević et al., 2009; Bauer et al., 2013; Stojanović et al., 2013; Stojnić et al., 2014; Stojanović et al., 2014; Kostić, 2019, 2021a, 2022) have been focused on different causes of oak mortality (attacks of pests and diseases, climate fluctuations, water level change, and inappropriate tending measures), there is still no consensus within the scientific community about the causes of oak dieback in south-east Europe (Stojanović et al., 2015; Mikac et al., 2018). Dependence of this species on soil and water properties plays an uncertain role in its survival and stress response (Kostić et al., 2021c) and, therefore, a focus on ecophysiology of this valuable broadleaved species should be a priority in the research, breeding and forest management (Pilipović et al., 2020).

There have been many studies done on this species in Europe and Serbia. Genetic variability of *Q. robur* has been widely studied (Barreneche et al., 1998). Namely, morphological characteristics (Kremer et al., 2002; Batos et al., 2006; Battos et al., 2017), biochemical markers (Streiff et al., 1998; Gömöry et al., 2001; Finkeldey and Hattermer, 2010) and molecular markers (Scotti-Saintagne et al., 2004; Muir and Schloetterer, 2005; Neophytou et al., 2010; Katičić Bogdan et al., 2018). In Serbia, genetic diversity of *Q. robur* was extensively researched, showing rich heterozygosity and conserved variability for decades now (Trudić et al., 2013; Trudić and Avramidou et al., 2021a; Kesić et al., 2021). Significance of the recent study of Trudić and Avramidou et al. (2021a) reflects in two aspects: it tackled genetic diversity of the same population used in this study and it indicated rich heterozygosity and stable genetic diversity. In addition, biochemical, physiological and morphological diversity of *Q. robur* from Serbia were assessed, under open, controlled and stressful conditions, tracking various biochemical and morphological traits and parameters (Stojnić et al., 2019; Pilipović et al., 2020; Vaštag et al., 2020; Vaštag et al., 2022; Kebert et al., 2022a, 2022b, 2022c). These stu-

dies gave an immense contribution to the understanding of genetical and physiological foundations of pedunculate oak diversity on the territory of Serbia, especially in terms of understanding possible links of used morphometrics and physiological markers to differ oak genetic structure and its drought stress resilience capacity. Selected markers in presented studies, alongside with biochemical parameters covered in this, are having strong genetical basis, and yet being facilitated by the environmental influence as well. Oxidative stress parameters are interlinked with secondary metabolism of the plant, which represents the part of the plant ontogenesis directly influenced by environmental conditions (Popović and Štajner, 2008). As it was suggested by previous studies (Popović et al., 2013; Stojnić et al., 2016; Pellegrini et al., 2019; Ghanbary et al., 2021; Dadkhah-Aghdash et al., 2022; Kebert et al., 2022b) on the phenolic compounds and antioxidant capacity of oak and other tree plants species, these biochemical parameters are proposed/monitored as important markers in selection and breeding of the species when tolerance and adaptation to (a)biotic stresses are concerned.

Due to its high intra-species and intra-provenance variations, pedunculate oak provides a valuable gene pool for the selection of superior, climate-resistant genetic material (Kostić et al., 2021). The phenologically different varieties growing in the Serbian lowland region have also been shown to differ regarding pathogen resistance, wood quality, phenology, morphology, chemical characteristics, etc. (Batos, 2012a; Batos, 2012b; Bobinac et al., 2012). Considering the importance of pedunculate oak for forest biodiversity and ecosystem restoration initiatives, constant efforts for its *ex situ* and *in situ* conservation through research of genetic diversity are of profound importance in order to mitigate climate change (Stojnić et al., 2019). Apart from these efforts, breeding of more resilient provenances across landscape presents one of the efficient ways for future adaptation of forest tree species to climate change, since adaptation enables plants to optimize their life processes in prevailing environmental conditions at an evolutionary scale. To achieve these long-term goals of pedunculate oak conservation and selection initiatives, integrating different research fields such as plant physiology, genetics and biochemistry presents a holistic, interdisciplinary solution that is appropriate for current and upcoming environmental challenges caused by climate change (Pilipović et al., 2020).

Taking into consideration that common biochemical parameters may contribute to understanding the underpinning plant defense mechanisms against occurring drought stress and, therefore, used as reliable adaptability descriptors in the context of climate change, the aim of this study was to determine if any of 7 proposed oxidative screening tests might be detrimental for long-term genetic monitoring of two varieties of pedunculate oak.

MATERIALS AND METHODS

MATERIJALI I METODE

Sampling – Uzorkovanje

In order to properly evaluate individuals for oxidative stress screening tests, we first selected them according to phenophase [early (var. *praecox*) vs late (var. *tardissima*)] and physiological groups (vital or damaged). The main criterion for determining the affinity of trees to one of the physiological status groups (vital or damaged) was the degree of crown damage, which was assessed according to Dubravac et al. (2011): trees with defoliation above 25 % were considered significantly damaged trees, while trees with canopy damage up to 25 % were considered undamaged or vital trees. Presence of damage caused by insect pests and pathogens, such as damage to stems caused by xylophagous and phloemophagous insects (e.g., *Scolytus* spp., *Agrilus* spp., *Cerambyx cerdo*, *Zeuzera pyrin*) (Marković and Stojanović, 2011; Mihajlović et al., 2015), and necrotic lesions on stems caused by *Diplodia seriata* (Zlatković et al., 2018) were used as an additional criterion in tree selection, especially in discrimination between vital and damaged trees. Crown condition was assessed in the same year as sampling. Leaf samples from 42 individuals [21 individuals of *Quercus robur* var. *praecox* (11 vital + 10 damaged) and 21 individuals of *Q. robur* var. *tardissima* (11 vital + 10 damaged)] were collected from seed stand located in the Northern part of Serbia (N 45° 00' 12.66"; E 019° 08' 50.4") during springtime in April and May 2013. The altitude of the examined stand was ranging from 81 to 83 m above sea level (a.s.l.). The geological substrate was defined as alluvial sand sediments with mostly gley soils ranging from riparian black soil and black meadow soil to brown forest soil. Hydrological conditions were characterized by the absence of flooding and soil moisture was

strongly dependent on fluctuations of groundwater table levels. Climate in the sampling area is defined as temperate continental to modified continental, with semi-humid and warm summers (Kottek et al., 2006).

Plant material – Biljni material

Phenological varieties [early (var. *praecox*) vs late (var. *tardissima*)] and physiological group (vital or damaged) were the observed variables in tested individuals of pooled early oak with vital (PEOV), pooled early oak with damaged (PEOD), pooled late oak with vital (PLOV) and pooled late oak with damaged (PLOD) canopies. Each pooled group comprised 10 or 11 samples in total, measured in triplicates in order to achieve optimal statistical significance for each group (for more, see Statistics sub-section). Collected leaves were immediately put and labeled on aluminum foliage, preserved on dry ice, and transported to the Laboratory for Chemical and Biochemical Analysis at the Institute of Lowland Forestry and Environment (ILFE) for further processing.

Oxidative stress screening tests – Testovi praćenja oksidacijskog stresa

Two grams of oak leaves were homogenized in a cooled mortar with pestle with 10 ml of phosphate buffer (0.1 M KH_2PO_4 , pH=7), centrifuged for 10 min at 11000 rpm and supernatant was used for further oxidative stress screening test (Table 1), as per authors instructions. All analyses were determined spectrophotometrically in microwell-plates by Multiplate reader MultiScan GO (Thermo Scientific, Germany).

Statistics – Statistika

Values of the biochemical parameters were expressed as mean value $\pm$ standard error of determinations made in

Table 1. Oxidative stress screening tests used in this study.

Tablica 1. Testovi praćenja oksidacijskog stresa korišteni u ovoj studiji.

Number Broj	Test	Test Acronym Kratica za test	Units Jedinice	Reference Referenca
1	Total soluble protein content Ukupni sadržaj topivih bjelančevina	TSP	mg BSA/g	Bradford, 1976
2	Total phenolic compounds content by Folin-Ciocalteu method Ukupni sadržaj fenolnih komponenti određen Folin-Ciocalteu metodom	TP	mg GA g ⁻¹	Singleton et al., 1999
3	Total flavonoids content Ukupni sadržaj flavonoida	TF	mg of quercetin equivalents per g of fresh weight of plant material (mg QE/g FW)	Chang et al., 2002
4	ABTS-radical scavenger capacity ABTS – test kapaciteta hvatača radikala	ABTS	% of neutralized radicals [% RSC = 100 – (A blank- A sample) x 100/ A blank]	Arnao et al., 2001
5	DPPH-radical scavenger capacity DPPH – test kapaciteta hvatača radikala	DPPH	% of neutralized radicals [% RSC = 100 – (A blank- A sample) x 100/ A blank]	Soler-Rivas et al., 2000
6	NO•-radical scavenging capacity NO• – test kapaciteta hvatača radikala	RSCNO	% of neutralized radicals [% RSCNO = 1 – (A sample/A blank) x 100%]	Tsai et al., 2007
7	Ferric reducing antioxidant power-FRAP Esej antioksidativne moći redukcije gvožđa	FRAP	mg of Trolox equivalents per g of fresh weight of plant material (mg TEAC/g FW)	Benzie and Strain, 1999

triplicates and tested by two-way analysis of variance (ANOVA) followed by comparison of the mean values by Duncan's multiple range post-hoc test for $p < 0.05$. In two-way ANOVA, phenological variety and physiological status were used as dependent variables, which were interpreted using the Fisher (F) test and their statistical significance levels (p). The R environment was used for all statistical data processing (R Core Team, 2013). The "rstatix" R package (Kassambara, 2020) was used to calculate descriptive statistics and run two-way ANOVA, "ggfortify" for PCA analyzes and "corrplot" for correlation matrix of Pearson's correlations. Finally, "ggplot2" R package was used for other data visual representations.

RESULTS REZULTATI

Obtained results of biochemical parameters showed that leaves from late oak trees had higher protein and phenolic compounds contents than early oak trees, regardless of the physiological group (vital or damaged) (Table 2). Moreover, for the sake of better presentation of the results from Table 2, we have presented them graphically (Figure 1 and

2). PLOD and PLOV leaves had the highest, while PEOV and PEOD leaves had the lowest content of total flavonoids (Table 2).

As for radical scavenging capacity tests, all tested leaves had low scavenging capacity. ABTS- and NO- radical scavenger tests showed lower than 50% scavenging for all samples, while DPPH-test showed insignificantly higher than 50% scavenging for PEOs, PEOV, PLOV leaves (56.15%, 57.28% and 51.58%, respectively) and 41.69% for PLOD leaves. Late oak leaves had higher ferric reducing antioxidant power (203.5 and 180.4 mg TE/g FW, respectively) than early ones (93.9 and 85.5 mg TE/g FW, respectively), regardless of the physiological group (Table 2).

Two-way Anova was performed for phenological varieties [early (var. *praecox*) vs late (var. *tardissima*)], physiological groups (vital or damaged) and their interaction as dependent variables, with the aim to determine whether there was an influence of tested dependent variables on the variability of the analyzed parameters. According to obtained results, phenological variety has no influence on protein and DPPH- radical scavenger activity, while physiological group has no influence on total phenolics content and subsequently on FRAP, ABTS- and NO- ra-

Table 2. Proteins, total phenolic (TP) and flavonoids (TF) compounds content and radical scavenger capacity (ABTS, DPPH, NO, FRAP) of tested oak leaves. Each value is the mean value of all tested samples $\pm$ standard error ($\bar{X} \pm Se$). Results marked with different letter differ significantly at $p < 0.05$ (Duncan's multiple range test).

Tablica 2. Sadržaj proteina, ukupnih fenolnih (TP) i flavonoidnih (TF) spojeva i sposobnost hvatanja radikala (ABTS, DPPH, NO, FRAP) testiranog lišća hrasta. Svaka vrijednost je srednja vrijednost svih ispitanih uzoraka $\pm$ standardna pogreška ($\bar{X} \pm Se$). Rezultati označeni drugim slovom značajno se razlikuju pri $p < 0,05$ (Duncanov test višestrukog raspona).

Ecological form Ekološka forma	$\bar{X} \pm Se$						
	TSP (mg/g FW)	TP (mg GAE/g FW)	TF (mg QE/g FW)	ABTS – radical scavenger test (%) ABTS – test hvatača radikala	DPPH – radical scavenger test (%) DPPH – test hvatača radikala	NO – radical scavenger test (%) NO – test hvatača radikala	FRAP (mg TE/g FW)
PEOD	4.24 $\pm$ 0.20 ^c	17.57 $\pm$ 0.44 ^b	6.02 $\pm$ 0.38 ^b	43.99 $\pm$ 4.17 ^a	56.15 $\pm$ 2.46 ^a	32.72 $\pm$ 1.80 ^a	93.90 $\pm$ 4.07 ^b
PEOV	4.88 $\pm$ 0.19 ^b	17.35 $\pm$ 0.55 ^b	6.22 $\pm$ 0.41 ^b	26.52 $\pm$ 5.26 ^c	57.28 $\pm$ 2.50 ^a	34.87 $\pm$ 1.50 ^a	85.46 $\pm$ 5.27 ^b
PLOD	5.51 $\pm$ 0.12 ^a	33.81 $\pm$ 1.39 ^a	9.38 $\pm$ 0.44 ^a	35.61 $\pm$ 6.21 ^b	41.69 $\pm$ 3.03 ^b	27.95 $\pm$ 2.34 ^b	203.50 $\pm$ 20.35 ^a
PLOV	4.92 $\pm$ 0.15 ^d	31.48 $\pm$ 1.68 ^a	8.43 $\pm$ 0.45 ^a	40.02 $\pm$ 6.41 ^a	51.58 $\pm$ 3.78 ^a	20.71 $\pm$ 1.79 ^c	180.38 $\pm$ 15.08 ^a

Key: pooled early oak vital – PEOV, pooled early oak damaged – PEOD, pooled late oak vital-PLOV and pooled late oak damaged – PLOD

Ključ: zbirni rani hrast vitalni – PEOV, zbirni rani hrast oštećeni – PEOD, zbirni kasni hrast vitalni – PLOV i zbirni kasni hrast oštećeni – PLOD

Table 3. Two-way Anova for phenological varieties, individuals and their interaction.

Tablica 3. Dvosmjerna Anova za fenološke sorte, jedinke i njihovu interakciju.

Parameter Parametar	Phenological variety Fenološki varijetet		Physiological groups Fiziološka grupacija		Phenological variety x Physiological groups Fenološki varijetet x Fiziološka grupacija	
	F	p	F	p	F	p
Proteins – Proteini	0.436	0.51 ^{NS}	3.97	0.05	5.751	0.001
Total phenolics content (TP) – Totalni sadržaj fenola	76.56	<0.001	1.97	0.16 ^{NS}	3.34	0.099 ^{NS}
Total flavonoids content (TF) – Totalni sadržaj flavonoida	27.77	<0.001	2.98	0.09 ^{NS}	0.754	0.648 ^{NS}
ABTS – radical scavenger test – ABTS – test hvatača radikala	3.03	0.09 ^{NS}	0.21	0.58 ^{NS}	5.910	0.001
DPPH – radical scavenger test – DPPH – test hvatača radikala	1.84	0.18 ^{NS}	5.23	0.02	4.822	0.033
NO – radical scavenger test – NO – test hvatača radikala	8.69	<0.001	0.22	0.64 ^{NS}	4.367	0.036
Ferric reducing antioxidant power (FRAP) essay – Esej antioksidativne moći redukcije gvožđa	28.85	<0.001	1.62	0.26 ^{NS}	14.751	<0.001

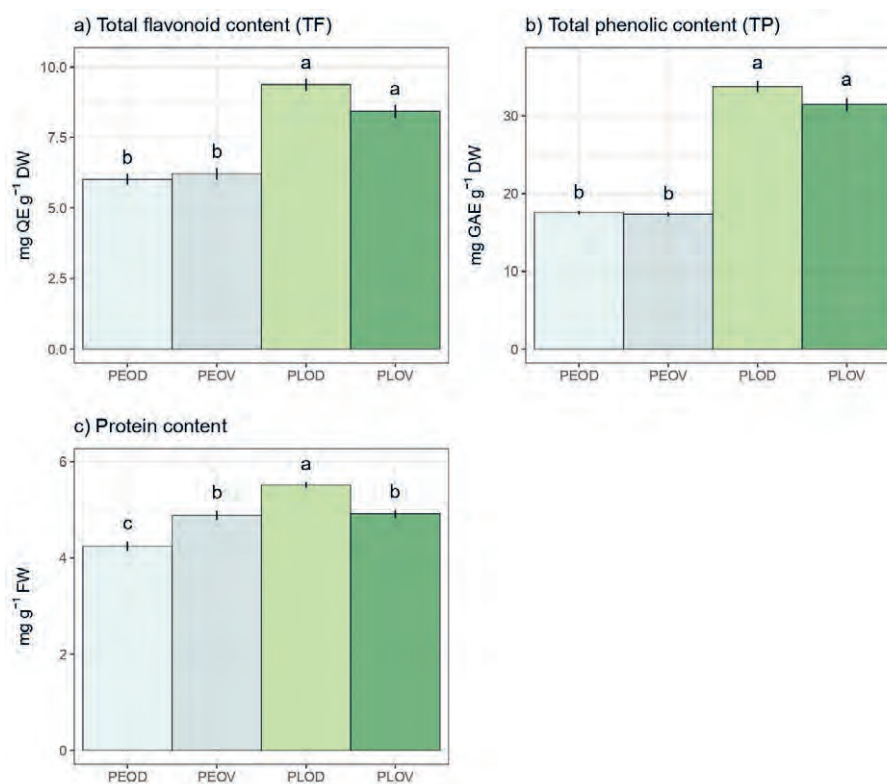


Figure 1. Total content of phenolics, protein and flavonoids within four physiological status groups of pedunculate oak
Graf 1. Ukupan sadržaj fenola, proteina i flavonoida unutar četiri fiziološke grupacije hrasta lužnjaka

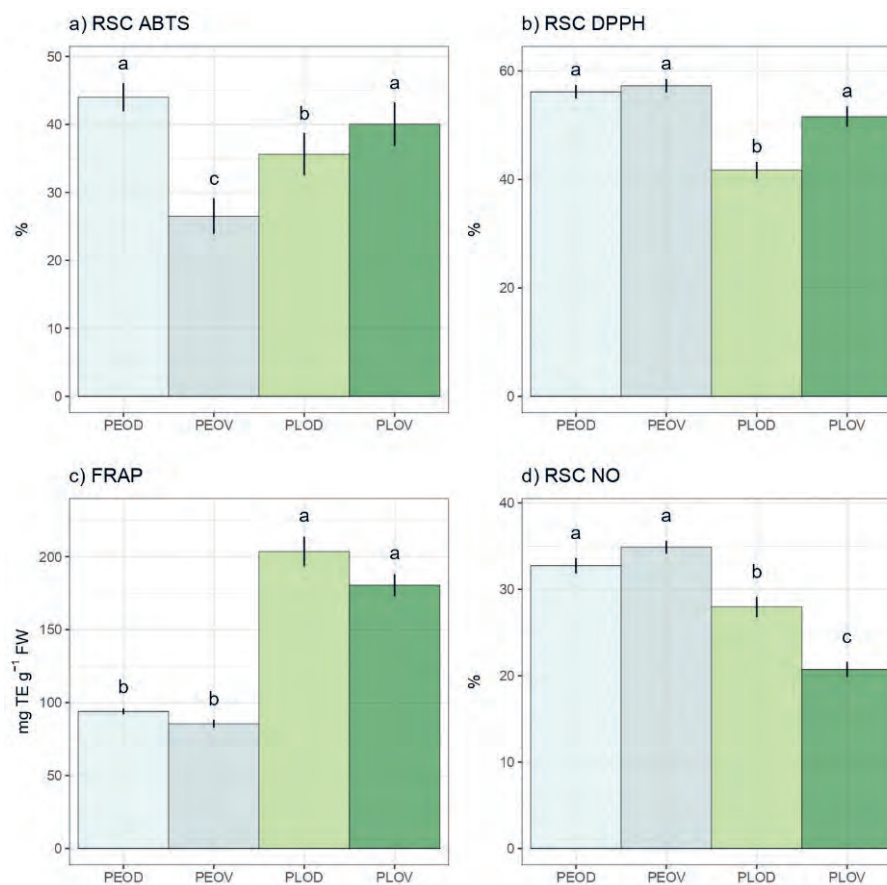


Figure 2. Radical scavenger capacity (ABTS, DPPH, FRAP and NO) within four physiological status groups of pedunculate oak
Graf 2. Kapacitet hvatača radikala (ABTS, DPPH, FRAP i NO) unutar četiri fiziološke grupacije hrasta lužnjaka

dical scavenger activity (Table 3). However, the results were affirmative for all other tested parameters, especially in combined effect of tested variables (based on the F test).

Principal Component Analysis (PCA) and Correlation Matrix – Analiza Glavnih Komponenti (PCA) i Korelacijska Matrica

The effect of phenological variety (early and late) and physiological groups (vital or damaged) on tested biochemical parameters were tested using PCA and Pearson's correlation matrix for $p < 0.05$ (Figures 3A and 3B). Treatments were placed in different quadrants and samples distribution across both principal components (PC1 and PC2) was such that no grouping was observed. The PCA of tested parameters in oak samples (Figure 3A) explained that the first two principal components summarized 74.3% of the total variance in the parameters. FRAP and phenolic compounds showed a positive influence and DPPH-test showed negative influence on the PC1 coordinate, while ABTS-test showed a positive influence to PC2 coordinate computation. The late samples (PLOV and PLOD) highly corresponded with total phenolic compounds and TF parameters. A positive correlation was confirmed among proteins, total phenolic compounds and FRAP-test (Figure 3B).

DISCUSSION RASPRAVA

The differences among early and late oak genotypes were more significant regarding the total phenolics and flavonoids contents, as well as ferric-reducing antioxidant power.

This observation was also confirmed by PCA analysis where all three parameters were grouped together with a slight difference in the most dominant PC1 component. Phenolics found in plants are considered “quantitative” defenses due to their consistently high levels in plant tissue (Ruuhola et al., 2001). Genetically determined higher levels of phenolics in late oak genotypes represent constitutive protection against a wide range of abiotic and biotic challenges (Kebert et al., 2022b, 2022c). Two-way ANOVA in our case showed that physiological grouping had no influence on total phenolics content and subsequently on FRAP, ABTS- and NO- radical scavenger activity. Bojović et al. (2022) also examined several oxidative stress parameters in their study on pedunculate oak (FRAP, RSC against DPPH-, NO and ABTS radicals). Their results contributed to explaining differences of pedunculate oak mature trees in response to oxidative stress due to the intensity of the drought. Antioxidant capacities of examined individuals not only depend on plant, but also on the drought adaptation, which is closely related to the environmental factors in each microsite.

So far, in the forest research in Serbia, oxidative stress parameters were used in two cases: a) in the assessment of the phytoremediation potential of fast growing species from Salicaceae family (genera *Populus* and *Salix*) (Kebert et al., 2011; Trudić et al., 2012; Trudić et al., 2013; Pilipović et al., 2019) and b) in the efforts of the oxidative stress capacity assessment of certain broadleaved species (e.g. *Q. robur*, *F. sylvatica*, *C. betulus*, *P. avium*) while being exposed to osmotic and drought stress in controlled, semi controlled and open conditions (Štajner et al., 2013; Stojnić et al., 2016;

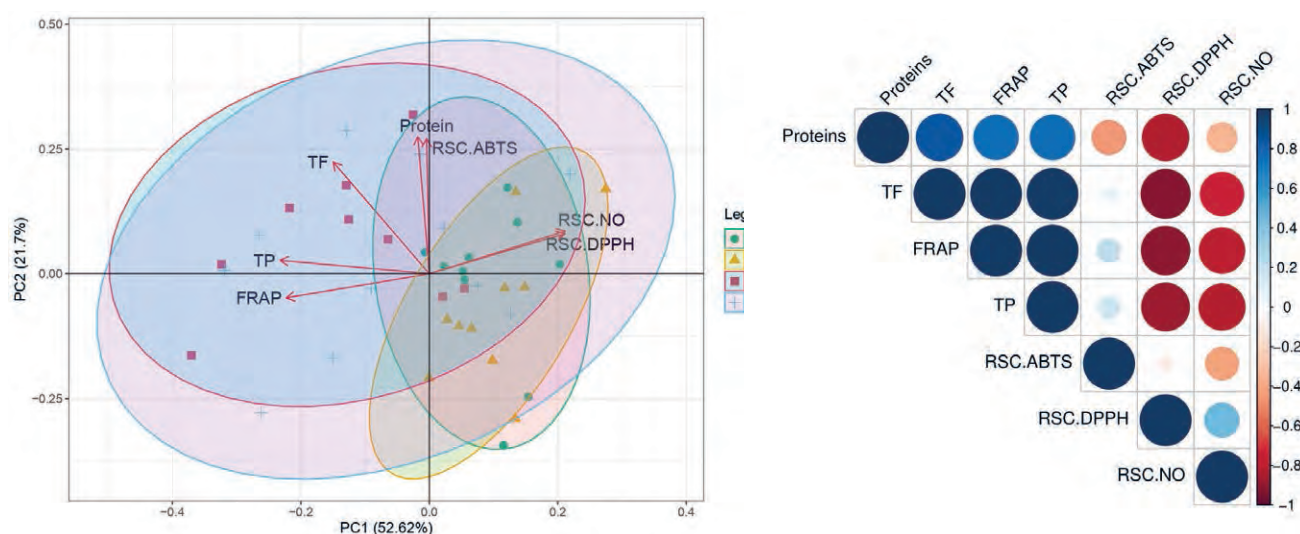


Figure 3. A) Principal component analysis two-dimensional scatter plot based on the first two principal components (Factor 1 and Factor 2) generated for tested biochemical parameters in four different physiological status groups of pedunculate oak. Different shapes represent individual trees in each tested group. B) Pearson's correlation matrix of analyzed biochemical parameters.

Graf 3. A) Dvodimenzionalni dijagram raspršenosti analize glavnih komponenti na temelju prve dvije glavne komponente (Faktor 1 i Faktor 2) generiran za testirane biokemijske parametre u četiri fiziološke grupacije hrasta lužnjaka. Različiti oblici predstavljaju pojedina stabla u svakoj ispitivanoj skupini. B) Pearsonova korelacijska matrica analiziranih biokemijskih parametara.

Stojnić et al., 2019; Stojnić et al., 2022; Kebert et al., 2022a; Vuksanović et al., 2022). The only studies which assessed oxidative stress and other parameters while being exposed to intense biotic stress (pest attacks) were conducted by Kebert et al. (2022a) (lipid peroxidation, total non-protein thiol compounds, Trolox Equivalent Antioxidant Capacity, FRAP, TP, TF and condensed tannins) and Pilipović et al. (2020) (combined stress experiment – drought and herbivore attack – where nitrate reductase and chlorophyll a content was measured, among others). These efforts were contributing to the selection activities, in order to identify individuals and provenances resilient to abiotic and biotic stress, in order to further develop breeding programmes of targeted species and contribute to climate smart forestry management practices in Serbia.

Depending on the species, other researchers have found contradictory results when studying the impact of drought and osmotic stress on polyphenol levels (Cheruiyot et al., 2007; Petridis et al., 2012; Griesser et al., 2015; Cherit-Hacid et al., 2015). For example, Štajner et al., (2011) investigated oxidative and drought stress tolerance in selected melliferous plant species (*Populus alba*, *Robinia pseudoacacia*, *Sophora japonica*, *Euodia hupehensis*, *Tilia* sp., *Fraxinus* sp.). During July, proline content and malondialdehyde quantity increased and soluble proteins decreased in all investigated species. The high and permanent antioxidant activity during the whole investigated period was observed in *P. alba*, but it was insufficient to protect its leaves from oxidative injury during the period of drought in July. The highest ability to accumulate proline and highest protein content under severe drought stress in July was observed in *Fraxinus* sp. Other investigated antioxidant parameters (total antioxidant and DPPH radical scavenger capacities) were high and accumulation of malondialdehyde was low which indicate high drought oxidative stress tolerance (Štajner et al., 2011). The study of Stojnić et al. (2016) showed that the content of free proline, FRAP units and the amount of malondialdehyde had increased values in *Q. robur* and *Carpinus betulus* trees subjected to soil water deficit. Stojnić et al. (2019) used oxidative stress parameters to identify traits that might be utilized to improve leaf-level intrinsic water use efficiency (WUEi), and therefore be used in breeding programmes to enhance drought adaptation of *Q. robur*. They analysed morphological, anatomical and oxidative stress parameters, where they screened total phenolics content, total flavonoids content, ferric reducing antioxidant power, total soluble protein content, radical scavenger capacity against ABTS•+, radical scavenger capacity against NO radical and radical scavenger capacity against DPPH free radical. However, the results of examined biochemical characteristics, presumably related to tolerance of oxidative stress, did not have considerable significance in conditions of moderate drought. Indeed, only

FRAP was selected by stepwise regression analysis and, according to the results of path coefficient analysis, showed significant effect on the WUEi, both directly and indirectly through stomatal density and leaf dry mass per unit leaf area (Stojnić et al., 2019). Popović et al. (2017) investigated different poplar clones subjected to water stress and pointed out that phenolic compounds significantly or slightly decreased depending on the genotype. On the other hand, in the same paper, the increased biosynthesis of specific phenolic compounds, such as myricetin, chrysin, kaempferol and isoferulic acid etc., as well as increased activity of biosynthetic enzyme (PAL-phenylalanin ammonium lyase) under induced drought stress in poplar clones was reported. Recent research, however, has been in line with the results from our investigation that drought, among other stress factors, may cause the baseline level of phenolics to rise (Yoshida et al., 2015). However, the rise of phenolic compounds content and most of the antioxidant parameters was not significant in our groups of damaged oak. An exception was the ABTS radical scavenger test which discriminated damaged pooled early oak from vital, with a 66% increase of the scavengers of ABTS radical.

Trudić and Draškić et al. (2021b) described different candidate gene expression responses of two pedunculate oak phenological groups, characterized by different physiological status (vital vs damaged) and flushing period [early (var. *praecox*) vs late (var. *tardissima*)]. The most significant differences in relative gene expression levels are shown between the flushing period [*tardissima* (8 genes upregulated) vs *praecox* (3 genes upregulated)], more than a physiological status (vital vs damaged). This was also the case with our measurements of total phenol and protein content. Only three genes *wrky53*, *rd22* and *sag21* showed upregulated expression pattern in damaged physiological groups, indicating their possible role in the coping mechanisms of oak in stressed environment (Trudić and Draškić et al., 2021b).

Forest genetic monitoring, i.e. tracking of temporal changes in the genetic variation and structure of tree populations, is the only way to verify how well genetic diversity is maintained over time, and how this diversity is shaped by climate change and management practices. One of the first collaborative initiatives on defining comprehensive methodological framework of forest genetic monitoring on European continent was done by EUFORGEN group of experts (Aravanopoulos et al., 2015), although there was a history of similar initiatives in the past, mostly in other parts of the world (Namkoong et al., 1996; Boyle, 2000; Namkoong et al., 2002 (unpublished); Konnert et al., 2011). When detailing proper marker system and molecular data, Aravanopoulos et al. (2015) focused mainly on parameters accessible from DNA sequences, parameters of genetic diversity available from such data and quantitative morpho-

metric data collected from various field trials and natural populations. There were no suggestions on biochemical or oxidative stress parameters as possible source of valuable data on genetic diversity and monitoring systems. Although detailed in plot design and morphometric analysis dataset needed for successful genetic monitoring of *Q. robur* (among others), in searched references on forest genetic monitoring there is no information on what exact molecular or biochemical/oxidative stress marker system might be used on pedunculate oak and others species as well (Fussi et al., 2016; Kavaliauskas et al., 2018; Bajc et al., 2020). This knowledge gap opens the space for expanding genetic monitoring methodology of forest tree species with biochemical parameters which will provide unique species-specific and landscape-specific information on the adaptation to climate change capacity of measured species population on site.

CONCLUSION ZAKLJUČAK

Obtained results may help to explain differences in biochemical responses to abiotic stresses of pedunculate oak trees of different microsites and on the level of varieties within the single forest complex and provide us with valuable information about intra-species variability in drought resistance (early vs late). Therefore, this can be an important tool for the improvement of breeding strategies and artificial regeneration plans considering current circumstances and, more important, future climate scenarios. Given the results, the long-term measurement of oxidative stress parameters of oak trees on individual and population level is necessary in order to get clearer picture of what kind of changes happen on the molecular level. These measurements can also be useful in short term genetic monitoring of oak trees set up in semi-controlled and controlled conditions. This way it would be possible to get the insight into the exact genetic capacity of tree species regarding their abiotic stress resilience on certain microsites within the landscape. Considering all discussed results, it seems that oxidative stress parameters might be of species-specific significance and therefore, future genetic monitoring strategies should determine which of them are the most informative ones.

In addition, taking into consideration the significant amount of data presented in the discussion part, the next stage of forest genetic monitoring methodology development is to select oxidative stress parameters, physiological and biochemical data, which gave the most valuable information on diversity on individual and population level. Many of the mentioned molecular marker system, such as SSR, are selective neutral and have a disadvantage in framing a picture on a situational and short historical plasticity of the selected species in the landscape. This information is also

very important for future breeding and conservation strategies and initiatives of valuable species like pedunculate oak, especially for small-scale forest management and planning.

ACKNOWLEDGEMENT ZAHVALA

This paper was carried out within the program of monitoring the impact of cross-border air pollution in forest ecosystems on the territory of AP Vojvodina in 2023 - financed by the Ministry of Agriculture, Forestry and Water Management of the Republic of Serbia and supported by the PROMIS project entitled "MYCOCLIMART" No. 6066613 funded by the Science Fund of the Republic of Serbia. We would also like to thank Prof.Dr. Boris Popović, Faculty of Agriculture, University of Novi Sad, for comments significant for shaping of the discussion part of the paper. We would also like to thank Ms Gorana Kukobat, a court interpreter for the English language, for proofreading the translated version of this paper. FAO shall not be responsible for the content or any business activity related to this paper.

REFERENCES LITERATURA

- Aravanopoulos, F.A., Tollefsrud, M.M., Graudal, L., Koskela, J., Kätzel, R., Soto, A., Nagy, L., Pilipović, A., Zhelev, P., Božić, G. and Bozzano, M., 2015. Development of genetic monitoring methods for genetic conservation units of forest trees in Europe. European Forest Genetic Resources Programme (EUFORGEN), Bioversity International, Rome, Italy. xvi+46 p.
- Arnao, M.B., Cano, A. and Acosta, M., 2001. The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. *Food chemistry*, 73(2): 239-244.
- Bajc, M., Aravanopoulos, F., Westergren, M., Fussi, B., Kavaliauskas, D., Alizoti, P., Kiourtsis, F. and Kraigher, H. eds., 2020. *Manual for forest genetic monitoring*. Slovenian Forestry Institute, Silva Slovenica Publishing Centre.
- Barreneche, T., Bodénès, C., Lexer, C., Trontin, J.F., Fluch, S., Streiff, R., Plomion, C., Roussel, G., Steinkellner, H., Burg, K. and Favre, J.M., 1998. A genetic linkage map of *Quercus robur* L. (pedunculate oak) based on RAPD, SCAR, microsatellite, minisatellite, isozyme and 5S rDNA markers. *Theoretical and Applied Genetics*, 97(7): 1090-1103.
- Batos, B., Bobinac, M. and Vilotić, D., 2006. Stomatal variability of common oak (*Quercus robur* L.) trees with summer flowering. In *International Scientific Conference Sustainable Use of Forest Ecosystems-the Challenge of the 21st Century*, Donji Milanovac (Serbia), 8-10 Nov 2006. Institute of Forestry.
- Batos, B., 2012a. Population and Individual Variability of Chemical Markers-Flavonoid and Morpho-Anatomical Characteristics of the Pedunculate Oak (*Quercus robur* L.). Ph.D. Thesis, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia.
- Batos, B., 2012b. Diversity of Pedunculate Oak (*Quercus robur* L.); Foundation Andrejević: Belgrade, Serbia, ISBN 1450-801X.

- Batos, B., Miljković, D., Perović, M. and Orlović, S., 2017. Morphological variability of *Quercus robur* L. leaf in Serbia. *Genetika*, 49(2): 529-541.
- Bauer A., Bobinac M., Andrašev S., Rončević S., 2013. Devitalization and sanitation fallings on permanent sample plots in the stands of pedunculate oak in Morović in the period 1994-2011. *Bulletin of the Faculty of Forestry*, 107: 7-26 (in Serbian).
- Benzie, I.F. and Strain, J.J., 1999. Ferric reducing/antioxidant power assay: direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration. In: *Methods in enzymology*, 299: 15-27. Academic press.
- Bobinac, M., Batos, B., Miljković, D. and Radulović, S., 2012. Polycyclism and phenological variability in the common oak (*Quercus robur* L.). *Archives of biological sciences*, 64(1): 97-105.
- Bojović, M., Kesić, L., Čater, M., Orlović, S., Stojanović, M., Kebert, M. and Racić, G., 2022. Tracing the responses of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) trees to drought stress by analyzing the antioxidant system. *ECOLOGICA*, 29(107): 350-358.
- Bose, A.K., Scherrer, D., Camarero, J.J., Ziche, D., Babst, F., Bigler, C., Bolte, A., Dorado-Liñán, I., Etzold, S., Fonti, P. and Forrester, D.I., 2021. Climate sensitivity and drought seasonality determine post-drought growth recovery of *Quercus petraea* and *Quercus robur* in Europe. *Science of the Total Environment*, 784: 147222.
- Boyle, T.J. 2000. Criteria and indicators for the conservation of genetic diversity. pp. 239-251, in: A. Young, D. Boshier and T. Boyle (eds). *Forest conservation genetics*. CSIRO Publishing, Collingwood, Australia
- Bradford, M.M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical biochemistry*, 72(1-2): 248-254.
- Čehulić, I., Sever, K., Katičić Bogdan, I., Jazbec, A., Škvorc, Ž. and Bogdan, S., 2019. Drought impact on leaf phenology and spring frost susceptibility in a *Quercus robur* L. provenance trial. *Forests*, 10(1), 50.
- Chang, C.C., Yang, M.H., Wen, H.M. and Chern, J.C., 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of food and drug analysis*, 10(3).
- Cherit-Hacid, F., Derridij, A., Moulti-Mati, F.A.R.I.D.A. and Mati, A.B.D.E.R.R.A.H.M.A.N.E., 2015. Drought stress effect on some biochemical and physiological parameters; accumulation on total polyphenols and flavonoids in leaves of two provenance seedling *Pistacia lentiscus*. *Int. J. Res. Appl. Nat. Soc. Sci*, 3(9).
- Cheruiyot, E.K., Mumera, L.M., Ng'etich, W.K., Hassanali, A. and Wachira, F., 2007. Polyphenols as potential indicators for drought tolerance in tea (*Camellia sinensis* L.). *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, 71(9): 2190-2197.
- Dadkhah-Aghdash, H., Heydari, M., Zare-Maivan, H., Sharifi, M., Miralles, I. and Lucas-Borja, M.E., 2022. Variation in Brant's oak (*Quercus brantii* Lindl.) leaf traits in response to pollution from a gas refinery in semiarid forests of western Iran. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 10366-10379 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16270-7>
- de Wergifosse, L., André, F., Goosse, H., Boczon, A., Cecchini, S., Ciceu, A., Collalti, A., Cools, N., D'Andrea, E., De Vos, B. and Hamdi, R., 2022. Simulating tree growth response to climate change in structurally diverse oak and beech forests. *Science of the total environment*, 806, p.150422.
- Dubravac, T., Dekanić, S. and Roth, V., 2011. Dinamika oštećenosti i struktura krošanja stabala hrasta lužnjaka u šumskim zajednicama na gredi iu nizi—rezultati motrenja na trajnim pokusnim plohama. *Šumarski list—posebni broj*, 74-89.
- Finkeldey, R. and Hattemer, H.H., 2010. Genetische Variation in Wäldern—wo stehen wir. *Forstarchiv*, 81: 123-129.
- Fussi, B., Westergren, M., Aravanopoulos, F., Baier, R., Kavaliauskas, D., Finzgar, D., Alizoti, P., Bozic, G., Avramidou, E., Konnert, M. and Kraigher, H., 2016. Forest genetic monitoring: an overview of concepts and definitions. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188(8): 1-12.
- Ghanbary, E., Fathizadeh, O., Pazhouhan, I., Zarafshar, M., Tabari, M., Jafarnia, S., Parad, G.A. and Bader, M.K.F., 2021. Drought and pathogen effects on survival, leaf physiology, oxidative damage, and defense in two Middle Eastern oak species. *Forests*, 12(2), p.247. <https://doi.org/10.3390/f12020247>
- Gömöry, D., Yakovlev, I., Zhelev, P., Jedináková, J. and Paule, L., 2001. Genetic differentiation of oak populations within the *Quercus robur/Quercus petraea* complex in Central and Eastern Europe. *Heredity*, 86(5): 557-563.
- Griesser, M., Weingart, G., Schoedl-Hummel, K., Neumann, N., Becker, M., Varmuza, K., Liebner, F., Schuhmacher, R. and Forneck, A., 2015. Severe drought stress is affecting selected primary metabolites, polyphenols, and volatile metabolites in grapevine leaves (*Vitis vinifera* cv. Pinot noir). *Plant Physiology and Biochemistry*, 88: 17-26.
- Haneca, K., Čufar, K. and Beeckman, H., 2009. Oaks, tree-rings and wooden cultural heritage: a review of the main characteristics and applications of oak dendrochronology in Europe. *Journal of Archaeological Science*, 36(1): 1-11.
- Kassambara, A., 2020. Pipe-friendly framework for basic statistical tests. *R Package, Version 0.6.0*.
- Katičić Bogdan, I., Kajba, D., Šatović, Z., Schüler, S. and Bogdan, S., 2018. Genetic diversity of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in clonal seed orchards in Croatia, assessed by nuclear and chloroplast microsatellites. *South-east European forestry: SEEFOR*, 9(1): 29-46.
- Kavaliauskas, D., Fussi, B., Westergren, M., Aravanopoulos, F., Finzgar, D., Baier, R., Alizoti, P., Bozic, G., Avramidou, E., Konnert, M. and Kraigher, H., 2018. The interplay between forest management practices, genetic monitoring, and other long-term monitoring systems. *Forests*, 9(3): 133.
- Kebert, M., Trudić, B., Stojnić, S., Orlović, S., Štajner, D., Popović, B. and Galić, Z., 2011, February. Estimation of antioxidant capacities of poplar clones involved in phytoremediation processes. In: *Proceedings of STREPOW International workshop, Andrievlje-Novi Sad, Serbia*, 273-280.
- Kebert, M., Kostić, S., Zlatković, M., Stojnić, S., Čapelja, E., Zorić, M., Kiprovski, B., Budakov, D. and Orlović, S., 2022a. Ectomycorrhizal Fungi Modulate Biochemical Response against Powdery Mildew Disease in *Quercus robur* L. *Forests*, 13(9): 1491.
- Kebert, M., Vuksanović, V., Stefels, J., Bojović, M., Horák, R., Kostić, S., Kovačević, B., Orlović, S., Neri, L., Magli, M. and Rapparini, F., 2022b. Species-Level Differences in Osmoprotectants and Antioxidants Contribute to Stress Tolerance of *Quercus robur* L., and *Q. cerris* L. Seedlings under Water Deficit and High Temperatures. *Plants*, 11(13): 1744.

- Kebert, M., Kostić, S., Čapelja, E., Vuksanović, V., Stojnić, S., Markić, A.G., Zlatković, M., Milović, M., Galović, V. and Orlović, S., 2022c. Ectomycorrhizal Fungi Modulate Pedunculate Oak's Heat Stress Responses through the Alternation of Polyamines, Phenolics, and Osmotica Content. *Plants*, 11(23): 3360.
- Kesić, L., Cseke, K., Orlović, S., Stojanović, D.B., Kostić, S., Benke, A., Borovics, A., Stojnić, S. and Avramidou, E.V., 2021. Genetic Diversity and Differentiation of Pedunculate Oak (*Quercus robur* L.) Populations at the Southern Margin of Its Distribution Range—Implications for Conservation. *Diversity*, 13(8): 371.
- Konnert, M., Maurer, W., Degen, B. and Kätzel, R., 2011. Genetic monitoring in forests – early warning. <http://www.sisef.it/forest/show.php?id=571>. Accessed 25-01-2023.
- Kostić, S., Levanić, T., Orlović, S., Matović, B. and Stojanović, D.B., 2019. Pedunculate and Turkey oaks radial increment and stable carbon isotope response to climate conditions through time. *Topola*, 204: 29-35.
- Kostić, S., Orlović, S., Karaklić, V., Kesić, L., Zorić, M. and Stojanović, D.B., 2021a. Allometry and post-drought growth resilience of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) varieties. *Forests*, 12(7): 930.
- Kostić, S., Wagner, W., Orlović, S., Levanić, T., Zlatanov, T., Goršić, E., Kesić, L., Matović, B., Tsvetanov, N. and Stojanović, D.B., 2021b. Different tree-ring width sensitivities to satellite-based soil moisture from dry, moderate and wet pedunculate oak (*Quercus robur* L.) stands across a southeastern distribution margin. *Science of The Total Environment*, 800: 149536.
- Kostić, S., Kesić, L., Matović, B., Orlović, S., Stojnić, S. and Stojanović, D.B., 2021c. Soil properties are significant modifiers of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) radial increment variations and their sensitivity to drought. *Dendrochronologia*, 67: 125838.
- Kostić, S., Levanić, T., Orlović, S., Matović, B. and Stojanović, D.B., 2022. Turkey oak (*Quercus cerris* L.) is more drought tolerant and better reflects climate variations compared to pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in lowland mixed forests in north-western Serbia: A stable carbon isotope ratio ($\delta^{13}\text{C}$) and radial growth approach. *Ecological Indicators*, 142: 109242.
- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B. and Rubel, F., 2006. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated.
- Kremer, A., Dupouey, J.L., Deans, J.D., Cottrell, J., Csaikl, U., Finkeldey, R., Espinel, S., Jensen, J., Kleinschmit, J., Van Dam, B. and Ducouso, A., 2002. Leaf morphological differentiation between *Quercus robur* and *Quercus petraea* is stable across western European mixed oak stands. *Annals of Forest Science*, 59(7): 777-787.
- Madrigal-González, J., Herrero, A., Ruiz-Benito, P. and Zavala, M.A., 2017. Resilience to drought in a dry forest: insights from demographic rates. *Forest ecology and management*, 389: 167-175.
- Marković, Č. and Stojanović, A., 2011. Phloemophagous and xylophagous insects, their parasitoids, predators and inquilines in the branches of the most important oak species in Serbia. *Biologia*, 66(3), pp.509-517.
- Medarević, M., Banković, S., Cvetković, Đ. and Abjanović, Z., 2009. Problem sušenja šuma u Gornjem Sremu. *Šumarstvo*, 61(3-4): 61-73.
- Mihajlović, Lj., 2015. Forest entomology, University of Belgrade, Faculty of Forestry, 925 pp.
- Mikac, S., Žmegač, A., Trlin, D., Paulić, V., Oršanić, M. and Anić, I., 2018. Drought-induced shift in tree response to climate in floodplain forests of Southeastern Europe. *Scientific reports*, 8(1): 1-12.
- Muir, G. and Schloetterer, C., 2005. Evidence for shared ancestral polymorphism rather than recurrent gene flow at microsatellite loci differentiating two hybridizing oaks (*Quercus* spp.). *Molecular ecology*, 14(2): 549-561.
- Namkoong, G., Boyle, T., Gregorius, H.R., Joly, H., Savolainen, O., Ratman, W., Young A., 1996. Testing criteria and indicators for assessing the sustainability of forest management: genetic criteria and indicators. Centre for International Forestry Research. CIFOR Working Paper, No. 10. Bogor, Indonesia.
- Namkoong, G., Boyle, T., El-Kassaby, Y.A., Palmberg-Lerche, C., Eriksson, G., Gregorius, H.-R., Joly, H., Kremer, A., Savolainen, O., Wickneswari, R., Young, A., Zeh-Nlo, M. & Prabhu, R. [2002 but unpublished]. Criteria and indicators for sustainable forest management: Assessment and monitoring of genetic variation. [FAO] Forest Genetic Resources Working Papers, Working Paper FGR/37E.
- Neophytou, C., Aravanopoulos, F.A., Fink, S. and Dounavi, A., 2010. Detecting interspecific and geographic differentiation patterns in two interfertile oak species (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl. and *Q. robur* L.) using small sets of microsatellite markers. *Forest Ecology and Management*, 259(10): 2026-2035.
- Pellegrini, E., Hoshika, Y., Dusart, N., Cotrozzi, L., Gérard, J., Nali, C., Vaultier, M.N., Jolivet, Y., Lorenzini, G. and Paoletti, E., 2019. Antioxidative responses of three oak species under ozone and water stress conditions. *Science of the total environment*, 647: 390-399.
- Petridis, A., Therios, I., Samouris, G., Koundouras, S. and Giannakoula, A., 2012. Effect of water deficit on leaf phenolic composition, gas exchange, oxidative damage and antioxidant activity of four Greek olive (*Olea europaea* L.) cultivars. *Plant physiology and biochemistry*, 60: 1-11.
- Pilipović, A., Zalesny Jr, R.S., Rončević, S., Nikolić, N., Orlović, S., Beljin, J. and Katanić, M., 2019. Growth, physiology, and phytoextraction potential of poplar and willow established in soils amended with heavy-metal contaminated, dredged river sediments. *Journal of environmental management*, 239: 352-365.
- Pilipović, A., Drekić, M., Stojnić, S., Nikolić, N., Trudić, B., Milović, M., Poljaković-Pajnik, L., Borišev, M. and Orlović, S., 2020. Physiological responses of two pedunculate oak (*Quercus robur* L.) families to combined stress conditions—drought and herbivore attack. *Šumarski list*, 144(11-12): 573-582.
- Popović, B.M. and Štajner, D., 2008. Oxidative stress in plants. (On Serbian) Faculty of Agriculture, University of Novi Sad.
- Popović, B.M., Štajner, D., Ždero, R., Orlović, S. and Galić, Z., 2013. Antioxidant characterization of oak extracts combining spectrophotometric assays and chemometrics. *The Scientific World Journal*, 2013.
- Popović, B.M., Štajner, D., Ždero-Pavlović, R., Tari, I., Csiszár, J., Gallé, Á., Poór, P., Galović, V., Trudić, B. and Orlović, S., 2017.

- Biochemical response of hybrid black poplar tissue culture (*Populus × canadensis*) on water stress. *Journal of plant research*, 130(3): 559-570.
- Rađević, V., Pap, P. and Vasić, V., 2020. Gazdovanje šumama hrasta lužnjaka u Ravnom Sremu: juče, danas, sutra. *Topola*, 206: 41-52.
 - Ruuhola, T.M., Sipura, M., Nousiainen, O. and Tahvanainen, J., 2001. Systemic induction of salicylates in *Salix myrsinifolia* (Salisb.). *Annals of Botany*, 88(3): 483-497.
 - Scotti-Saintagne, C., Mariette, S., Porth, I., Goicoechea, P.G., Barreneche, T., Bodénes, C., Burg, K. and Kremer, A., 2004. Genome scanning for interspecific differentiation between two closely related oak species [*Quercus robur* L. and *Q. petraea* (Matt.) Liebl.]. *Genetics*, 168(3): 1615-1626.
 - Sergeant, K., Spieß, N., Renaut, J., Wilhelm, E. and Hausman, J.F., 2011. One dry summer: a leaf proteome study on the response of oak to drought exposure. *Journal of proteomics*, 74(8): 1385-1395.
 - Singleton, V.L., Orthofer, R. and Lamuela-Raventós, R.M., 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. In: *Methods in enzymology*, 299: 152-178. Academic press.
 - Soler-Rivas, C., Espín, J.C. and Wichers, H.J., 2000. An easy and fast test to compare total free radical scavenger capacity of food-stuffs. *Phytochemical Analysis: An International Journal of Plant Chemical and Biochemical Techniques*, 11(5): 330-338.
 - Štajner, D., Orlović, S., Popović, B.M., Kebert, M. and Galić, Z., 2011. Screening of drought oxidative stress tolerance in Serbian melliferous plant species. *African Journal of Biotechnology*, 10(9): 1609-1614.
 - Štajner, D., Orlović, S., Popović, B.M., Kebert, M., Stojnić, S. and Klačnja, B., 2013. Chemical parameters of oxidative stress adaptability in beech. *Journal of Chemistry*, 2013.
 - Stojanović, D., Levanić, T., Orlović, S. and Matović, B., 2013. On the use of the state-of-the-art dendroecological methods with the aim of better understanding of impact of Sava river protective embankment establishment to pedunculate oak die-back in Srem. *Topola*, 191-192: 83-90.
 - Stojanović, D., Levanić, T., Matović, B., Galić, Z. and Bačkalić, T., 2014. The Danube water level as a driver of poor growth and vitality of trees in the mixed pedunculate oak-Turkey oak stand. *Forestry*, 3-4.
 - Stojanović, D.B., Levanić, T., Matović, B. and Orlović, S., 2015. Growth decrease and mortality of oak floodplain forests as a response to change of water regime and climate. *European Journal of Forest Research*, 134(3): 555-567.
 - Stojanović, D.B., Orlović, S., Zlatković, M., Kostić, S., Vasić, V., Miletić, B., Kesić, L., Matović, B., Božanić, D., Pavlović, L. and Milović, M., 2021. Climate change within Serbian forests: Current state and future perspectives. *Topola*, 208: 39-56.
 - Stojnić, S., Trudić, B., Galović, V., Šimunovački, Đ., Đorđević, B., Rađević, V. and Orlović, S., 2014. Conservation of pedunculate oak (*Quercus robur* L.): Genetic resources at the territory of public enterprise 'Vojvodinašume'. *Topola*, 193-194: 47-71.
 - Stojnić, S., Pekeć, S., Kebert, M., Pilipović, A., Stojanović, D., Stojanović, M. and Orlović, S., 2016. Drought effects on physiology and biochemistry of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) and hornbeam (*Carpinus betulus* L.) saplings grown in urban area of Novi Sad, Serbia. *South-east European forestry: SEE-FOR*, 7(1): 57-63.
 - Stojnić, S., Kovačević, B., Kebert, M., Vaštag, E., Bojović, M., Nedić, M.S. and Orlović, S., 2019. The use of physiological, biochemical and morpho-anatomical traits in tree breeding for improved water-use efficiency of *Quercus robur* L. *Forest systems*, 28(3): 5.
 - Stojnić, S., Kovačević, B., Kebert, M., Vasić, V., Vuksanović, V., Trudić, B. and Orlović, S., 2022. Genetic differentiation in functional traits among wild cherry (*Prunus avium* L.) half-sib lines. *Journal of Forestry Research*, 33(3): 991-1003.
 - Streiff, R., Labbe, T., Bacilieri, R., Steinkellner, H., Glössl, J. and Kremer, A., 1998. Within-population genetic structure in *Quercus robur* L. and *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. assessed with isozymes and microsatellites. *Molecular Ecology*, 7(3): 317-328.
 - Trudić, B., Kebert, M., Popović, B.M., Štajner, D., Orlović, S. and Galović, V., 2012. The level of oxidative stress in poplars due to heavy metal pollution in soil. *Bal. For*, 18(2): 214-227.
 - Trudić, B., Galović, V., Orlović, S., Pap, P. and Pekeć, S., 2013. A strategy for the identification of a candidate gene for drought induced stress in pedunculate oak (*Quercus robur* L. (*Q. pedunculata* Ehrh.)), Fagaceae. *Bulgarian journal of agricultural science*, 19(2): 338-346.
 - Trudić, B., Avramidou, E., Fussi, B., Neophytou, C., Stojnić, S. and Pilipović, P., 2021a. Conservation of *Quercus robur* L. genetic resources in its south-eastern refugium using SSR marker system—a case study from Vojvodina province, Serbia. *Austrian Journal of Forest Science*, 138(2): 117-140.
 - Trudić, B., Draškić, G., Le Provost, G., Stojnić, S., Pilipović, A. and Ivezić, A., 2021b. Expression profiles of 11 candidate genes involved in drought tolerance of pedunculate oak (*Quercus robur* L.). Possibilities for genetic monitoring of the species. *Silvae Genetica*, 70(1): 226-234.
 - Tsai, P.J., Tsai, T.H., Yu, C.H. and Ho, S.C., 2007. Comparison of NO-scavenging and NO-suppressing activities of different herbal teas with those of green tea. *Food chemistry*, 103(1): 181-187.
 - Vaštag, E., Cocozza, C., Orlović, S., Kesić, L., Kresoja, M. and Stojnić, S., 2020. Half-sib lines of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) respond differently to drought through biometrical, anatomical and physiological traits. *Forests*, 11(2): 153.
 - Vaštag, E., Orlović, S., Bojović, M., Kesić, L., Pap, P. and Stojnić, S., 2022. The influence of powdery mildew on chlorophyll a fluorescence and stomatal characteristics of pedunculate oak (*Quercus robur* L.). *Topola*, 209: 31-46.
 - Vuksanović, V., Kovačević, B., Stojnić, S., Kebert, M., Kesić, L., Galović, V. and Orlović, S., 2022. Variability of tolerance of Wild cherry clones to PEG-induced osmotic stress in vitro. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 15(4): 265.
 - Yoshida, K., Ma, D. and Constabel, C.P., 2015. The MYB182 protein down-regulates proanthocyanidin and anthocyanin biosynthesis in poplar by repressing both structural and regulatory flavonoid genes. *Plant Physiology*, 167(3): 693-710.
 - Zlatković, M., Wingfield, M.J., Jami, F. and Slippers, B., 2018. Host specificity of co-infecting Botryosphaeriaceae on ornamental and forest trees in the Western Balkans. *Forest pathology*, 48(2), p.e12410.

SAŽETAK

Prema klimatskim scenarijima RCP-a, hrast lužnjak (*Q. robur* L.) označen je kao najteže pogođena vrsta drveća zbog stalnih, intenzivnih klimatskih promjena. Propadanje hrastovih šuma može uzrokovati velike ekonomske gubitke, budući da se hrastovi smatraju vrlo vrijednim primjercima drveća zbog duge povijesti iskorištavanja za proizvodnju drva i gradnju (Mikac i sur., 2018.). Uzimajući u obzir da uobičajeni biokemijski parametri mogu doprinijeti razumijevanju temeljnih obrambenih mehanizama biljaka protiv stresa od suše i stoga se koristiti kao pouzdani deskriptori prilagodljivosti u kontekstu klimatskih promjena, cilj ove studije bio je utvrditi postoji li neki od 7 predloženih testova praćenja oksidacijskog stresa (ukupni sadržaji bjelančevina, fenola, flavonoida i testovi hvatači slobodnih radikala – ABTS, NO, FRAP i DPPH) koji može poslužiti za dugoročni genetski monitoring dviju sorti hrasta lužnjaka (rani vs kasni). Fenološki varijeteti [rani (var. *praecox*) vs kasni (var. *tardissima*)] i fiziološka skupina (vitalne ili oštećene) bile su promatrane varijable u testiranim jedinki zbirnog radnog hrasta vitalnog (PEOV), zbirnog ranog hrasta oštećenog (PEOD), zbirnog kasnog vitalnog (PLOV) i zbirnog ranog oštećenog (PLOD). Svaka objedinjena (zbirna) skupina sadržavala je ukupno 10 ili 11 uzoraka, mjerenih u tri primjerka kako bi se postigla optimalna statistička značajnost za svaku skupinu (za više, pogledajte pododjeljak Statistika). Sakupljeno lišće odmah je označeno i stavljeno u aluminijski folij, konzervirano na suhom ledu i transportirano u Laboratorij za kemijske i biokemijske analize Instituta za nizinsko šumarstvo i okoliš (ILFE) na daljnju obradu. Dva grama hrastovog lišća homogenizirano je u ohlađenom mužaru s tučkom s 10 ml fosfatnog pufera (0,1 M KH_2PO_4 , pH=7), centrifugirano 10 min na 11000 okretaja u minuti i supernatant je korišten za daljnji test praćenja oksidativnog stresa (Tablica 1), prema uputama autora. Sve analize određene su spektrofotometrijski u mikropločicama s čitačem Multiplate MultiScan GO (Thermo Scientific, Njemačka). Dobiveni rezultati biokemijskih parametara pokazali su da je lišće kasnog hrasta imalo veći sadržaj bjelančevina i fenolnih spojeva od ranog, bez obzira na fiziološku skupinu (vitalno ili oštećeno) (Tablica 2). Štoviše, radi boljeg prikaza rezultata iz Tablice 2. prikazali smo ih grafički (Graf 1. i 2.). Najveći udio ukupnih flavonoida imali su listovi PLOD i PLOV, a najmanji listovi PEOV i PEOD (Tablica 2). Što se tiče ispitivanja kapaciteta hvatanja radikala, svi testirani listovi imali su nizak kapacitet hvatanja. ABTS- i NO- testovi hvatači radikala pokazali su manje od 50% hvatanja za sve uzorke, dok je DPPH-test pokazao neznatno više od 50% hvatanja za PEOD, PEOV, PLOV listove (56,15%, 57,28% odnosno 51,58%) i 41,69 % za listove PLOD. Kasno lišće hrasta ima veću antioksidacijsku moć reduciranja željeza (203,5 odnosno 180,4 mg TE/g FW) nego rano (93,9 odnosno 85,5 mg TE/g FW), bez obzira na fiziološku skupinu (Tablica 2). Razlike između ranih i kasnih genotipova hrasta bile su značajnije u pogledu ukupnog sadržaja fenola i flavonoida, kao i antioksidativne moći reduciranja željeza (FRAP). Ovo zapažanje također je potvrđeno PCA analizom, gdje su sva tri parametra grupirana zajedno s malom razlikom u najdominantnijoj komponenti PC1 (Graf 3). Dvosmjerna ANOVA u našem slučaju pokazala je da fiziološko grupiranje nije imalo utjecaja na ukupni sadržaj fenola i naknadno na aktivnost hvatača radikala FRAP, ABTS i NO. Dobiveni rezultati mogu pomoći da se objasne razlike u biokemijskim odgovorima na abiotičke stresove stabala hrasta lužnjaka na različitim mikrolokalitetima i na razini varijeteta unutar jednog šumskog kompleksa te nam mogu pružiti vrijedne informacije o varijabilnosti unutar vrste u otpornosti na sušu (rano naspram kasno). Stoga ovo može biti važan alat za poboljšanje strategija uzgoja i planova umjetne regeneracije hrasta lužnjaka u sušnijim nizinskim regijama. S obzirom na rezultate, potrebno je dugoročno mjerenje parametara oksidacijskog stresa stabala hrasta na individualnoj i populacijskoj razini, kako bi se dobila jasnija slika o tome kakve se promjene događaju na molekularnoj razini. Ova mjerenja također mogu biti korisna u genetskom praćenju stabala hrasta postavljenih u polukontroliranim i kontroliranim uvjetima. Na taj način bi se mogao dobiti uvid u točan genetski kapacitet vrsta drveća u pogledu njihove otpornosti na abiotički stres na pojedinim mikrolokalitetima unutar krajolika.

KLJUČNE RIJEČI: antioksidacijsko, bioraznolikost, ekotip, hrast lužnjak, stres

KAKO REZULTATI DRŽAVNE MATURE UTJEČU NA PROSJEČNU OCJENU I TRAJANJE PRIJEDIPLOMSKOG STUDIJA NA FAKULTETU ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE SVEUČILIŠTA U ZAGREBU?

HOW THE RESULTS OF STATE SECONDARY HIGH SCHOOL FINAL EXAMS INFLUENCE THE AVERAGE GRADE AND DURATION OF UNDERGRADUATE STUDY AT FACULTY OF FORESTRY AND WOOD TECHNOLOGY, UNIVERSITY OF ZAGREB?

Anamarija JAZBEC

SAŽETAK

Istraživanje je motivirano raspravom kako rezultati državne mature utječu na uspjeh prijediplomskog studija: prosječna ocjena i trajanje prijediplomskog studija. Na državnoj maturi su tri obvezna predmeta: matematika (MATH), hrvatski (CRO) i strani (FORL) jezik. MATH i CRO se mogu polagati na dvije razine (viša i niža). Analizirani su podaci iz upitnika među 257 diplomanata od 2016. do 2018. Višestrukom regresijom analizirano je da li i kako ocjene predmeta iz državne mature utječu na uspjeh prijediplomskog studija: prosječnu ocjenu i trajanje studija. Kako bismo povezali ove rezultate, koristili smo kanoničku korelaciju kao poveznicu višestruke regresije i korelacijske analize. Analiziran je odnos između dva skupa varijabli, ocjene mature: MATH, CRO i FORL i uspjeha na prijediplomskom studiju: trajanje i prosječna ocjena studija. Ocjena mature iz matematike je statistički značajan prediktor prosječne ocjene i trajanja prijediplomskog studija. Što je viša ocjena iz MATH to je viša prosječna ocjena studija i kraće je trajanje studija. Prva kanonička varijata za uspjeh na prijediplomskom studiju ima veću težinu prosječne ocjene od trajanja studija.

KLJUČNE RIJEČI: studenti šumarstva, studenti drvne tehnologije, državna matura, uspjeh na prijediplomskom studiju, višestruka regresija, kanonička korelacija

UVOD INTRODUCTION

Većina radova koji se bave problematikom nastave u šumarstvu zaključuje da baza znanja nije samo akademsko, znanje već uključuje ono što je Eraut (1992) nazvao profe-

sionalnim znanjem, što uključuje: propozicijsko znanje (prijenos i usvajanje činjenica), procesno znanje (vještine), osobno znanje (iskustvo) i etička načela ili socijalizaciju u profesionalnom pristupu. (Larasatie i dr., 2020, Romine i dr.2018., Brown, 2003)

¹ Prof. dr. sc. Anamarija Jazbec, e-mail ajazbec@sum.fak.unizg.hr, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu

Postoji velika razlika između onoga za što su šumari sposobni i onoga što društvo od njih očekuje. Sveučilišta su odgovorila na optužbe da stvaraju nedovoljno kvalificirane šumare na jedan od dva načina: akademskom strogošću ili proširenjem opsega nastavnog plana i programa (Brown, 2003). Neki radovi naglašavaju problem rodne situacije u sektoru šumarstva. Iako je povećanje udjela studentica u šumarskom visokom obrazovanju, to se ne odražava proporcionalno na radnu snagu u sektoru šumarstvu (Larasatie i dr., 2020.). Romine i dr. (2018.) bave se odnosom između administrativnog intenziteta i uspjeha studenata. U radu De Clercq i dr. (2017), analiziraju heterogenosti studenata koji se upisuju na 29 studijskih programa belgijskog sveučilišta i procjenjuju utjecaj te raznolikosti na akademska postignuća prve godine studija. Brucoši se klasificiraju prema njihovom prošlom uspjehu, socioekonomskom statusu, procesu izbora studija te zaključuju da se brucoši unutar različitih profila različito prilagođavaju akademskom svijetu. U radu Năstăsă, L. E. i dr. (2022), koji se bavi povezanošću akademskog uspjeha studenata šumarstva, njihovim odustajanjem na kraju prve godine studija te to povezuju s nekoliko sociodemografskih varijabli zaključuju da studenti s boljim akademskim uspjehom izražavaju slabije odbojne emocije u vezi s akademskim postignućima u usporedbi sa studentima s nižim akademskim uspjehom i studentima koji su napustili studij. Studentice i studenti s punim ECTS (European Credit Transfer and Accumulation System) opterećenjem na kraju prve godine učinkovitije koriste svoje emocije, manje odustaju od studiranja i imaju nižu percepciju prepreka za završetak studija te imaju viši prosjek ocjena pri upisu.

Cilj ovoga rada je utvrditi utječe li srednjoškolsko postignuće (rezultati državne mature) na prijediplomski uspjeh studenata (prosječna ocjena i trajanje prijediplomskog studija) Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu (FŠDT).

U školskoj (akademskoj) godini 2009./2010. održan je prvi ispit državne mature u Hrvatskoj. Osnovni cilj državne mature je da se ispiti pripremaju, organiziraju, provode i ocjenjuju iz jednog centra - Državnog ispitnog centra - u isto vrijeme, na isti način i pod istim uvjetima za sve pristupnike. Državnom maturom (zrelošću) uvodi se valjanije, pouzdanije, objektivnije i pravednije vrednovanje učeničkih postignuća i razvoja kompetencija. Ciljevi državne mature su završetak srednjoškolskog obrazovanja za učenike srednjih škola i uvjeti za upis na visoka učilišta u Republici Hrvatskoj za sve kategorije pristupnika. Uz državnu maturu za upis na fakultet, neki fakulteti zahtijevaju i posebne prijemne ispite radi bolje selekcije studenata. Nažalost, postoji negativan trend izlazaka i prolaska državne mature (2009./2010.) s obzirom na (2019./2020.) (NCVVO, 2021). Koji su glavni razlozi, teško je reći. Slabi zahtjevi učenika, težina pitanja, nedovoljno učenja, kombinacija.

Glavni cilj ovog istraživanja je utvrditi kako su rezultati državne mature utjecali na uspjeh na prijediplomskom studiju (prosječna ocjena i trajanje studija) na FŠDT u analiziranim akademskim godinama.

MATERIJALI I METODE MATERIALS AND METHODS

Analizirani su podaci iz upitnika među 257 diplomanata (37,35% studentica; 62,65% studenata) akademskih godina 2016./2017. i 2017./2018., tri generacije studenata koji su završili prijediplomski studij na FŠDT. U akademskim godinama kada je većina studenata diplomskih studija koji su anketirani upisala (2011-2014) prijediplomski studij na FŠDT uvjeti za upis na prijediplomski studij bili su osim obveznih predmeta: matematike, hrvatskog i stranog jezika i jedan od izbornih predmeta: kemija, biologija ili fizika (Sveučilište u Zagrebu, 2023.). Zbog neujednačenosti, rezultati izbornih predmeta nisu uvršteni u analizu, a i sadašnji uvjeti ne uključuju izborni predmet, tako da će se rezultati moći lakše usporediti s nekim daljnjim istraživanjima. Anketirano je 83,99% svih upisanih studenata (306) diplomskih studija. Studijski programi Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije s brojem anketiranih studenata prikazani su u Tablici 1. Prosječna dob studentica bila je $24,68 \pm 1,23$ godine, a studenata $24,94 \pm 1,73$ godine. Medijan dobi je 24 godine za studentice i 25 godina za studente.

Trajanja i prosječne ocjene studenata prijediplomskih studija na FŠDT već je analizirana (Jazbec i dr., 2019) i pokazalo se da ne postoji statistički značajna razlika u trajanju i prosječnoj ocjeni prijediplomskih studija prema spolu i prema studijskom programu, pa su daljnje analize provedene na cijeloj populaciji diplomiranih studenata ($N=257$). Na državnoj maturi se polažu tri obvezna predmeta: matematika (MATH), hrvatski (CRO) i strani (FORL) jezik. Matematika, hrvatski i strani jezik (engleski ili njemački) mogu se polagati na dvije razine (osnovna/viša). Viša razina (A), koja je zahtjevnija od osnovne razine ispita vrednuje se 60% više od osnovne razine (B). Referada fakulteta FŠDT je u svojoj arhivi imala samo ukupan broj bodova ostvarenih na državnoj maturi za pojedinog studenta prilikom upisa, ali ne i pojedinačne bodove po predmetima. Budući da studenti nisu zapamtili ukupan broj bodova po predmetu nego samo ocjenu: 1 (nedovoljan)-5 (izvrstan) i razinu ispita (osnovna/viša), radi daljnje analize ocjene više razine pomnožene su s 1,6. (NCVVO, 2021)

Za analizu povezanosti između ocjena državne mature i trajanja i prosječne ocjene prijediplomskog studija studenata koristio se Pearsonov koeficijent korelacije. Višestrukom (multivarijantnom) regresijom analizirano je da li i kako ocjene obveznih predmeta iz državne mature mogu predvidjeti uspjeh na prijediplomskom studiju. Zavisne

Tablica 1. Studijski programi Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu (N je broj intervjuiranih studenata)
Table 1. Study programmes at Faculty of Forestry and Wood Technology, University of Zagreb (N is number of interviewed students)

DIPLOMSKI STUDIJI / GRADUATE STUDIES	Šumarstvo – Uzgajanje i uređivanje šuma s lovnim gospodarenjem / <i>Forestry – Silviculture and Management planning with Wildlife management</i>	Urbano šumarstvo, zaštita prirode i okliša / <i>Urban Forestry, Nature conservation and Environmental protection</i>	Drvena tehnologija – Drvnotehnološki procesi / <i>Wood Technology – Wood Technology Processes</i> N=40
	N=70		N=72
(2 godine/years)	Šumarstvo – Tehnika, tehnologija i management u šumarstvu / <i>Forestry – Techniques, Technologies and Forestry Management</i>		Drvena tehnologija – oblikovanje proizvoda od drva / <i>Wood Technology – Wood Product Design</i>
	N=54		N=21
PRIJEDIPLOMSKI STUDIJI / UNDERGRADUATE STUDIES	Šumarstvo / <i>Forestry</i>	Urbano šumarstvo, zaštita prirode i okliša / <i>Urban Forestry, Nature conservation and Environmental protection</i>	Drvena tehnologija / <i>Wood Technology</i>
(3 godine / years)			

varijable su prosječna ocjena prijediplomskog studija (s logaritamskom transformacijom zbog nenormalnosti distribucije) i trajanje prijediplomskog studija (s logaritamskom transformacijom), a nezavisne varijable su ocjene na državnoj maturi: MATH, CRO i FORL. U želji da se povežu ovi rezultate upotrijebila se kanonička korelacijska analiza (CCA) kao poveznica višestruke regresije i korelacijske analize.

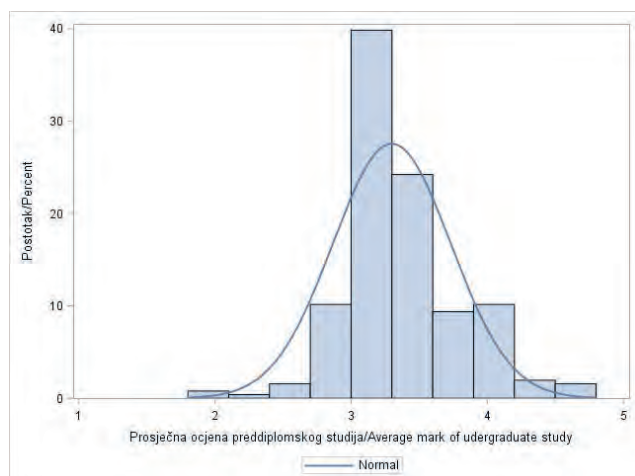
CCA je prvobitno razvio Hotelling (1935). Primarni cilj CCA je procijeniti stupanj međusobne povezanosti dvaju skupova varijabli, i zatim odrediti kako određene varijable funkcioniraju u svom multivarijatnom odnosu. CCA u biti redistribuira varijancu u izvornim varijablama u parove kanoničkih varijata (sintetičke varijable). Kanoničke varijate definirane su linearnim kombinacijama dva skupa va-

rijabli i generiraju se kako bi se maksimizirala korelacija između dva skupa varijabli (Tabachnick & Fidell, 2001.)

Analizira se odnos između dva skupa varijabli. Prvi skup su ocjene obveznih predmeta državne mature: MATH, CRO i FORL. Drugi skup varijabli je uspješnost prijediplomskog studija: trajanje i prosječna ocjena prijediplomskog studija. Za sve statističke analize koristili smo statistički paket SAS 9.4. Razina značajnosti od 5% smatrana je statistički značajnom.

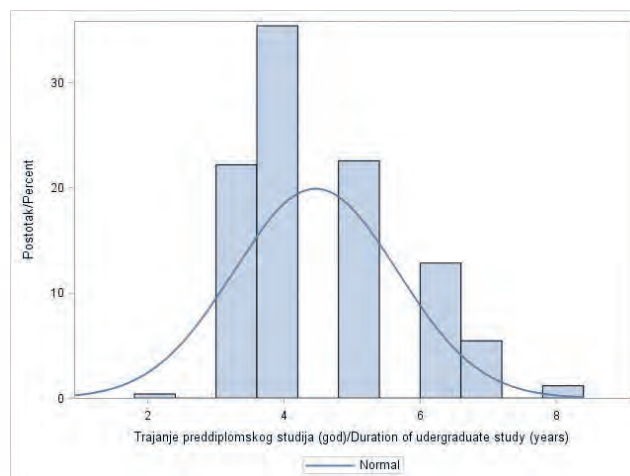
REZULTATI RESULTS

Na slikama 1 i 2 prikazane su distribucije trajanja i prosječne ocjene prijediplomskog studija. Na slikama 3 do 5



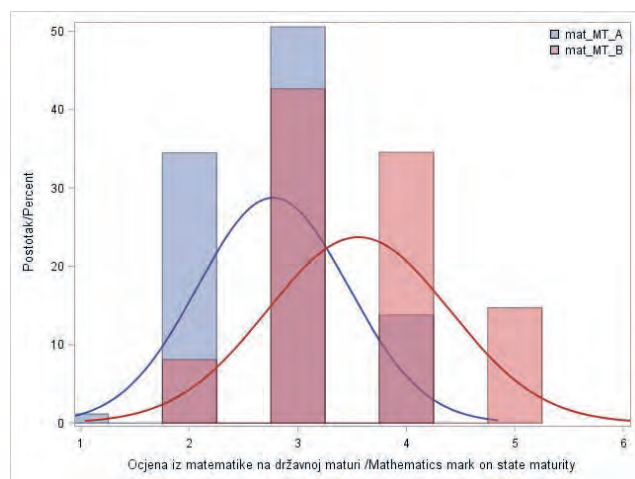
Slika 1. Distribucija prosječnih ocjena prijediplomskog studija s procijenjenom normalnom distribucijom

Figure 1. Distribution of average grades of undergraduate studies with estimated normal distribution.



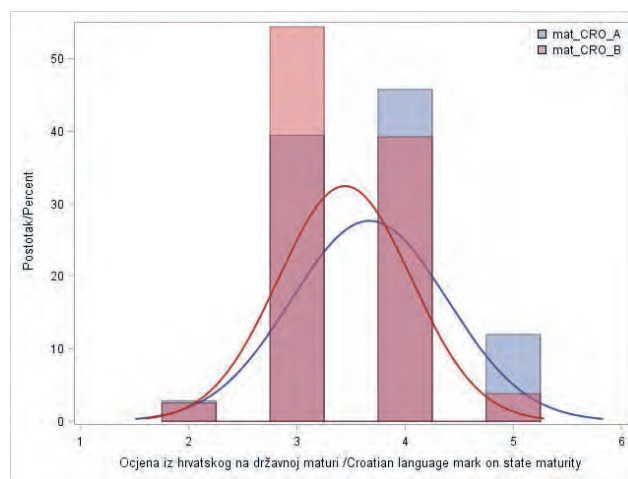
Slika 2. Distribucija trajanja prijediplomskog studija (godine) s procijenjenom normalnom distribucijom

Figure 2. Distribution of duration of undergraduate studies (years) with estimated normal distribution.



Slika 3. Distribucije ocjena iz matematike na državnoj maturi za razinu A i B s procijenjenom normalnom distribucijom

Figure 3. Distributions of mathematics grades at the state maturity for A and B levels with an estimated normal distributions.

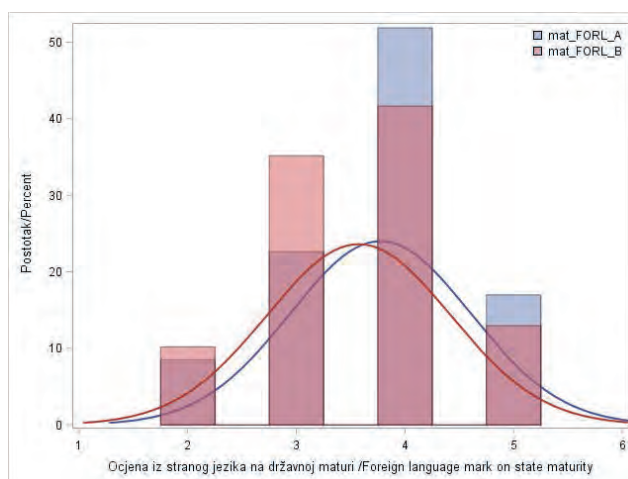


Slika 4. Distribucije ocjena iz hrvatskog jezika na državnoj maturi za razinu A i B s procijenjenom normalnom distribucijom

Figure 4. Distributions of Croatian language grades at the state maturity for A and B levels with an estimated normal distributions.

prikazane su distribucije ocjena iz matematike, hrvatskog i stranog jezika na državnoj maturi s obzirom na razinu polaganja (A/B). Deskriptivna statistika za sve analizirane varijable prikazana je u Tablici 2. Može se primijetiti da udio studenata koji su polagali A razinu hrvatskog 64,25%, B razinu 35,75%, dok je kod matematike omjer obrnuti tj. A razinu je polagalo 39,01%, dok je B razinu polagalo 60,99%. Strani jezik je polagalo približno jednaki udio A i B razinu. Prosječna ocjena iz hrvatskog i stranog jezika A razine je viša od B razine, dok je kod matematike situacija obrnuta. U Tablici 2 prikazana je deskriptivna statistika ocjena nakon povezivanja ocjena s obje razine u jednu. Korelacije između ocjena državne mature i uspjeha na prijediplomskom studiju pokazuju da ocjene iz MATH, CRO i FORL imaju pozitivnu i statistički značajnu korelaciju s prosječnom ocjenom prijediplomskog studija (Tablica 3). Najveća korelacija je za MATH ($r=0,2778$) pa za CRO ($r=0,2479$) i FORL ($r=0,2046$). Trajanje prijediplomskog studija ima negativnu statistički značajnu korelaciju s MATH ($r=-0,1381$), što sugerira da studenti koji postignu bolji rezultat iz matematike na državnoj maturi studiraju kraće. Rezultati za CRO i FORL nisu bili statistički značajni. Rezultati višestruke regresije pokazuju slične rezultate kao i korelacijska analiza. Model s prosječnom ocjenom prijediplomskog studija kao zavisnom varijablom $\ln(\text{prosječna ocjena})$ je statistički značajan $F(3,197)=9,53$, što nam ukazuje da je modelom objašnjeno 9,53 puta više ukupne varijabilnosti prosječnih ocjena nego što je ostalo neobjašnjeno. Prilagođeni koeficijent determinacije ($\text{adj.}R^2$) iznosi blizu 11,4%, što znači da model s ocjenama državne mature opisuje oko 11,4% ukupne varijabilnosti prosječne ocjene prijediplomskog studija (Tablica 4).

Model za trajanje prijediplomskog studija objašnjava samo 2,5% varijabilnosti trajanja prijediplomskog studija po-



Slika 5. Distribucije ocjena iz stranog jezika na državnoj maturi za razinu A i B s procijenjenom normalnom distribucijom

Figure 5. Distributions of foreign language grades at the state maturity for A and B levels with an estimated normal distributions.

moću ocjena s državne mature kod studenata FŠDT. Bez obzira na ove rezultate, ocjena mature iz matematike je statistički značajan prediktor prosječne ocjene i trajanja prijediplomskog studija (Tablica 4). Bez obzira na to što je model trajanja na globalnoj razini lošiji nego model za prosječnu ocjenu, što je veća ocjena iz matematike na državnoj maturi, to je viša prosječna ocjena studija i kraće trajanje prijediplomskog studija. Što je veća ocjena iz hrvatskog jezika na državnoj maturi to je statistički značajno veća i prosječna ocjena prijediplomskog studija, dok je trajanje studija također kraće, ali taj rezultat nije statistički značajan (Tablica 4).

Korelacija između trajanja i prosječne ocjene prijediplomskog studija je negativna ($r=-0,52$, $p<0,0001$) što sugerira

Tablica 2. Deskriptivna statistika za analizirane varijable**Table 2.** Descriptive statistics for analysed variables

Varijable/Variables		N	Min.	Median	Max.	Aritmetička sredina/Mean	Std Dev
Matura/ maturity	MATH	223	2,00	4,00	6,40	3,91	1,03
	CRO	221	3,00	4,80	8,00	5,07	1,52
	FORL	214	2,00	4,80	8,00	4,79	1,66
Uspjeh prije-diplomskog studija	Ln(trajanje)	257	0,69	1,39	2,08	1,46	0,26
	Ln(prosječna ocjena)	256	0,69	1,16	1,55	1,18	0,13
Ocjene iz mature /marks of state maturity	Matematika /Mathematics	Razina/Level A 87	2	3	4	2,77	0,69
		Razina/Level B 136	2	3	5	3,56	0,84
	Hrvatski /Croatian	Razina/Level A 142	2	4	5	3,67	0,72
		Razina/Level B 79	2	3	5	3,44	0,61
	Strani jezik/ Foreign language	Razina/Level A 106	2	4	5	3,77	0,83
		Razina/Level B 108	2	4	5	3,57	0,85
Uspjeh prije-diplom- skog studija	Trajanje (god)/Duration (years)	257	2	4	8	4,46	1,20
	Prosječna ocjena/Average mark	256	2,00	3,20	4,70	3,30	0,43

Tablica 3. Korelacije između rezultata državne mature i uspjeha prijediplomskog studija.**Table 3.** Correlations between the state maturity marks and undergraduate performance.

Pearsonov korelacijski koeficijent/ Pearson Correlation Coefficient Prob > r H0: Rho=0 N		MATH	CRO	FORL
Ln(trajanje/duration)		-0.1381	-0.0598	0.0267
		0.0398	0.3857	0.6976
		222	212	214
Ln(prosječna ocjena/average mark)		0.2778	0.2479	0.2046
		<0.0001	0.0003	0.0027
		221	211	213

Tablica 4. Rezultati višestruke regresije za zavisne varijable Ln(prosječna ocjena) i Ln(trajanje).**Table 4.** Results of multivariate regression for Ln(average mark) and Ln(duration) as dependent variables.

Ln(prosječna ocjena)/Ln(average mark) F(3,197)=9.53 p<0.0001 R ² =0.127 adj.R ² =0.114					Ln(trajanje)/Ln (duration) F(3,198)=2.71 p=0.0465 R ² =0.0394 adj.R ² =0.0248			
Nezavisne Varijable/ independent variables	Procijenjeni parametar/ parm.estimate	Stand. Greška/Stand. error	t vrijednost/ t value	Pr > t	Procijenjeni parametar/ parm.estimate	Stand. Greška/Stand. error	t vrijednost/ t value	Pr > t
Slobodni član/ intercept	0,993	0,04	25,13	<0,0001	1,554	0,08	19,25	<0,0001
MATH	0,030	0,01	3,54	0,0005	-0,041	0,02	-2,37	0,0118
CRO	0,015	0,01	2,38	0,0183	-0,016	0,01	-1,23	0,2186
FORL	0,002	0,01	0,29	0,7734	0,020	0,01	1,69	0,0921

da studenti s boljom prosječnom ocjenom prijediplomskog studija studiraju kraće.

Kako bismo povezali rezultate obje regresije koristili smo se kanoničkom korelacijom s prvim skupom varijabli, prijediplomski uspjeh (zavisne varijable regresija): prosječnom ocjenom i trajanjem prijediplomskog studija i drugim skupom varijabli, matura (nezavisne varijable regresija) ocjenama iz predmeta državne mature: MATH, CRO i FORL.

Rezultati kanoničke korelacije pokazuju da je samo prva kanonička korelacija $r_{C1} = 0,3576$ statistički značajna $F(6,392)=5,43$, $p<0,001$, što se čini znatno većim od bilo koje korelacije između skupova varijabli (Tablica 3). Druga kanonička korelacija $r_{C2} = 0,1504$; $F(2,197)=2,28$, $p=0,1050$ i nije statistički značajna te ju se neće dalje analizirati (Tablica 5). Slika 6 prikazuje odnose za prvi par kanoničkih varijata (C1), te kanoničku korelaciju (0,36) koja je statistički značajna i korelacije varijabli s vlastitom kanoničkom varijatom (matura i uspjeh na prijediplomskom studiju). Budući da se varijable ne mjere u istim jedinicama, bolje je tumačiti standardizirane koeficijente (Tablica 5). Koeficijenti koji generiraju kanoničke varijate pokazuju kako bi jedno povećanje standardne devijacije u varijabli promijenilo kanoničku varijatu. Uzimajući u obzir varijablu MATH, povećanje jedne standardne devijacije u matematici za skup matura dovodi do povećanja od 0,675 standardne devijacije u rezultatu prve kanoničke varijate (C1) kada se ostale varijable u modelu konstantne. Prva kanonička varijata za prijediplomski uspjeh ima veću težinu prosječne ocjene prijediplomskog studija (1,049) od trajanja studija (0,1149). Prva kanonička varijata za ocjene mature pokazuje najveću važnost matematike (0,6752) i nešto manju za ocjene iz hrvatskog jezika (0,5110), dok ocjena stranog jezika ima najmanji utjecaj (0,1112) (Tablica 5). Ovi rezultati potvrđuju već dobivene rezultate.

Redundancija u kanoničkim varijablama je postotak varijance koji se objašnjava iz jednog skupa varijabli s varia-

Tablica 5. Standardizirani kanonički koeficijenti za rezultate državne mature i uspjeha na prijediplomskom studiju.

Table 5. Standardized canonical coefficients for state maturity marks and undergraduate performance.

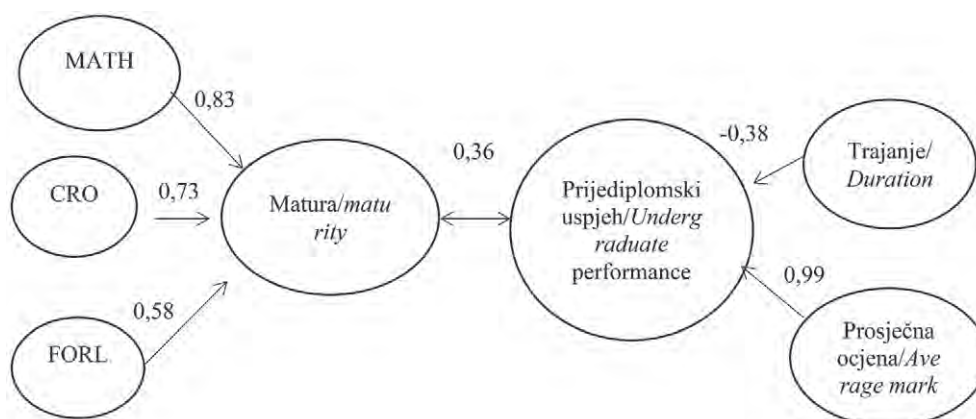
		Kanoničke varijate / Canonical variates	
Skupovi varijabli / Set of variables	Varijable / Variables	C1	C2
		$r_{C1} = 0,3576$ $F(6,392)=5,43$; $p<0,0001$	$r_{C2} = 0,1504$ $F(2,197)=2,28$; $p=0,1050$
matura / maturity	MATH	0,6752	-0,5541
	HRV	0,5110	-0,2344
	FORL	0,1112	1,0981
Prijediplomski uspjeh / undergraduate performance	Ln(trajanje / duration)	0,1149	1,1312
	Ln(prosječna ocjena / average mark)	1,0496	0,4374

Tablica 6. Kvadrirane višestruke korelacije između uspjeha na prijediplomskom studiju i rezultata državne mature

Table 6. Squared multiple correlations between undergraduate study and maturity

Kvadrirane višestruke korelacije između varijabli prijediplomskog studija i kanoničke varijate matura / Squared Multiple Correlations Between the Undergraduate study and the Canonical Variates of the maturity		
	C1	C2
Ln(trajanje / duration)	0,0142	0,0233
Ln(prosječna ocjena / average mark)	0,1211	0,1213
Kvadrirane višestruke korelacije između varijabli mature s kanoničkom varijatom prijediplomskog uspjeha / Squared Multiple Correlations Between the maturity and the Canonical Variates of the undergraduate study		
MATH	0,0711	0,0748
CRO	0,0675	0,0681
FORL	0,0399	0,0440

blama iz drugog skupa. Redundantnost kanoničke analize pokazuje da niti jedan od prvog para kanoničkih varijata nije dobar ukupni prediktor suprotnog skupa varijabli, pri



Slika 6. Korelacije varijabli s njihovim kanoničkim varijatama (matura i prijediplomski uspjeh) za prvi par kanoničkih varijata.

Figure 6. Correlation of variables with their canonical variates (maturity and undergraduate performance) for the first pair of canonical variates.

čemu su udjeli objašnjene varijance 6,76% (prijediplomski studij objašnjen maturom) i 5,95% (matura objašnjena prijediplomskim studijem). Uspjeh na prijediplomskom studiju je objasnio 54,7% varijance s vlastitim varijablama, dok je matura objasnila blizu 52%. Kvadrat višestrukih korelacija pokazuje da prva kanonička varijata prijediplomski studij ima prediktivnu snagu za prosječnu ocjenu (0,1211), ali gotovo nikakvu za trajanje (0,0142) (Tablica 6). Kanonički R^2 između prvih kanoničkih varijata je 0,1236 što je gotovo blizu koeficijenta determinacije višestrukog regresijskog modela s $\ln(\text{prosječnom ocjenom})$ kao zavisnom varijablom (12,7%).

DISKUSIJA DISCUSSION

Da li je moguće predvidjeti uspjeh studenata na temelju rezultata državne mature? Da li je moguće predvidjeti akademski uspjeh na temelju okolnosti upisa na fakultet? Uprave fakulteta često se susreću s ovim pitanjima. Svrha ovoga rada bila je pokušati odgovoriti na ova pitanja. U želji da se generaliziraju odgovori, postoje različiti ishodi. Postoje različite okolnosti, a njihovo postojanje ukazuje na to da studenti većinom odlučuju učiti tijekom studija, posebice oni koji na početku studija nisu baš sigurni da li je to njihov pravi izbor. Naši rezultati pokazuju da više predznaka vodi do boljeg uspjeha na studiju.

Fakultet šumarstva i drvne tehnologije pripada Biotehničkim znanostima i dio je STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) područja. Šumarstvo i drvna tehnologija su inženjerske struke i za očekivati je da će upravo matematika biti jedan od značajnih prediktora uspješnosti studiranja, što nam naši rezultati potvrđuju. To također zaključuju Gallimore & Stewart (2004.) "Nedostatak dovoljnog matematičkog znanja ne samo da utječe na postignuća studenata na predmetima, već također dovodi do neangažiranosti i većih stopa odustajanja tijekom prve dvije godine studija." Na web stranici NC State University (NC State University, n.d.) odgovor na pitanje "Što je šumarstvo i gospodarenje šumama?" "je "Gospodarenje šumama je STEM (znanost, tehnologija, inženjstvo i matematika) područje koji priprema diplomante za održivo gospodarenje našim prirodnim šumskim ekosustavima i šumskim plantažama." U svojoj kritici Fisher (1996) tvrdi da je šumarska profesija na raskrižju. On sumnja da će šumari odlučiti biti "menegeri drva, čime jednostavno predstavljaju granu drvne proizvodnje u šumarskoj industriji?" ili "će izabrati da postanu širokih pogleda (tolerantni), dalekovidni, sposobni i mudri upravitelji šume i s njom povezanih prirodnih resursa kakvima su dugo željeli biti?" smatra se da su maturanti šumarskih škola sasvim sposobni ispuniti tu ulogu i svakako posjeduju potrebna opsežna znanja. U potpunosti se slažem s

tim zaključkom. Prema rezultatima, rezultati višestruke regresije pokazuju da što je student imao bolju ocjenu iz matematike, to mu je prosječna ocjena na prijediplomskom studiju bila viša i kraće je studirao. Ovo je statistički značajan rezultat. Ocjena na završnom državnom ispitu iz hrvatskog (CRO) jezika također pokazuje da što je ocjena viša, to je i prosječna ocjena studija viša, što znači da su bolji studenti na završnom državnom ispitu u prosjeku i bolji studenti. Što veći uspjeh na državnoj maturi, to je bolji uspjeh na prijediplomskom studiju.

Ocjene državne mature dobar su pokazatelj "dobrih" studenata (prosječna ocjena prijediplomskog studija). Iako imamo podatke o tri generacije studenata i to u razdoblju prije COVID19 pandemije, može se potvrditi da bolji studenti i bolji srednjoškolci studiraju kraće, ali da postoji jača povezanost, odnosno prediktivna moć korištenja prosječnih ocjena na državnoj maturi za procjenu uspješnosti studiranja od trajanja studija. Trajanje studija je teže procijeniti iz ocjena državne mature, jer najvjerojatnije postoje neki drugi uvjeti koji na to utječu. Može se zaključiti da su ocjene državne mature (posebice matematike) dobri prediktori uspjeha na prijediplomskom studiju.

Zahvale: Posebno zahvala izvanrednom profesoru Mislavu Vedrišu na pomoći u prikupljanju podataka i studentima na sudjelovanju u anketi.

LITERATURA REFERENCES

- Brown, N., 2003: A Critical Review of Forestry Education. *Bio-science Education*, 1(1), 1-9. <https://doi.org/10.3108/beej.2003.01010004>
- De Clercq, M., Galand, B., Frenay, M., 2017: Transition from high school to university: a person-centered approach to academic achievement. *Eur J Psychol Educ* 32, 39-59. <https://doi.org/10.1007/s10212-016-0298-5>
- Eraut, M., 1992: Developing the knowledge base: a process perspective on professional education. U: R.Barnett (ur.), *Learning to Effect*, UK:Open University Press and the Society for Research into Higher Education, 98-118. Buckingham,
- Fisher, R.,F., 1996: Broader and deeper: The challenge of forestry education in the late 20th century, *Journal of Forestry*, 94(3), 4-8. <https://doi.org/10.1093/jof/94.3.4>
- Gallimore, M., Stewart, J., 2004: Increasing the impact of mathematics support on aiding student transition in higher education, *Teaching Mathematics and its Applications*, 33(2), 98-109. <https://doi.org/10.1093/teamat/hru008>
- Hotelling, H., 1935: The most predictable criterion, *Journal of Educational Psychology*, 26(2), 139-142. <https://doi.org/10.1037/h0058165>
- Jazbec, A., Vedriš, M., Šegotić, K., 2019: Analiza trajanja studiranja na prijediplomskim studijima Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, *Šumarski list*, 143(9-19) 435:444. <https://doi.org/10.31298/sl.143.9-10.5>

- Năstasă, L. E., Cocoradă, E., Vorovencii, I., Curtu, A.L.: 2022. Academic Success, Emotional Intelligence, Well-Being and Resilience of First-Year Forestry Students, *Forests* 13, 5: 758. <https://doi.org/10.3390/f13050758>
- NC State University: What Can I Do With a Forestry Degree? May 22, 2018 <https://cnr.ncsu.edu/news/2018/05/what-can-i-do-with-a-forestry-degree/>
- NCVVO -Nacionalni centar za vanjsko vrednovanje obrazovanja. Pravilnik o polaganju državne mature-pročišćen tekst 1 <https://www.ncvvo.hr/wp-content/uploads/2021/05/Pravilnik-o-polaganju-DM-procisceni-tekst1.pdf>
- Larasatie, P., Barnett, T., Hansen, E., 2020: Leading with the heart and/or the head? Experiences of women student leaders in top world forestry universities, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 35(8), 588-599. <https://doi.org/10.1080/02827581.2020.1825787>
- Romine, K.,D., Baker, R.,M, Romine, K.,A., 2018: The Relationship between Administrative Intensity and Student Retention and Success: A Three-Year Study, *Education Sciences*, 8(4),159. <https://doi.org/10.3390/educsci8040159>
- Sveučilište u Zagrebu, Natječaj za upis studenata na 1. godinu preddiplomskog studija, 2023 URL: <http://www.unizg.hr/studiji-i-studiranje/upisi-stipendije-priznavanja/upisne-kvot-i-natjecaji-za-upis/>
- Tabachnick, B.,G., Fidell, L.,S., 2001: Using Multivariate Statistics, Allyn & Bacon.

ABSTRACT

This study was motivated by a discussion how the results of state maturity influence on academic undergraduate performance (average mark) and the number of year students take to complete their undergraduate studies (study duration). There are three compulsory subjects on the state maturity: Mathematics (MATH), Croatian (CRO) and foreign (FORL) language. MATH and CRO can be deployed on two levels. Were analysed data using data from a questionnaire among 257 graduates from 2016 to 2018.(Table 1) A multivariate linear regression was used to analyse if and how marks of subjects from state maturity predict undergraduate study achievement: average mark and duration of study with logarithmic transformation. In order to consolidate these results, we used canonical correlation as a variation on the concept of multivariate regression and correlation analysis. analyse the relationship between two sets of variables, maturity marks: MATH, CRO and FORL and undergraduate performance: duration and average mark of study. Mark of MATH on maturity is statistically significant predictor of average mark and duration of undergraduate study (Table 4). The higher MATH the higher average grade of the study and the shorter duration of the study. Results of canonical correlation shows that only the first canonical correlation $rc1=0.3576$ is statistically significant $F(6,392)=5.43$, $p<0.001$. The first canonical variate for undergraduate performance shows most weight on average mark than duration of study.

KEY WORDS: forestry students, wood technology students, state maturity, undergraduate study performance, multivariate regression, canonical correlation

HISTORICAL OVERVIEW OF THE DELIBLATO SANDS AFFORESTATION

POVIJESNI PREGLED POŠUMLJAVANJA DELIBLATSKE PJEŠČARE

Mirjana ČUK^{1*}, Radenko PONJARAC², Dušan IGIĆ², Miloš ILIĆ¹, Marius OLDJA³,
Dragana VUKOV¹, Andraž ČARNI^{4,5}

SUMMARY

Deliblato Sands is one of the largest sandy areas in Europe. Given that developing of vegetation on the sand is a slow process, followed by human activities that devastate the plant cover (grazing, deforestation), the free-moving sand on Deliblato Sands existed until the 18th century. Unbound sand hindered the development of agriculture in the entire southern Banat region, so it was necessary to start a more intensive process of restraining sand masses. The afforestation of this area began in 1818 and is still ongoing. In the process of afforestation, nine periods can be recognized that differ in relation to afforestation/reforestation techniques, the choice of species or the organizational structure of the forestry units (and countries) of the area of Deliblato Sands belonged throughout history. The most significant results in the binding of free moving sand were achieved by the application of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) seedlings with juniper scrub (*Juniperus communis* L.) laid down on open sandy areas and sowing different species of grass between the rows of seedlings. This technique has been applied since the IV afforestation period (1878-1898). The largest areas were afforested in the V period (1898-1918), when parts of Deliblato Sands were formally protected for the first time in history as areas of importance for the preservation of biodiversity. The species most used in afforestation are black locust (*Robinia pseudoacacia* L.), Scots pine and black pine (*Pinus sylvestris* L., *Pinus nigra* J. F. Arnold), poplars (*Populus* sp.), and some shrubby (e.g. *Juniperus virginiana* L.) and herbaceous species (e. g. *Ammophilla arenaria* (L.) Link, *Festuca vaginata* Willd., *Leymus arenarius* (L.) Hochst., *Carex arenaria* L.). Today, *Robinia pseudoacacia* L. is most common tree species on Deliblato Sands and it occupies almost a third of the entire area.

KEY WORDS: stabilization of sand, vegetation on sand, continental sand dunes, black locust

INTRODUCTION UVOD

Sandy landscapes are mostly found on sea and ocean shores, but such habitats can also exist in continental areas. In general, they arise due to the accumulation of sedimentary alluvial material in the flood zones of large rivers. In Europe, continental sandy areas are linked to the last major

relief modifications that took place in the glacial periods of the Quaternary Era (Bohn, 2000). Once formed, the continental unbound sands were moved and carried by winds across great distances, until vegetation partially covered these expanses in the early postglacial period. During the postglacial period, the sandy areas of Europe were partially covered by forest (Walter and Straka, 1970). However, due to deforestation (Hejzman et al., 2013), secondary grassland

¹ Mirjana Čuk*, Ph.D., Assistant professor; Miloš Ilić, Ph.D., Assistant professor; Dragana Vukov, Ph.D., Full professor - University of Novi Sad, Faculty of Sciences, Department of Biology and Ecology, Novi Sad, Serbia

² Radenko Ponjarac, forestry engineer; Dušan Igić, Ph.D. - Public company "Vojvodinašume", Forest Holding "Novi Sad"

³ Marius Oldja, Master engineer of Forestry - NGO "Deliblatica", Pančevo, Serbia

Andraž Čarni, Ph.D. – ⁴ Principal Research Associate, Jovan Hadži Institute of Biology, Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts, Ljubljana, Slovenia and ⁵ Full professor, University of Nova Gorica, Nova Gorica, Slovenia

* autor za korespondenciju – corresponding author

communities started to form on those surfaces (Leuschner and Ellenberg, 2017a). The vegetation of the entire Europe, and therefore of the continental sand dunes, has been under great anthropogenic influence since the Neolithic Era. Devastation in the sandy regions led to the gradual degradation of autochthonous vegetation and open sands appeared. This process intensified in the Middle Ages, and the damage was further exacerbated by widespread deforestation and livestock grazing (especially by sheep and goats). Through these practices, throughout history, humans have facilitated re-expansion of sandy material and movement of dunes (Ellenberg, 2009).

Sandy habitats are populated by sparse vegetation with relatively rapid successive changes in plant cover (Mucina et al., 2016). Thus, throughout the history of sandy vegetation, periods of progression and regression frequently alternated. As this type of habitat is often threatened by the development of agriculture and modern society in general, it has undergone significant changes in the last few centuries (Edwards et al., 2007; Butorac and Panjković, 2013; Leuschner and Ellenberg, 2017b).

Inland sand dunes in Serbia are distributed along the Danube River. According to the geographical location, they can be divided into three groups—the Subotica-Horgoš Sands with the Selevenj wastelands, the Deliblato Sands and a series of sandy habitats along the right bank of the Danube from Ram to Kladovo, and downstream to the mouth of Timok River (Butorac et al., 2002; Figure 1). Most authors concur that the inland sand dunes in Serbia were formed at the end of the Pleistocene, i.e., about 11,000 years ago. Regardless of whether the sand was brought by river

flows, the water mass of the Pannonian Sea or the wind, the prevailing scientific stance is that the southeasterly wind Košava has played a key role in the geomorphology and relief of sands in Serbia and the Deliblato Sands in particular (Wesely, 1853; Cholnoky, 1910; Bulla, 1938; Milojević et al., 1949; Marković-Marjanović, 1950; Bukurov, 1953, 1955; Račić et al., 1980/81; Menković, 2013).

Research area characteristics – *Karakteristike područja istraživanja*

The Deliblato Sands is located in the central part of southern Banat, extending in the southeast–northwest direction, whereby the broader area covered by sand almost 600 km² (Menković, 2013). This is the largest sand-covered region in Serbia, as well as in Europe. It is of ellipsoidal shape and extends from the Tamiš valley to the Danube River. The main feature of the Deliblato Sands relief are the dunes, which extend in the southeast–northwest direction and are up to 1 km long, with their height above sea level ranging from 80 m on the Danube riverbanks, to 197 m in the extreme northwest. As the area is devoid of any springs and surface watercourses, water availability in the topsoil is low due to the high sand permeability, which allows precipitation to sink to the water-bearing layers. Groundwater is located at depth of 2–10 m in the southeastern and 100–150 m in the northwestern parts of Deliblato Sands, respectively.

A 30–50 m thick sand layer covers the previously blown loess plain (Menković, 2013). The soil of Deliblato Sands is aeolian alluvium, mostly comprising agenic or young genetic soil (Bura, 1969). The primary substrate is sand, covered by shallower or deeper horizons with 0–7% humus content (Pavlović et al., 2017). Sand composition is dominated by calcium carbonate, as indicated by the presence of lime tiles and concretions. The soil has basic (pH = 7.30–8.50) character, and the humus and moisture content in the substrate determine the types of vegetation in different parts of the Deliblato Sands.

In the Deliblato Sands area, the influences of the moderate-continental climate of the Pannonian Plain, the climate of the Southern Carpathians, and the sub-Mediterranean climate via the South and Great Morava valleys are intertwined, leading to the average annual temperature of 12.5 °C (RHMZ, Meteorological Station Banatski Karlovac, 2018). The amplitude of annual temperature variations is higher than in the surrounding area, as the sandy substrate heats up and cools down quickly. Consequently, in summer, the temperature can reach 60 °C on the sunny dunes with southern aspect, whereas it does not exceed 45 °C on those north facing slopes (Butorac and Panjković, 2013). The air temperature is the lowest in January (−4.4 °C), while the average temperature in July and August is around 24 °C,



Figure 1. Sandy habitats in Serbia: 1-Subotica-Horgoš Sands and Selevenjske wastelands; 2-Deliblato Sands; 3-Sandy habitats in the area from Ram to Kladovo

Slika 1. Pješčana staništa u Srbiji: 1-Subotičko-Horgoška pješčara i Selevenjske pustare; 2-Deliblatska pješčara; 3-Pješčarska staništa na području od Rama do Kladova



Figure 2. “Flying sand” was a feature of most sandy areas in Serbia – Deliblato Sands, 1945 (Matvejev, 1973)

Slika 2. „Leteći pijesak” bio je obilježje većine pješčanih područja u Srbiji – Deliblatska peščara, 1945. (Matvejev, 1973)



Figure 3. Current appearance of the Deliblato Sands – a mosaic of different vegetation types (Čuk, 2019).

Slika 3. Sadašnji izgled Deliblatske pješčare – mozaik stepske, grmolike i šumske vegetacije (Čuk, 2019)

declining to 16–18 °C in the growing season. The average annual precipitation in the Deliblato Sands area is 664.15 mm. Its climate is primarily governed by the southeasterly wind Košava, which is cold and dry during winter, early spring and late autumn. According to Kadović et al. (2004) and Ali Bohajar (2015), in this region, the average temperature increases by 0.50–0.75 °C every 100 years, while total annual precipitation exhibits a slight (5%) positive trend. Changes in measured parameters clearly indicate the present trend of climate change, and global warming which can directly or indirectly affects biodiversity.

Table 1. Recent plantations on Deliblato Sands

Tablica 1. Površine recentnih plantaža nasada na Deliblatskoj pješčari

Type of forest stand	Area (ha)
Poplars	31.29
<i>Fraxinus americana</i> L.	19.60
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	10,821.29
<i>Pinus sylvestris</i> L.	1,150.76
<i>Pinus nigra</i> J. F. Arnold	1,441.54
<i>Pinus sylvestris</i> L. and <i>Pinus nigra</i> J. F. Arnold	2,008.71
<i>Juglans nigra</i> L.	32.99
<i>Populus carolinensis</i> Moench	1.95
soft deciduous trees	25.82
other conifers	325.38
other deciduous trees	25.12
Poplar clone I – 214	23.64
Poplar clone “Robusta”	2.38
hard deciduous trees	851.31
<i>Ulmus</i> sp.	4.51
<i>Fraxinus ornus</i> L.	1.94
<i>Tilia tomentosa</i> Moench	37.45
<i>Quercus robur</i> L.	0.68
<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl.	5.72
<i>Juniperus virginiana</i> L.	0.59
TOTAL	16,812.67

Deliblato Sands vegetation formation – Formiranje vegetacije Deliblatske pješčare

In all sandy areas in Serbia, successional stages of vegetation took a long time to develop. The process commenced with the germination of seeds blown by the wind from both surrounding and more remote areas. These pioneering stages of vegetation mainly comprised therophytic plant species, with low coverage and diversity. This initial vegetation is of key importance for the binding of sand masses and the development of soil on sand because it creates favorable conditions for the growth of perennial plants that form the next stages of vegetation on sand. The appearance of steppes, forest-steppes and forests on sands was accompanied by the expansion of the daily needs of the surrounding population. Due to the excessive exploitation of plant cover, the sand was released again, and was blown into the air and moved by wind. Efforts to mitigate these adverse outcomes were mostly unsuccessful. Under the threat of sandstorms, “flying sand” buried the crops and dried up the orchards and vineyards, the local population felt defeated and eventually moved away (Pančić, 1863). Unbound “flying sand” lasted until the middle of the 20th century (Figure 2).

Today, on all natural sand accumulations in Serbia—almost no free sand remains (Figure 3). The Deliblato Sands are covered by set of phytocenoses developed in different micro-ecosystems—from sandy, steppe, pasture, shrub, forest and meadow, to numerous anthropogenic stands—that form a mosaic. Sand vegetation is present only in fragments, mainly in the central part of the Reserve. The largest areas under steppe vegetation are located in the north-western part and in narrow belts or fragments within the central and peripheral parts, together with the remnants of oak and linden forests (*Querco-Tilietum tomentosae* Stjepanović-Veseličić 1953.) or individual trees of these species (*Tilia tomentosa* Moench, *Quercus robur* L. or *Quercus pubescens*

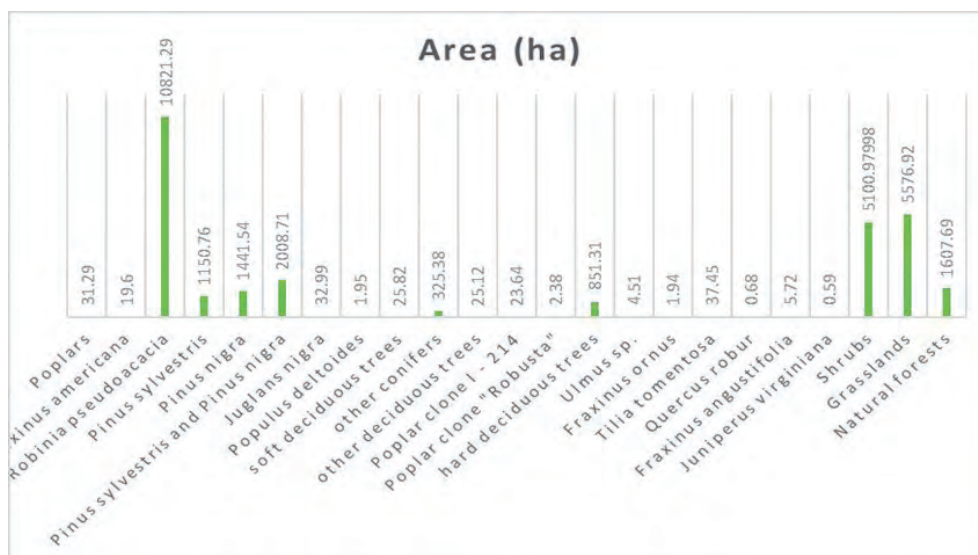


Figure 4. Share of different habitat types and forest plantations on Deliblato Sands today

Slika 4. Udio različitih habitata i šumskih nasada na Deliblatskoj pješčari danas

Wild.). Hygrophilous forests and meadows are thriving on the “low sand” in the eastern part of Deliblato Sands. Forest plantations with foreign species are dominant in the Deliblato Sands landscape today and are primarily formed by *Robinia pseudoacacia* L. and pine (*Pinus sylvestris* L. and *Pinus nigra* J. F. Arnold) cultures (Table 1, Figure 4.).

The history of the Deliblato Sands afforestation – Povijest pošumljavanja Deliblatske pješčare

The sand moved and formed into dunes until the end of 18th century. In that time, vegetation that used to cover most of the current area was destroyed (Wessely, 1873). In the end of 18th century land reclamation activities and



Figure 5. The map of Deliblato Sands created as a part of the first secret military survey carried out in 1763–1787 (<http://mapire.eu/hu/map/firstsurvey>).

Slika 5. Karta Deliblatske pješčare nastala u prvom tajnom vojnom izmjeru 1763-1787. (<http://mapire.eu/hu/map/firstsurvey>)



Figure 6. The map of Deliblato Sands created as a part of the second secret military survey carried out in 1806–1869 (Timár et al., 2006, <http://mapire.eu/hu/map/secondsurvey>).

Slika 6. Karta Deliblatske pješčare nastala u drugom tajnom vojnom izmjeru 1806-1869 (Timár et al., 2006, <http://mapire.eu/hu/map/secondsurvey>)

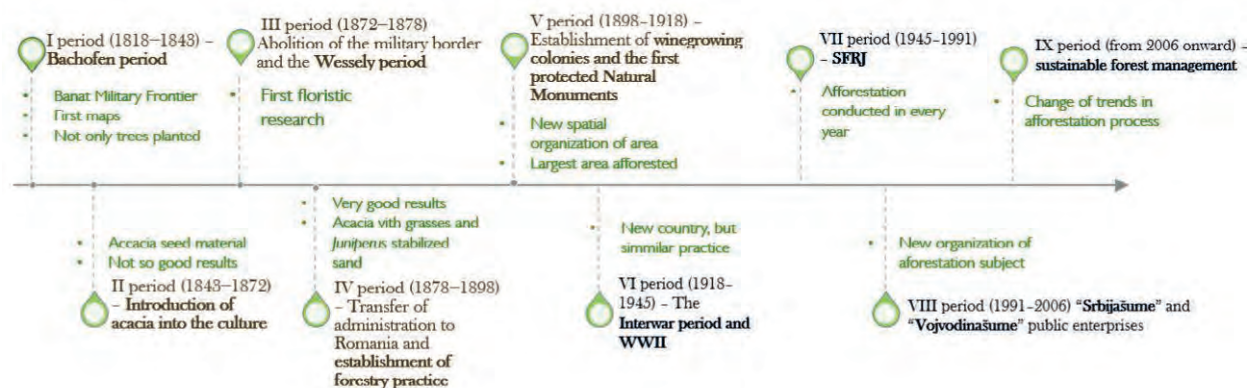


Figure 7. The timeline of the 204 years of afforestation on Deliblato Sands

Slika 7. Razdoblje od 204 godine pošumljavanja Deliblatske pješčare

afforestation started in order to stop process of moving sand.

In 1764, a military border (Banat Military Frontier) was established in this area, with the aim of defending the Habsburg Monarchy against the Turks. The first military maps of the area were made in 1787, and the Deliblato sands was shown as an area of bare sand, without any vegetation. (Figure 5).

However, according to Wessely (1873) and Ajtay (1902), this map was inaccurate, as the area also comprised larger forest complexes, as indicated by arrow fragments and forest game remains found around its perimeter (Ajtay, 1912). This view is supported by the presence of calcified forms which resemble roots in shape (calcium carbonate was deposited in the cavities created by the rotting of oak roots). Because of deforestation and irrational use of pastures, a strong desolation occurred on the Deliblato Sands territory in the 18th century. In 1777 and 1778, when the Turks invaded southern Banat, parts of the Deliblato Sands forests were burned and cut down, the settlements were destroyed, and the local population fled. As a result, additional sandy areas were opened and were spread by Košava to the surrounding agricultural areas (Bura, 1969; Milenković et al., 2018). A strong hurricane that raged through southern Banat, Deliblato Sands and the surrounding area in 1816 further exacerbated sand spreading. According to some reports, the sand from Deliblato Sands was carried by the wind to Vienna and Pest.

A few years prior (1810), the Court Military Council ordered a survey of the Deliblato Sands with the view of its afforestation. In this period, a second secret military survey was carried out, which resulted in a more detailed map of the area (Figure 6).

Afforestation process of the area began in 1818 and was executed in several stages that differed in the methodology adopted, the selection of species for sand stabilization, and the management strategy (Figure 7, Table 2).

• The first afforestation period (1818–1843) – Bachofen period:

Forestry expert Franz Bachofen was entrusted with the task of calming the “flying sand” and creating a plan for binding sand based on the experiences in northern Germany, France and Hungary (Stjepanović-Veseličić, 1953). Bachofen established that 16,800 ha of the total 40,660 ha area Deliblato Sands was covered by unbound sand (Bura, 1969). Bachofen was appointed as the Director of the Military Border Forests with headquarters in Bela Crkva, and from 1818, based on his proposal, the afforestation process began (Bura, 1969; Sekulić and Šljivovački, 1980). Bachofen carried out the afforestation process successfully until 1843. During this time, all grazing and logging was prohibited, while around 5,000 ha was afforested with *Pinus sylvestris* L., *Betula verrucosa* Ehrh., *Populus alba* L., *Populus nigra* L. and psammophilous grasses—*Ammophila arenaria* (L.) Link, *Leymus arenarius* (L.) Hochst., and *Carex arenaria* L. (Stjepanović-Veseličić, 1953; Table 2.). However, many of these species were not an adequate choice. For example, *Ammophila arenaria* (L.) Link is a characteristic species of the coastal sands of Europe. Thus, when planted on continental sands, especially calcareous sands, it tends to quickly disappear (Ellenberg, 2009). Afforestation with poplars was carried out while covering the sand with straw, corn and reeds.

• The second afforestation period (1843–1872) – Introduction of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) into the culture:

In this period, the Court Military Council entrusts the afforestation process to Kristen, the manager of the newly established Business Administration for Forest Activities with headquarters in Deliblato. During this period, forest operations were intermittent and often unsuccessful. The most significant commitment was the acquisition of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) seeds in 1853, which led to the

Table 2. List of most common planted species in all afforestation periods on Deliblato Sands (1818–2022)**Tablica 2.** Popis zasađenih vrsta u svim razdobljima pošumljavanja Deliblatske pješčare (1818–2022)

Afforestation period	Planted tree and shrub species	Planted herbs	area (ha)
I (1818–1843.)	<i>Populus alba</i> L. <i>Populus nigra</i> L. <i>Populus tremula</i> L. <i>Populus pyramidalis</i> = <i>Populus nigra</i> L. subsp. <i>nigra</i> <i>Populus x canadensis</i> Moench <i>Populus alba</i> var. <i>bachofenii</i> (Wierzb. ex Rochel) Wesm. <i>Cotinus coggygria</i> Scop. <i>Quercus</i> sp. <i>Betula verrucosa</i> Ehrh. = <i>Betula pendula</i> Roth var. <i>pendula</i> <i>Pinus nigra</i> J. F. Arnold <i>Pinus sylvestris</i> L.	<i>Ammophila arenaria</i> (L.) Link <i>Leymus arenarius</i> (L.) Hochst. <i>Carex arenaria</i> L.	5,000
II (1843–1872.)	<i>Robinia pseudoacacia</i> L. <i>Populus</i> sp. <i>Pinus nigra</i> J. F. Arnold <i>Pinus sylvestris</i> L. <i>Quercus robur</i> L.	<i>Festuca vaginata</i> Willd. <i>Echinops banaticus</i> Schrad.	4,648
III (1872–1878.)	<i>Populus alba</i> L. <i>Populus nigra</i> L. <i>Populus tremula</i> L. <i>Pinus nigra</i> J. F. Arnold <i>Pinus sylvestris</i> L.		470
IV (1878–1898.)	<i>Robinia pseudoacacia</i> L. <i>Populus</i> sp. <i>Pinus nigra</i> J. F. Arnold <i>Pinus sylvestris</i> L. <i>Quercus robur</i> L. <i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle <i>Morus alba</i> L. <i>Juglans nigra</i> L.	Mixd grasses seed material	3,505
V (1898–1918.)	<i>Fraxinus americana</i> L. <i>Juglans nigra</i> L. <i>Prunus padus</i> L. <i>Quercus robur</i> L. <i>Robinia pseudoacacia</i> L.		6,396
VI (1918–1945.)	<i>Robinia pseudoacacia</i> L. <i>Pinus nigra</i> J. F. Arnold <i>Pinus sylvestris</i> L.		2,400
VII (1945–1991.)	<i>Pinus nigra</i> J. F. Arnold <i>Pinus sylvestris</i> L. <i>Juglans nigra</i> L. <i>Robinia pseudoacacia</i> L. <i>Populus carolinensis</i> Moench. <i>Populus</i> sp. <i>Tilia tomentosa</i> Moench <i>Juniperus virginiana</i> L.		4,180
VIII (1991–2006.)	<i>Juniperus virginiana</i> L. <i>Robinia pseudoacacia</i> L. <i>Populus carolinensis</i> Moench. <i>Populus</i> sp.		728
IX (od 2006.)	<i>Pinus nigra</i> J. F. Arnold <i>Pinus sylvestris</i> L. <i>Juglans nigra</i> L. <i>Robinia pseudoacacia</i> L.		41

introduction of this species into the culture, but the strategy failed in binding loose sand due to afforestation in lines (Bura, 1969). As the local population did not always comply with the ban on forest cutting and grazing, considerable damage was caused to the landscape. During this phase, which lasted until the abolition of the Banat military border in 1872, 4,648 ha area was covered by new forest (Milenković et al., 2018).

- The third afforestation period (1872–1878) – Abolition of the military border and the Wessely period:

In 1872, the Deliblato Sands falls under the administration of the Ministry of Finance (Bura, 1969). The Military Ministry from Vienna sends Joseph Wessely to conduct detailed studies of the area and improve the “flying sand” stabilization process. In 1873, Wessely returns to Vienna and publishes his field research on “European flying sand and its cultivation” (Wessely, 1873), which became the basis for the subsequent Deliblato Sands afforestation. During this period, 470 ha were covered with poplars (*Populus alba* L., *Populus nigra* L., *Populus tremula* L.) and pines (*Pinus nigra* J. F. Arnold, *Pinus sylvestris* L.) (Milenković et al., 2018; Table 2.).

- The fourth afforestation period (1878–1898) – Transfer of administration to Romania and establishment of forestry practice:

In 1878, all afforestation operations were placed under the jurisdiction of the Forestry Administration in Orșova with the directorate in Lugoj (a small town in the Austro-Hungarian Empire, until 1918 when it became part of Romania). This was the first time in the history of Deliblato Sands that only foresters were engaged in sand binding efforts, which led to the greatest results. A new method of binding sand was established and applied in 1883, whereby juniper scrub (*Juniperus communis* L.) was laid down on open sandy areas, black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) was planted and different species of grass were sown. This sand binding technique was the most successful and largely eradicated the “flying sand”. *Robinia pseudoacacia* L., *Populus* sp., *Pinus* sp., were mostly planted, along with *Quercus* sp., *Morus* sp., *Juglans nigra* L. (Bura, 1969; Table 2.), which covered 3,505 ha (Milenković et al., 2018). At the end of this afforestation phase, some parts of Deliblato Sands were designated for pastures.

- The fifth afforestation period (1898–1918) – Establishment of winegrowing colonies and the first protected Natural Monuments:

From 1898 onward, all work on Deliblato Sands is conducted by the Ministry of Agriculture – Department for Colonization. Due to the appearance of the grapevine pest

phylloxera (*Dactulosphaira vitifoliae* Fitch), which ravaged the vineyards on Vršački Breg, viticulture production was transferred to Deliblato Sands (as phylloxera cannot survive on sandy soil), whereby vineyards were formed on its peripheral parts (Palfi, Emanuelovac, Vekerle, Šušara and Mramorački vineyards). As vine cultivation on sandy soil requires extremely high effort with considerably reduced yield, most of these colonies were abandoned after a couple of decades. In this period, the state-owned 25,054 ha of land was set aside, and was given its current name “Deliblato Sands.” By 1907, most of the fields were stabilized and forestry activities were intensified, resulting in Deliblato Sands becoming highly profitable and the most organized state-owned enterprise in Hungary at the time.

In this phase, forest management plans were prepared for the Deliblato Sands. In the 1908–1912 period, the entire property was encircled by a border trench and pillars and was divided into 606 × 948 m sections (57 ha surface area), surrounded by fire protection pits extending in the southeast–northwest direction (denoted as letters A–S) and in the southwest–northeast direction (labelled as numbers 1–34). As this type of terrain organization facilitates management, it has been maintained to this day. In first 100 years of afforestation (1818–1918), 20,019 ha were cultivated, 12,189 ha of these surfaces were under forest, of which 7,040 ha covered by black locust, 4,869 ha by poplars and hardwood species, and 280 ha by pines (Milenković et al., 2018). Although black locust was most prevalent, it was often planted in inadequate habitat, which led to the emergence of lower-quality forest. In 1912, five sections of forest management

were set aside as Natural Monuments—the first protected areas within the Deliblato Sands. Throughout this period, the range of ecosystem services expanded considerably, including an increase in grazing areas, greater use of wild herbaceous species, introduction of bee pasture, and establishment of wells, shelters, observatories and a metrological station.

- The sixth afforestation period (1918–1945) – The Interwar period and WWII:

In this historically very turbulent period, the creation of Kingdom of the Serbs, Croats, and Slovenes in 1918, and later the Kingdom of Yugoslavia, marked a new forestry era. After the First World War, the Forestry Administration was established, which continued the tradition of afforestation, although the activities were restricted to felling existing forests. By the Second World War, around 2,400 ha were afforested, mostly using black locust (*Robinia pseudoacacia* L.), and pines (*Pinus nigra* J. F. Arnold and *Pinus sylvestris* L.) (Milenković et al., 2018; Figure 8; Table 2.).

- The seventh afforestation period (1945–1991) – period after the WWII:

During and immediately after the Second World War, Deliblato Sands were once again devastated by excessive exploitation, resulting in the re-emergence of free sands. In the Yugoslav period, focus was given to the state modernization. Forest exploitation for timber production was very intensive, in order to provide timber for construction sites, factories and export. In this period, in Deliblato Sands fo-



Figure 8. Black pine planting in Deliblato Sands after WWI (Public enterprise “Vojvodinašume” archives)

Slika 8. Sadnja crnog bora poslije I Svjetskog rata na Deliblatskoj peščari (arhiv javnog poduzeća „Vojvodinašume”)

rest areas of *Pinus nigra* J. F. Arnold and *Pinus sylvestris* L. were reforested and expanded (Letić and Malešević, 2005; Milenković et al., 2017; Table 2.). By 1987, the area under pine trees had increased to 5,916 ha, which aggravated the risk of potential fires. In the 1948–2017 period, 267 forest fires were recorded in this area, destroying 11,943 ha of forest (Milenković et al., 2018). The largest fires were recorded in 1972, 1990, 1996 and 2007 (Milenković et al., 2017).

After the WWII, federal and republican decrees on the organization of forestry were passed, and nine large forest holdings were created in Serbia that managed the public forests. Since 1948, the previous practice of forest use has been changed and exploitation has been separated from forest cultivation. Since 1950, a new Law on Forests was implemented, according to which the management of forests was transferred to regional holdings. In 1951, the forestry of Vojvodina was placed under the jurisdiction of the Provincial Government. Forest Management in Bela Crkva with its three forest administrations - Banatski Karlovac, Deliblato and Bela Crkva - was given the responsibility for afforestation, management, and later use of forests within Deliblato Sands. The Planning Elaborate issued in 1952 further mandated annual afforestation and reforestation on 200 ha, for which *Pinus nigra* J. F. Arnold and *Pinus sylvestris* L., *Juglans nigra* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Populus carolinensis* Moench., *Tilia tomentosa* Moench and *Juniperus virginiana* L. were predominantly used. In this period, 4,180 ha is afforested.

In this period, a more intensive poplar production began in Serbia. Intensive poplar and willow plantations were mostly located on sites of natural willow and poplar forests, as well as areas covered by other forest tree types.

- The eighth afforestation period (1991–2006) – The period marked by “Srbijašume” and “Vojvodinašume” public enterprises:

In 1991, with the passing of the amendment of the Law on Public Enterprises and the Law on Forests, forestry operations in the Republic of Serbia were centralised and taken over by the Public Enterprise “Srbijašume”. Public forests and areas were placed under state ownership, and 27 forest units were established to facilitate their management. Under this new framework, the Deliblato Sands was located within the “Banat” Forestry Holding in Pančevo.

In 2002, in accordance with the Decision of the Provincial Government of Autonomous Province of Vojvodina (Official Gazette of APV no. 7 of 20/05/2002), all forest areas at the AP Vojvodina territory were placed under the jurisdiction of a newly founded public company “Vojvodinašume” with headquarters in Petrovaradin. Forestry Holding “Banat” in Pančevo is still one of the three organizational units of this company. During this period, about 728 ha were reforested (Figure 9.) and scientific research on Deliblato Sands was intensified, with the aim of elucidating its biodiversity, as well as addressing the problems faced by forestry (seedling withering, parasite infestation, raising and maintaining forests on sands, etc.).

- The ninth afforestation period (from 2006 onward) – Period of sustainable forest management:

In 2006, Public enterprise “Vojvodinašume” started the process of certification of forests under its management, which implies the application of clearly defined international standards in the implementation of sustainable forest manage-

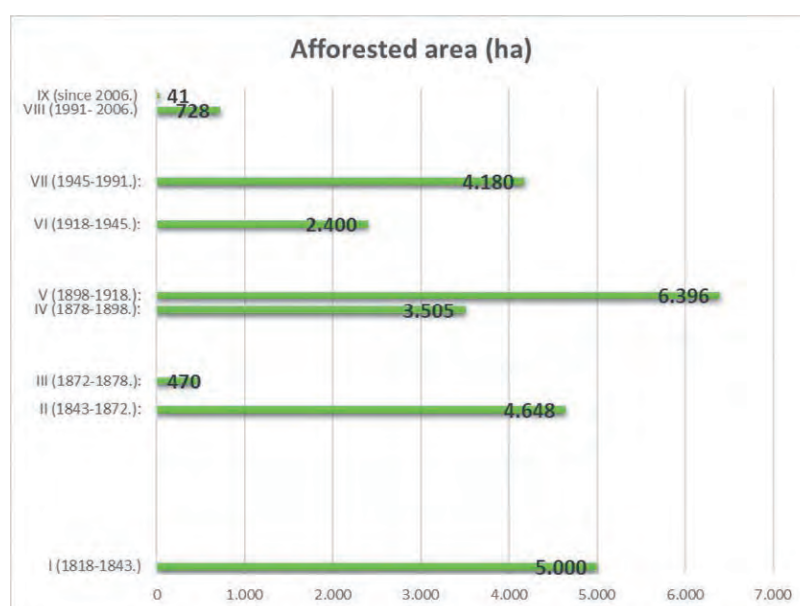


Figure 9. Afforested areas in 204 years on Deliblato Sands

Slika 9. Pošumljene površine Deliblatske pješčare u posljednje 204 godine

ment, i.e., forest management in an economically profitable, ecologically acceptable and socially equitable manner, in accordance with the FSC (Forest Stewardship Council) program. As part of this practice, “Vojvodinašume” is obliged to replace stands of non-native species with autochthonous ones, which represents a significant step forward in the planning and management of forest habitats, especially within protected areas. This strategy, in principle, contributes to the promotion of the richness and diversity of flora, but also to the control of invasive species associated with non-native species. The conversion of non-native species cultures within the Deliblato Sands just started. So far, only degraded plantations of pines, black locust and black walnut are improved on 41 ha. Species replacement in non-native plantations is planned on over 1,000 ha for the period until 2029. (Public enterprise “Vojvodinašume”, 2020). Conversion refers to stands of *Pinus nigra* J. F. Arnold, *Pinus sylvestris* L., *Robinia pseudoacacia* L. and *Populus* sp. as well as mixed stands of hard or soft hardwoods. In the ninth period, the smallest area was afforested (Figure 9.).

Concluding remarks – Zaključna razmatranja

After 204 years of forestry practice, Deliblato Sands is currently an overgrown and stabilized sandy area, from which free sand has been almost eliminated. Its landscape is dominated by forest habitats, followed by shrubby and grassy phytocoenoses. Over the years, *Robinia pseudoacacia* L.—planted with the intention of stabilizing the sand dunes—has spread spontaneously along with the autochthonous scrub vegetation. Today, *Robinia pseudoacacia* L. forests represent the largest forest units in this area. On the one hand, the intensive afforestation practice has mitigated the issue of spreading sand masses. On the other hand, it has threatened the survival of sandy and other non-forest habitats, and thus the specific biodiversity. Maintaining the balance between the need to control and exploit nature and the preservation of endangered habitats is certainly the most important task for the experts in the field of forestry and nature protection. The change in forestry strategy aimed at the replacement of non-native forests is a significant novelty of the current practice and will undoubtedly contribute to the preservation of the natural ecosystems of the area.

ACKNOWLEDGMENTS

ZAHVALA

We would like to thank PC “Vojvodinašume” for all data provided for this research. We are grateful to mister Milan Josić for help in translation. The authors gratefully acknowledge the financial support of the Ministry of Science, Technological Development and Innovation of the Republic of Serbia (Grant No. 451-03-47/2023-01/200125)

REFERENCES LITERATURA

- Ajtay, J. 1902: A deliblato futóhomokról, Erd. Lapok, Vol. (41:1):26-46, Budapest.
- Ajtay, J. 1912: A deliblato kincstári homokpuszta ismertetése, Erd. Lapok, Vol (51:1): 25-42, Budapest.
- Ali Bohajar, Y. M. 2015: Suše i proces aridizacije kao faktor degradacije zemljišta na području Deliblatske peščare, Disertacija, Šumarski fakultet, Beograd.
- Bohn, U., R., Neuhäusl, G., Mitarbeit von Gollub, C., Hettwer, Z., Neuhäuslová, H., Schlüter, H., Weber, 2000/2003: Karte der natürlichen Vegetation Europas / Map of the Natural Vegetation of Europe, Maßstab/Scale 1:2.500.000, Teil 1/Part 1: Erläuterungstext/Explanatory Text, 655 S./pp., Teil 2/Part 2: Legende/Legend, 153 S./pp., Teil 3/Part 3: Karten/Maps, Landwirtschaftsverlag, Münster.
- Bukurov, B. 1953: Geomorfološke crte južne Bačke, Zbor. rad. Geogr. ins. SANU, Vol. (4):1-70, Beograd.
- Bukurov, B. 1955: Opis puta po Vojvodini učesnika IV kongresa geografa FNRI, Zbor. Mat. srp. za priro. nauke, Vol. (9):143-150, Novi Sad.
- Bulla, B. 1938: Der pleistozäne löss im Karpathenbecken, Föld. Köz., Vol. (68:1-3):33-58 Budapest.
- Bura, D. (ur.) 1969: Deliblatska peščara 1818-1968. Šumsko industrijski kombinat Pančevo. 134 str. Pančevo.
- Butorac, B., V., Habijan-Mikeš, V., Vider, 2002: Opstanak peščara u Vojvodini, Grafoprodukt. 92 str., Subotica.
- Butorac, B., B., Panjković, 2013: Edicija Vegetacija Vojvodine, Knjiga 1, Peščarska vegetacija u Vojvodini, Pokrajinski zavod za zaštitu prirode, 161 str., Novi Sad.
- Cholnoky, J. 1910: Az Alföld felszíne. Föld. Köz., Vol. (38): 413-436, Budapest.
- Ćuk, M. 2019: Status i vremenska dinamika flore i vegetacije Deliblatske peščare, Disertacija, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad.
- Edwards, A.R., S. R., Mortimer, C. S., Lawson, D. B., Westbury, S. J., Harris, B. A., Woodcock, V. K., Brown, 2007: Hay strewing, brush harvesting of seed and soil disturbance as tools for the enhancement of botanical diversity in grasslands, Biol. Conserv., Vol. (134):372-382.
- Ellenberg, H., 2009: Vegetation Ecology of Central Europe, Cambridge University Press, 756 str., Cambridge — New York.
- Hejcman, M., P., Hejcmanová, V., Pavlu, J., Benes, 2013: Origin and history of grasslands in Central Europe – a review, Grass Forage Sci, Vol. (68):345-363, Dunston.
- Javno preduzeće “Vojvodinašume” Petrovaradin, 2020: Studija konverzije JP “Vojvodinašume” za period 2020-2029, Petrovaradin.
- Kadović, R., Y. M., Ali Bohajar, V., Perović, S., Belanović Simić, M., Todosijević, S., Tošić, M., Andelić, D., Mladen, U., Dovezenski, 2004: Land Sensitivity Analysis of Degradation using MEDALUS model: Case Study of Deliblato Sands, Serbia, Arch. Environ. Prot., Vol. (42:4):114-124, Zabrze.
- Letić Lj., R., Malešević, 2005: Povodom jubileja 185. godišnjice pošumljavanja Deliblatske peščare, U: IV Međunarodni simpozijum «Deliblatska peščara», Zbornik radova VII, JP “Vojvodinašume”, ŠG “Banat”, 5-14, Pančevo.

- Leuschner, C., H., Ellenberg, 2017a: Ecology of Central European Forests, Vegetation Ecology of Central Europe, Volume I, Springer International Publishing AG, 972str., Cham, Switzerland.
- Leuschner, C., H., Ellenberg, 2017b: Ecology of Central European Non-Forest Vegetation: Coastal to Alpine, Natural to Man-Made Habitats Vegetation Ecology of Central Europe, Volume II, Springer International Publishing AG, 1094 str., Cham, Switzerland.
- Marković-Marjanović, J., 1950: Prethodno saopštenje o Deliblatskoj peščari, Zbor. rad., geol. inst. SANU, Vol. (3):1-23. Srpska Akademija nauka, Geološki institut, Beograd.
- Matvejev, S. D., 1973: Predeli Jugoslavije i njihov živi svet, Priručnik za ljubitelje prirode i školske ekskurzije, Naučna knjiga, 322 str., Beograd.
- Menković, Lj., 2013: Eolian relief of Southeast Banatian, Bull. Serb. Geogr. Soc. Vol. (93:4): 1-22, Beograd.
- Milenković, M., V., Babić, M., Krstić, J., Stojanović, 2017: Pines in the Deliblato Sands: ecological lesson. In: 10th International Scientific Conference "Science and Higher Education in Function of Sustainable Development", 20-24, Mečavnik – Drvengrad, Užice.
- Milenković, M., S., Munćan, V., Babić, 2018: Dva veka pošumljavanja Deliblatske peščare: problem šumskih požara, Šumarstvo Vol. (3-4):1-24. Beograd.
- Milojević, B. Ž., M., Vasović, P., Hrćan, 1949: Prilozi geografiji Banatske peščare, Geografski institut SANU, Naučna knjiga, 86 str., Beograd.
- Mucina, L., H., Bültmann, K., Dierßen, J-P., Theurillat, T., Raus, A., Čarni, K., Šumberová, W., Willner, J., Dengler, R., Gavilán, M., Chytrý, M., Hájek, R., Di Pietro, J., Pallas, F., Daniëls, E., Bergmeier, A., Guerra, N., Ermakov, M., Valachovič, J., Schaminée, T., Lysenko, Y., Didukh, S., Pignatti, J., Rodwell, J., Capelo, H., Weber, P., Dimopoulos, C., Aguiar, S., Hennekens, L., Tichý, 2016: Vegetation of Europe: hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities, Appl. Veg. Sci., Vol. (19): 3–264.
- Odluka o osnivanju Javnog preduzeća "Vojvodinašume" ("Službeni list APV", broj 7/02, od 20.05.2002./ Official Gazette of APV no. 7 of 20/05/2002).
- Pančić, J., 1863: Živi pesak i bilje, što na njemu raste, Glas. Druš. Srb. Slo., Vol. (16):197-233, Beograd.
- Pavlović, P., N., Kostić, B., Karadžić M., Mitrović, 2017: The Soils of Serbia, World Soils Book Series, Springer Science & Business Media Dordrecht, 225 str.
- Rakić, M.O., S., Marković, S., Simonović, 1980/81: Novi podaci o građi i genezi Deliblatske peščare. Vesn. (Geolog.), Zav. Geol. Geofiz. Istraž., Vol. (38-41): 50-53, Beograd.
- Sekulić, D., S., Šljivovački, 1980: Istorijat radova na vezivanju peska od 1818. do 1978. Godine, U: Deliblatski pesak, Zbornik radova IV, Specijalni prirodni rezervat „Deliblatski pesak“, Šumsko industrijski kombinat „Pančevo“ i Društvo ekologa Vojvodine, 31–40, Pančevo.
- Stjepanović-Veseličić, L., 1953: Vegetacija Deliblatske peščare. Srpska akademija nauka i umetnosti / SANU, Institut za ekologiju i biogeografiju, posebno izdanje, tom CCXVI, Vol. 4, Naučna knjiga, 113 str., Beograd.
- Timár, G., G., Molnár, B., Székely, S., Biszak, J., Varga, A., Jankó, 2006: Digitized maps of the Habsburg Empire – The map sheets of the second military survey and their georeferenced version, Arcanum, Budapest.
- Walter, H., H., Straka, 1970: Arealkunde. Floristisch-historische Geobotanik, 2. ed., Ulmer, 478 str., Stuttgart.
- Wessely, J., 1873: Der europäische flugsand und seine kultur: Besprochen im hinblicke auf Ungarn und die Banater wüste insbesondere, Faesy & Frick, 392 str., Wien.

SAŽETAK

Deliblatska peščara jedna je od najvećih peščara u Europi. S obzirom da je obrastanje pijeska spor i dugotrajan proces, praćen ljudskim aktivnostima koje devastiraju biljni pokrov (ispaša, sječa šuma), površine ogoljenog pijeska na Pješčari zadržane su sve do 18. stoljeća. Rastresiti pijesak kočio je razvoj poljoprivrede u regiji cijelog južnog Banata, te je trebalo krenuti u intenzivniji proces obuzdavanja pješčane mase. Pošumljavanje ovog područja počelo je 1818. godine i još uvijek traje. U procesu pošumljavanja može se prepoznati devet razdoblja koja se razlikuju u odnosu na tehnike pošumljavanja, izbor vrste te organizacijski ustroj šumarskih jedinica kojima je područje Pješčare povijesno pripadalo. Najznačajniji rezultati postignuti su u vezivanju rastresitog pijeska korištenjem sadnica bagrema (*Robinia pseudoacacia* L.) u kombinaciji s grmovima borovice (*Juniperus communis* L.) položenih među redove sadnica i uz sijanje različitih vrsta trava. Ova tehnika primjenjuje se od IV. razdoblja pošumljavanja (1878-1898). Najveća područja pošumljena su tijekom V. razdoblja pošumljavanja (1898.-1918.), kada su dijelovi Pješčare prvi put u povijesti formalno zaštićeni kao područja značajna za očuvanje biološke raznolikosti. Vrste koje su najčešće korištene u pošumljavanju su bagrem (*Robinia pseudoacacia* L.), bijeli i crni bor (*Pinus sylvestris* L., *Pinus nigra* J. F. Arnold), topola (*Populus* sp.), a zasađene su i neke grmolike (npr. *Juniperus virginiana* L.) i zeljaste vrste (npr. *Ammophilla arenaria* (L.) Link, *Festuca vaginata* Wild., *Leymus arenarius* (L.) Hochst., *Carex arenaria* L.). Danas je u Deliblatskoj peščari bagrem najzastupljenija vrsta, zauzima skoro trećinu cjelokupne površine.

KLJUČNE RIJEČI: stabilizacija pijeska, pješčarska vegetacija, kontinentalne pješčane dine, bagrem

ALPSKA STRIZIBUBA (*Rosalia alpina* L.)

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

Najpoznatija je i najljepša strizibuba europske faune. Rasprostranjena je u srednjoj i južnoj Europi od Španjolske do Urala i Kavkaza najčešće na nadmorskim visinama od 500 do 1500 metara, te na Bliskom istoku i Rusiji. Veličina tijela je varijabilna i naraste od 14 do 38 mm. Osnovna boja tijela je svijetlo plava sa tri reda crnih točaka na pokrillju od kojih su srednje najveće i najčešće se spajaju, pa na prvi pogled tvore oblik pruge, dok su stražnje najmanje. Veličina točaka varira, a neke mogu i izostati. Na vratnom štitu uz gornji rubu u sredini nalazi se crna ovalna pjega. Spolovi se međusobno razlikuju. Ženke imaju kraća i deblja ticala koja su veličine oko duljine tijela, dok su kod mužjaka ticala dulja i do još jedne dužine tijela. Ticala su svjetlo plava s čupercima crnih dlačica koji su najizraženiji od trećeg do šestog članka. Ženke imaju vidljivu jajnu leglicu na kraju abdomena i često su krupnije od mužjaka. Odrasle jedinke hrane se peludom, lišćem i sokom drveta, žive tri do šest tjedana u razdoblju od lipnja do rujna.

Ženke nakon parenja na osunčanim mjestima polažu bjelkasta jajašca, ovalnog oblika duljine 3–3,8 mm i širine 0,6–0,9 mm u pukotine debla ili ispod kore bukvi, rjeđe na listopadnim rodovima: *Alnus*, *Carpinus*, *Castanea*, *Fraxinus*, *Juglans*, *Quercus*, *Tilia* i *Ulmus*. Ličinke se hrane trulim drvom od ostataka debala, umirućim trulim stojećim deblima i panjevima, pa pripadaju skupini saproksilnih kornjaša kojima je životni ciklus vezan za drvenu tvar u raznim fazama raspadanja. Na kraju svog razvoja ličinke izgrizu komoricu od strugotina drveta u blizu površine kore u kojoj se zakukulje. U Hrvatskoj širi svoj areal, te se je unazad desetak godina pojavila u bukovim sastojinama i na nižim nadmorskim visinama na područjima poput Bilogore i Kalnika.

Alpska strizibuba je strogo zaštićena vrsta u Republici Hrvatskoj, a prema crvenom popisu saproksilnih kornjaša za područje članica Europske unije nalazi se na popisu osjetljivih (VU) vrsta sa padajućim populacijskim trendom.



Ženka, snimljena 14. srpnja 2023. godine na području GJ „Đurđevačka Bilogora“ u šumskom predjelu Lipik na nadmorskoj visini od 220 metara



Mužjak, snimljen istog dana i na istom mjestu kao i ženka



STRUČNO-ZNANSTVENI, KULTURNI I SPORTSKI SADRŽAJI DANA HRVATSKOG ŠUMARSTVA U VINKOVcima

Mr. sc. Lucija Vargović, dipl. ing. šum.

Dani hrvatskog šumarstva najveća su šumarska manifestacija koja se tradicionalno održava u mjesecu lipnju od 1998. godine, nakon što je Skupština Hrvatskoga šumarskog društva 1997. godine proglasila 20. lipnja za Dan hrvatskog šumarstva. Toga je datuma 1991. godine promijenjen naziv ove krovne šumarske udruge iz Saveza društava inženjera i tehničara šumarstva i drvne industrije Hrvatske u Hrvatsko šumarsko društvo. Isti datum ima svoju važnost, jer je 20. lipnja 1977. proglašen *Zakon o vraćanju dijela zgrade „Šumarski dom“ Savezu inženjera i tehničara šumarstva i drvne industrije Hrvatske* za dio zgrade nacionalizirane 1961. godine.

Ove su godine, ususret tom danu, kao središnje događanje 2. i 3. lipnja održani Dani hrvatskoga šumarstva sa 13. Državnim natjecanjem šumarskih radnika sjekača. Kao središnje mjesto događanja prigodno su odabrani Vinkovci,



Slika 2. Predavanja je održao izv. prof. dr. sc. Krunoslav Teslak

jer se ove godine obilježava 150 godina organiziranog šumarstva istočne Slavonije i 220 godina od rođenja znamenitoga vinkovačkog šumara Ante Tomića. Zadatke organizacije preuzele su Hrvatske šume, Uprava šuma podružnica Vinkovci i Hrvatsko šumarsko društvo, Ogranak Vinkovci i Središnjica. Vinkovčani su se očekivano pokazali izvrsnim domaćinima i organizatorima te osigurali da logistički



Slika 1. Plakat Natjecanja šumarskih radnika sjekača



Slika 3. Predavanja prate predsjednik HŠD-a akademik Igor Anić, predsjednik HŠD-a Ogranka Vinkovci Anto Glavaš, voditelj UŠP Vinkovci Krasnodar Sabljčić i dekan FŠDT prof. dr. sc. Josip Margaletić



Slika 4. Postrojavanje ekipa šumarskih radnika sjekača

kompleksno događanje protekne glatko i na zadovoljstvo svih sudionika.

Središnje mjesto proslave bio je park Lenije u samom centru Vinkovaca. Park je utemeljen sredinom 19. stoljeća, a danas ima status spomenika parkovne arhitekture. S površinom od 4 ha i preko 770 stabala različite starosti, pred-

stavlja najveći vinkovački parkovni prostor. Da je lokacija izvrsna za ovakvo događanje, potvrđeno je i prije 20 godina kada je ovdje održano natjecanje sjekača, ali i brojna druga sportska događanja te kulturne manifestacije.

Ovogodišnje obilježavanje proslave Dana hrvatskog šumarstva započelo je 2. lipnja znanstveno-stručnim skupom.



Slika 5. Uzvanici prilikom intoniranja državne himne na svečanom otvorenju



Slika 6. Nastup KUD-a Šumari

Sudionicima su se na početku skupa obratili predsjednik HŠD-a Ogranka Vinkovci Anto Glavaš, voditelj Uprave šuma Podružnice Vinkovci Krasnodar Sablijić i predsjednik Hrvatskoga šumarskog društva akademik Igor Anić, a otvorenju su nazočili dekan Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu prof. dr. sc. Josip Margaletić, predsjednica Hrvatske komore inženjera šumarstva i drvne tehnologije Silvija Zec, tajnik HŠD-a Oliver Vlajnić, voditelji brojnih podružnica uprava šuma, predsjednici ogranaka HŠD-a, zaposlenici Hrvatskih šuma te članovi Ogranaka Vinkovci.

Akademski dio događanja bio je posvećen doajenu šumarstva Antunu Tomiću, koji je rođen 1803. godine u Vinkovcima. Interdisciplinarna povijesno-šumarska predavanja o Antunu Tomiću pod nazivima *Antun Tomić - istinski šumarski intelektualac svevremenskih promišljanja o gospodarenju šumama* i *Racionalna metoda uređivanja šuma Antuna Tomića - prilagodljivo gospodarenje šumama u cilju uspostave potrajnosti* pripremili su prof. dr. sc. Jura Čavlović i izv. prof. dr. sc. Krunoslav Teslak s Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije. Oba je rada prezentirao Krunoslav Teslak.

Nakon predavanja, u povijesnom vinkovačkom parku Lenije, ministrica poljoprivrede Marija Vučković otvorila je natjecateljski i kulturni program Dana šumarstva. Predsjednik Uprave Hrvatskih šuma Nediljko Dujić tom je prilikom podsjetio na težinu sjekačkog posla, kao najopasnijeg nakon rudarskog: *Dani hrvatskoga šumarstva i natjecanje šumarskih radnika sjekača svakako su prigoda za istaknuti velik značaj svih radnika u šumarstvu koji su ključni sudionici proizvodnih procesa, a sječa stabala po pravilima struke jedan je od osnovnih uzgojnih zahvata kojim*



Slika 7. Suci su odradili zahtjevan posao



Slika 8. Kresanje grana je najatraktivnija disciplina



Slika 9. Pobjednička ekipa UŠP Zagreb

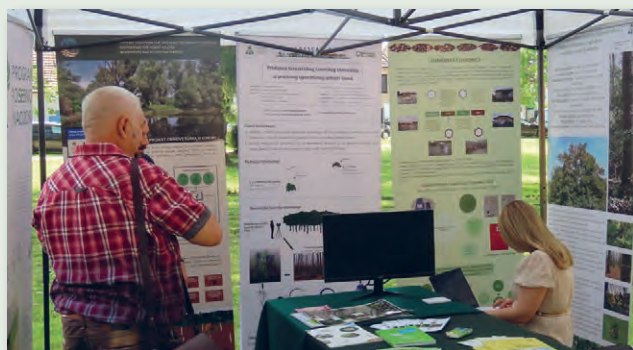
se osigurava održivost gospodarenja i opstojnost naših šuma. Prisutnima su se obratili i župan vukovarsko-srijemski Damir Dekanić, inače donedavni voditelj UŠP Vinkovci, gradonačelnik Vinkovaca Ivan Bosančić i voditelj UŠP Vinkovci Krasnodar Sabljčić, koji se obratio prisutnima.. „Nalazimo se u Vinkovcima, gdje god da se okrenete vidite prošlost i sadašnjost šumarstva, a na nama je zalog budućnosti šumarstva“. Svečanom otvorenju nazočili su ministar obrane Mario Banožić, državni tajnik u Ministarstvu poljoprivrede Mladen Pavić te brojni uvaženi gosti i predstavnici mnogih akademskih, strukovnih i upravnih institucija i tvrtki. Kao tradicionalni dio svečanosti prošlogodišnji je pobjednik natjecanja Ante Zadro podigao hrvatsku zastavu te su postrojene natjecateljske ekipe iz svake od 17 Uprava šuma i gostujuće ekipe iz Republike Slovenije i Republike Mađarske. Otvaranje, kao i zatvaranje manifestacije idući dan bilo je popraćeno izvedbama muške pjevačke skupine Baće iz Bošnjaka te našeg poznatog KUD-a Šumari.

Dio kulturnih i edukativnih šumarskih događanja nastavio se drugi dan, 3. lipnja. Pod gustim krošnjama stabala

parka Lenije na izlagačkim su se prostorima predstavile brojne institucije, među kojima i Hrvatski šumarski institut, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, Hrvatski sindikat šumarstva, Hrvatski lovački savez, strukovne škole, veleučilišta i drugi dionici šireg šumarskog sektora, a tu su bili i razni sajmeni i kulturno-zabavni sadržaji te tradicionalna slavonska gastronomska ponuda. Najmlađim je posjetitelja posebno zanimljiva bila edukativna radionica za izradu predmeta od drva, koju su uredili Drvni klaster i vinkovačka podružnica Hrvatskih šuma. Brojni lokalni OPG-ovi nudili su svoje proizvode, a neke humanitarne udruge iskoristile su priliku za prezentaciju svoga rada i prikupljanje donacija.

Očekivano je posjetiteljima bio najzanimljiviji krunski šumarski sportski događaj - Državno natjecanje šumarskih radnika sjekača. Krenuvši od ranih jutarnjih sati 3. lipnja, na pomno pripremljenom borilištu najbolji radnici sjekači iz svih podružnica Hrvatskih šuma pokazali su svoje vještine u pet standardnih sjekačkih disciplina: okretanje vodilice, kombinirani prerez, precizni prerez na podlozi, podsijecanje stabla (zasjek) i definitivni prerez te kresanje grana. Između više od 1100 sjekača Hrvatskih šuma samo je najboljih 56 predstavljalo svoje podružnice, što je samo po sebi priznanje za njihov dobar rad. Usprkos zahtjevnim uvjetima i obimu posla, suci su uspjeli satima zadržati koncentraciju te je čitavo natjecanje proteklo bez ijedne žalbe. Ulogu voditelja na terenu izvanredno je odradio Miliivoj Diklić iz Delnica i pridonio dobroj atmosferi natjecanja.

Ekipni pobjednici koji će iduće godine predstavljati Hrvatsku na Svjetskom prvenstvu šumarskih radnika sjekača u Beču su po peti puta za redom sjekači iz Uprave šuma Podružnice Zagreb, te su na svečanom zatvaranju preuzeli prijelazni pehar. Drugo mjesto osvojili su sjekači iz UŠP Vinkovci, a broncom su se ovjenčali sudionici iz UŠP Ko-



Slika 10. Razne šumarske institucije predstavile su svoj rad



Slika 11. Cilj Dana hrvatskog šumarstva je približiti šumarsku struku javnosti

privnica. Među seniorima je pojedinačnu pobjedu izveo jedan od članova Hrvatske sjekačke reprezentacije Predrag Šolaja, a u kategoriji juniora pobijedio je Ivan Cumbaj.

Pehare, medalje i pohvale podijelili su član Uprave Hrvatskih šuma Ante Sablijić, voditelj UŠP Vinkovci Krasnodar Sablijić i direktor Sektora za šumarstvo Krešimir Žagar. Prirodne medalje i zahvalnice sudionicima iz Republike Slovenije i Republike Mađarske dodijelio je predsjednik Ocjnivačkog suda Mirko Balala. Događanje je uz čestitke i zahvale sudionicima i organizatorima zatvorio član Uprave Hrvatskih šuma Ante Sablijić.

Dani hrvatskog šumarstva prilika su za prezentaciju šumarske struke u svim segmentima, od znanstvene razine, tradicijske djelatnosti i promocije kroz edukativne aktivnosti, što je ova manifestacija i ostvarila.

Fotografije: mr. sc. Lucija Vargović, dipl. ing. šum. i Oliver Vlainić, dipl. ing. šum.



Slika 12. Radionica za djecu

TERENSKI DIO 1. SJEDNICE UPRAVNOG ODBORA HŠD-A 2023. GODINE

Oliver Vlainić, dipl. ing. šum.

Nakon održane sjednice i ručka u rasadniku Hajderovac, predsjednik Ogranka Požega Krešimir Pavić, dipl. ing. šum. pozvao je sve u terenski obilazak područja Šumarije Čaglin. U uvodnom dijelu je kraći opis Uprave šuma Podružnice Požega.

Uprava šuma Podružnica Požega s ukupnom površinom državnih šuma i šumskih zemljišta od 51.879 ha pripada manjim podružnicama u sastavu trgovačkog društva Hrvatske šume d. o. o. Prostire se na području Požeško-slavonske županije. Šumsko područje nalazi se većinom na slavonskim gorama Psunju, Papuku, Krndiji, Dilj gori i Požeškoj gori koje okružuju Požešku kotlinu, od rimskih vremena poznatu kao Vallis Aurea (Zlatna dolina). Podružnica s istočne strane graniči s UŠP Osijek, s južne strane s UŠP Nova Gradiška, sa zapadne strane s UŠP Bjelovar i sa sjeverne strane s UŠP Slatina i UŠP Našice. S istočne i sjeverne strane također graniči s privatnim šumoposjedima koji su vraćeni nekadašnjim vlasnicima u posljednjih petnaestak godina. (Sunčane šume d. o. o. gospodare s privatnim šumoposjedom Đakovačko-osječke nadbiskupije). Obrasla površina zauzima 50.773 ha (88 % ukupne površine). Drvna zaliha Podružnice iznosi 11,3 milijuna m³, godišnji tečajni prirast 281 tisuću m³ i prosječni godišnji etat 237 tisuća m³. Prevladavajuća vrsta drveća je obična bukva, a zatim hrast kitnjak. UŠP Požega šumama gospodari preko šest šumarija: Čaglin, Kamenska, Kutjevo, Pleternica, Požega i Velika te dvije radne jedinice: Transport, mehanizacija i graditeljstvo Požega i Rasadnik Hajderovac. Podružnica je pravni sljednik Šumskog gospodarstva Slavenska Požega osnovanog 1960. godine. Gospodarstvo je osnovano od središnje Šumarije Požege, koja je formirana 1957. godine na području tadašnjeg kotara Slavenska Požega s područnim šumarijama u Kamenskoj, Kutjevu, Pleternici, Požegi i Velikoj. Uz pet postojećih šumarija 1960. godine osnovana je i Šumarija Čaglin. Prema pisanju nekadašnjeg upravitelja Uprave šuma Požega mr. sc. Jurja Zelića, takav požeški način organizacije iz 1957. godine poslužio je 1960. godine kao model za osnivanje ostalih šumskih gospodarstava na području Hrvatske.

Na prvom stajalištu u gospodarskoj jedinici „Južna Krndija čaglinska“ sve sudionike sjednice u ime UŠP Požega pozdravio je rukovoditelj Odjela za proizvodnju Matej Begić, dipl. ing. šum. (slika 1.) Upravitelj Šumarije Čaglin Krunoslav Pavić, dipl. ing. šum. predstavio je osobnu iskaznicu šumarije:

Šumarija Čaglin jedna je od šest šumarija u sastavu Uprave šuma Podružnice Požega. Smještena je u istočnom dijelu Požeške podružnice, a nastala je 1960. godine iz dijelova šumarija Pleternica i Kutjevo s kojima i graniči kao i sa šumarijama iz sastava UŠP Našice, Osijek i Nova Gradiška te privatnim šumovlasnicima. Nadmorske visine na području šumarije kreću se od 130 m.n.v. do 471 m.n.v.

Ukupna površina Šumarije Čaglin je 8.270 ha, a obuhvaća dvije gospodarske jedinice: „Sjeverni Dilj čaglinski“ površine 4.902 ha i „Južna Krndija čaglinska“ površine 3.368 ha na kojoj se danas i nalazimo. Svaka gospodarska jedinica podijeljena je na dva revira. Prema namjeni šuma, uz 98 % gospodarskih šuma, imamo i 50 ha zaštitnih šuma te šume s posebnom namjenom i to značajni krajobraz Sovsko jezero na Dilju površine 32,45 ha i ovdje na Krndiji sjemensku sastojinu hrasta kitnjaka u kategoriji „selekcioniran“ površine 81,45 ha koju ćemo danas i vidjeti.

Ukupna drvna zaliha šumarije iznosi 1.924 711 m³, prirast je 47.768 m³, a etat 45.442 m³ od čega 28.303 m³ glavnog prihoda i 17.139 m³ prethodnog prihoda. Od vrsta drveća na području šumarije najzastupljenija je obična bukva s 42 %, zatim hrast kitnjak s 31 % te grab s 9 % i cer sa 7 %, a na području ove gospodarske jedinice najzastupljeniji je hrast kitnjak s 43 %.

Kod biološke obnove šuma za 2023. godinu planiramo utrošiti gotovo 380.000 eura. Prema propisanim radovima pro-



Slika 1. Rukovoditelj Odjela za proizvodnju UŠP Požega Matej Begić, predsjednik Ogranka Požega Krešimir Pavić i upravitelj Šumarije Čaglin Krunoslav Pavić



Slika 2. Revirnik Šumarije Čaglin Vladislav Dvoraček na drugom stajalištu

sječno godišnje na šumariji radimo 150 ha njega pomlatka i mladika, 50 ha priprema staništa, 30 ha čišćenja sastojina te 20 ha popunjavanja sjetvom sjemena i sadnjom sadnica i druge radove. Otvorenost na području šumarije iznosi 15 km na 1.000 ha, a svake godine ulažemo znatna sredstva na održavanju i izgradnji novih cesta.

U šumariji je trenutno zaposleno 49 zaposlenika, od toga 20 je tehničko i režijsko osoblje, a 29 su proizvodni radnici. Privlačenje drvne mase vršimo većim dijelom sa svojih sedam šumskih traktora skidera marke Ecotrac.

Na tri stajališta stručnu podlogu iznio je revirnik Vladislav Dvoraček, dipl. ing. šum.:

Prvo stajalište: Sjemenska sastojina

GJ „Južna Krndija čaglinska“ 21a, 22a, 23a i 23c

Na području UŠP Požega imamo jednu sjemensku sastojinu u kategoriji „selekcioniран“. Sjemenska sastojina obuhvaća četiri odsjeka (21a, 22a, 23a i 23c) u GJ „Južna Krndija čaglinska“ Šumarije Čaglin. Svi odsjeci su starosti 120 godina. Sjemenska sastojina priznata je i upisana u registar sjemenskih sastojina u upisnik proizvođača šumskog sjemena 11. 9. 1990.

s ukupnom površinom od 79,10 ha. Godine 2013. površina sjemenske sastojine povećana je sa 79,10 ha na 81,45 ha i kao takva se vodi u registru šumskih sjemenskih objekata. U razdoblju 2008. – 2017. (vrijeme važenja prošle šumskogospodarske osnove) u sjemenskoj sabrano je 148.665 kg žira hrasta kitnjaka od kojega je u rasadniku proizvedeno 5.949.831 sadnica. Sjemenskom sastojinom se gospodari po izrađenom programu gospodarenja šumskim sjemenskim objektom tipa sjemenska sastojina u kategoriji „selekcioniран“ uz odobrenje Hrvatskoga šumarskog instituta u Jastrebarskom.

2018. – 37.371 kg žira

2019. – 2021. – 0 kg žira

2022. – 52.200 kom sadnica prirodnog pomlatka

2023. – 3.620 kom sadnica prirodnog pomlatka

Drugo stajalište: Mlada sastojina u razvojnem stadiju koljika (slika 2.)

GJ „Južna Krndija čaglinska“ 29a

Mlada mješovita sastojina bukve, kitnjaka i graba starosti 17 godina i površine 38,76 ha. Popunjavanje sadnicama kitnjaka izvršeno je 2008. godine na 3,50 ha i 2009. godine na površini od 2,10 ha. Njega pomlatka izvršena je 2008. godine na 7,00 ha, 2009. godine na 10,08 ha, 2010. godine na 3,00 ha i 2011. godine na 17,48 ha. Rad njege mladika izvršen je 2016. i 2017. godine na cijeloj površini. Rad čišćenja koljika izvršen je 2020. godine na površini od 12,00 ha (gornja strana ceste) i 2021. godine na 20,00 ha (donja strana ceste).

Treće stajalište: Mlada sastojina u razvojnem stadiju mladika

GJ „Južna Krndija čaglinska“ 28a

Mješovita mlada sjemenjača kitnjaka, bukve i graba s ponešto cera i divlje trešnje površine 33,89 ha i starosti osam godina. Dvršni sijek izvršen je 2015. godine. Dvije godine nakon dovršnog sijeka 2017. godine izvršena je priprema staništa mehanički traktorskom sitnilicom i kemijski na površini od 5,50 ha, zatim je u jesen iste godine izvršeno popu-



Slika 3. Sudionici sjednice ispred Vinarije Kutjevo

njavanje sadnicama kitnjaka u tullyeve cijevi na toj istoj površini. Na površini odsjeka od 21,57 ha rad njege pomlatka izvršen je u ljeto 2017. godine. U 2018. godini izvršena je njega mladika na 12,00 ha. Godine 2020. izvršena je njega mladika s kemijskim premazivanjem stabalaca herbicidom na površini od 20,00 ha.

Nakon stručne rasprave na stajalištima terenski dio obilaska Šumarije Čaglin je završio i krenulo se prema Kutjevu. Prva postaja bila je Vinarija Kutjevo, a druga Vinarija Galić također u Kutjevu. (slika 3. i 4.) Dok je prva vinarija najstarija u Hrvatskoj sa stoljetnom tradicijom koja seže čak do 1232. godine, druga je započela s radom 2007. godine te 2018. godine izgradila potpuno novu suvremenu vinariju s najmodernijom opremom za vinarstvo. Završetak dana bio je u fakultetskom Nastavno-pokusnom šumskom objektu Velika u šumskom predjelu Duboka. Kao domaćin goste je pozdravio dekan Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu prof. dr. sc. Josip Margaletić te im želio dobrodošlicu i ugodno druženje uz slavonske delicije i glazbenike. Sudionicima se pridružio i voditelj UŠP Požega Milan Jurković, dipl. ing. šum. te s nekoliko riječi poželio ugodan boravak na požeškom području.

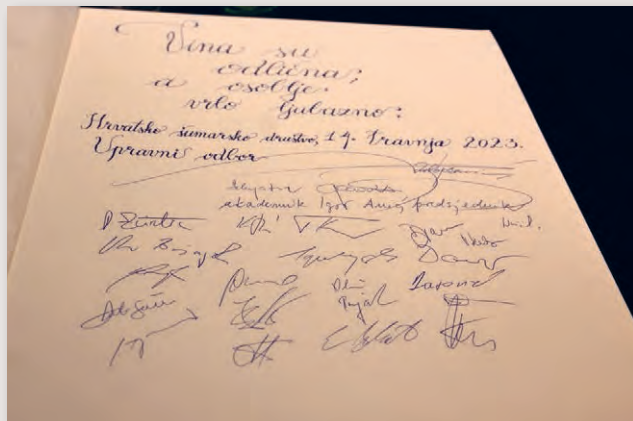
Budući krajem svibnja ove godine tajnik HŠD-a mr. sc. Damir Delač, dipl. ing. šum. odlazi u zasluženu mirovinu, predsjednik Društva akademik Igor Anić biranim riječima zahvalio se tajniku na svemu učinjenom za šumarsku struku i HŠD. Dužnost tajnika vršio je skoro punih 17,5 godina, najduže od svih dosadašnjih 43 tajnika u povijesti HŠD-a. Predsjednik mu je u ime HŠD-a uručio i simbolični poklon s tri značajnije uokvirene fotografije iz njegovoga radnog vijeka na mjestu tajnika. Tajnik Damir Delač zahvalio se na lijepim riječima i željama. Prisjetio se velikana šumarstva s kojima je imao prilike surađivati poput akademika Slavka Matića, dr. h. c. Branimira Prpića i mr. sc. Petra Jurjevića, naglasio je zadovoljstvo djelovanjem u struci i vjeru da ona ostaje u dobrim rukama za buduća vremena. Kao ugledni član struke, izabran upravo na današnjoj sjednici u Upravni



Slika 5. Predsjednik HŠD-a Igor Anić predaje darove tajniku Damiru Delaču

odbor HŠD-a, i dalje će nastaviti djelovati za dobrobit šuma i šumarstva. (slika 5.)

Sljedećega dana, 15. travnja 2023., sudionici sjednice uputili su se u Požegu, sjedište Požeško-slavonske županije i Uprave šuma Podružnice Požega. Vozila su parkirana na parkiralištu uz rijeku Orljavu pokraj upravne zgrade Stručnih službi UŠP Požega. Zgrada je sadašnji izgled dobila nakon adaptacije 1983. godine, a sagrađena je na temeljima građevine iz 1952. godine. Na prednjem dijelu zgrade logotip je nekadašnjega Šumskog gospodarstva Slavenska Požega (1957. – 1990.) za čijeg je djelovanja zgrada i sagrađena. (slika 6.) Nakon zajedničke kave uslijedio je turistički obilazak grada. Upoznavanje Požege počelo je iz samog srca grada na Trgu svetog Trojstva, koji ima nepravilni trokutasti oblik, pokraj spomenika podignutog 1749. godine poznatog kao Kužni pil (stup), u spomen na brojne Požežane umrle od kuge 1739. godine, na čijem se vrhu nalazi kip svetog Trojstva. (slika 7.) Većina zgrada na trgu su baroknog izgleda s prepoznatljivim boltama, a ističu se Gradska kuća i Gradski muzej. Nasuprot pila nalaze se crkva svetog Duha i Franjevački samostan. Znamenitost crkve je uređeni portal koji datira iz tridesetih godina 13. Stoljeća, što znači da je to



Slika 4. Zahvala Vinariji Galić



Slika 6. Upravna zgrada UŠP Požega



Slika 7. Na središnjem Trgu sv. Trojstva ispod Kužnog pila

jedna od najstarijih očuvanih gotičkih crkava u Hrvatskoj. Nedaleko je imponantna barokno-klasicistička palača Biskupskog dvora Požeške biskupije koju su sagradili Isusovci početkom 18. stoljeća. (slika 8.) Na nju se naslanja gotička crkva svetog Lovre, građena potkraj 13. stoljeća na rimskim temeljima, koja je u vrijeme osmanske vladavine od 1537. do 1689. godine služila kao džamija. U crkvi postoje freske iz 14. stoljeća. Dalje u nizu je današnja osnovna škola Antuna Kanižlića, koja se nalazi u zgradi izgrađenoj 1726. go-

dine za potrebe požeške Gimnazije. Od sredine 18. stoljeća u njoj je djelovala „Academia Posegana“ s filozofskim i teološkim fakultetom. Sestre milosrdnice reda svetog Vinka tu su 1878. godine uredile samostan.

Prvi spomen Požege datira iz darovnice ugarskog kralja Andrije II. požeškog Grada-tvrđave mađarskom kaločkom nadbiskupu Ugrinu 1227. godine. Prostor grada bio je naseljen u pretpovijesno i antičko vrijeme. Carica i kraljica Marija Terezija izdala je Požegi 1765. godine povelju slo-



Slika 8. Ispred Biskupskog dvora Požeške biskupije



Slika 9. Spomen-ploča Dobriši Cesariću

bodnoga kraljevskog grada. Po popisu stanovništva iz 2021. godine u gradu živi 22 tisuće, a u Požeško-slavonskoj županiji 64 tisuće stanovnika. Požeška županija prvi put se spominje 1210. godine. Nakon turske vladavine ponovno se uspostavila 1745. godine. Moderna županija obnovljena je 1993. godine. Osim sjedišta županije u gradu stoluje i Požeška biskupija uspostavljena 1997. godine.

U Požegi je rođen znameniti hrvatski književnik Dobriša Cesarić, čiji je otac bio županijski šumarski nadzornik Đuro Cesarić. Na rodnoj kući 1990. godine podignuta mu je spomen-ploča. (slika 9.) Kao šumar u Požegi je radio Ladislav Kraljević, stric hrvatskog slikara Miroslava Kraljevića.

Stari grad Požega, koji se sastojao od zidina i bastiona na uzvisini usred današnjeg grada, danas je uređeni park i še-

talište. U njemu su tijekom 13. stoljeća boravile ugarske kraljice, a u 16. i 17. stoljeću turski paše i begovi. Kao utvrda u zapisima se spominje od 1227. godine do 18. stoljeća nakon čega gubi svoju funkciju, da bi tijekom 19. stoljeća utvrda bila razgrađena i 1877. godine pretvorena u Strossmayerovo šetalište. Povodom 1000. godišnjice hrvatskog kraljevstva 1926. godine na vrhu je, zaslugom Braće hrvatskog zmaja, podignut Milenijski spomenik. (slika 10.)

Nakon dozvole carice i kraljice Marije Terezije iz 1754. godine od 1756. do 1763. godine građena je crkva (danas katedrala) svete Terezije Avilske koja se nalazi na istoime-nom trgu, a zaštitnica je Požege od 1993. godine. Unutrašnjost katedrale uređena je u stilu razigranog baroka i rokoka, a dodatno je ukrašena 1898. i 1899. godine zidnim slikama glasovitih hrvatskih slikara Celestina Medovića i Otona Ivekovića. Kripta crkve uređena je 2013. godine kao kapela svetog Ivana Pavla II., utemeljitelja Požeške biskupije. Na trgu ispred crkve nalazi se spomenik fra Luke Ibrišimovića-Sokola, vođe ustanka protiv Turaka i osloboditelja grada 1688. godine, kao i stoljetno stablo Ginka bilobe. (slika 11.) Nasuprot crkve na trgu se nalazi i zgrada današnje Dvorane svete Terezije Avilske sagrađena 1937. godine za potrebe kina „Central“, koje je prestalo raditi 1999. godine.

Spomenik pedeset sedmorici poginulih hrvatskih branitelja s područja Požege i Požeško-slavonske županije u Domo-vinskom ratu izgrađen je od fasadne cigle i spiralnog je oblika. Podignut je 2002. godine. Pri dnu spomenika nalazi se podna rasvjeta koja je posebno efektan način kada svako svjetlo osvijetli po jedan stup spomenika, što stvara zanimljivu igru svjetla i sjene. (slika 12.)



Slika 10. Ulazak u park Stari grad Požega



Slika 11. Kod stoljetnog stabla Ginka bilobe



Slika 12. Spomenik požeškim braniteljima iz Domovinskog rata

Završetak obilaska grada bio je kod zgrade današnjega Županijskog suda, sagrađene 1895. godine, prema projektu poznatih zagrebačkih arhitekata Lea Hönigsberga i Julija Deutscha. Godine 1896. u nišu zgrade postavljen je kip zaštitnika od požara sv. Florijana. Time je obuhvaćeno upoznavanje s baroknom jezgrom Požege. Daljnji obilazak slavonske Atene, kako su Požegu zbog njezinoga gospodarskog i kulturnog značaja zvali u 19. stoljeću, iziskivao bi puno više vremena zbog brojnih znamenitosti koje krasi ovaj grad.

Sudionici sjednice razili su se svojim kućama nakon zajedničkog ručka i zahvale domaćinima iz UŠP i Ogranka Požege na odličnoj organizaciji i tradicionalnom slavonskom gostoprimstvu. (slika 13.)



Slika 13. Zahvala domaćinima iz Ogranka Požege

ZAPISNIK

1. SJEDNICE ELEKTRONIČKE SJEDNICE UPRAVNOG ODBORA HRVATSKOG ŠUMARSKOG DRUŠTVA (HŠD) 2023. GODINE

1. Elektronička sjednica Upravnog odbora HŠD 2022. godine održana je od 20. veljače u 0,00 sati do 21. veljače u 24,00 sata.

Nazočni: Akademik Igor Anić, Emil Balint, dipl. ing., mr. sc. Boris Belamarić, Daniela Cetinjanin, dipl. ing., mr. spec. Mandica Dasović, Damir Dramalija, dipl. ing., Goran Gobac, dipl. ing., prof. dr. sc. Marijan Grubešić, prof. dr. sc. Vladimir Jambreković, Marina Juratović, dipl. ing., Josip Kovačić, dipl. ing., Ivan Krajačić, dipl. ing., Valentina Kulaš, Dorica Matešić, dipl. ing., Damir Miškulin, dipl. ing., Martina Pavičić, dipl. ing., Krešimir Pavić, dipl. ing., dr. sc. Sanja Perić, Marko Perković, dipl. ing., Krasnodar Sabljic, dipl. ing., mr. sc. Dalibor Tonc, Davor Topolnjak, dipl. ing., Oliver Vlanić, dipl. ing., doc. dr. sc. Dinko Vusić, Silvija Zec, dipl. ing., Dražen Zvirotić, dipl. ing.

Ispričani: prof. dr. sc. Milan Glavaš, Krešimir Jakupak, dipl. ing., prof. dr. sc. Josip Margaletić, Darko Mikičić, dipl. ing., Darko Posarić, dipl. ing., Ante Taraš, dipl. ing., prof. dr. sc. Ivica Tikvić,

Dnevni red

1. Usvajanje Financijskog izvješća – izvješća o izvršenju financijskog plana HŠD za 2022. godinu.
2. Usvajanje Izvješća Povjerenstva za popis imovine HŠD-a na dan 31. 12. 2022. godine.
3. Usvajanje Izvješća Nadzornog odbora HŠD za 2022. godinu.
4. Usvajanje prijedloga za rashod osnovnih sredstava.
5. Usvajanje Odluke o rasporedu viška prihoda HŠD ostvarenog u 2022. godini.

Kako je od ukupno 33 člana Upravnog odbora sjednici nazočilo njih 26 utvrđen je kvorum.

Rezultati glasanja su sljedeći:

Ad. 1. Usvajanje Financijskog izvješća – izvješća o izvršenju financijskog plana HŠD-a za 2022. godinu.

IZVRŠENJE FINACIJSKOG PLANA ZA 2022. GODINU			
	PLAN 2022	IZVRŠENJE PLANA 2022	
PRIHODI			
31 Prihodi od pružanja usluga	52.400,00	52.400,00	100%
32 Članarine	625.420,00	596.160,00	95%
34 Prihodi od imovine	1.502.050,00	3.272.365,49	218%
35 Prihodi od donacija	401.400,00	463.831,00	116%
36 Ostali prihodi	380.000,00	422.159,24	111%
UKUPNO PRIHODI:	2.961.270,00	4.806.915,73	162%
RASHODI			
41 Rashodi za radnike	845.000,00	840.015,07	99%
42 Materijalni rashodi	2.005.200,00	2.007.674,71	100%
43 Amortizacija	12.000,00	8.442,93	70%
44 Financijski rashodi	34.600,00	32.776,53	95%
45 Donacije	1.000,00	2.000,00	200%
46 Ostali rashodi	9.800,00	9.500,21	97%
UKUPNO RASHODI:	2.907.600,00	2.906.409,45	100%
52 REZULTAT:	53.670,00	1.906.506,28	3552%
Preneseni višak prihoda iz ranijih razdoblja	1.478.200,49	870.426,32	
Pokriće manjka 31.12.2021.	607.774,17		
Višak 31.12.2022.		1.906.506,30	
Višak za prijenos u buduće razdoblje	870.426,32	2.776.932,62	

Obrazloženje izvješća o izvršenju financijskog plana za 2022. godinu.

Financijski plan za 2022. godinu usvojen je početkom prosinca 2021. godine u redovnoj proceduri. U to vrijeme prilikom postavljanja planskih vrijednosti pretpostavljalo se da će prihodi poslovne godine biti stabilna stavka temeljena na poznatim ugovorima o zakupu poslovnog prostora, ustaljenoj poslovnoj suradnji vezano za pretplatu na Šumarski list i članarini temeljenoj na očekivanom broju članova. Tako su se u granicama mogućega planirali i rashodi posebno oni vezani za potrebne radove u zgradi Šumarskog doma koji su proizlazili iz ugovora o zakupu s Gradom Zagrebom.

Krajem 2022. godine, zbog konkretnih saznanja i procjene da će rezultat poslovanja u nekim planskim kategorijama značajno odstupati od važećeg financijskoga plana, na 3. sjednici Upravnog odbora održanoj 09. 12. 2022. te e-sjednici Skupštine koja je održana u razdoblju od 20. do 22. 12. 2022. usvojen je rebalans financijskoga plana, tako da su planske vrijednosti usklađene s realnijim očekivanjima za ostvarenje prihoda i rashoda na dan 31. 12. 2022.

Podloga za sastavljanje rebalansa plana bili su knjigovodstveni podaci na dan 31. 10. 2021. i procjene očekivanih prihoda i rashoda do kraja poslovne godine.

Kao rezultat poslovanja planiran je višak prihoda nad rashodima u iznosu od 53.670,00 kuna.

Početkom 2023. primili smo dokumentaciju od Odvjetničkog ureda koji nas zastupa u dva spora protiv Fakulteta kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu radi naplate potraživanja po osnovi neplaćene najamnine. Primili smo konačnu presudu i potvrdu pravomoćnosti/ovršnosti za jedan od tih sporova u kojem utužena glavnica iznosi 552.897,80 kuna.

S obzirom na potvrdu o pravomoćnosti, utuženi iznos glavnice uvećan za obračunate zatezne kamate na glavicu, ali i zatezne kamate na priznate sudske troškove, obuhvaćen je u iznosu prihoda od imovine. Iznos sudskih troškova u iznosu od 45.284,69 kuna koji nam je tuženik dužan platiti, obuhvaćen je u iznosu prikazanom u kategoriji ostali prihodi.

Predmetni spor vođen je za neplaćenu najamninu u razdoblju od 01. 01. 2004. do 01. 10. 2006. godine. Prva presuda donesena je 12. 03. 2012. godine, međutim, uslijedila je žalba tuženika, presude, pa ponovne žalbe, promjene nadležnosti suda na relaciji Zagreb – Bjelovar, do konačno zatražene revizije od strane tuženika na Vrhovnom sudu RH. Prema tom rješenju revizije postupka se odbacuju kao nedopuštene, te se izdaje potvrda o pravomoćnosti po presudi. S obzirom da u vrijeme izrade rebalansa nismo raspolagali potvrdom o pravomoćnosti tj. ovršnosti,

te činjenicu da je sudski spor kroz skoro dvadeset godina prošao puno obrata, pri izradi rebalansa plana, iznose koji proizlaze iz sudske presude, nismo uvrstili u realne planske prihode.

Iz tog razloga je u izvršenju planskih prihoda nastalo veliko odstupanje dok su ukupni rashodi ostvareni prema postavljenom planu s odstupanjima po pojedinim vrstama rashoda.

Ovdje napominjemo da je drugi spor protiv istog tuženika za osnovni dug od 1.372.920,60 kn za neplaćenu najamninu u razdoblju od 01. 01. 1999. do 15. 12. 2003. godine, u postupku revizije na Vrhovnom sudu RH, vraćen na prvostupanjski sud u ponovni proces. To je dodatni razlog što smo i prvom sporu i presudi pristupili sa zadržkom.

Isto tako napominjemo da su prihodi temeljem presude prikazani kao ostvareni, ali još uvijek nisu naplaćeni.

Ukupni prihodi ostvareni su u iznosu 4.806.915,73 kn.

Prihod od članarina ostvaren je u iznosu od 596.160,00 kn, što je manje od planom predviđenih 625.420,00 kn, što je pak posljedica smanjenja broja članova, kao i nekoliko prethodnih godina.

Posljedica je to još uvijek smanjene društvene aktivnosti ograničene pandemijom korona virusa, pa tako i manjeg interesa za članstvo u društvu.

Prihod od iznajmljivanja poslovnog prostora je u trenutku donošenja rebalansa bio poznat tako da je ostvaren u planiranom iznosu od 1.503.046,49 kn. Uvećan je za iznose koji proizlaze iz gore obrazložene sudske presude: 552.897,80 kn prihode od najma, 1.169.843,27 kn zateznih kamata po glavnici te 46.577,19 kn zateznih kamata na iznos sudskih troškova. Oba iznosa zateznih kamata obračunata su do dana 17. 05. 2021., kako stoji u potvrdi o pravomoćnosti. Iznos kamata će se u slučaju naplate razlikovati, s obzirom da će biti izvršen do datuma naplate.

U kategoriji donacija ostvareni su prihodi u iznosu 463.831,00 kn, što je ukupno 16% više od planom predviđenih 401.400,00 kn. U strukturi je vidljivo da su prihodi iz državnog proračuna namijenjeni financiranju izdavanja „Šumarskog lista“ na razini planom predviđenih i iznose 91.259,00 kn.

Prihodi od lokalne samouprave ostvareni su u planskom iznosu od 14.000,00 kn. Razlika je između planiranih i ostvarenih prihoda u kategoriji donacija od trgovačkih društava koji su ove godine ostvareni u ukupnom iznosu od 154.200,00 kn, što je 15% više od planom predviđenog iznosa od 134.000,00 kn.

Donacije od građana ostvarene su u iznosu od 201.372,00 kn, što u odnosu na planirani iznos od 159.000,00 kn

predstavlja povećanje od 27%. Rezultat je to značajnih uplata članova kao potpora radu unutar ogranaka Bjelovar, Požega, Našice, Virovitica i Split.

Skupina prihoda – ostali prihodi, uobičajeno obuhvaća prihode od pretplate na „Šumarski list“, koji su planirani u iznosu od 380.000,00 kn, a ostvareni u iznosu od 371.912,61 kn. U ovoj skupini prihoda ove godine prikazani su i troškovi gore navedenog sudskog spora u iznosu od 45.284,69 kn te iznos ostvarene potpore Republike Hrvatske iskazane kao umanjenje obveze plaćanja po računu za trošak električne energije u ukupnom iznosu za 2022. godinu od 4.353,66 kn.

Ukupni rashodi predviđeni planom u iznosu 2.907.600,00 kn ostvareni su u planiranom iznosu i iznose 2.900.409,45 kn.

U strukturi je u nekoliko grupa rashoda došlo do odstupanja, ali su sve kategorije rashoda promatrane po grupama ostvarene u vrijednostima na razini ili nižim od planiranih. Unutar grupa uočena su neka odstupanja po vrstama rashoda.

Rashodi za zaposlene na razini su planom predviđenih.

Skupina materijalnih rashoda planirana je u iznosu od 2.005.200,00 kn, a ostvareni iznos je 2.007.674,71 kn. Uobičajeno oni čine 70% ukupnih rashoda.

Rashodi za radnike ostvareni su u planom predviđenom iznosu. Prvo odstupanje je u kategoriji naknada troškova osobama izvan radnog odnosa. Ostvareni rashod je 41.423,93, što je 26% više od planiranog iznosa, a isti je posljedica ostvarenog službenog puta predstavnika HŠD na skupu European forest network na Islandu, koji je u ranijem razdoblju otkazan zbog pandemije. Nešto manji od planiranih su rashodi za telefon i poštu, tekuće održavanje i promidžbu, što u apsolutnom iznosu ne predstavlja značajno odstupanje.

Rashodi vezani uz intelektualne usluge, koji se uglavnom odnose na autorske honorare vezane uz izdavanje Šumarskog lista niži su 10% od predviđenih i iznose 171.443,85 kn. Posljedica je to dinamike obračuna primljenih radova i recenzija, te odabira za objavu u časopisu.

Planirani rashodi za grafičke i tiskarske usluge u dijelu koji se odnosi na pripremu ostali su isti, međutim, rashodi za tisak „Šumarskog lista“ manji su i to iz dva razloga – kako bi izbjegli moguće povećanje cijene papira i ostvarili rabat na količinu, nabavili smo ukupno potrebnu količinu papira za svih šest dvobroja. Drugi razlog je što se vodila briga o broju stranica svakog dvobroja, što je izravno utjecalo na trošak papira i tiska.

Rashodi za materijal i energiju ostvareni su u manjem iznosu, pa umjesto planiranih 71.000,00 kn iznose

64.091,13 kn. Razlog tomu je što je račun za potrošnju plina u 12 mjesecu stigao tek početkom veljače ove godine i nije obuhvaćen ovim obračunom.

Ove godine u kategoriji rashoda za stručna putovanja bilježimo višestruko veći iznos nego prethodnih godina, što je posljedica ukidanja ograničenja mogućnosti kretanja i okupljanja uzrokovanog pandemijom Covid-19. Ostvareni rashodi su veći u odnosu na rebalansom predviđene rashode za 18% i iznose 760.509,52 kn.

Planom je predviđen višak prihoda nad rashodima od 53.670,00 kn. Ostvareni višak bi kao rezultat redovnog poslovanja iznosio 91.902,61 kn. Zbog ranije obrazložene situacije vezane za presudu po sudskom sporu i prikaz glavnice i zateznih kamata, te sudskih troškova koji nam trebaju biti plaćeni, rezultat poslovanja u ovoj godini iskazuje se kao višak u iznosu od 1.906.506,30 kuna.

REZULTAT GLASANJA:

ZA-26, PROTIV-0, SUZDRŽAN-0

Ad. 2. Usvajanje Izvješća Povjerenstva za popis imovine HŠD na dan 31. 12. 2022. godine.

Izvješćavam da je Povjerenstvo u sastavu:

Oliver Vlanić, dipl. ing. šum., predsjednik
Ninoslav Matošević, dipl. ing. šum., član
Ana Žnidarec, član

obavilo popis imovine prema Odluci s 3. sjednice Upravnog odbora HŠD-a od 09. prosinca 2022. godine. O obavljenim poslovima i utvrđenom stanju podnosimo sljedeći izvještaj:

1. Popis osnovnih sredstava i sitnog inventara je obavljen u vremenu od 23. do 31. prosinca 2022. Popis obveza i potraživanja te stanja na računima završen je zaključno s 31. siječnja 2023. godine tj. s danom određenim kao posljednjim za zaprimanje računa s datumom 31. prosinca 2022..

2. Popisano je sljedeće:

- dugotrajna i kratkotrajna materijalna imovina
- financijska imovina - potraživanje i obveze
- novac u blagajnama i na žiro računima

Popisom dugotrajne imovine utvrđeno je da stvarno stanje odgovara knjižnom stanju.

Potraživanje za više plaćene poreze iznosi 25.034,44 kn i predstavlja iznos više plaćenih akontacija poreza na dobit iz ranijih obračunskih razdoblja u iznosu 24.971,16 kn i iznos više plaćenog poreza na dohodak u iznosu 63,28 kn.

Nenaplaćena potraživanja za zajedničke troškove vezane uz najam iznose 2.808,26 kn. Potraživanje za najam prema sudskoj presudi u sporu s Fakultetom kemijskog inženjerstva i tehnologije iznosi 552.897,80 kn. Potraživanje prema sudskoj presudi za sudske troškove iznosi 45.284,69 kn. Na kontu potraživanja za zatezne kamate evidentiran je iznos od 1.216.420,46 kn koji se potražuje od Fakulteta kemijskog inženjerstva i tehnologije.

Na kontu 1911 evidentiran je trošak budućeg obračunskog razdoblja vezan za plaćenu premiju osiguranja imovine za 2023. godinu u iznosu od 27.042,35 kn.

Obveze prema dobavljačima iznose 46.627,36 kn. Ispis otvorenih stavki nalazi se u prilogu. Po osnovi obveza za plaćanje poreza na dodanu vrijednost evidentiran je iznos od 16.700,35 kn. Na kontu 29228 – naplaćeni prihodi budućih razdoblja evidentiran je iznos od 650,00 kn što se odnosi na unaprijed naplaćenu članarinu za 2023. godinu. Stanje na kunskom žiro računu iznosi 2.561.897,17 kn, a stanje na deviznom računu iskazano u kunama iznosi 11.615,28 kn.

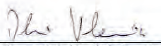
Prilikom popisa osnovnih sredstava i sitnog inventara u upotrebi ustanovljeno je da stvarno stanje

utvrđeno pri popisu odgovara knjigovodstvenom stanju.

Povjerenstva za popis imovine na nivou ogranka dostavila su svoje izvještaje o popisu imovine. Ogranak Našice i ogranak Gospić dali su prijedlog za otpis instrumenata koji su dotrajali i zbog neadekvatnog rukovanja i skladištenja uništeni tijekom godina te se više ne mogu koristiti. Prilikom popisa osnovnih sredstava i sitnog inventara povjerenstvo je utvrdilo da neka od popisanih osnovnih sredstava i sitnog inventara nisu više u upotrebi zbog kvara, dotrajalosti i oštećenja koja su nastala u potresima pa predlažemo da se ista rashoduju. Popis i prijedlog za rashod je prilog ovom izvještaju.

Uz ovo Izvješće dostavljamo sljedeći popisni materijal:

- popisne liste dugotrajne imovine i sitnog inventara u upotrebi
- popis obveza na dan 31. prosinca 2022. godine – izvadak iz bruto bilance te knjigovodstvene kartice otvorenih stavaka
- popis potraživanja na dan 31. prosinca 2022. godine – izvadak iz bruto bilance te knjigovodstvene kartice otvorenih stavaka
- izvješće Zagrebačke banke o stanju na poslovnim računima HŠD-a na dan 31. prosinca 2022.

Predsjednik: 
Oliver Vlajnić, dipl. ing. šum.
Član: 
Ninoslav Matošević, dipl. ing. šum.
Član: 
Ana Znidarec

REZULTAT GLASANJA:

ZA-26, PROTIV-0, SUZDRŽAN-0

Ad. 3. Usvajanje Izvješća Nadzornog odbora HŠD za 2022. godinu.

Izvješće Nadzornog odbora

Nadzorni odbor u sastavu:
Goran Bukovac, dipl. ing. šum., predsjednik
Branko Meštrić, dipl. ing. šum., član
Davor Prnjak, dipl. ing. šum., član

održao je sastanak dana 17. veljače 2023. godine kako bi pregledao materijalno – financijsku dokumentaciju Hrvatskog šumarskog društva o čemu podnosi svoje Izvješće Upravnom odboru.

Hrvatsko šumarsko društvo je pravna osoba upisana 15. siječnja 1998. god. u Registar udruga Republike Hrvatske pod brojem 00000083 kao jedinstvena udruga sa svojim ustrojstvenim oblikom – ograncima (19) i osnovana je bez namjere stjecanje dobitka.

Od 01.01.2008. godine računovodstvo vodi sukladno odredbama Uredbe o računovodstvu neprofitnih organizacija koju je temeljem Zakona o računovodstvu donijela Vlada RH (NN br. 109/07).

Obrada podataka u knjigovodstvu obavlja se pomoću elektroničkog računala i takav unos podataka u glavnu knjigu osigurava kronološki slijed i kontrolu unosa podataka.

Uz glavnu knjigu vode se pomoćne knjige blagajne, osnovnih sredstava te knjiga ulaznih i izlaznih računa. HŠD je u sustavu poreza na dodanu vrijednost i poreza na dobit za dio djelatnosti koja se smatra poduzetničkom djelatnošću.

Ispravak vrijednosti dugotrajne imovine provodi se po godišnjim stopama amortizacije i na način utvrđen Uredbom o računovodstvu neprofitnih organizacija. Kod dugotrajne imovine nabavljene do 31.12.2007. za svote ispravka umanjena je imovina i terećeni su izvori financiranja dok su za obračunati iznos amortizacije, za dugotrajnu imovinu nabavljenu od 01.01.2008., terećeni troškovi poslovanja.

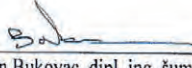
U poslovanju u 2022. godini ostvaren je višak prihoda nad rashodima u iznosu od 1.906.506,28 kn što nije bilo predviđeno Financijskim planom. Prihvaćeno je obrazloženje odstupanja rezultata poslovanja od planom predviđenog, koje je navedeno u Izvješću o izvršenju financijskog plana za 2022. godinu, a koje se temelji na dokumentaciji o okončanju sudskog spora koja je predočena.

Utvrdeno je da je HŠD, kao i svih prethodnih godina, iz tekućih priliva sredstava redovito podmirivalo sve svoje financijske obveze.

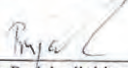
Povjerenstvo za popis imovine u sustavu: predsjednik Oliver Vlajnić, dipl. ing., članovi Ninoslav Matošević, dipl. ing. šum. i Ana Znidarec, obavilo je popis dugotrajne imovine, novca na žiro računima i u blagajnama, potraživanja i obveza te utvrdilo da knjigovodstveno stanje odgovara stvarnom stanju. Sitan inventar otpisuje se

knjigovodstveno stanje odgovara stvarnom stanju. Sitan inventar otpisuje se jednokratno, neovisno od vijeka trajanja. Popisne liste dugotrajne imovine, sitnog inventara kao i popis dugovanja i potraživanja iz 2022. godine sastavni su dio Izvješća povjerenstva za popis imovine.

Na temelju uvida u materijalno financijsku dokumentaciju, Izvješće Povjerenstva za popis imovine i potraživanja, Izvješće o izvršenju financijskog plana za 2022. godinu, u kojem su obrazložene stavke prihoda i rashoda, Nadzorni odbor prihvaća Izvješća, te predlaže Upravnom odboru da u cijelosti prihvati ovo Izvješće o poslovanju HŠD-a za 2022. godinu.


Goran Bukovac, dipl. ing. šum.


Branko Meštrić, dipl. ing. šum.


Davor Prnjak, dipl. ing. šum.

REZULTAT GLASANJA:

ZA-26, PROTIV-0, SUZDRŽAN-0

Ad. 4. Usvajanje Odluke o rasporedu viška prihoda HŠD ostvarenog u 2022. godini.

Predlaže se donošenje Odluke kojom se višak prihoda iskazan na dan 31. 12. 2022. godine u ukupnom iznosu od 1.906.506,30 kn namjenjuje za pokriće troškova redovitog poslovanja

REZULTAT GLASANJA:

ZA 26, PROTIV-0, SUZDRŽAN-0.

Ad. 5. Usvajanje prijedloga za rashod osnovnih sredstava

PRIJEDLOG ZA RASHOD OSNOVNIH SREDSTAVA

Popis imovine na dan 31.12.2022.

NAZIV OSNOVNOG SREDSTVA	Godina nabave	Količina komada	Konto nabavne vrijednosti	Nabavna vrijednost	Konto ispravka vrijednosti	Otpisana vrijednost	Sadašnja vrijednost
Mobilni skener IRIS	2013	1	022118	1.356,00	029158	1.356,00	0,00
Stolice Proto N	2002	2	02215	6.236,37	02919	6.236,37	0,00
Stolice Proto N	2003	2	02215	9.823,04	02919	9.823,04	0,00
Monitor Samsung F 2380	2010	1	022118	1.950,41	029158	1.950,41	0,00
Monitor HP 1740		2	022118	0,00	029158	0,00	0,00
Navigacija Nuvi 2585	2012	1	022208	2.473,88	291108	2.473,88	0,00
Mobilni telefon Sony Xperia	2016	2	022208	3.076,65	291108	3.076,65	0,00
				24.916,35		24.916,35	0,00
Zvučnici MSTT 208 komplet		1		0,00		0,00	0,00
Stolna svjetiljka crvena		1		0,00		0,00	0,00
Plinsko kuhalo Sloboda		1		0,00		0,00	0,00
Monitor Samsung Sync Master 173		1		0,00		0,00	0,00
Monitor Samsung Sync Master 913		1		0,00		0,00	0,00
				0,00		0,00	0,00
Instrumenti ogranak Našice							
Brač		2	2213	7.800,00	2917	7.800,00	0,00
Instrumenti ogranak Gospić							
Bas prim A		3	2213	7.320,00	2917	7.320,00	0,00
Prim E		2	2213	3.660,00	2917	3.660,00	0,00
Bugarija E		2	2213	5.368,00	2917	5.368,00	0,00
Bas G		1	2213	12.200,00	2917	12.200,00	0,00
Garnitura za ozvučenje		1	2213	42.051,29	2917	42.051,29	0,00
				78.399,29		78.399,29	0,00
Ukupno za rashod:				103.315,64		103.315,64	

Povjerenstvo za popis imovine:

Predsjednik:

Oliver Vlainić

Član:

Ninoslav Matošević

Član:

Ana Znidarec

REZULTAT GLASANJA:

ZA 26, 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 2023. godine nalaze se u prilogu.

Pojedinačni rezultati glasanja 1. Elektroničke sjednice Upravnog odbora HŠD-a 2023. godine nalaze se u prilogu.

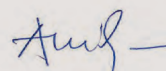
Broj: 70-1/2023

Zagreb, 01. ožujka 2023.

Mr. sc. Damir Delač, tajnik HŠD



Akademik Igor Anić, predsjednik HŠD



ZAPISNIK

1. ELEKTRONIČKE SJEDNICE SKUPŠTINE HRVATSKOG ŠUMARSKOG DRUŠTVA (HŠD) 2023. GODINE

1. Elektronička sjednica Skupštine HŠD 2023. godine održana je od 22. veljače u 0,00 sati do 24. veljače u 24,00 sata.

Dnevni red

Ad. 1.

1. Usvajanje Financijskog izvješća – izvješća o izvršenju financijskog plana HŠD-a za 2022. godinu.
2. Usvajanje Izvješća Povjerenstva za popis imovine HŠD-a na dan 31. 12. 2022. godine.
3. Usvajanje Izvješća Nadzornog odbora HŠD za 2022. godinu.
4. Usvajanje prijedloga za rashod osnovnih sredstava.
5. Usvajanje Odluke o rasporedu viška prihoda HŠD ostvarenog u 2022. godini.

Delegatima Skupštine HŠD poslani su sljedeći materijali:

- Izvješće o izvršenju financijskog plana HŠD za 2022. godinu.
- Obrazloženje izvješća izvršenja financijskog plana HŠD za 2022. godinu.
- Izvješće Povjerenstva za popis imovine na dan 31. 12. 2022. godine.
- Izvješće Nadzornog odbora HŠD za 2022. godinu.
- Prijedlog za rashod osnovnih sredstava.
- Prijedlog Odluke o rasporedu viška prihoda HŠD ostvarenog 2022. godine.

Kako je od ukupno 94 delegata Skupštini nazočilo njih 70 utvrđen je kvorum.

Mr. sc. Damir Delač, tajnik HŠD



Ad. 2.

Rezultati glasanja su sljedeći:

1. Usvajanje Financijskog izvješća – izvješća o izvršenju financijskog plana HŠD-a za 2022. godinu.

ZA-70, PROTIV-0, SUZDRŽAN-0.

2. Usvajanje Izvješća Povjerenstva za popis imovine HŠD na dan 31. 12. 2022. godine.

ZA-70, PROTIV-0, SUZDRŽAN-0.

3. Usvajanje Izvješća Nadzornog odbora HŠD za 2022. godinu.

ZA-70, PROTIV-0, SUZDRŽAN-0.

4. Usvajanje prijedloga za rashod osnovnih sredstava

ZA 70, PROTIV-0, SUZDRŽAN-0.

5. Usvajanje Odluke o rasporedu viška prihoda HŠD ostvarenog u 2022. godini.

ZA 68, PROTIV-0, SUZDRŽAN-2.

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

Pojedinačni rezultati glasanja 1. Elektroničke sjednice Skupštine HŠD 2023. godine nalaze se u prilogu zapisnika.

Broj: 70-2/2023

Zagreb, 01. ožujka 2023.

Akademik Igor Anić, predsjednik HŠD





Originalni STIHL lanci za pile: vrhunska kvaliteta i pouzdanost

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

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

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



HRVATSKA KOMORA
INŽENJERA ŠUMARSTVA
I DRVNE TEHNOLOGIJE

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

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

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

Članovi Komore:

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

Stručni poslovi (Zakon o HKISDT, članak 1):

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

Javne ovlasti Komore:

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

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

Ostali poslovi koje obavlja Komora:

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

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

- Razred inženjera šumarstva,
- Razred inženjera drvne tehnologije.

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

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 prilogima, odnosno tablicama, grafikonima, slikama (crteži i fotografije) i kartama. Više od 15 stranica može se prihvatiti uz odobrenje urednika i recenzenata. Crteže, fotografije i karte treba priložiti u visokoj rezoluciji.

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

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

Pravila za citiranje literature:

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

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

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

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

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

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

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

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

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

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

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

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

Rules for reference lists:

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

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

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

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

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



Slika 1. Pinija u Opatiji i aleja u Nacionalnom parku Brijuni. ■ Figure 1. Stone pine in Opatija and alley in Brijuni National Park (Croatia).



Slika 2. Kora je debela, crvenkastosmeđa, duboko ispucala. ■ Figure 2. Bark is thick, reddish-brown and deeply fissured into plates.

Slika 3. Češeri su sjedeći, široko jajasti do gotovo kuglasti, crvenkastosmeđi, 7,5–15 cm dugački, smolavi. Dozrijevaju u rujnu i listopadu treće godine; otvaraju se i oslobađaju sjemenke u proljeće ili ljeti četvrte godine. ■ Figure 3. Cones are sessile, broadly ovoid to subglobose, reddish-brown, 7.5–15 cm long, exuding resin; maturing in September to October of third year; shedding seeds in spring to summer of fourth year.



Slika 4. Češerne ljuske su debele, drvenaste, svaka nosi po dvije sjemenke. Sjemenke su duguljasto-obrnutojajaste, tvrde, 1,5–2 cm dugačke, blijedosmeđe, pokrivene crvenkastosmeđim do crnim praškastim slojem; krilce je rudimentarno i lako se odvaja. ■ Figure 4. Seed scales are thick, woody, each bearing 2 seeds. Seeds are oblong-obovoid, hard, 1.5–2 cm long, pale brown, covered with reddish-brown to black powder; wing is rudimentary, easily detachable.



***Pinus pinea* L. – pinija, pinj (*Pinaceae*)**

Pinija je vazdazeleno, jednodomno, heliofilno, anemofilno i zoohorno drveće. Prirodno je rasprostranjena u sjevernom i istočnom dijelu Mediterana, uključujući Hrvatsku. Sadašnja rasprostranjenost značajno je utjecana od strane čovjeka. Može narasti 10–20 (–25) m visoko, prsnog promjera debla 1–2 m. U mladosti ima kuglastu, a kasnije karakterističnu kišobranastu krošnju. Iglice su po dvije u čuperku, uzdužno usukane, 10–17 cm dugačke, 1,5–2 mm široke, šiljastog vrha. Pinija je cijenjena i uzgajana radi jestivih sjemenki (pinjola). Jedna je od najčešćih ukrasnih vrsta drveća u mediteranskom području, sađena u parkovima, vrtovima i drvoredima.

***Pinus pinea* L. – Stone Pine, Umbrella Pine, Italian Stone Pine (*Pinaceae*)**

Stone pine is an evergreen, monoecious, heliophilous, anemophilous and zoochorous tree, native to the northern and eastern Mediterranean, including Croatia. The current distribution has been strongly influenced by human activities. It reaches a height of 10–20 (–25) m, with dbh of 1–2 m. It has a rounded crown when young, and with age develops characteristic umbrella-shaped crown. The needles are born in fascicles of two, longitudinally twisted, 10–17 cm long, 1.5–2 mm wide, with an acute apex. It has been valued and cultivated for its edible seeds (pine nuts). Stone pine is one of the most common ornamental trees in Mediterranean region, widely planted in parks, gardens and as a street tree.