

ŠUMARSKI LIST

HRVATSKO ŠUMARSKO DRUŠTVO



UDC 630*
ISSN
0373-1332
CODEN
SULIAB



5-6

GODINA CXLIV
Zagreb
2020



HRVATSKO ŠUMARSKO DRUŠTVO

CROATIAN FORESTRY SOCIETY

članica
HIS

O DRUŠTVU
ČLANSTVO

stranice ogranaka:
BJ DE GO KA SI SP ZA

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



AKADEMIJA ŠUMARSKIH ZNANOSTI



aktivna karta
Zagreb

Trg Mažuranića 11
tel: +385(1)48 28 359
fax: +385(1)48 28 477
mail: hsd@sumari.hr



www.sumari.hr

HRVATSKO ŠUMARSKO DRUŠTVO

174. godina djelovanja
19 ogranaka diljem Hrvatske
oko 2800 članova

IMENIK HRVATSKIH ŠUMARA

14038 osoba
22362 biografskih činjenica
14810 bibliografskih jedinica

ŠUMARSKI LIST

144. godina neprekidnog izlaženja
1094 svezaka na 83376 stranica
16036 članaka od 3059 autora

DIGITALNA ŠUMARSKA BIBLIOTEKA

4334 naslova knjiga i časopisa
na 26 jezika od 2938 autora
izdanja od 1732. do danas

IMENIK HRVATSKIH ŠUMARA



ŠUMARSKI LIST



DIGITALNA BIBLIOTEKA




EFN HŠ ŠF HŠI
HKISD DHMZ



Naslovna stranica – Front page:
Park šuma Maksimir, Zagreb, Hrvatska
(Foto: Zvonimir Tanocki)
Maksimir Park Forest, Zagreb, Croatia
(Photo: Zvonimir Tanocki)

Naklada 1650 primjeraka

Uredništvo
ŠUMARSKOGA LISTA
HR-10000 Zagreb
Trg Mažuranića 11
Telefon: +385(1)48 28 359,
Fax: +385(1)48 28 477
e-mail: urednistvo@sumari.hr

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

Izdavač:
HRVATSKO ŠUMARSKO DRUŠTVO

Suizdavač:
Hrvatska komora inženjera šumarstva
i drvne tehnologije
Financijska pomoć Ministarstva znanosti
obrazovanja i sporta

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

"The publication of this journal was co-financed by the Ministry of Agriculture with funds collected from the tax on non-market forest functions. The opinions expressed here do not necessarily reflect the views of the Ministry of Agriculture".

Publisher: Croatian Forestry Society –
Editeur: Société forestière croate –
Herausgeber: Kroatischer Forstverein

Grafička priprema:
LASERplus d.o.o. – Zagreb
Tisak: CBprint – Samobor

ŠUMARSKI LIST

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

Uređivački savjet – Editorial Council:

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

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

1. Šumski ekosustavi – Forest Ecosystems

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

Urednici znanstvenih grana – *Editors of scientific branches:*

Prof. dr. sc. Jozo Franjić,
Šumarska botanika i fiziologija šumskoga drveća
Forest Botany and Physiology of Forest Trees

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

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

Prof. dr. sc. 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 Slavko Matić,
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

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

Prof. dr. sc. Ivica Tikvić,
Opća i krajobrazna ekologija, općekorisne funkcije šuma –
General and landscape ecology, Non-Wood Forest Functions

Doc. dr. sc. Damir Drvodelić,
Sjemenarstvo i rasadničarstvo –
Seed Production and Nursery Production

Izv. 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

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

Urednici znanstvenih grana – *Editors of scientific branches:*

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

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

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

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

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

Urednici znanstvenih grana – *Editors of scientific branches:*

Izv. 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

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

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

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

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

Glavni i odgovorni urednik – Editor in Chief

Prof. dr. sc. Josip Margaletić

Lektor – Lector

Dijana Sekulić-Blažina

Tehnički urednik i korektor – Technical Editor and Proofreader

Hranislav Jakovac, dipl. ing. šum.

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

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

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

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

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

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

SADRŽAJ

CONTENTS

Izvorni znanstveni članci – Original scientific papers

- UDK 630*569 (001)
<https://doi.org/10.31298/sl.144.5-6.1>
Božić M., F. Đureta, E. Goršić, M. Vedriš
Utjecaj mjeritelja te pogrešaka pri izmjeri na izmjereni promjer stabla – Influence of a measurer and measurement errors on measurement of a tree diameter 233
- UDK 630*309 (001)
<https://doi.org/10.31298/sl.144.5-6.2>
Šporčić M., M. Landekić, I. Bartulac, K. Šegotić
Primjena višekriterijske AHP metode u odabiru sustava pridobivanja drva – Application of multicriteria AHP method in selection of wood harvesting system 247
- UDK 630* 174+182(001)
<https://doi.org/10.31298/sl.144.5-6.3>
Vitasović-Kosić I., M. Vukojević, S. Bogdanović
First inventory of vascular flora of Matokit mountain (Biokovo massif, Croatia) – Prva inventarizacija vaskularne flore planine Matokit (Biokovo masiv, Hrvatska) 257
- UDK 630* 561(001)
<https://doi.org/10.31298/sl.144.5-6.4>
Özbayram A. K., E. Çiçek
Initial planting density experiments of Narrow-leaved ash in Turkey: ten-year results – Pokusi s početnom gustoćom sadnje poljskog jasena u turskoj: desetogodišnji rezultati 269
- UDK 630* 432 (001)
<https://doi.org/10.31298/sl.144.5-6.5>
Akay A. E., M. Wing, H. Büyüksakalli, S. Malkoçoğlu
Evaluation of fire lookout towers using GIS-based spatial visibility and suitability analyzes – Procjena tornjeva za nadzor požara pomoću analize prostorne vidljivosti i prikladnosti potpomognute GIS-om 279

Pregledni članak – Review

- UDK 630* 232.4+237
<https://doi.org/10.31298/sl.144.5-6.6>
Drvodelić D., M. Oršanić
Sadnja sadnica poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl) u uvjetima sanacije šumskih sastojina uslijed sušenja – Planting seedlings of Narrow-leaved ash (*Fraxinus Angustifolia* Vahl) to recover dieback-affected forest stands 289

Zaštita prirode – Nature protection

- Arač, K.:
Ušara (*Bubo bubo* L.) 303
- Kranjčev, R.:
Zapisi iz hrvatskih šuma (5)
Mali pauci skakači 303
- Franjić, J.:
Popularizacija hrvatske flore
Bujadika (*Matteuccia struthiopteris* /L./ TOD., *Onocleaceae*) 305

Knjige i časopisi – Books and journals

Anić, I.:

Zbornik radova sa znanstvenog skupa

Gospodarenje šumama u uvjetima klimatskih promjena i prirodnih nepogoda. 307

Glavaš, M.:

Ekologija, obnova i zaštita poplavnih šuma Hrvatske. 311

Meštrić, B.:

Pregled pisanja odabranih časopisa u redakcijskoj razmjeni Šumarskog lista 313

Glavaš, M.:

Posarić, D., Da bi hrast mogao rast. 324

Iz HŠD-a – From the Croatian forestry association

Delač, D.:

Šumarski dom nakon potresa 325

RIJEČ UREDNIŠTVA

JESU LI ŠUMARI NAJVEĆI PROBLEM LIJEPE NAŠE?

Negativna medijska kampanja usmjerena protiv šumara, a posebice na predstavnike trgovačkog društva Hrvatske šume d.o.o., traje neprestano već nekoliko godina, a intenzivnije unatrag dvije godine. Sve je eskaliralo nedavno aferom s vjetroelektranom Krš-Pađene. Mediji su se brže-bolje natjecali tko će više oblatiti pojedinačne i kolektivne vinovnike događaja. Temeljem paušalnih analiza zamjeralo se Hrvatskim šumama svašta, od privremenog neplaćanja šumskog doprinosa gradovima i općinama (u vrijeme kompletnog zastoja države uvjetovanog epidemijom koronavirusa ta namjenska sredstva ionako nitko nije mogao trošiti na izgradnju i održavanje šumskih cesta) do pripreme podizanja kredita za likvidnost tvrtke, koja je u sklopu pomoći pristala na produljenje roka plaćanja drvne industrije za isporučenu sirovinu sa 60 na 100 dana od dana izdavanja računa za sve isporuke od početka 2020. godine. Primjedbe na korištenje valjda najpoznatijega parafiskalnog nameta u Hrvata za usluge općekorisnih funkcija šuma ne treba ni spominjati, jer nema bitnijeg poduzetnika ili bilo kojeg političara koji u cilju pomoći gospodarstvu ne spomene smanjenje ili ukidanje toga. Laicima nije ni poznato da su Hrvatske šume svojim kriznim planom u potpunosti izbacile ovaj način financiranja gospodarenja šumama za 2020. godinu. U vrijeme korona krize to su vjerojatno bili najispravniji poslovni potezi u cilju sačuvanja vlastite zaposlenosti, zaposlenosti kupaca i dobavljača, kao i likvidnosti tvrtke. Koga to zanima kad čitatelje zanimaju negativne vijesti i afere. Većini njih također nije poznato da se šumarstvo uvijek u kriznim vremenima pobrinulo samo za sebe, ali i za druge koje je nosilo na svojim plećima. U svim krizama šumarstvo je pomagalo drvnoj industriji, pa i otpisivalo dugove u raznim državama i uređenjima koji su vladali na našem prostoru, ali i snosilo posljedice objektivnih i subjektivnih poslovnih rizika aktera u drvnom sektoru.

Moć objavljenih tekstova na mrežnim stranicama i društvenim mrežama je velika. U kratkom vremenu dopire do velikog broja čitatelja. Većina tekstova objavljuju se kao bombastični naslovi i podnaslovi. Čitanjem sadržaja tek upućenijem čitatelju je jasno što ne odgovara istini. Obično se prema kraju članka sadržaj ublažava, ali to pročitaju najuporniji čitatelji, dok im u percepciji ostaju negativne informacije iz naslova i s početka teksta. Na društvenim mrežama javljaju se mnogi od pojedinaca do udruga, a dosta njih i anonimno te pisanjem svojih komentara stvaraju negativno ozračje o šumarskoj struci. Čitajući brojne napise stječe se dojam da su šumari jedan od većih problema Lijepe naše.

Bolji poznavatelji prilika priznat će da je šumarstvo uz poljoprivredu nositelj opstanka preostalih ruralnih krajeva. Šumarstvo koje je najzastupljenije u ruralnim i manje razvijenim područjima osigurava egzistenciju zaposlenicima Hrvatskih šuma, zaposlenicima brojnih izvođača radova u šumarstvu te tvrtki i obrta u drvnom sektoru, posredno svima koji prodaju svoje proizvode drvnim tvrtkama, a čuvar je najvećeg dijela ekološke mreže Republike Hrvatske. Kroz zaštitu šuma i šumskih zemljišta od požara na krškom području važna je karika sačuvanja bioraznolikosti države, ali i kulise koja pomaže hrvatskoj grani gospodarstva od posebnog interesa – turizmu. U vrijeme Domovinskog rata šumarstvo je umjesto države gradilo i ceste kako bi povežalo dijelove Republike Hrvatske, gdje su nekada stanovnici putovali preko susjednih do matične države.

U dragoj nam Hrvatskoj domovini danas postoji osam nacionalnih parkova i 11 parkova prirode u kojima je većina temeljnih fenomena šuma. Zaštita prirode u biti je sačuvana područja preuzela na upravljanje od šumara. Da se na tim područjima nije gospodarilo uz šumarske postulate i s ekološkim obzirom, ne bi se danas dičili s parkovima kao što su Plitvička jezera, Risnjak, Sjeverni Velebit ili Mljet. U krškom dijelu Hrvatske, gdje se nalazi većina zaštićenih parkova, nikad nije nestalo šume upravo zbog dva i pol stoljetnog gospodarenja s njom. Današnje generacije se ne sjećaju izgleda šuma u prijašnjim razdobljima. Većina najvrjednijih šuma hrasta lužnjaka posječena je kompletno između 1820-ih i 1920-ih godina. Danas stasaju nove generacije tih uzgojenih šuma koje su u biti proizvod hrvatskih šumara. Nakon Drugoga svjetskog rata sjeklo se količinski skoro kao i danas, jer nije bilo drugih resursa pa se država obnavljala i dolazila do potrebnih financijskih sredstava. Uz sve to zahvaljujući mudrosti i radu više generacija šumara, današnja je pokrivenost države pod šumama 44 posto, a sa šumskim zemljištima i 49 posto. Nažalost, većina javnosti ne može shvatiti pojam vječnih šuma koje nisu stalno u istoj dobi, jer jednako kao i druga bića imaju svoje razvojne stadije. Njihova vječnost se proteže kroz slijed generacija šume. Sječa starih zrelih šumskih sastojina preduvjet je nove generacija šume kojoj se svi iskreni šumari najviše vesele, jer je uspješno napravljena smjena generacija i sačuvana opstojnost šume na istoj površini. Taj prijelaz je u nizinskim šumama vidljiviji, no postoje i gorske šume na kojima se tako očiti prijelaz ne vidi, pa to i promatračima manje upada u oko.

Neupućeni ili zlonamjerni ne znaju ili zaboravljaju na desetljetne pritiske ponajprije na državno šumarstvo radi po-

godovanja pojedincima i tvrtkama u cilju podizanja nekad više maslinika i vinograda, a danas više gradnji vjetroelektrana i pašarenja na obraslim i neobraslim šumskim zemljištima. Hrvatski šumari baštine pojam potrajnog gospodarenja, pojma danas poznatijeg kao održivo gospodarenja, kojim su se borili da se površine pod šumom ne smanjuju. Tako, ako se u funkciji razvoja kojemu se nitko pametan neće protiviti ako je održiv i racionalan, negdje i krče šume radi prenamjene odobrene prostornim planom, smanjena površina pod šumama se nadoknađuje podizanjem nove šume na drugom mjestu. Koliko god se državno šumarstvo najčešće smatralo kočničarem razvoja, ono je zapravo bilo branitelj zakonskog djelovanja, dok su često pa i danas neki investitori, ali i državne institucije, vršili pritisak ubrzavajući proceduru u svoju korist bez pravne podloge. Hrvatske šume d.o.o. sa svim svojim prednostima i manama samo su dio slike koju danas imamo u Republici Hrvatskoj. Način kadroviranja i upravljanja jednak je kao i u ostalim javnim poduzećima i trgovačkim društvima u većinskom državnom vlasništvu. Kao u svakoj struci postoje previdi i pogreške, ali postulati hrvatskoga šumarstva su isprobani i dokazani kroz više od 250 godina. Današnje manje kvalitetne izvedbe u pojedinim šumama posljedica su raznih faktora i ne razlikuju se od pogrešaka koje se u svim djelatnostima događaju (zar se djelomično pogrešno ne obavi operacija, sagradi zgrada ili sastavi stroj?). Čak i u recentnom slučaju s vjetroelektranom Krš-Pađene Hrvatske šume d.o.o. pozitivno su odradile svoju zadaću naplatom duga investitoru za služnost u iznosu prema pravilniku važećem u vremenu pokretanja investicije. Hrvatske šume većinom su u svom djelovanju između čekića i nakovnja, s jedne strane pritisak korisnika drvne sirovine za što većom sječom i proizvedenom i plasiranom količinom ili korisnika prostora preko služnosti ili zakupa, a s druge strane sve veći pritisak za zaštitom staništa i jedinki što usložnjava i poskupljuje proizvodnju.

Resorno ministarstvo, koje osim što je krajem 2011. godine prvi put nakon 1919. godine ispustilo u svom imenu naziv šumarstva, uz taj simbolički čin postalo je maćeha vlastitom čedu, budući resorni ministar/ministrica kao jednočlana

skupština trgovačkog društva Hrvatske šume d.o.o. svojim nalogima prema upravi toga Društva djeluju u korist svih aspiranata na sve vrste proizvoda i usluga iz šume i šumskoga zemljišta. Tako se najvrjedniji trupci prodaju po dogovornim cijenama, koje već dugi niz godina nisu usklađene s tržišnim, čak ni s manje razvijenim susjednim zemljama, ogrjevno drvo i drvni ostaci se prodaju po dugogodišnjim ugovorima, bez obzira na promjene tržišnih uvjeta, a neobraslo šumsko zemljište, čak i tartufi, moraju se prepustiti svakome tko zaželi, čak i ako se ne pridržava zakonske regulative.

Hrvatsko šumarsko društvo učestalo ističe politizaciju cijeloga sustava kao jedan od najvećih problema našega društva. Politike mijenjaju kompletne Uprave društva, garnirane s većom ili manjom kvotom uhljeba, svake četiri godine, a ponekad i u kraćim terminima. Tako postavljena vodstva dužna su provoditi naloge te iste politike, pa bile one i protuzakonite. Na taj se način tvrtke, kao u našem slučaju Hrvatske šume d.o.o., povlače po medijima kao kriminalne organizacije, ili se čak protiv njih organiziraju javni prosvjedi. Kako se pritom osjećaju zaposlenici, naše kolege koji s ljubavlju i odgovorno obavljaju svoj posao, možemo naslutiti?

Prateći sva zbivanja postoji bojazan da se ne priprema teren kako bi se državne šume dale u koncesiju nakon što se trgovačko društvo Hrvatske šume proglase nesposobnim za upravljanje. Na brojnim primjerima poznato je kako koncesije uglavnom donose samo eksploataciju bez ulaganja u šume. Većina europskih država bogatih šumama imaju jake svoje državne tvrtke za gospodarenje državnim šumama i čuvari su tih šuma, ali i prostora kao i života na njima.

Svrha ovoga teksta nije obrana bilo koga unaprijed, jer o nečijoj nevinosti i krivnji odlučivat će institucije kojima je to posao. U državi gdje se vode mnoge besplodne rasprave, koje se većinom tiču prošlosti, treba početi racionalnije sagledavati sadašnjost i ne povoditi se za huškačkom histerijom. Potrebno je popuštati okove politike i prepuštati struci da radi ono što najbolje zna, a to je u šumarstvu gospodarenje šumama i šumskim zemljištima.

Uredništvo

EDITORIAL

ARE FORESTERS THE BIGGEST PROBLEM OF OUR BEAUTIFUL HOMELAND?

The negative media campaign directed against foresters, and particularly against the representatives of the company Croatian Forests Ltd, has been going on for several years and has gained in intensity in the past two years. It all escalated recently with the scandal concerning the wind power plant Krš-Padene. The media rushed to smear individual and collective entities involved in the event. Based on impromptu analyses the company Croatian Forests was criticised for all kinds of things, including temporary non-payment of forest contributions to cities and municipalities (at the time when the state was at a complete standstill due to the coronavirus epidemics these earmarked funds could not be spent on the construction and maintenance of forest roads anyway), as well as raising a loan to boost the company's liquidity. Namely, the company agreed to extend the payment period of the wood industry for the delivered raw material from 60 to 100 days from the date of issuing the invoice for all deliveries from the beginning of the year 2020. Let us not even mention all those remarks on the use of probably the most well-known parafiscal levy in Croatia related to non-market forest functions. There is not one entrepreneur or politician who has not requested the reduction or abolition of this levy as a way of helping the economy. Lay people are not even aware of the fact that the crisis plan of Croatian Forests envisages complete elimination of this form of financing forest management for 2020. At the time of the coronavirus crisis these are probably the best business moves aimed at preserving employment in the company, employment of the customers and suppliers, as well as the company's liquidity. But who wants to read about this when negative news and scandals are much more interesting? Most people do not know either that at times of crises forestry has always taken care not only of itself but also of others dependent on it. In all crises forestry has helped the wood industry, written off debts of various states and political systems reigning in these areas, but also borne the consequences of objective and subjective business risks of those working in the wood sector.

The power of the texts published on websites and social networks is enormous. They reach large numbers of readers in a very short time. The majority of the published texts feature bombastic headlines and sub headlines. Only when the whole text is read does it transpire what is the truth and what is not. Usually the content of an article is softened towards the end, but the whole article is read only by the most persevering reader, while the majority retain only the negative information from the headlines and the beginning

of the text. Social networks are full of individuals and associations whose comments, often anonymous, create a negative image of the forestry profession. All these comments give an impression that foresters are one of the biggest problems of Our Beautiful Homeland.

Those better acquainted with the situation realize that forestry and agriculture are the pillars of survival in the remaining rural areas. Forestry, which is most represented in rural and less developed areas, provides a livelihood for employees of Croatian Forests, employees of numerous contractors in forestry and companies and crafts in the wood sector, and indirectly of all those who sell their products to wood companies. Forestry also guards and cares about the largest part of the ecological network in the Republic of Croatia. By protecting forests and forestland from fires in karst areas it forms an important link in the conservation of biodiversity in the state, but also creates a setting which helps the Croatian economic branch of particular interest - tourism. During the Homeland War it was forestry professionals who constructed roads needed to connect parts of the Republic of Croatia at the time when residents had to travel through neighbouring countries in order to reach their home country.

In our beloved homeland there are eight national parks and eleven nature parks in which forests constitute the basic phenomena. Basically, nature conservation has taken over the preserved areas for management from foresters. If these areas had not been managed according to forestry postulates and ecological considerations, we would not be able to boast of parks such as Plitvice Lakes, Risnjak, North Velebit and Mljet. In the karst part of Croatia, where the majority of protected parks are located, forests have never disappeared thanks to two and a half century long forest management. Present day generations do not know what forests looked like in earlier periods. The majority of the most valuable forests of pedunculate oak were completely cut down between the 1820s and 1920s. Today we witness the growth of new generations of managed forests, which are essentially the product of Croatian foresters. After World War Two the quantities of forests that were cut down almost equalled present day quantities because there were no other resources and the state needed the necessary financial means for rebuilding and renovation. Moreover, thanks to the wisdom and hard work of several generations of foresters, the present forest cover in Croatia amounts to 44 percent and forestland to 49 percent. Regrettably, most people do

not comprehend the concept of eternal forests, which are not always of the same age, because just like other beings they have their development stages. Their eternity extends through generations of forests. Cutting down old, mature forest stands opens the door to a new generation of a forest, and all foresters rejoice in it because it testifies to a successful change of generations and the survival of the forest in the same area. This transition is visible in lowland forests, but there are also mountain forests in which such an obvious transition is not striking, so it is less noticeable to observers.

Those less well informed or malicious do not know about or close their eyes to decades of pressures on the state forestry. These pressures are aimed at enabling individuals and companies to receive different benefits: in the past it was olive groves and vineyards, today it is the construction of wind power stations and grazing in vegetation-covered or bare forest areas. Croatian foresters staunchly adhere to the concept of sustainable management, under which they fight against reducing forested areas. Thus, if forests are sometimes cut down for conversion purposes as regulated by spatial plans, reduced forested areas are immediately replaced with new forests in another place. Although state forestry has often been thought as a hindrance to development, it has in fact defended lawful activities in circumstances in which some investors, as well as state institutions, have exerted pressure by speeding up the procedure in their favour without any legal basis. The company Croatian Forests Ltd, with all its strengths and weaknesses, is only a part of the overall picture in the Republic of Croatia. Personnel recruitment and management is the same as in other public companies and state-owned companies. Just like in any other profession, there are omissions and mistakes, but one thing is always the same: the postulates of Croatian forestry have been tested and verified for over 250 years. Present-day activities of lesser quality in some forests are the consequence of various factors and they do not differ from mistakes taking place in all other professional spheres (is not it true that sometimes a surgical operation may go wrong, or a building can be poorly constructed or a piece of machinery badly assembled?). Even in the most recent case of the Krš-Pađene wind power station, Croatian Forests Ltd have done their homework well by collecting the debt to the investor for easement in the amount according to the regulations valid at the time of starting the investment.

In most of its activities Croatian Forests Ltd are between the hammer and the anvil: on the one hand, there is constant pressure by users of wood resources for more felling and

more produced and sold quantities, and on the other, there is growing pressure to protect habitats and species, which all makes production more complex and more expensive.

The relevant ministry, in addition to dropping the word forestry from its name at the end of 2011 for the first time after 1919, has also become an evil stepmother to its own child, since the line minister, as a one-member assembly of the company Croatian Forests Ltd, by his/her orders to the Company management acts to benefit all aspirants to receive all kinds of products and services from forests and forestland. Thus, the most valuable logs are sold at negotiated prices which have for years been out of touch with market conditions, fuel wood and wood residues are sold under long-term contracts regardless of changed market conditions, and bare forest land, and even truffles, must be given over to anyone who wants them, even if legal regulations are not complied with.

The Croatian Forestry Association frequently points out that politicization of the entire system is one of the biggest problems of our society. Entire company managements are changed by politics every four or fewer years and nepotism is an inherent part of the system. Managements installed by politics in this way are forced to carry out the orders of the same policies, even if they are illegal. This is how companies, in our case Croatian Forests Ltd, are dragged through the media as criminal organisations; even public protests are organized against them. Can we even guess how the employees, our colleagues who do their jobs responsibly and lovingly, feel?

All these events raise fears of the terrain being prepared for giving state forests for concession after the company Croatian Forests is declared incapable of forest management. There are many examples of concessions generating exploitation of forests without any investments in them. The majority of European countries with abundant forest areas have strong state companies which manage and guard state forests, their areas and the life in them.

This text does not aim to defend anybody in advance: someone's innocence or guilt will be decided on by relevant institutions. In the state in which fruitless debates about the past are held, it is time to turn to the present in a more rational manner and not succumb to harangues and hysteria. Politics should loosen its grip and leave it to the profession to do what it knows best: in the case of forestry, it is the management of forests and forestland.

Editorial Board

UTJECAJ MJERITELJA TE POGREŠAKA PRI IZMJERI NA IZMJERENI PROMJER STABLA

INFLUENCE OF A MEASURER AND MEASUREMENT ERRORS ON MEASUREMENT OF A TREE DIAMETER

Mario BOŽIĆ¹, Filip ĐURETA², Ernest GORŠIĆ¹, Mislav VEDRIŠ¹

SAŽETAK

U radu je prikazan utjecaj mjeritelja i pogrešaka mjerenja na izmjeru prsnog promjera stabla. Istraživanje je provedeno na nastavno-pokusnom šumskom objektu Zagreb: u nizinskoj sastojini hrasta lužnjaka i običnog graba te u sastojini obične jele i bukve (na nagnutom terenu). Pokušalo se obuhvatiti najčešće pogreške pri izmjeri prsnog promjera te su tri mjeritelja mjerila unakrsne prsne promjere stabala na samoodređenoj i označenoj prsnoj visini. Također, mjeren je promjer na način da je promjerka pozicionirana deset centimetara ispod i iznad stvarne prsne visine, zatim sa krakovima promjerke odmaknutim od debla, s normalnim i jačim pritiskom na krakove te izmjeru promjera stabla sa krakovima promjerke okrenutim prema gore radi lakšeg očitavanja vrijednosti. Rezultati su pokazali da je razlika između dva unakrsna promjera (eliptičnost stabla) veća nego pogreška izmjere promjera pri subjektivnoj procjeni prsne visine. Također, izmjera provedena ispod i iznad stvarne prsne visine daje statistički značajnu pozitivnu odnosno negativnu vrijednost prsnog promjera u odnosu na stvarnu. Kod krakova odmaknutih od debla dobivene su očekivane niže vrijednosti prsnog promjera kao i kod izmjere sa krakovima okrenutim prema gore. Utvrđene su i razlike u izmjeri promjera između samih mjeritelja. Obzirom da je prsni promjer stabla osnova za procjenu volumena pojedinačnog stabla i sastojine, iz svega spomenutog jasno je da pogreške pri izmjeri prsnog promjera, bile one uzrokovane nepažnjom mjeritelja ili metodološke, mogu imati značajan utjecaj na dobivene rezultate.

KLJUČNE RIJEČI: prsni promjer stabla, pogreške mjerenja, odstupanje, izmjera šuma

UVOD INTRODUCTION

Prsni promjer stabla jedna je od osnovnih varijabli pri izmjeri šuma. Najčešće se mjeri promjerkom, pri čemu krakovi moraju biti međusobno paralelni te okomiti na ravnalo. Postupci izmjere opisani su u mnogim udžbenicima izmjere šuma (vidi npr: Loetsch i dr., 1973; Pranjić i Lukić, 1997; Husch i dr., 2003; Banković i Pantić, 2006; Van Laar i Akça, 2007). Prsni promjer dubećih stabala se u Hrvatskoj mjeri na visini 1,30 m od tla odnosno najviše točke žilišta stabla

na nagnutom terenu (pribrežne strane). Promjerka treba pri izmjeri s oba kraka i ravnalom doticati stablo, biti postavljena okomito na uzdužnu os stabla te pritisak na krakove prilikom izmjere treba biti umjeren. Prije same izmjere potrebno je provjeriti je li pomični krak okomit na ravnalo, te po potrebi rektificirati promjerku. Navedena pravila mjeritelji trebaju dobro poznavati te ih se pri izmjeri pridržavati.

Vezano uz spomenutu problematiku Omule (1980) te Kitahara i dr. (2010) istražuju utjecaj utreniranosti mjeritelja (studenata) na kvalitetu izmjere. Važnost utreniranosti stu-

¹ Prof. dr. sc. Mario Božić, doc. dr. sc. Ernest Goršić, doc. dr. sc. Mislav Vedriš, Zavod za izmjeru i uređivanje šuma, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Hrvatska; e-mail: bozic@sumfak.hr, egorsic@sumfak.hr, mvedris@sumfak.hr

² Filip Đureta, univ. bacc. ing. silv., Palih boraca 62, 48316 Đelekovec, Hrvatska; e-mail: filip.djureta@gmail.com

denata Omule promatra kroz činjenicu da agencije za izmjernu često angažiraju studente 3. godine studija. Johnson i Haag (1985) te Melson i dr. (2002) istražuju pogreške izmjere prsnih promjera pri čemu izmjere provode najprije prije, a potom nakon obilježbe prsne visine. Elzinga i dr. (2005) mjereći opsege stabala dijele pogreške pri izmjeri na: pogreške očitavanja ili krivog upisa, pogreške položaja vrpce vezano uz okomicu na uzdužnu os stabla te pogreške visine na kojoj se izmjera provodi (u odnosu na 1,30 m).

U neposrednom radu sa studentima, ali i kod kolega u praksi, uočeno je nepoštivanje definiranih postupaka izmjere prsnog promjera. Najčešće uočene pogreške su: nepostavljanje promjerke na visinu 1,30 m, nepostavljanje promjerke na definiranu visinu u odnosu na najvišu točku žilišta (s pribrežne strane), izmjera promjera tako da ravnalo ne dotiče stablo („izmjera krakovima“), preveliki pritisak na krakove promjerke te zakretanje krakova prema gore radi lakšeg očitavanja na ravnalu promjerke.

Osim toga, poznato je da poprečni presjek stabala više ili manje odstupa od oblika kružnice (vidi npr. Avery i Burkhart, 1983; Husch i dr., 2003), odnosno stabla su manje ili više eliptična. Prema Ugrenoviću (1950) eliptičnost je posljedica asimetričnosti krošnje, koju pak povezuje s nagibom terena i utjecajem vjetra velikog intenziteta i stalnog smjera. Isti autor napominje da su kod hrasta, bukve i jele poprečni presjeci debla više ili manje slični krugu, a da se nepravilnost poprečnog presjeka graba očituje kao užlijebljenost. Da bi se eliminirao utjecaj eliptičnosti na izmjereni promjer pojedinačnog stabla, eliptičnim se stablima uobičajeno mjere dva unakrsna promjera te registrira njihova srednja vrijednost (vidi npr. Loetsch i dr., 1973; Avery i Burkhart, 1983). Na razini uzorka izmjera se najčešće provodi po principu jedno stablo, jedna izmjera, pri čemu se pri izmjerama na kružnim ploham na ravnom terenu pomični krak (vidi npr. Prodan, 1965; Banković i Pantić, 2006) zakreće prema središtu kruga. Na nagnutim terenima se, u praksi, ravnalo postavlja paralelno sa slojnicom (vidi npr. Prodan, 1965; Banković i Pantić, 2006). Pri izmjeri u nacionalnim inventurama (primjer Švicarske i Hrvatske: Keller, 2005; Čavlović i Božić, 2008) izmjera promjera provodi se zakretanjem ravnala prema središtu plohe, bez obzira na konfiguraciju terena, uz uvjet da je promjerka postavljena

na visinu od 1,30 m u odnosu na pribrežnu stranu, ako je teren nagnut. Naprotiv, zanemarivanje eliptičnosti debla pri mjerenju promjera može uzrokovati razlike kod rezultata izmjere, odnosno pogreške.

Cilj ovog rada je kvantificirati te analizirati prethodno navedene pogreške izmjere prsnog promjera na razini stabla odnosno uzorka.

MATERIJAL I METODE MATERIAL AND METHODS

Svim odabranim stablima mjeren je promjer s korom, s milimetarskom preciznošću, promjerkom Haglőf Mantax, koja je prije samog rada rektificirana. Prije same izmjere mjeritelji su izmjerili visinu 130 cm od tla na vlastitom tijelu koja je nazvana samoodređenom prsnom visinom.

Izmjeru su provela tri mjeritelja s višegodišnjim iskustvom u izmjerama prema sljedećem redoslijedu:

1. na samoodređenoj prsnoj visini (dva unakrsna promjera (1a, 1b)) – svi mjeritelji,
2. na obilježenoj prsnoj visini (dva unakrsna promjera (2a, 2b)) – svi mjeritelji,
3. 10 cm ispod (3a), odnosno iznad (3b) obilježene prsne visine – mjeritelj 1,
4. na obilježenoj prsnoj visini, ali tako da ravnalo ne dotiče stablo („izmjera krakovima“), s normalnim (4a) te jačim pritiskom na pomični krak promjerke (4b) – mjeritelj 2,
5. na obilježenoj prsnoj visini, pri čemu je ravnalo postavljeno na obilježenu točku, a promjerka zakrenuta krakovima prema gore radi lakšeg očitavanja na ravnalu promjerke (5a) – mjeritelj 3.

Obilježba promjera provedena je nakon što su svi mjeritelji izmjerili promjere na samoodređenoj prsnoj visini (1a i 1b). Mjesto prsne visine (2a) izmjereno je mjernom vrpcom te obilježeno bojom u obliku točke (da ne dođe do oštećenja kore stabla (Loetsch i dr., 1973)).

Izmjera je provedena na dva lokaliteta u sklopu Nastavno-pokusnog šumskog objekta Zagreb, Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Izmjere su provedene u nizinskoj šumi hrasta lužnjaka i običnog graba te u gorskoj bukovo-

Tablica 1. Prsni promjeri izmjerenih stabala (cm) po vrstama drveća: Hrast lužnjak (HL), Obični grab (OG), Obična jela (OJ), Obična bukva (OB)
Table 1. Breast height diameter (cm) of measured trees by species: Pedunculate oak (HL), Common hornbeam (OG), Silver fir (OJ), Common beech (OB)

Vrsta drveća <i>Tree species</i>	Broj stabala <i>Number of trees</i>	Aritmetička sredina <i>Mean</i>	Medijan <i>Median</i>	Minimum <i>Minimum</i>	Maksimum <i>Maximum</i>	Standardna devijacija <i>Standard deviation</i>
HL	74	61,1	61,8	31,4	101,3	16,2
OG	56	30,5	30,2	11,5	53,2	11,6
OJ	76	44,9	47,8	11,7	90,5	21,8
OB	76	37,5	37,6	11,7	72,2	16,3
Ukupno Total	282	44,3	42,7	11,5	101,3	20,4

jelovoj šumi. Mjerena su stabla koja pripadaju najzastupljenijim vrstama drveća u Hrvatskoj: hrast lužnjak, obični grab, obična jela i obična bukva. Ukupno su izmjerena 282 stabla: 74 stabla hrasta lužnjaka, 56 stabala običnog graba, te po 76 stabala obične jele i obične bukve (ukupno 4794 izmjerena promjera). Pri odabiru stabala vodilo se računa da se obuhvati cijeli raspon promjera za svaku vrstu drveća (Tablica 1).

Mjerna se grupa sastojala od 2 člana, od kojih je jedan mjerio, a drugi u terenske obrasce upisivao podatke izmjere. Prije same izmjere, mjeriteljima je uz pomoć mjerne vrpce na tijelu izmjerena visina od 1,30 m. Visina mjeritelja može utjecati na visinu postavljanja promjerke pri samoodređivanju prsne visine, a u ovom istraživanju iznosila je: 1,75 m (mjeritelj 1), 1,73 m (mjeritelj 2), 1,89 m (mjeritelj 3).

Promjeri 1a, 2a, 3a, 3b, 4a, 4b i 5a su u nizinskom području (šuma hrasta lužnjaka i običnog graba) mjereni postavljanjem ravnala promjerke paralelno s pravcem kretanja (32°), a u gorskom području (šuma bukve i jele) „u slojnicu”, pri čemu se prsna visina određivala i izmjera provodila s pri-brežne strane.

U uredu su podatci iz terenskih obrazaca prepisani, provedena je njihova provjera te ispravak krivo unesenih podataka.

Podatci su analizirani t-testom zavisnih varijabli (razlike položaja promjerke), analizom varijance ponovljenih mje-

renja sa Scheffeovim post hoc testom (razlike između mjeritelja) te linearnom regresijskom analizom (povezanost razlika izmjere i promjera stabala) uz razinu značajnosti 0,05 u programskom paketu Statistica 13.3 (TIBCO Software Inc., 2018).

REZULTATI ISTRAŽIVANJA RESULTS

Rezultati su iskazani tablično, kao razlika srednjih vrijednosti uzorka uz iskaz njihove značajnosti, te slikovno kao rasponi odstupanja izmjera pojedinačnih stabala odnosno utjecaja promjera stabala na veličinu odstupanja.

Razlike položaja promjerke pri izmjeri – Differences in caliper position during measurement

U ovom segmentu istraživanja najprije su prikazane razlike između izmjera koje su proveli svi mjeritelji: Unakrsnih promjera (1a-1b; 2a-2b) te točnosti samoodređivanja prsne visine (1a-2a). Navedene razlike i rezultati t-testa zavisnih varijabli prikazane su u Tablicama 2-4 te na Slikama 1 i 2.

Razlike između dvaju unakrsnih promjera na razini cijelog uzorka za pojedinu vrstu drveća veće su i statistički značajne kod graba i bukve. Kod lužnjaka i jele one su manje te nisu statistički značajne (Tablice 2 i 3).

Tablica 2. Prosječne razlike unakrsnih promjera na samoodređenoj prsnoj visini (1a-1b) i statistička značajnost razlika (p vrijednost) po vrstama drveća i mjeriteljima

Table 2. Average differences between two crosswise diameters at self-estimated breast height (1a-1b) and statistical difference (p value) by tree species and measurers

Mjeritelj Measurer	Hrast lužnjak <i>Pedunculate oak</i>		Obični grab <i>Common hornbeam</i>		Obična jela <i>Silver fir</i>		Obična bukva <i>Common beech</i>	
	1a-1b, cm	p	1a-1b, cm	p	1a-1b, cm	p	1a-1b, cm	p
1	0,33	0,3600	0,95	0,0203	-0,22	0,4044	-1,70	<0,0001
2	0,25	0,5285	1,09	0,0057	-0,05	0,8672	-1,79	<0,0001
3	0,18	0,6510	0,99	0,0097	-0,07	0,8133	-1,73	<0,0001
Prosječno – Average	0,26	0,4897	1,01	0,0080	-0,12	0,6645	-1,74	<0,0001

Tablica 3. Prosječne razlike unakrsnih promjera na obilježenoj prsnoj visini (2a-2b) i statistička značajnost razlika (p vrijednost) po vrstama drveća i mjeriteljima

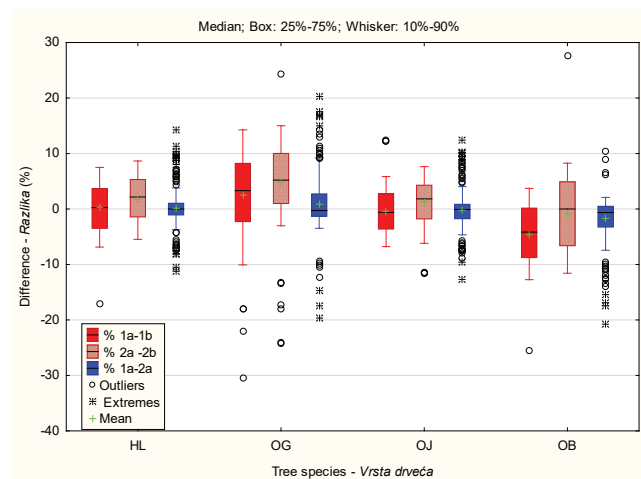
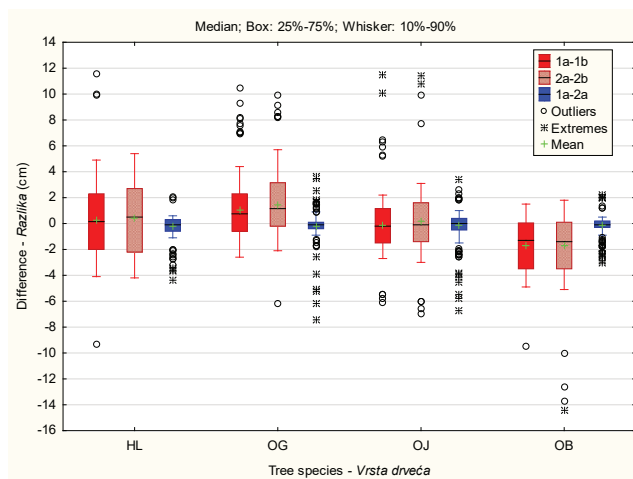
Table 3. Average differences between two crosswise diameters at marked breast height (2a-2b) and statistical difference (p value) by tree species and measurers

Mjeritelj Measurer	Hrast lužnjak <i>Pedunculate oak</i>		Obični grab <i>Common hornbeam</i>		Obična jela <i>Silver fir</i>		Obična bukva <i>Common beech</i>	
	2a-2b, cm	p	2a-2b, cm	p	2a-2b, cm	p	2a-2b, cm	p
1	0,33	0,3954	1,34	0,0010	0,16	0,6294	-1,80	<0,0001
2	0,29	0,4661	1,56	0,0004	0,10	0,7436	-1,80	<0,0001
3	0,71	0,0871	1,49	0,0003	0,23	0,4775	-1,62	<0,0001
Average – Prosječno	0,44	0,2553	1,46	0,0004	0,16	0,6044	-1,78	<0,0001

Tablica 4. Prosječne razlike promjera na samoodređenoj i obilježenoj prsnoj visini (1a-2a) i statistička značajnost razlika (p vrijednost) po vrstama drveća i mjeriteljima

Table 4. Average diameter differences between self-estimated and marked breast height (1a-2a) and statistical difference (p value) by tree species and measurers

Mjeritelj Measurer	Hrast lužnjak <i>Pedunculate oak</i>		Obični grab <i>Common hornbeam</i>		Obična jela <i>Silver fir</i>		Obična bukva <i>Common beech</i>	
	1a-2a, cm	p	1a-2a, cm	p	1a-2a, cm	p	1a-2a, cm	p
1	-0,22	0,0292	-0,20	0,2809	-0,59	0,0008	-0,32	0,0024
2	-0,11	0,3870	-0,18	0,2108	-0,003	0,9773	-0,08	0,3435
3	-0,37	0,0004	-0,18	0,3196	0,08	0,5581	-0,02	0,8180
Prosječno – Average	-0,23	0,0106	-0,18	0,2092	-0,17	0,1088	-0,14	0,0420



Slika 1. Razlike unakrsnih promjera na samoodređenoj visini (1a-1b), obilježenoj visini (2a-2b) te između promjera na samoodređenoj i obilježenoj visini (1a-2a), za hrast lužnjak (HL), obični grab (OG), običnu jelu (OJ) te običnu bukvu (OB); u cm (slika lijevo) te u % (slika desno)

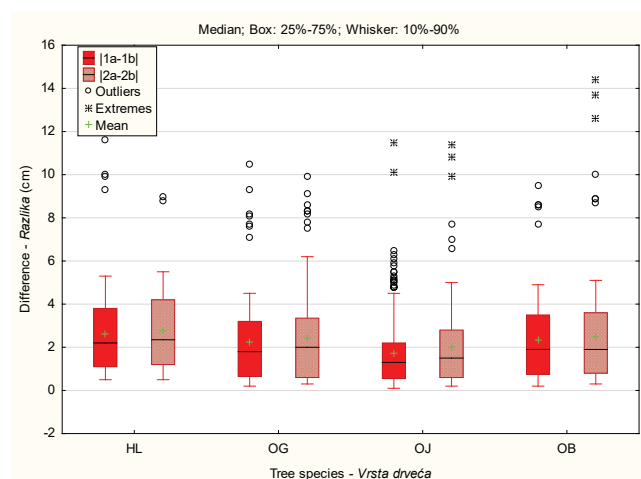
Figure 1. Differences between crosswise diameters at self-estimated breast height (1a-1b), marked breast height (2a-2b) and between diameters at self-estimated and marked breast height (1a-2a), for Pedunculate oak (HL), Common hornbeam (OG), Silver fir (OJ) and Common beech (OB); in cm (figure left) and in % (figure right)

Iz rezultata prikazanih u Tablici 4 vidljivo je da najmanju razliku između izmjere promjera na samoodređenoj i obilježenoj prsnoj visini ima mjeritelj 2, a najveću i većim dijelom statistički značajnu razliku mjeritelj 1.

Rezultati prikazani na slici 1 ukazuju da se razlike unakrsnih promjera pojedinačnih stabala nalaze najvećim dijelom u rasponu ± 2 -3 cm ili ± 3 -8% (50% razlika) odnosno ± 3 -5 cm ili ± 8 -15% (80% razlika). Razlika između unakrsnih promjera kod pojedinih stabala su i do 15 cm odnosno 30-ak %.

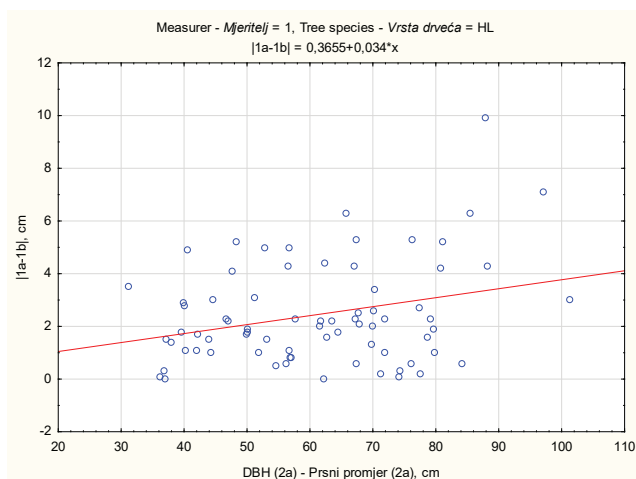
Razlike između promjera izmjerenog na samoodređenoj visini i obilježenoj visini značajno su manje od razlika dvaju unakrsnih promjera.

Kako je vidljivo iz Slike 1, razlike između unakrsnih promjera su pozitivne i negativne, sa srednjim odstupanjima koja su prikazana na slici te u Tablicama 2-4. Budući da redoslijed unakrsnih promjera nije bitan, kao jasniji pokazatelj eliptičnosti stabala na Slici 2 prikazana su apsolutna odstupanja unakrsnih promjera.



Slika 2. Apsolutni iznosi razlika unakrsnih promjera na samoodređenoj visini (1a-1b) te na obilježenoj visini (2a-2b), za hrast lužnjak (HL), obični grab (OG), običnu jelu (OJ) te običnu bukvu (OB)

Figure 2. Absolute differences between crosswise diameters at self-estimated breast height (1a-1b) and at marked height (2a-2b), for Pedunculate oak (HL), Common hornbeam (OG), Silver fir (OJ) and European beech (OB)



Slika 3. Apsolutne razlike unakrsnih promjera (1a-1b) u ovisnosti o prsnom promjeru stabla za hrast lužnjak

Figure 3. Absolute differences between crosswise diameters (1a-1b) in relation to breast height diameter for Pedunculate oak

Iz Slike 2 vidljivo je da gotovo nema stabla koje nije barem malo eliptično. Srednje apsolutno odstupanje unakrsnih promjera (eliptičnost) najmanje je kod jele (1,5-2 cm), a kod ostalih vrsta iznosi 2-3 cm.

Zbog utvrđivanja utjecaja promjera stabla na razlike između unakrsnih promjera (eliptičnost) te promjera izmjerenih na samoodređenoj i označenoj prsnoj visini provedena je linearna regresijska analiza. Kao primjer prikazana je apsolutna razlika između unakrsnih promjera na samoodređenoj prsnoj visini (Slika 3) za hrast lužnjak, mjeritelja 1.

Iz Slike 3 vidljivo je da se apsolutna razlika između unakrsnih promjera izmjerenih na samoodređenoj prsnoj visini (1a-1b) povećava povećanjem promjera stabla, uz dosta veliko rasipanje podataka. Slično vrijedi i za ostale izmjere istih mjeritelja (2a-2b; 1a-2a; 3a-2a; 3b-2a, 4a-2a; 4b-2a i 5a-2a), kao i razlike između mjeritelja (za izmjere koje su provodila sva trojica).

Tablica 5. Prosječne razlike promjera mjerenih 10 cm ispod i na obilježenoj prsnoj visini (3a-2a) te statistička značajnost razlika (p vrijednost) po vrstama drveća

Table 5. Average differences of diameters measured 10 cm under and at marked breast height (3a-2a) and statistical difference (p value) by tree species

Mjeritelj Measurer	Hrast lužnjak <i>Pedunculate oak</i>		Obični grab <i>Common hornbeam</i>		Obična jela <i>Silver fir</i>		Obična bukva <i>Common beech</i>	
	3a-2a, cm	p	3a-2a, cm	p	3a-2a, cm	p	3a-2a, cm	p
1	0,80	<0,0001	0,35	0,0191	0,49	<0,0001	0,23	<0,0001

Tablica 6. Prosječne razlike promjera mjerenih 10 cm iznad i na obilježenoj prsnoj visini (3b-2a) te statistička značajnost razlika (p vrijednost) po vrstama drveća

Table 6. Average differences of diameters measured 10 cm over and at marked breast height (3b-2a) and statistical difference (p value) by tree species

Mjeritelj Measurer	Hrast lužnjak <i>Pedunculate oak</i>		Obični grab <i>Common hornbeam</i>		Obična jela <i>Silver fir</i>		Obična bukva <i>Common beech</i>	
	3b-2a, cm	p	3b-2a, cm	p	3b-2a, cm	p	3b-2a, cm	p
1	-0,60	<0,0001	-0,21	0,0832	-0,40	<0,0001	-0,22	0,0002

Tablica 7. Prosječne razlike promjera mjerenih tako da ravnalo ne dotiče stablo, s normalnim pritiskom krakova (4a) i na obilježenoj prsnoj visini (2a) te statistička značajnost razlika (p vrijednost) po vrstama drveća

Table 7. Average differences of diameters measured with caliper beam held apart from the tree with normal pressure applied on caliper arms (4a) and at marked breast height (2a) with statistical significance of differences (p value) by tree species

Mjeritelj Measurer	Hrast lužnjak <i>Pedunculate oak</i>		Obični grab <i>Common hornbeam</i>		Obična jela <i>Silver fir</i>		Obična bukva <i>Common beech</i>	
	4a-2a, cm	p	4a-2a, cm	p	4a-2a, cm	p	4a-2a, cm	p
2	-0,26	<0,0001	-0,13	0,0029	-0,17	<0,0001	-0,21	<0,0001

Tablica 8. Prosječne razlike promjera mjerenih tako da ravnalo ne dotiče stablo, s jačim pritiskom krakova (4b) i na obilježenoj prsnoj visini (2a) te statistička značajnost razlika (p vrijednost) po vrstama drveća

Table 8. Average differences of diameters measured with caliper beam held apart from the tree with higher pressure applied on caliper arms (4b) and at marked breast height (2a) with statistical significance of differences (p value) by tree species

Mjeritelj Measurer	Hrast lužnjak <i>Pedunculate oak</i>		Obični grab <i>Common hornbeam</i>		Obična jela <i>Silver fir</i>		Obična bukva <i>Common beech</i>	
	4b-2a, cm	p	4b-2a, cm	p	4b-2a, cm	p	4b-2a, cm	p
2	-1,24	<0,0001	-0,83	<0,0001	-0,64	<0,0001	-0,63	<0,0001

Tablica 9. Prosječne razlike promjera mjerenih s krakovima zakrenutima gore (5a) i na obilježenoj prsnoj visini (2a) te statistička značajnost razlika (p vrijednost) po vrstama drveća

Table 9. Average differences of diameters measured with caliper arms turned up (5a) and at marked breast height (2a) with statistical significance of differences (p value) by tree species

Mjeritelj Measurer	Hrast lužnjak <i>Pedunculate oak</i>		Obični grab <i>Common hornbeam</i>		Obična jela <i>Silver fir</i>		Obična bukva <i>Common beech</i>	
	5a-2a, cm	p	5a-2a, cm	p	5a-2a, cm	p	5a-2a, cm	p
3	-0,79	<0,0001	-0,24	0,0023	-0,43	<0,0001	-0,25	<0,0001

Srednja odstupanja promjera mjerenih 10-cm ispod ili iznad prsne visine u odnosu na promjere izmjerene na obilježenoj mjestu (3a-2a; 3b-2a) prikazana su u Tablicama 5 i 6, a raspon odstupanja svih stabala na slici 4. Srednja

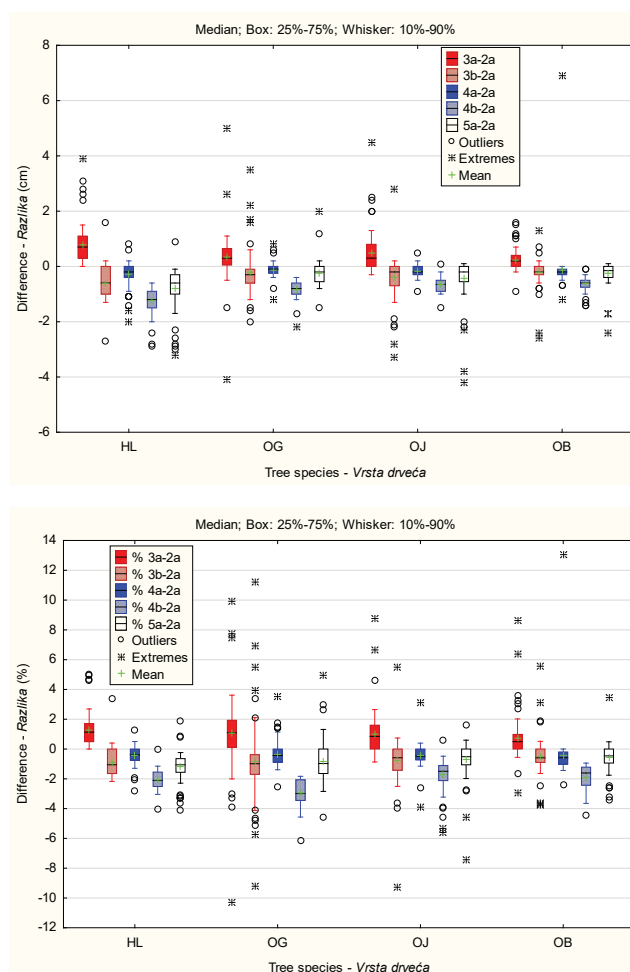
odstupanja promjera kada ravnalo pri izmjeri nije doticalo deblo („izmjera krakovima“) s normalnim te jačim pritiskom na pomični krak promjerke, u odnosu na promjere izmjerene na obilježenoj mjestu (4a-2a; 4b-2a) prikazana su u Tablicama 7 i 8, a raspon odstupanja svih stabala na slici 4. Srednja odstupanja promjera kod kojih su krakovi promjerke zakretani prema gore radi lakšeg očitavanja na ravnalu promjerke u odnosu na promjere izmjerene na obilježenoj mjestu (5a-2a) prikazana su u Tablici 9, a raspon odstupanja svih stabala na slici 4.

Iz rezultata prikazanih u Tablicama 5 i 6 vidljivo je da srednje vrijednosti razlika promjera mjerenih na visini 1,20 m u odnosu na prsnu visinu očekivano imaju pozitivan predznak, a razlika promjera mjerenih na visini 1,40 m u odnosu na prsni promjer očekivano imaju negativan predznak. Te su razlike statistički značajne, osim kod običnog graba (razlike između izmjere na visini 1,40 u odnosu na 1,30 m). Razlika je najveća kod hrasta lužnjaka. Veća je razlika između izmjere na 1,20 i 1,30 m u odnosu na razliku izmjere na 1,40 i 1,30 m, osim kod obične bukve kod koje je podjednaka.

Iz Slike 4 vidljivo je da se razlike između promjera izmjerenih više i niže od prsne visine nalaze većim dijelom u rasponu do 1,5 cm odnosno 2%. Pojedina stabla odstupaju i do 3–5 cm, maksimalno 10–14%. Svakako valja zamijetiti da su pojedina stabla deblja na prsnoj nego na visini od 1,20 m, odnosno na visini od 1,40 m u odnosu na prsnu visinu, što je posebno izraženo kod običnog graba.

Iz rezultata prikazanih u Tablicama 7 i 8 vidljivo je da srednje vrijednosti razlika promjera mjerenog tako da ravnalo pri izmjeri ne dotiče stablo („izmjera krakovima“), s normalnim te jačim pritiskom na pomični krak promjerke u odnosu na promjere izmjerene na obilježenoj mjestu, očekivano imaju negativan predznak, pri čemu su razlike očekivano veće kod jačeg pritiska na pomični krak pri izmjeri. Razlike su uz normalni pritisak na pomični krak najveće kod lužnjaka te bukve, a uz jači pritisak na pomični krak kod lužnjaka i graba. Kod svih vrsta te razlike su statistički značajne.

Iz Slike 4 vidljivo je da se razlike između promjera izmjerenih tako da ravnalo pri izmjeri ne dotiče stablo („izmjera krakovima“) u odnosu na promjere izmjerene na obilježenoj mjestu



Slika 4. Razlike promjera mjerenih 10 cm ispod prsne visine (3a), 10 cm iznad prsne visine (3b), s odmaknutim ravnalom i normalnim pritiskom krakova (4a), s odmaknutim ravnalom i jačim pritiskom krakova (4b) te zakrenutih krakova gore (5a) u odnosu na obilježeni promjer (2a), za hrast lužnjak (HL), obični grab (OG), običnu jelu (OJ) te običnu bukvu (OB); u cm (slika gore) te u % (slika dolje)

Figure 4. Differences between diameters measured 10 cm under breast height (3a), 10 cm above breast height (3b), with caliper beam held apart from the tree and normal pressure on caliper arms (4a), with caliper beam held apart from the tree and higher pressure on caliper arms (4b), and arms turned up (5a) in relation to marked breast height diameter (2a), for Pedunculate oak (HL), Common hornbeam (OG), Silver fir (OJ) and Common beech (OB), in cm (figure above) and in % (figure under)

nom mjestu, nalaze većim dijelom u rasponu -1 do +0,5 cm odnosno $\pm 1\%$, uz pojedina odstupanja koja se nalaze u rasponu -2 do +1 cm odnosno $\pm 4\%$, uz normalni pritisak na pomični krak, odnosno većim dijelom od -0,5 do -2 cm odnosno -1 do -5 %, uz pojedina odstupanja u rasponu -3 cm odnosno -6 %, kod jačeg pritiska na pomični krak promjerke.

Iz rezultata prikazanih u Tablici 9 vidljivo je da srednje vrijednosti razlika promjera mjenog tako da su krakovi promjerke zakretani prema gore radi lakšeg očitavanja na ravnalu promjerke u odnosu na promjere izmjerene na obilježenom mjestu, očekivano imaju negativan predznak. Razlike su statistički značajne kod svih vrsta, a najveće su kod lužnjaka i jele.

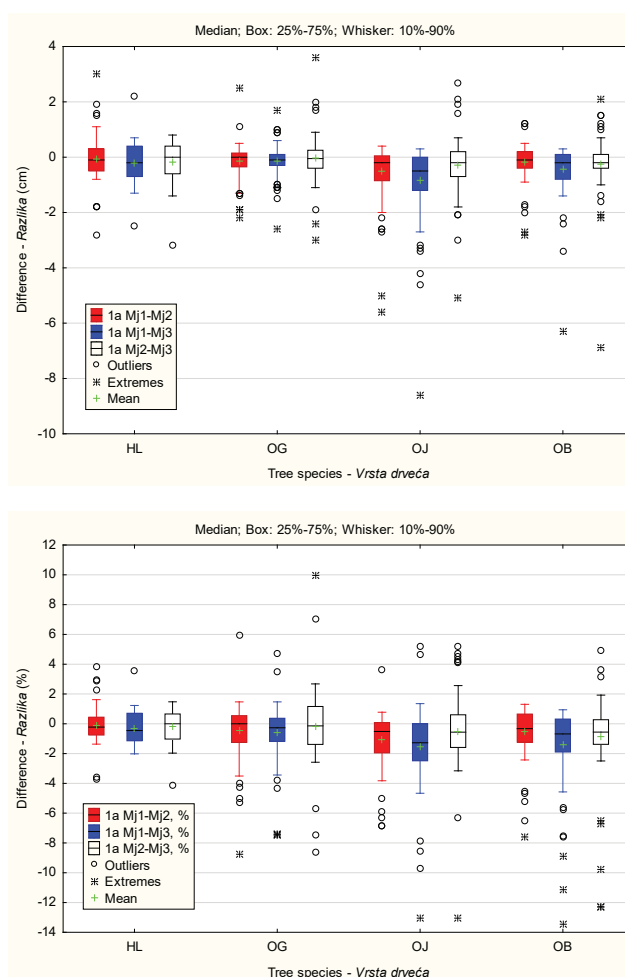
Iz Slike 4 vidljivo je da se razlike između promjera izmjerenih tako da su krakovi promjerke zakretani prema gore radi lakšeg očitavanja na ravnalu promjerke u odnosu na promjere izmjerene na obilježenom mjestu nalaze većim dijelom u rasponu -1,5 do +0,5 cm odnosno od -2,5 do 1,5%, uz pojedina odstupanja koja se nalaze u rasponu -4 do +2 cm odnosno -4 do +5%.

Razlike između mjeritelja – Differences between measurers

Razlike između mjeritelja promatrane su za izmjere na samoodređenoj visini (1a) te za oba unakrsna promjera na obilježenoj prsnoj visini (2a i 2b). Preliminarnom analizom izmjere unakrsnih promjera kod tri stabla obične bukve uočene su ekstremne razlike. Dodatnom provjerom uočeno je da je promjer 2b kod jednog stabla pogrešno upisan (21,1 umjesto 12,1 cm) te je to naknadno ispravljeno. Kod ostala dva stabla razlike su 14,4 cm i 6,9 cm, a podatci su točno prepisani s terenskih obrazaca, pa se vjerojatno radi o pogrešnom upisu pri izmjeri.

Rezultati razlika između mjeritelja su prikazani u Tablicama 10-12 te na Slikama 5-7.

Iz Tablice 10 vidljivo je da su razlike između mjeritelja kod samoodređivanja prsne visine, veće te većim dijelom statistički značajne između mjeritelja 1 i ostala dva mjeritelja za



Slika 5. Razlike promjera na samoodređenoj visini (1a) između mjeritelja, za hrast lužnjak (HL), obični grab (OG), običnu jelu (OJ) te običnu bukvu (OB); u cm (slika gore) te u % (slika dolje)

Figure 5. Differences in diameters on self defined breast height (1a) between measurers, for pedunculate oak (HL), common hornbeam (OG), silver fir (OJ) and European beech (OB): in cm (figure above) and in % (figure under)

izmjeru provedenu na nagnutom terenu (jela i bukva), gdje je mjeritelj 1 u prosjeku mjerio manje promjere. Veći dio razlika promjera između mjeritelja nalazi se u rasponu $\pm 1,5$ cm odnosno 2%. U ekstremnim slučajevima razlike su i do 9 cm odnosno 14% (Slika 5).

Tablica 10. Prosječne razlike promjera na samoodređenoj visini (1a) između mjeritelja (u cm), rezultati ANOVA-e ponovljenih mjerenja (F i p), te post hoc testa između pojedinih mjeritelja (p vrijednost)

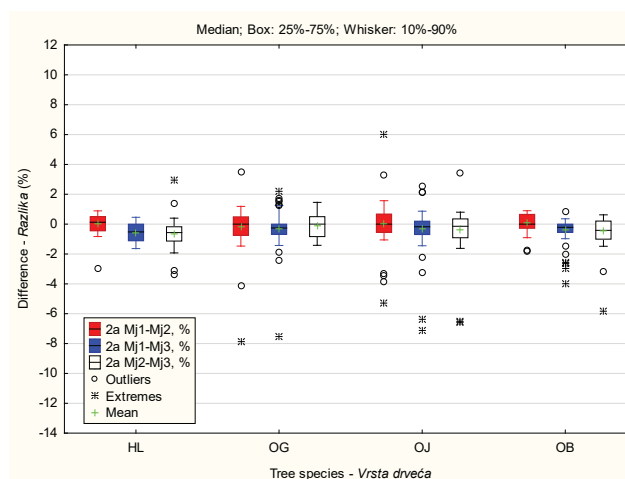
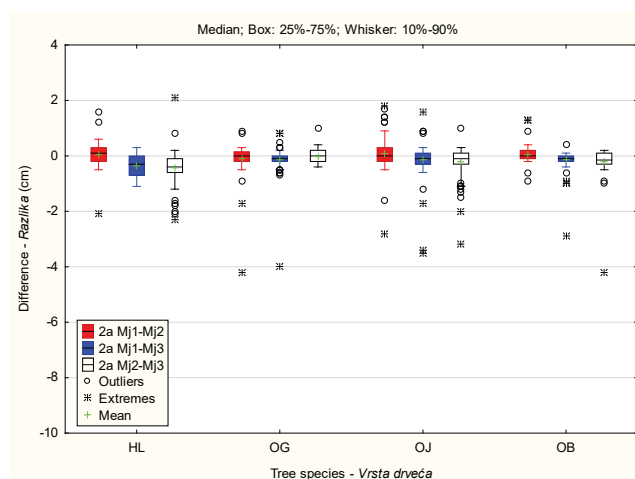
Table 10. Average differences in diameters on self defined breast height (1a) between measurers (in cm), results of ANOVA with repeated measurements (F and p), and post hoc test between individual measurers (p value)

Mjeritelj	Hrast lužnjak <i>Pedunculate oak</i>		Obični grab <i>Common hornbeam</i>		Obična jela <i>Silver fir</i>		Obična bukva <i>Common beech</i>	
Measurer	1a, cm	p	1a, cm	p	1a, cm	p	1a, cm	p
df=2	F=2,9850; p=0,0536		F=1,1248; p=0,3284		F=17,1335; p<0,0001		F=8,3088; p=0,0004	
M1-M2	-0,06	0,8098	-0,13	0,4784	-0,52	0,0017	-0,18	0,2406
M1-M3	-0,23	0,0643	-0,15	0,3961	-0,82	<0,0001	-0,44	0,0004
M2-M3	-0,17	0,2333	-0,02	0,9891	-0,30	0,1049	-0,26	0,0646

Tablica 11. Prosječne razlike promjera na obilježenoj visini (2a) između mjeritelja (u cm), rezultati ANOVA-e ponovljenih mjerenja (F i p), te post hoc testa između pojedinih mjeritelja (p vrijednost)

Table 11. Average differences of diameters on marked breast height (2a) between measurers (in cm), results of ANOVA with repeated measurements (F and p), and post hoc test between measurers (p value)

Mjeritelj	Hrast lužnjak <i>Pedunculate oak</i>		Obični grab <i>Common hornbeam</i>		Obična jela <i>Silver fir</i>		Obična bukva <i>Common beech</i>	
Measurer	2a, cm	p	2a, cm	p	2a, cm	p	2a, cm	p
df=2	F=24,0370; p<0,0001		F=1,7725; p=0,1747		F=4,3593; p<0,0144		F=8,3042; p=0,0004	
M1-M2	0,05	0,7581	-0,11	0,3164	0,07	0,6841	0,06	0,4985
M1-M3	-0,38	<0,0001	-0,13	0,2328	-0,15	0,1371	-0,14	0,0227
M2-M3	-0,43	<0,0001	-0,01	0,9814	-0,22	0,0177	-0,20	0,0006



Slika 6. Razlike promjera na obilježenoj visini (2a) između mjeritelja, za hrast lužnjak (HL), obični grab (OG), običnu jelu (OJ) te običnu bukvu (OB); u cm (slika lijevo) te u % (slika desno)

Figure 6. Differences in diameters on marked breast height (2a) between measurers, for pedunculate oak (HL), common hornbeam (OG), silver fir (OJ) and European beech (OB): in cm (figure left) and in % (figure right)

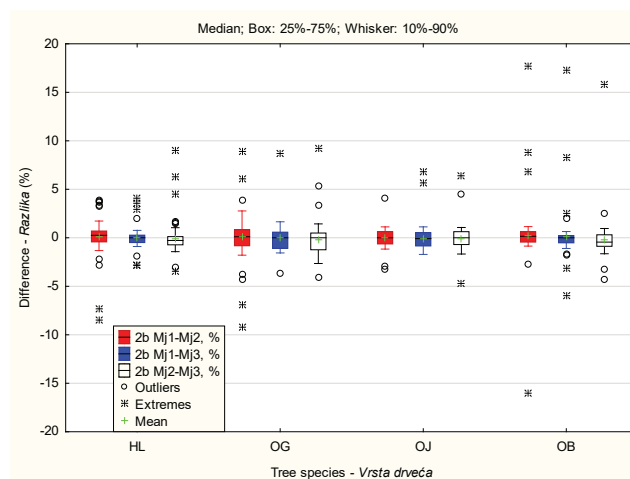
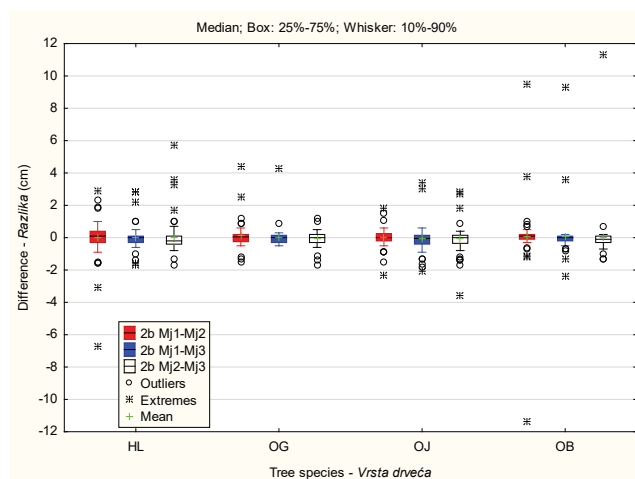
Table 12. Average differences of crosswise diameters at marked breast height (2b) between measurers (in cm), results of ANOVA with repeated measurements (F and p), and post hoc test between measurers (p value)

Tablica 12. Prosječne razlike unakrsnih promjera na obilježenoj visini (2b) između mjeritelja (u cm), rezultati ANOVA-e ponovljenih mjerenja (F i p), te post hoc testa između pojedinih mjeritelja (p vrijednost)

Mjeritelj	Hrast lužnjak <i>Pedunculate oak</i>		Obični grab <i>Common hornbeam</i>		Obična jela <i>Silver fir</i>		Obična bukva <i>Common beech</i>	
Measurer	2b, cm	p	2b, cm	p	2b, cm	p	2b, cm	p
df=2	F=0,0040; p=0,9961		F=0,6846; p=0,5064		F=0,6616; p=0,5175		F=0,0672; p=0,9351	
M1-M2	0,01	0,9975	0,10	0,5497	0,01	0,9899	0,06	0,9362
M1-M3	0,01	0,9966	0,02	0,9810	-0,08	0,6573	0,03	0,9752
M2-M3	0,00	0,9999	-0,08	0,6673	-0,09	0,5715	-0,03	0,9904

Iz Tablice 11 vidljivo je da su razlike između mjeritelja kod obilježene prsne visine (2a), veće te većim dijelom statistički značajne između mjeritelja 3 i ostala dva mjeritelja (osim kod graba), gdje je mjeritelj 3 u prosjeku mjerio veće promjere. Veći dio razlika promjera između mjeritelja nalazi se u rasponu ± 1 cm odnosno 1%. U ekstremnim slučajevima razlike su i do 4,5 cm odnosno 8% (Slika 6).

Iz Tablice 12 vidljivo je da su razlike između mjeritelja kod obilježene prsne visine, unakrsnog promjera (2b), između mjeritelja 3 i ostala dva mjeritelja male te nisu statistički značajne. Veći dio razlika promjera između mjeritelja nalazi se u rasponu $\pm 0,5$ cm odnosno 1%. U ekstremnim slučajevima razlike su (kod bukve) i do 12 cm odnosno 18% (Slika 7).



Slika 7. Razlike unakrsnih promjera na obilježenoj visini (2b) između mjeritelja, za hrast lužnjak (HL), obični grab (OG), običnu jelu (OJ) te običnu bukvu (OB); u cm (slika lijevo) te u % (slika desno)

Figure 7. Differences in crosswise diameters at marked breast height (2b) between measurers, for Pedunculate oak (HL), Common hornbeam (OG), Silver fir (OJ) and Common beech (OB): in cm (figure left) and in % (figure right)

RASPRAVA DISCUSSION

Izmjereni promjeri stabala, bilo da ih mjerimo s milimetarskom preciznošću ili ih grupiramo u debljinske stupnjeve, osnova su za obračun volumena, kako pojedinačnih stabala tako i sastojine. Stoga i odstupanja/pogreške prilikom izmjere promjera imaju posljedice na procjenu volumena. Upravo zbog važnosti izmjerenih promjera, svaka je izmjera podložna kontroli, a u nekim se slučajevima i propisuju dopuštena odstupanja u izmjeri. Omule (1980) napominje da je kod British Columbia Forest Service dozvoljena pogreška od 1% za prsni promjer, a Melson i dr. (2002) navode dozvoljene pogreške pri izmjeri promjera do približno $\pm 0,25$ cm za stabla promjera 12,5 do 50 cm, $\pm 0,5$ cm za stabla promjera 50-100 cm te 0,75 cm za stabla promjera 100-150 cm.

U svakom slučaju na mjeriteljima je da izmjeru provedu što kvalitetnije odnosno po pravilima struke. Na taj način eliminirat će se one pogreške koje su posljedica nesavjesne izmjere.

Razlike položaja promjerke pri izmjeri – Differences in caliper position during measurement

Kao što je iz rezultata vidljivo razlika u izmjerenom promjeru može biti posljedica eliptičnosti stabla (Tablice 2 i 3 i Slika 1). Upravo stoga je u provedbi Nacionalne inventure šuma RH propisano da se mjesto izmjere trajno obilježi (Čavlović i Božić, 2008), kako bi se pri kontroli izmjere moglo procijeniti koliko dobro je izmjera provedena, te da se iz izmjere ponovljene za nekoliko godina može točnije izračunati debljinski prirast stabla.

Iz rezultata prikazanih u Tablicama 2 i 3 vidljivo je da postoji razlika u srednjim vrijednostima unakrsnih promjera, koja

je za grab i bukvu veća i statistički značajna. Tako je prsni promjer grabovih stabala izmjeren u pravcu SI-JZ veći za 1-1,5 cm od promjera izmjerenog u pravcu SZ-JI. Kod bukve je srednji promjer mjeran u slojnici za 1,6-1,8 cm manji od unakrsnog promjera, što je u skladu s Van Laar i Akça (2007). Niže razlike kod graba su vjerojatno posljedica značajno manjeg srednjeg promjera uzorka stabala graba (30,49 cm) u odnosu na uzorak stabala bukve (37,46 cm), odnosno raspona promjera stabala u uzorku (Tablica 1).

Na razini pojedinačnih stabala svih vrsta drveća razlike promjera se kreću i do 5 cm odnosno 15 %, a u ekstremnim slučajevima i 15 cm odnosno 30-ak % (Slika 1). Iz Slike 2 vidljivo je da je većina stabala manje ili više eliptična, a ako usporedimo srednje apsolutno odstupanje (Slika 2) s prosječnim (Slika 1) jasno je da je kod pojedinih stabla bukve promjer u slojnici veći od njegovog unakrsnog promjera. Iako su poprečni presjeci debla bukve više ili manje slični krugu (Ugrenović, 1950), isti autor tvrdi da nagib terena može utjecati na eliptičnost, što je potvrđeno i ovim rezultatima. Imajući ove rezultate u vidu, izmjeru za razinu uzorka svakako je bolje (ako se mjeri samo jedan promjer) provesti mijenjanjem kuta izmjere, odnosno zakretanjem ravnala (ili krakova) promjerke prema središtu plohe, odnosno po principu zakretanja promjerke naizmjenično pod kutem od 45° na jednu odnosno drugu stranu u odnosu na pravac kretanja (definirani azimut), kod izmjera na primjernim prugama, doznake (odabir te evidentiranje stabala za sječu) ili pak izmjere promjera pri izmjeri visina stabala.

Povećanjem promjera stabala razlika između dva unakrsna promjera se povećava (Slika 3), što je u skladu s istraživanjima Prodana (1965) i Melsona i dr. (2002).

Johnson i Haag (1985) napominju da postavljanje promjerke na stablo bez obilježbe prsne visine može biti veliki izvor po-

greške, a Omule (1980) pogreške pri izmjeri promjera većinom adresira na pogreške pri određivanju prsne visine. Te su pogreške potvrđene i u ovom istraživanju, pri čemu je promjer na neobilježenoj visini u prosjeku manji od promjera na obilježenoj prsnoj visini (Tablica 4) za sve vrste drveća te kod svih mjeritelja. U našem istraživanju najveću i statistički značajnu razliku (osim kod graba) između promjera na samoodređenoj i obilježenoj prsnoj visini imao je mjeritelj 1. Mjeritelj 2, s druge strane ima najmanju te statistički neznčajnu razliku (Tablica 4). S obzirom da su oba navedena mjeritelja podjednako visoka (1,75 odnosno 1,73 m) te da im je prsna visina oko 1,30 m ta je razlika kod mjeritelja 1 neočekivana, a može biti posljedica previsokog položaja ili prejakog stiska promjerke pri izmjeri.

Svakako treba zamijetiti (Slika 1) da je razlika između promjera na samoodređenoj i obilježenoj prsnoj visini (vezano uz pad promjera) puno manja nego razlika dvaju unakrsnih promjera (vezano uz eliptičnost poprečnog presjeka). Teško je utvrditi jesu li razlike između izmjere na samoodređenoj i obilježenoj prsnoj visini posljedica izmjere na različitoj visini ili nepostavljanja promjerke pri samoodređivanju prsne visine pod istim kutom (u odnosu na pravac kretanja odnosno slojnicu) u odnosu na izmjeru na obilježenoj prsnoj visini.

Promatrajući deblo lako se uočava pad njegovog promjera s povećanjem visine. Uslijed navedenog, rezultati razlika promjera mjerenih 10 cm ispod i iznad prsne visine, a prikazani u Tablicama 5 i 6 su očekivani. Prosječne razlike između izmjere na 1,20 i 1,30 m su pozitivne (od 0,23 cm za bukve do 0,80 cm za hrast lužnjak), a negativne između 1,40 i 1,30 m (od -0,21 cm kod graba do -0,60 cm kod lužnjaka), pri čemu su ove zadnje u apsolutnom iznosu (osim kod bukve) radi izraženijeg pada promjera ispod prsne visine, očekivano manje. Na nagnutim terenima kada se izmjera provodi uz zakretanje ravnala prema središtu plohe, ispravno je prići stablu sa pribrežne strane, postaviti promjerku na prsnu visinu, te je zakrenuti da ravnalo promjerke bude okrenuto prema središtu plohe (Čavlović i Božić, 2008). Poneki mjeritelji stablu prilaze tako da ravnalo odmah zakreću prema središtu plohe, pri čemu promjerku postavljaju na „prsnu visinu“ koja nije s pribrežne strane te tako mjere promjer na visini nižoj od prsne, što rezultira precjenjivanjem izmjerenih promjera. Iz Slike 4 vidljivo je da pojedina stabla imaju veći promjer na prsnoj visini nego na visini 10 cm ispod nje, odnosno manji u odnosu na promjer mjeren 10 cm iznad prsne visine, što ukazuje na nepravilnosti pri rastu, u odnosu na očekivani rast stabla, a posebno je izraženo kod graba, kod kojeg je izražen nepravilni poprečni presjek vidljiv kao usukanost žice te užlijebljenost debela (Ugrenović, 1950).

Izmjerom promjera tako da ravnalo ne dotiče stablo („izmjera krakovima“) uz normalni pritisak na pomični krak promjerke u prosjeku se dobivaju nešto niži promjeri (od

0,13 cm kod graba do 0,26 cm kod hrasta) te su navedene razlike statistički značajne (Tablica 7). Uz jači pritisak razlike se očekivano povećavaju, za oko 0,4 cm kod bukve do gotovo 1 cm kod hrasta lužnjaka (Tablice 7 i 8). Razlika se povećava sa povećanjem promjera stabla, posebno kod jačeg pritiska na pomični krak, čemu bi uzrok mogao biti što krakovi promjerke kod izmjere debljih stabala ponekad nisu bili postavljeni tako da se njima obuhvati čitav promjer stabla. U svrhu izbjegavanja pogrešaka vezano uz jači pritisak na krakove promjerke Kennel (1959 – prema Loetsch i dr. (1973)) napominje da pritisak ne treba prelaziti 12 kg. Prejaki pritisak dovodi do pogreške u temeljnici do 3,5% (Tiren (1929) – prema Loetsch i dr. (1973)). Nadalje, Loetsch i dr. (1973) napominju da je pogreška negativna te da ovisi o mjeritelju kao i otpornosti kore na kompresiju.

U praksi je uočeno da mjeritelji, osobito oni nižeg rasta, radi lakšeg očitavanja na ravnalu često zakreću krakove promjerke prema gore. Kao što se iz Tablice 9 vidi ta je pogreška negativna, a prosječno iznosi od -0,24 cm kod graba do -0,79 cm kod hrasta.

Razlike između promjera izmjerenih na prsnoj visini i promjera na visini od 1,40 m slične su razlikama između promjera na prsnoj visini i promjera kada je promjerka postavljena na prsnu visinu, ali s krakovima zakretanim prema gore (Tablice 6 i 9 te Slika 4). To je i očekivano jer se u drugom slučaju krakovi na mjestu gdje dotiču stablo nalaze iznad 1,30 m.

Razlike između mjeritelja – *Differences between measurers*

Razlike između izmjerenih promjera različitih mjeritelja na samoodređenoj prsnoj visini (Tablica 10) je vezana uz mjeritelj 1, koji je kao što je ranije prikazano imao najveću i statistički značajnu razliku između izmjere na samoodređenoj i obilježenoj prsnoj visini (Tablica 4). Obilježavanje točke izmjere većinom dovodi do smanjenja razlika između mjeritelja (usporedi Tablice 10 i 11 te Slike 5 i 6) što je u skladu s sličnim istraživanjima (npr. Johnson i Haag 1985, i Omule 1980).

Razliku između mjeritelja pri izmjeri na obilježenoj prsnoj visini prikazanu u Tablici 11, gdje je statistički značajna razlika većim dijelom vezana uz mjeritelj 3, teže je obrazložiti jer je ravnalo promjerke kod svih mjeritelja postavljano na točku obilježbe. Obzirom da je prsna visina obilježena sprejom, pri čemu je promjer točke 2-3 cm, moguće je da se kod prislanjanja ravnala na obilježenu točku ravnalo ponekad prislonilo na sredinu ili rubove točke (a ne uz gornji rub kako propisuju Husch i dr. (2003)). Stoga bi dobivena razlika između mjeritelja mogla biti posljedica ranije spomenute eliptičnosti stabla (Tablice 2 i 3). Međutim, kako se vidi iz Tablice 12, kod unakrsnih promjera razlika je manja te nigdje nije statistički značajna što tu mogućnost stavlja

pod znak pitanja. S obzirom da je mjeritelj 3 pri izmjeri obilježenih prsnih promjera dobivao u prosjeku veće vrijednosti od ostale dvojice, postoji mogućnost da je pritisak na pomični krak mjeritelja 1 i 2 bio nešto veći, i to samo kod izmjere na obilježenoj točki (izmjera 2a). To je moguće objasniti činjenicom da se pri mjerenju unakrsnih promjera promjerka u odnosu na izmjeru na obilježenoj visini zakreće za 90°, uz minimalno zakretanje mjeritelja (iskorak u stranu) radi osiguranja njegove stabilnosti, pri čemu je pritisak na pomični krak vjerojatno manjeg intenziteta, te su stoga pri izmjeri unakrsnih promjera razlike između mjeritelja manje te nisu statistički značajne.

Maksimalne razlike između mjeritelja kod izmjere obilježenih promjera (Slika 6) odnosno unakrsnih promjera (Slika 7) iznose do 4,5 odnosno 12 cm. Maksimalna razlika pri kontrolnoj izmjeri pri provođenju prve nacionalne inventure šuma RH (Čavlović, 2010) iznosila je 14 cm. Čavlović napominje da ta razlika upućuje na grubu pogrešku, a takvima možemo smatrati i ekstremne razlike prikazane u rezultatima. Veći dio odstupanja kontrolne izmjere u prvoj nacionalnoj inventuri nalazi se u rasponu $\pm 1,5$ cm što je u skladu s rezultatima našeg istraživanja (vidjeti Slike 6 i 7).

Pranjić i Lukić (1997) napominju da najčešće pogreške pri mjerenju promjerkom nastaju kada pomični krak nije okomit na ravnalo. S obzirom da smo promjerke kalibrirali prije izmjere, ova vrsta pogreške je izbjegnuta osim u slučaju jačeg pritiska na krakove promjerke.

Izmjeru za ova istraživanja proveli su stručnjaci s višegodišnjim iskustvom u izmjerama. O učincima treninga na kvalitetu izmjere prsnog promjera pisali su Kitahara i dr. (2010), te Elzinga i dr. (2005) koji napominju da se trenin-gom pogreške mogu smanjiti, ali ne i eliminirati. Omule (1980) piše da su pogreške pri izmjeri manje ako su mjeritelji dobro utrenirani i iskusni, a šumski i vremenski uvjeti povoljni.

Izmjere za ova istraživanja, s obzirom na cilj istraživanja, provedena su vrlo savjesno. U otežanim okolnostima rada pod vremenskim pritiskom, očekuju se daleko veće pogreške (Loetsch i dr., 1973) čak i uz poštivanje svih procedura izmjere. Kao što je prethodno navedeno, uz sve provjere pojavila se i jedna ekstremna pogreška pri prepisivanju rezultata, te vrlo vjerojatno dva „ekstremna“ kriva upisa (ili očitavanja) unakrsnog promjera. Spomenute pogreške mogu se eliminirati korištenjem promjerki u kojima se rezultati izmjere direktno pohranjuju na „računalo“ (npr. promjerke tipa Digitech Professional II).

Treba imati u vidu da pogreške pri izmjeri promjera pojedinačnih stabala utječu na raspodjelu broja stabala po debljinskim stupnjevima te obračun volumena sastojine, što bi svakako valjalo istražiti.

ZAKLJUČCI CONCLUSIONS

Činjenicu da unakrsni promjeri stabala mogu biti jako različiti svakako treba u praksi imati u vidu pri kontroli izmjere, osobito ako stablima nije obilježeno mjesto izmjere ili poznato središte plohe i procedura izmjere (izmjera u slojnicu ili zakretanje ravnala prema središtu plohe), jer se izmjereni promjeri istog stabla mogu značajno razlikovati. Rezultati na razini uzorka ukazuju da kod graba i bukve postoji statistički značajna razlika unakrsnih promjera, kao posljedica utjecaja strane svijeta odnosno nagiba terena. Ove bi razlike (za navedene, ali i druge vrste drveća) bilo dobro provjeriti na većem uzorku, prikupljenog na širem prostoru, a u sklopu redovnih izmjera za izradu osnova odnosno programa gospodarenja ili pak doznake stabala. Uz zakretanje ravnala promjerke prema središtu plohe, razlike utjecane stranom svijeta i nagibom terena bi se na razini uzorka vjerojatno poništile. Kod stabala koja se doznajuju, oznaku bi trebalo postaviti na prsnu visinu s gornje strane stabla (na nagibu), kako je definirano člankom 4. Pravilnika o doznaci stabala (NN 17/2015), te tako smanjila pogreška pri izmjeri promjera na razini pojedinačnog stabla. Predlažemo da ako se potvrdi utjecaj strane svijeta odnosno nagiba terena na izmjereni promjer na razini uzorka, radi eliminiranja tog utjecaja kod svakog drugog stabla promjerka zakrene za 45° na jednu odnosno drugu stranu u odnosu na slojnicu ili definirani pravac kretanja, ako se radi o ravnom terenu. Ako se navedeni prijedlog prihvati trebalo bi sukladno tome izmijeniti spomenuti Pravilnik.

Rezultati istraživanja ukazuju na važnost poštivanja procedura izmjere da bi se izbjegle pogreške pri izmjeri promjera. Isto tako bitno je da se rezultati izmjere točno prepisu s terenskih obrazaca u računalo (ako se na terenu upisuju u papirni obrazac). Pogreške pri izmjeri, upisu te prepisivanju rezultata izmjere, u konačnici imaju utjecaj i na izračun volumena pojedinačnih stabala odnosno raspodjelu broja stabala po debljinskim stupnjevima i volumen sastojine.

Za primjenu u šumarskoj praksi bilo bi poželjno iskazati kolika smije biti pogreška pri izmjeri promjera stabala. To nije moguće jednoznačno odrediti te bi takav propis trebao ovisiti o svrsi izmjere te željama nalogodavca za koga se izmjera provodi. Rezultati ovog istraživanja mogu u tome pridonijeti s time da bi osim same svrhe (uređajna izmjera, doznaka, ...) bilo potrebno uzeti u obzir prirodna svojstva mjerenih sastojina, uvjete rada i vještinu radnika.

LITERATURA REFERENCES

- Avery, T.E., H.E. Burkhardt, 1983: Forest measurements, McGraw-Hill Publishing, 331 str., New York
- Banković, S., D. Pantić, 2006: Dendrometrija, Šumarski fakultet Univerziteta, 556 str., Beograd

- Čavlović, J., Božić, M., 2008: Nacionalna inventura šuma u Hrvatskoj – Metode terenskog prikupljanja podataka, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 146 str., Zagreb
- Čavlović, J., 2010: Prva nacionalna inventura šuma Republike Hrvatske, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 300 str., Zagreb
- Elzinga, C., R.C. Shearer, G. Elzinga, 2005: Observer variation in tree diameter measurements, *Western Journal of Applied Forestry*, Vol. 20. (2): 134-137., Bethesda
- Husch, B., T.W. Beers, J.A. Kershaw Jr., 2003: *Forest mensuration* (4th ed.), John Wiley&Sons, 443 str., New York
- Johnson, J. E., Haag, C. L., 1985: Reliability of height and diameter remeasurements on Red pine (*Pinus resinosa* Ait.) seedlings, *Tree Planter's Notes*, Vol. 36, (2): 27-29., Washington, D.C.
- Keller, M., 2005: *Schweizerisches Landesforstinventar*, Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, 393 str., Birmensdorf
- Kitahara, F., N. Mizoue, S.Yoshida, 2010: Effects of training for inexperienced surveyors on data quality of tree diameter and height measurements. *Silva Fennica* 44(4): 657–667, Helsinki
- Laar, A. van, A. Akça, 2007: *Forest mensuration*, Springer Science & Business Media, 383 str., Heidelberg
- Loetsch, F., F. Zöhrer, K.E. Haller, 1973: *Forest Inventory*, BLV Verlagsgesellschaft, 436 str., Munich
- Melson, S., D. Azuma., J.S. Fried, 2002: A first look at measurement error on FIA plots using blind plots in the Pacific Northwest, U: McRoberts, R.E., G.A. Reams, P.C. Van Deusen, J.W. Moser, (ur.), *Proceedings of the Third Annual Forest Inventory and Analysis Symposium*, Gen. Tech. Rep. NC-230. St. Paul, MN: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Research Station, str. 11-20, Traverse City
- Omule, S.A.Y., 1980: Personal bias in forest measurements, *The Forestry Chronicle*, Vol. 56. 222-224., Vancouver, B.C.
- Pranjić, A., N. Lukić, 1997: Izmjera šuma, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 405 str., Zagreb
- Pravilnik o doznaci stabala. *Narodne novine* (17/2015), Službeni list Republike Hrvatske
- Prodan, M., 1965: *Holzmesslehre*, J.D. Sauerlander's Verlag, 659 str., Frankfurt
- TIBCO Software Inc., 2018: *Statistica* (data analysis software system), version 13. <http://tibco.com>.
- Ugrenović, A., 1950: *Tehnologija drveta*, Nakladni zavod Hrvatske, 502 str., Zagreb

SUMMARY

A tree diameter at breast height (dbh) is a basic variable measured in forest inventory. Generally, it is measured with calipers whose arms have to be perpendicular to the beam. Therefore, caliper has to be rectified before measurement. Measurement should be performed in the way that caliper itself is perpendicular to the tree stem with arms and beam touching the tree without applying too much pressure to caliper arms. Measurer mistakes and failing to follow standard measurement procedures lead to errors that reflect in all inventory results (basal area, stand volume). Experience gathered while working with students and colleagues in practice, showed that measurement procedures sometimes significantly depart from required. Therefore, the aim of this research was to quantify and analyze known and observed dbh measurement errors.

For that purpose two sites in Zagreb Training and Forest research center were selected: one site in area of lowland oak and hornbeam forest stand and another in mountain area with mixed fir and beech forest. Total 282 trees (74 Pedunculate oak, 56 Common hornbeam, 76 Silver fir and 76 Common beech) in wide diameter range were measured. (Table 1). All selected trees were marked with a number before measurement.

On both research plots three measurers performed following diameter measurements using Haglof Mantax caliper: crosswise diameters at self-estimated breast height with (1a, 1b), crosswise diameters at marked breast height (2a, 2b), 10 cm above (3a) and 10 cm under the marked breast height (3b), at marked breast height point with caliper beam held apart from tree and normal pressure on the caliper arms (4a) and higher pressure on the caliper arms (4b) and caliper beam on marked point with caliper tips facing up (5a). Measurement group consisted of two measurers. One measurer performed measurement and other was writing the data. Since measurers height can affect the placement of the calipers on the tree, so position of breast height of 1,3m was determined using measuring tape before beginning of measurement for each measurer. Marking of breast height point on the tree was made after measurement with self-estimated breast height. Collected data were analyzed using t-test and ANOVA with 0,05 significance level.

Results show that average differences between two crosswise diameter measurements at self estimated breast height are statistically significant for hornbeam (average difference 1 cm) and beech (average 1,7 cm). Fir and oak had less differences (up to 0,7cm) that were not proven statistically significant. (Table 2).

At marked breast height differences of crosswise measurements are as well statistically significant for hornbeam and beech. (Table 3). Comparison between average diameter difference at self-estimated

and marked breast height show statistically significant difference for oak and beech. Negative average values for all measured species suggest that measurers usually slightly overestimated breast height (Table 4). According to Figure 1 it is visible that crosswise diameter differences are mostly within ± 2 -3 cm (50% difference). Certain trees show difference up to 15 cm in crosswise diameters. At the same time, diameter differences between self-estimated and marked breast height are smaller than crosswise diameter difference. Figure 2 shows that there is almost no trees which are not elliptical with fir having the smallest values.

Diameter measured 10 cm under marked breast height expectedly resulted in statistically significant higher values for all tree species with 0,49 cm on average (Figure 4), and diameters measured 10 cm above marked breast height resulted in lower values being statistically significant for oak, beech and fir (Figure 5). The biggest difference is for oak trees.

When caliper beam was held apart from tree and normal pressure on caliper arms applied, results were -0,12 to -0,26 cm lower and statistically significant compared to readings at correct position (caliper beam on the tree). The similar results were achieved with stronger pressure on the arms but with higher negative values, as expected.

Measurement with arm tips facing up resulted with statistically significant lower average diameter reading for all measured tree species (Table 9). Moreover, Figure 4 shows that in comparison to diameter measured on marked breast height readings on the caliper scale were in range between -1,5 to +0,5cm with extremes ranging from -4 to +2cm respectively.

Differences between measurers were observed on self-estimated breast height and for crosswise diameters on marked breast height. Table 10 and Figure 5 show that diameter differences between measurer 1 and other two measurers have proven to be statistically significant for self-estimated breast height of fir and beech trees (forest stand on sloping ground) where measurer 1 in average measured smaller diameters. Further, with diameters measured on marked breast height, differences were significant between measurer 3 and other two measurers in the way that measurer 3 on average measured larger diameters (Table 11 and Figure 6)

Diameter measurement is the basis for volume estimation of individual trees and stand as well. Therefore, measurement errors have impact on volume estimation, so measurement is subjected to control and sometimes allowable measurement departures are prescribed. Omule (1980) mentions that in Columbia Forest Service allowable errors of 1% for dbh is allowed and Melson et al. (2002) states that allowable dbh errors are $\pm 0,25$ cm for trees from 12,5 to 50 cm, $\pm 0,5$ cm for trees from 50-100 cm and 0,75 cm for trees from 100-150 cm dbh. Measurer responsibility is to perform the measurement according to the rules and with highest possible precision.

As the results show, differences in diameters can be a result of elliptical trees (Table 2, 3 and Figure 1). On tree level, differences sometimes reach 30% of tree diameter (Figure 1). With increase of tree diameter the difference between two crosswise diameters increases as well (Figure 3). Also, measurement under or above actual breast height results in statistically significant positive or negative diameter values.

Results based on measured sample trees show that hornbeam and beech breast height measurement gives a significant difference in crosswise diameters as a result of sloping ground and geographic orientation. Turning the caliper beam towards the plot center can cancel out these measurement errors assuming an adequate sample size. Furthermore, on trees that are to be cut, the breast height should be marked (on the upper side of the slope). In this way measurement error for a single tree level would be reduced. Finally, this research points out the importance of following correct procedures while tree diameter measurement in order to minimize measurement errors which can affect accuracy of measured data.

KEY WORDS: diameter at breast height, measurement errors, bias, forest inventory



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.

PRIMJENA VIŠEKRITERIJSKE AHP METODE U ODABIRU SUSTAVA PRIDOBIVANJA DRVA

APPLICATION OF MULTICRITERIA AHP METHOD IN SELECTION OF WOOD HARVESTING SYSTEM

Mario ŠPORČIĆ¹, Matija LANDEKIĆ^{1*}, Ivana BARTULAC², Ksenija ŠEGOTIĆ³

SAŽETAK

Donošenje odluka, kao proces odabira neke od alternativa kojima se rješava dani problem, u šumarstvu je naglašeno zahtjevno zbog mnogobrojnosti i širokog raspona kriterija uključenih u proces odlučivanja. Primjena različitih metoda višekriterijskog odlučivanja u takvim se situacijama pokazuje kao važan i potencijalno dobar način pristupanja brojnim šumarskim pitanjima i problemima. U tom smislu, u ovom se radu primjenom višekriterijske metode odlučivanja Analytic Hierarchy Process (AHP) ocijenila prikladnost primjene pojedinih sustava pridobivanja drva za odabranu šumsku sastojinu, odnosno radilište. Na temelju ispitivanja šumarskih stručnjaka i usporedbe postojećih sustava pridobivanja drva, prema postavljenim kriterijima, utvrdili su se rangovi pojedinih alternativa i donijet je prijedlog odluke o odabiru optimalnog sustava pridobivanja drva za predviđene proizvodne zadaće i konkretne uvjete određenog šumsko-gospodarskog područja. S obzirom na definirane tehnološko-biološke, ekonomske, ekološke, ergonomske, energijske i estetske kriterije odabira, kao najpogodnija opcija ocijenjen je sustav kojega čine harvester i forvarder.

KLJUČNE RIJEČI: sustavi pridobivanja drva, šumarstvo, odlučivanje, višekriterijski modeli, AHP metoda

1. UVOD INTRODUCTION

Šumama se danas gospodari u mnogostruke svrhe, a višestruke koristi i brojne dobrobiti koje pružaju šume kao i netržišna priroda dijela takvih proizvoda, čine planiranje i odlučivanje o šumarskim postupcima naročito zahtjevnim. U pridobivanju drva to je jasno izraženo kod odabira i primjene određenih sustava pridobivanja drva u različitim šumskim sastojinama. Vrednovanje mogućih sustava pridobivanja drva obuhvaća procjenu njihove djelotvornosti u specifičnim uvjetima pojedinih šumskogospodarskih područja. Primjena određenih sustava pritom se često zasniva na standardiziranim financijskim pokazateljima i troško-

vima po jedinici proizvoda kao glavnoj mjeri učinkovitosti proizvodnje u šumarstvu. Međutim, obuhvatnije odluke o najprikladnijim sredstvima, načinima i postupcima pridobivanja drva moraju uključiti i mnogobrojne dodatne utjecajne čimbenike tj. kriterije njihovoga odabira.

Planiranje šumskih radova i donošenje odluka o šumarskim postupcima i zahvatima, njihovom obliku, trajanju, sredstvima i sl., instrumenti su od središnje važnosti, jednako za usmjeravanje rada šumskih uprava i poduzeća kao i za osiguranje javnoga interesa u gospodarenju šumama. Cilj kvalitetnog planiranja i predviđanja pritom je pružanje potpore za donošenje odluka na način da se postigne najbolji omjer inputa i outputa u gospodarenju šumama te istovre-

¹ Prof. dr. sc. Mario Šporčić, doc. dr. sc. Matija Landekić, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zavod za šumarske tehnike i tehnologije, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, e-mail: sporcic@sumfak.hr, mlandekic@sumfak.hr

* dopisni autor – corresponding author

² Ivana Bartulac, mag. ing. silv., Lipovlje 6, 53220 Otočac, e-mail: ibartulac72@gmail.com

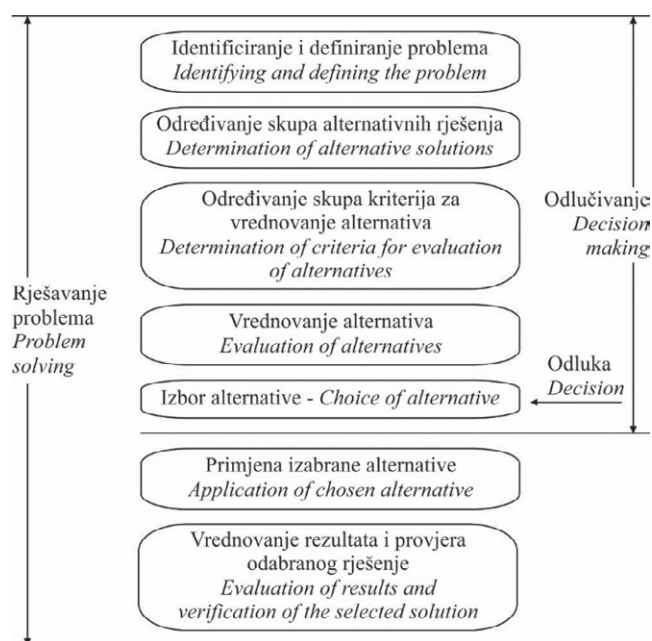
³ Prof. dr. sc. Ksenija Šegotić, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zavod za procesne tehnike, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, e-mail: segotic@sumfak.hr

meno najpovoljnije ispunje kriteriji i zahtjevi postavljeni pred određeno šumsko-gospodarsko područje. Neizostavni dio u tome svakako predstavlja i odabir odgovarajućih sustava pridobivanja drva. Kao krajnji rezultat takvih razmatranja donosi se svojevrstan plan upravljanja koji sadrži preporučeni akcijski plan za određeno šumsko područje, s predviđenim rezultatima i posljedicama njegova provođenja. Odabrani šumarski postupci te provedeni šumsko-gospodarski zahvati pritom imaju dugoročne ekonomske, ekološke i socio-kulturne učinke.

U skladu s navedenim u ovome će se radu za vrednovanje i ocjenu postojećih sustava pridobivanja drva u hrvatskom šumarstvu primijeniti postupak višekriterijskog odlučivanja. Primjenom odabrane višekriterijske metode (Analitički hijerarhijski proces – AHP) ocijeniti će se prikladnost pojedinih sustava pridobivanja drva za konkretne uvjete određene šumske sastojine te procijeniti njihova djelotvornost za predviđene šumsko-gospodarske zahvate. Cilj istraživanja je razvoj modela za višekriterijsku ocjenu pogodnosti i djelotvornosti pojedinih sustava pridobivanja drva te prikaz mogućnosti primjene AHP metode, ali i drugih metoda višekriterijskog odlučivanja, u rješavanju brojnih, složenih šumarskih pitanja i problema.

1.1 Višekriterijsko odlučivanje u šumarstvu – *Multi-criteria decision making in forestry*

Pod donošenjem odluke razumijeva se izbor neke od alternativa kojima se rješava dani problem. U problemu odlučivanja postoje ciljevi koji se žele postići odlukom, kriteriji



Slika 1. Odnos između rješavanja problema i odlučivanja (Anderson i dr. 2000)

Figure 1. Relationship between problem solving and decision making (Anderson et al. 2000)

kojima se mjeri postizanje tih ciljeva, težine kriterija koje odražavaju njihovu važnost i alternativna rješenja problema. Pod ciljem se podrazumijeva stanje sustava koje želimo postići odlukom, a kriteriji su atributi kojima se opisuju alternative. Njihova svrha je da direktno ili indirektno daju informacije o tome u kojoj mjeri se pojedinom alternativom ostvaruje željeni cilj. Svi kriteriji obično nisu jednako važni, a relativna važnost kriterija proizlazi iz preferencija donositelja odluke što je povezano s njegovim vrijednosnim sustavom i ostalim psihološkim karakteristikama. Osnovni postupci i koraci u procesu odlučivanja i rješavanja problema prikazani su na slici 1.

Višekriterijsko odlučivanje spada u široki spektar metoda operacijskih istraživanja. Njihova je primjena, zajedno s različitim tehnikama grupnog odlučivanja, posebno primjerena u slučajevima gdje je potrebno holistički razmotriti i ocijeniti različite alternative u odlukama, pri čemu je sveobuhvatna analiza naročito otežana mnogobrojnošću teško usporedivih kriterija i suprotstavljenih interesa koji utječu na proces odlučivanja. Naglasak je pritom na nužnosti da se prijedlog odluke utemelji na racionalnim argumentima.

Do danas su razvijene mnogobrojne višekriterijske metode, pri čemu svaka od njih ima svoje postavke i tehnike primjenjive u odgovarajućim situacijama. Neke od najčešćih metoda su npr.: analiza omeđivanja podataka (*Data Envelopment Analysis, DEA*), analitički hijerarhijski proces (*Analytic Hierarchy Process, AHP*), višeatributna teorija korisnosti (*Multi-Attribute Utility Theory, MAUT*), metode višeg ranga (*Outranking methods*), glasačke tehnike (*Voting methods*), analiza stohastičke višekriterijske prihvatljivosti (*Stochastic Multicriteria acceptability analysis, SMAA*) i dr. U tablici 1 prikazane su karakteristike i usporedba nekih višekriterijskih metoda. Detaljniji prikaz pojedinih metoda višekriterijskog odlučivanja moguće je pronaći u mnogobrojnim izvorima (npr. Triantaphyllou 2000, Koksalan i Zionts 2001, Posavec 2005, Kahraman 2008, Pavan i Todeschini 2009, Čaklović 2014, Sabaei i dr. 2015).

Prikazane i druge višekriterijske metode međusobno se znatno razlikuju. Niti jedna metoda nije univerzalna i najbolja, čak ni primjenjiva, u svim slučajevima. Naime, različitim situacijama i problemima najbolje odgovaraju različite metode. Izbor odgovarajuće metode zahtijeva poznavanje više modela, njihovih postavki, prednosti i ograničenja kao i karakteristika i zahtjeva specifičnih situacija i problema u planiranju i odlučivanju.

U šumarstvu su metode i tehnike višekriterijskog odlučivanja prisutne već više od 40 godina (Field 1973). Međutim, njihova značajnija primjena počinje od 1990-ih godina i brojnih u međuvremenu objavljenih višekriterijskih radova koji se u više područja bave različitim problemima šumarstva (Kangas i Kangas 2005, Herath i Prato 2006, Šporčić i dr. 2011, Segura i dr. 2014, Ezquerro i dr. 2016, Obi i Visser

Tablica 1. Karakteristike nekih metoda višekriterijskog odlučivanja (Sarkis i Weinrach 2001)**Table 1.** Multiple criteria evaluation technique characteristics (Sarkis i Weinrach 2001)

Metoda <i>Evaluation technique</i>	Troškovi primjene <i>Cost of implementation</i>	Zahtjev za podacima <i>Data requirement</i>	Osjetljivost <i>Ease of sensitivity</i>	Ekonomska valjanost <i>Economic rigor</i>	Razumljivost <i>Management understanding</i>	Matematička složenost <i>Mathematical complexity</i>	Fleksibilnost u izmjeni parametara <i>Parameter mixing-flexibility</i>
DEA	S	S	N	S	N	V	S
AHP	S	S	N	N	S	N	V
Expert systems	V	V	N	V	S	V	V
Goal program	S	S	S	V	N	V	N
MAUT	V	V	S	S	S	S	V
Outranking	S	S	N	S	N	S	S
Simulation	V	V	V	V	V	V	S
Scoring models	N	N	N	N	V	N	V

V – visoko - *high*; S – srednje - *medium*; N – nisko - *low*

2018, Ortiz-Urbina i dr. 2019, Blagojević i dr. 2019). Uvjetno određena područja šumarstvu u kojima su primijenjeni višekriterijski modeli obuhvaćaju: pridobivanje drva, proširenje iskorištavanje šuma, očuvanje biološke raznolikosti, održivo gospodarenje, pošumljavanje, regionalno planiranje, šumarsku industriju, rizik i neizvjesnost (Diaz-Balteiro i Romero 2008).

Donošenje odluke, kao proces odabira neke od alternativa kojima se rješava dani problem, u šumarstvu je naglašeno zahtjevno i složeno zbog mnogobrojnosti i širokog raspona kriterija uključenih u procese odlučivanja. Takvi utjecaji i kriteriji obuhvaćaju brojna ekonomska pitanja (proizvodnja drva, korištenje nedrvenih proizvoda, držanje stoke, lov i sl.), socijalna pitanja (rekreacijske aktivnosti, turizam, razina zaposlenosti, naseljenost ruralnih sredina i dr.) te ekološka i okolišna pitanja (erozija tla, regulacija vodotoka, bioraznolikost, pohranjivanje ugljika, tvorba krajobraz, utjecaj na klimu i dr.). Odabir optimalnog sustava pridobivanja drva u procesu šumarske proizvodnje upravo je primjer takvih odluka.

2. MATERIJAL, METODE I CILJEVI MATERIAL, METHODS AND AIMS

Za istraživanje je kao odgovarajuća višekriterijska metoda odabran Analitički hijerarhijski proces (AHP), a vrednovanje postojećih sustava pridobivanja drva provedeno je s obzirom na njihovu moguću primjenu u proredi bjelogoričnih sastojina na području UŠP Bjelovar, Šumarija Bjelovar. Ispitivanje je provedeno tijekom 2018. godine. U nastavku će se detaljnije prikazati AHP metoda kao i područja istraživanja.

2.1 Područje istraživanja – *Research area*

Područje istraživanja za koje su odabrani ispitanici prema postavljenim kriterijima procjenjivali pogodnost pojedinih

sustava pridobivanja drva predstavljaju odsjeci 14b i 14c gospodarske jedinice (GJ) »Bjelovarska Bilogora« u Šumariji Bjelovar. Područje istraživanja (odsjeci 14b i 14c) u nastavku je opisano prema podacima Osnove gospodarenja za GJ »Bjelovarska Bilogora« iz 2013. godine (Hrvatske šume 2013).

Odsjek 14 b prostire se na površini od 18,28 ha, uređajnog razreda običnog graba starosti 79 godina na II bonitetu. Propisana ophodnja je 70 godina. Nalazi se na nadmorskoj visini 100 m, zapadne ekspozicije i nagiba 3-9 %. Vegetaciju obilježavaju zajednice šuma lužnjaka i običnog graba s bukvom, obrasta 1,23. Sklop je potpun, a drvena zaliha iznosi 291,58 m³/ha, odnosno 5330 m³ u odsjeku. Hrast lužnjak čini 18,16 m³/ha, hrast kitnjak 3,72 m³/ha, obična bukva 17,34 m³/ha, obični grab 243,71 m³/ha, OTB 0,33 m³/ha i crna joha 8,32 m³/ha. Broj stabala iznosi 784 po ha, dok temeljnica iznosi 28,88 m²/ha. Srednje plošno stablo je promjera 21,60 cm, dok je godišnji tečajni prirast 7,49 m³/ha, odnosno 137 m³ u odsjeku. Prema osnovi gospodarenja u odsjeku treba obaviti proredu intenzitetom 11,67 %, odnosno 34,03 m³/ha, od toga običnog graba 32 m³/ha i obične bukve 2,02 m³/ha. Za sječu je, u 2017. godini, doznačeno 1.782 stabla (731,24 m³), sječne gustoće 98 stabala/ha (40 m³/ha), sa srednjim promjerom doznačenih stabala 21,7 cm i planiranom srednjom udaljenosti primarnog transporta 250 m.

Odsjek 14 c prostire se na površini od 9,07 ha, uređajnog razreda obične bukve starosti 79 godina na I bonitetu. Propisana ophodnja iznosi 100 godina. Nalazi se na nadmorskoj visini 150-175 m, jugo-zapadne ekspozicije i prosječnog nagiba 3-9 %. Šumsku zajednicu čini submontanska bukova šuma s trepavičastim šašem. Sklop je potpun, obrast 1,06. Drvena zaliha iznosi 3681 m³, odnosno 405,84 m³/ha, od čega hrast lužnjak čini 7,94 m³/ha, hrast kitnjak 16,54 m³/ha, obična bukva 201,76 m³/ha i obični grab 179,60 m³/ha. Temeljica iznosi 30,98 m², broj stabala je 540 po ha.



Slika 2. Odsjeci 14b i 14c, GJ „Bjelovarska Bilogora“

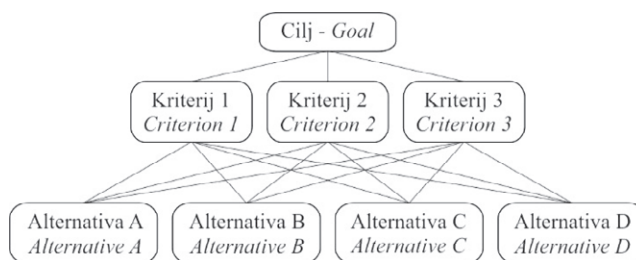
Figure 2. Forest compartments 14b and 14c, Forest management unit „Bjelovarska Bilogora“

Srednje plošno stablo je promjera 30,98 cm, dok je godišnji tečajni prirast $9,70 \text{ m}^3/\text{ha}$, odnosno 88 m^3 u odsjeku. Prema propisu osnove gospodarenja za prvo polurazdoblje u odsjeku treba obaviti proredu intenziteta 11,08 %, odnosno $44,98 \text{ m}^3/\text{ha}$, od toga obične bukve $19,96 \text{ m}^3/\text{ha}$ i običnog graba $25,03 \text{ m}^3/\text{ha}$. Za sječu je, u 2017. godini, doznačeno 559 stabala ($446,3 \text{ m}^3$), sječne gustoće 62 stabla/ha ($49 \text{ m}^3/\text{ha}$), sa srednjim promjerom doznačenih stabala 26,4 cm i planiranom srednjom udaljenosti primarnog transporta 550 m.

2.2 Analitički hijerarhijski proces (AHP) – *Analytic Hierarchy Process (AHP)*

Nakon usporedbe i analize više različitih metoda, za potrebe istraživanja je kao primjerena odabrana AHP metoda ili Analitički hijerarhijski proces. AHP, prvotno razvijen od Saaty-a (1977, 1980) je često primjenjivana i vrlo popularna metoda u mnogim područjima, uključujući i gospodarenje prirodnim resursima. Mendoza i Sprouse (1989), Murray i Gadow (1991), Kangas (1992) neki su od autora koji su AHP primijenili u šumarstvu, a broj aplikacija se kontinuirano povećava (Ananda i Herath 2003, Wolfslehner i dr. 2005, Šegotić i dr. 2003, 2007, Dodson i dr. 2006, Posavec i dr. 2006, Nilsson i dr. 2016, Jazbec i dr. 2016, Lakicevic i dr. 2018).

U usporedbi s drugim metodama, AHP ima nekoliko prednosti sa stajališta višekriterijskog i grupnog odlučivanja. U rješavanju problema odlučivanja objektivne informacije, stručno znanje i subjektivne preferencije se pomoću AHP metode mogu uzeti u razmatranje skupno i istovremeno. Također se u obzir mogu uzeti i kvalitativni kriteriji, dok



Slika 3. Hijerarhijska struktura AHP metode

Figure 3. Hierarchical structure of AHP

ostale metode obično traže kvantitativne kriterije za izbor neke od alternativa.

Rješavanje složenih problema odlučivanja pomoću ove metode temelji se na njihovom rastavljanju na komponente: cilj, kriterije (podkriterije) i alternative. Ti elementi se potom povežu u model s više razina (*hijerarhijsku strukturu*) pri čemu je na vrhu cilj, a na prvoj nižoj razini su glavni kriteriji (slika 3). Druga važna sastavnica AHP metode je matematički model pomoću kojeg se računaju prioriteti (težine) elemenata koji su na istoj razini hijerarhijske strukture. Temeljni matematički alat koji se koristi u AHP metodi pritom su matrice.

Velika popularnost i česta primjena AHP metode se temelji na tome što je vrlo bliska načinu na koji pojedinac intuitivno rješava složene probleme rastavljajući ih na jednostavnije. Primjena AHP se jednostavno može se objasniti u četiri osnovna koraka (Begićević 2008):

1. Razvije se hijerarhijski model problema odlučivanja s ciljem na vrhu, kriterijima i podkriterijima na nižim razinama, te alternativama na dnu modela.
2. Na svakoj razini hijerarhijske strukture u parovima se međusobno uspoređuju elementi te strukture, pri čemu se preferencije donositelja odluke izražavaju uz pomoć Saatyevske skale relativne važnosti koja ima 5 stupnjeva i 4 međustupnja verbalno opisanih intenziteta i odgovarajuće numeričke vrijednosti u rasponu od 1-9.
3. Iz procjena relativnih važnosti elemenata odgovarajuće razine hijerarhijske strukture problema pomoću matematičkog modela izračunavaju se lokalni prioriteti (težine) kriterija, podkriterija i alternativa, koji se zatim sintetiziraju u ukupne prioritete alternativa. Ukupni prioritet pojedine alternative izračunava se tako da se zbroje njezini lokalni prioriteti ponderirani s težinama elemenata više razine.
4. Provođi se analiza osjetljivosti.

Za rješavanje problema višekriterijskog odlučivanja u provedenom istraživanju korišten je Programski paket Expert Choice koji se temelji na matematičkoj teoriji analitičko hijerarhijskog procesa.

2.3 Ciljevi istraživanja – Research objectives

Višekriterijska analiza sustava pridobivanja drva ima za cilj razvoj podloga koje će uz predložene kriterije omogućiti obuhvatniju ocjenu postojećih sustava pridobivanja drva i njihovo objektivno rangiranje s obzirom na glavne utjecajne čimbenike određenih reljefnih područja šuma. Ocjena promatranih sustava pridobivanja drva pritom se temelji na utvrđivanju glavnih kriterija njihovoga vrednovanja te višekriterijskoj analizi i usporedbi njihove pogodnosti i djelotvornosti za obavljanje planiranih zadataka u konkretnim uvjetima odabrane šumske sastojine. Osnovne zadaće istraživanja bile su:

- definirati postojeće sustave pridobivanja drva (alternative)
- utvrditi kriterije i podkriterije za ocjenu i vrednovanje alternativa
- oblikovati odgovarajući anketni upitnik i provesti ispitivanje među šumarskim stručnjacima
- obraditi upitnike, analizirati odgovore ispitanika te utvrditi rangove alternativa
- donijeti prijedlog odluke o odabiru najpogodnijeg sustava pridobivanja drva.

Doprinos provedenog istraživanja ogleda se kroz: 1) razvoj i primjenu novih metoda i tehnika u vrednovanju šumarskih tehnologija i postupaka, čime se pridonosi cjelovitijoj ocjeni uspješnosti radnih i proizvodnih procesa u šumarstvu, 2) pružanje podloga za donošenje odluka o pogodnim sustavima pridobivanja drva s obzirom na glavne utjecajne čimbenike njihova odabira i primjene, čime se iskazuje primjenjivost istraživanja u racionalizaciji proizvodnje drva te transfer znanja u gospodarstvo.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA RESEARCH RESULTS

U izradi višekriterijskog modela za ocjenu djelotvornosti sustava pridobivanja drva kao uspoređivane alternative (A) definirani su sljedeći sustavi:

- Sustav 1 (A1) – Sjekač i adaptirani poljoprivredni traktor (APT)
- Sustav 2 (A2) – Sjekač i skider s vitlom
- Sustav 3 (A3) – Sjekač i traktorska ekipaža
- Sustav 4 (A4) – Sjekač i forvarder
- Sustav 5 (A5) – Harvester i forvarder
- Sustav 6 (A6) – Sjekač i vučena žičara
- Sustav 7 (A7) – Sjekač i kamionska žičara

Navedeni sustavi međusobno se razlikuju po više značajki kao što su: način kretanja drva, način prihvata drva, pogodna metoda i mjesto izradbe (dorade) drva, potreba za prostranim stovarištima, potreba za pomoćnim radnikom, razina osposobljenosti radnika, osjetljivost na nagib terena, prikladnost pridobivanja tankih/debelih stabala, mogućnost oštećenja šumskog tla, dubećih stabala i dr. Prikaz osnovnih značajki sustava, kako je to definirano Smjernicom za izradu Elaborata radilišta za radove u šumarstvu Hrvatske komore inženjera šumarstva i drvne tehnologije (HKIŠDT 2015, str. 6), bio je sastavnim dijelom tj. prilogom oblikovanog anketnog upitnika.

Kao kriteriji i podkriteriji za ocjenu alternativa i odabir sustava pridobivanja drva definirani su parametri prikazani u tablici 2.

Navedeni podkriteriji su radi olakšavanja pojedinačnih usporedbi i odgovora ispitanika u upitniku dodatno opisani pripadajućim čimbenicima tj. pokazateljima.

Anketni upitnik za 'Odabir sustava pridobivanja drva AHP metodom' sastavljen je od nekoliko dijelova. Nakon uvodnog dijela s potrebnim uputama i pojašnjenjima za ispitanike, u prvom dijelu ispitanici usporedbom u parovima iskazuju relativnu važnost tj. prioritet postavljenih kriterija. U drugom dijelu ispitanici unutar svakog kriterija ocjenjuju relativnu važnost pojedinih podkriterija. U trećem dijelu se usporedbom u parovima iskazuje relativna važnost definiranih sustava pridobivanja drva s obzirom na svaki od postavljenih pod/kriterija. Na slici 4 prikazan je dio ispunjenog anketnog upitnika.

Tablica 2. Postavljeni kriteriji za ocjenu sustava pridobivanja drva

Table 2. Set criteria for evaluating timber harvesting systems

Kriteriji – Criteria	Podkriteriji – Sub-criteria
Tehnološko-biološki <i>Technology-biological</i>	• Struktura doznačenog drva – <i>Structure of timber</i> • Prometnost i prohodnost terena – <i>Terrain trafficability and passability</i> • Primarna i sekundarna otvorenost – <i>Primary and secondary openness</i>
Ekonomski <i>Economical</i>	• Proizvodnost – <i>Productivity</i> • Ekonomičnost – <i>Cost-effectiveness</i>
Ekološki <i>Ecological</i>	• Oštećenje staništa (tlo, voda) – <i>Habitat damage (soil, water)</i> • Oštećenje sastojine (dubeća stabla, pomladak) – <i>Damage to the stand (standing trees, seedlings)</i> • Onečišćenje i zagađenje okoliša – <i>Environmental pollution and contamination</i>
Ergonomski <i>Ergonomical</i>	• Fizičko opterećenje radnika – <i>Workers' physical workload</i> • Radni okoliš (buka, vibracije, ozljede...) – <i>Working environment (noise, vibration, injuries...)</i>
Energijski – <i>Energy</i>	• Potrošnja goriva, maziva, rezervnih dijelova – <i>Consumption of fuel, lubricants, spare parts</i>
Estetski – <i>Aesthetic</i>	• Krajobraz i socijalna funkcija šume – <i>Landscape and social function of forest</i>

II. Usporedba u parovima – Podkriteriji (s obzirom na kriterij kojem pripadaju):

TEHNOLOŠKO-BIOLOŠKI									
	9	7	5	3	1	3	5	7	9
Struktura doznačenog drva	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐
Struktura doznačenog drva	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Prometnost i prohodnost terena	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐
Prometnost i prohodnost terena	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

EKONOMSKI									
	9	7	5	3	1	3	5	7	9
Proizvodnost	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐
Proizvodnost	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

EKOLOŠKI									
	9	7	5	3	1	3	5	7	9
Oštećenje staništa (tlo, voda)	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Oštećenje staništa (tlo, voda)	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐
Oštećenje sastojine (dub. stabla...)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐
Oštećenje sastojine (dub. stabla...)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

ERGONOMSKI									
	9	7	5	3	1	3	5	7	9
Fizičko opterećenje radnika	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐
Fizičko opterećenje radnika	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

III. Usporedba u parovima – Alternative (s obzirom na pojedini podkriterij):

STRUKTURA DOZNAČENOG DRVA									
	9	7	5	3	1	3	5	7	9
Sjekač i APT	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐
Sjekač i APT	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐
Sjekač i APT	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐
Sjekač i APT	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐
Sjekač i APT	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐
Sjekač i skider s vitlom	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐
Sjekač i skider s vitlom	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐
Sjekač i skider s vitlom	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐
Sjekač i skider s vitlom	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐
Sjekač i skider s vitlom	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐
Sjekač i traktorska ekipaža	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐
Sjekač i traktorska ekipaža	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐
Sjekač i traktorska ekipaža	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐
Sjekač i traktorska ekipaža	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐
Sjekač i forvarder	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐
Sjekač i forvarder	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐
Sjekač i forvarder	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐
Sjekač i forvarder	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐
Harvester i forvarder	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Harvester i forvarder	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Sjekač i vučena žičara	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐
Sjekač i vučena žičara	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

Slika 4. Prikaz dijela ispunjenog anketnog upitnika
Figure 4. Part of the completed survey questionnaire

U usporedbi parova primijenjena je Saaty-eva skala relativne važnosti (Tablica 3).

Tablica 3. Saaty-eva skala za određivanje relativnih važnosti tj. preferencija

Table 3. Saaty's scale for determining relative importance i.e. preferences

Ocjena prioriteta <i>Intensity of importance</i>	Opisna ocjena prioriteta <i>Definition</i>	Objašnjenje <i>Explanation</i>
1	Jednaki prioritet <i>Equal importance</i>	Dvije aktivnosti/opcije jednako doprinose cilju <i>Two elements contribute equally to the objective</i>
3	Umjereni prioritet <i>Moderate importance</i>	Na osnovi iskustva i procjene, daje se mala prednost jednoj aktivnosti/opciji <i>Experience and judgement moderately favor one element over another</i>
5	Jaki prioritet <i>Strong importance</i>	Na osnovi iskustva i procjene, daje se jaka prednost jednoj aktivnosti/opciji <i>Experience and judgement strongly favor one element over another</i>
7	Vrlo jaki prioritet <i>Very strong importance</i>	Jedna aktivnost/opcija se strogo favorizira u odnosu na drugu i njezina dominacija dokazana je u praksi <i>One element is favored very strongly over another, its dominance is demonstrated in practice</i>
9	Apsolutni prioritet <i>Extreme importance</i>	Na najvećoj mogućoj razini dokazana je prednost jedne aktivnosti/opcije u odnosu na drugu <i>The evidence favoring one element over another is of the highest possible order of affirmation</i>

* Međuvrijednosti na Saaty-ovoj skali (2, 4, 6, 8) predstavljaju kompromis između odgovarajućih susjednih vrijednosnih procjena
Intermediate values on Saaty's scale (2, 4, 6, 8) represent a compromise between the corresponding neighboring value estimates

3.1 Višekriterijska ocjena sustava pridobivanja drva – *Multicriteria evaluation of harvesting systems*

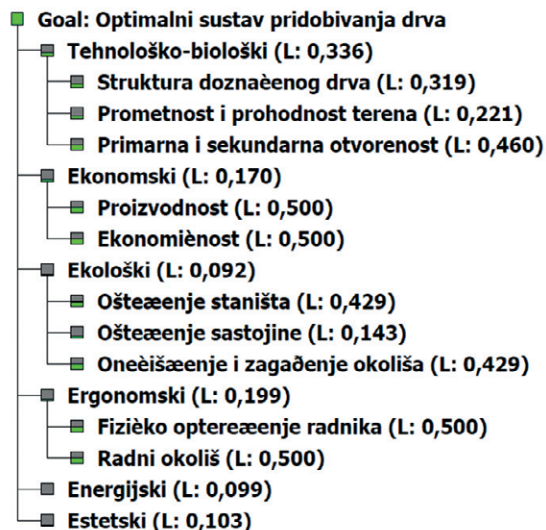
Za sudionike u istraživanju (ispitanike) odabrani su šumarski stručnjaci koji su dobro upoznati s značajkama šumskih odjela/odsjeaka na koje se odnosi ispitivanje te planiranim proizvodnim zadaćama u njima. Oni su, naime, 2017. godine u šumariji Bjelovar prisustvovali prezentaciji stručnoga projekta „Optimizacija sustava pridobivanja drva i šumske prometne infrastrukture na strateško-taktičkoj razini planiranja“, sastavni dio kojega je bila i višekriterijska ocjena sustava pridobivanja drva. Na temelju toga početkom 2018. godine anketni upitnik je upućen na adrese 38 šumarskih stručnjaka (predstavnicima Ministarstva poljoprivrede, voditelji proizvodnih odjela i stručni suradnici za iskorištavanje šuma u Hrvatskim šumama d.o.o.). Do kraja travnja 2018. godine ispunjeno je i vraćeno ukupno 8 upitnika. Zbog nedovoljne konzistentnosti u odgovorima jednoga dijela ispitanika provedene analize obuhvatile su odgovore samo tri ispitanika. U nastavku se radi ilustracije rezultata prikazuju nalazi ispitivanja jednoga ispitanika te utvrđena skupna ocjena (rang) promatranih alternativa prema odgovorima svih ispitanika. Programskim alatom Expert Choice utvrđeni i vizualizirani rezultati obuhvaćaju: relativne težine definiranih kriterija (slika 5), hijerarhijski model problema odlučivanja s težinama kriterija i podkriterija (slika 6), sintezu podataka za odabir optimalnog sustava pridobivanja drva - rang uspoređivanih alternativa (slika 7), te analizu osjetljivosti rezultata (slika 8).

Na prikazanom primjeru vidljivo je da je najveća težina u odabiru optimalnog sustava pridobivanja drva pridana tehnološko-biološkim (L: 0,336), a zatim ergonomskim (L: 0,199) i ekonomskim kriterijima (L: 0,170). Najmanja je važnost u ovom slučaju dodijeljena ekološkim (L: 0,092), ener-

	Teh	Eko	Eko	Erg	Ene	Est
Tehnološki		3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Ekonomski			1,0	1,0	3,0	3,0
Ekološki				1,0	3,0	3,0
Ergonomski					5,0	3,0
Energijski						1,0
Estetski						
Inc						

Slika 5. Relativne važnosti promatranih kriterija

Figure 5. Relative importance of the set criteria



Slika 6. Hijerarhijski model problema odlučivanja za odabir optimalnog sustava pridobivanja drva

Figure 6. Hierarchy structure of decision problem for choosing the optimal wood harvesting system

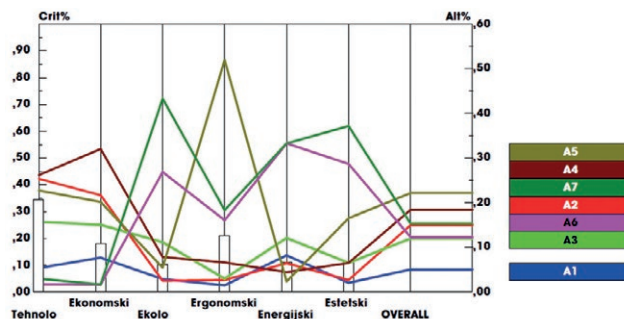
A1	0,050
A2	0,149
A3	0,120
A4	0,184
A5	0,221
A6	0,123
A7	0,153

Slika 7. Sinteza podataka za odabir optimalnog sustava pridobivanja drva - rang uspoređivanih alternativa

Figure 7. Synthesis of data for selecting the optimal wood harvesting system - ranking of alternatives

gijskim (L: 0,099) i estetskim kriterijima (L: 0,103). Unutar tehnološko-bioloških kriterija primarna i sekundarna otvorenost (L: 0,460) je ocijenjena kao najvažniji kriterij za odabir i primjenu određenog sustava pridobivanja drva.

Na temelju utvrđenih težina kriterija i podkriterija određeni su ukupni prioriteti i rangovi uspoređivanih alternativa - sustava pridobivanja drva (slika 7). Kao najpogodniji sustav pridobivanja drva za promatranu sastojinu/radilište i definirane kriterije ocijenjen je sustav Harvester i forvarder, odnosno alternativa A5 s rezultatom 0,221. Za njim slijede sustav Sjekač i forvarder (A4) – 0,184, Sjekač i kamionska žičara (A7) – 0,153 te Sjekač i skider s vitlom (A2) – 0,149.



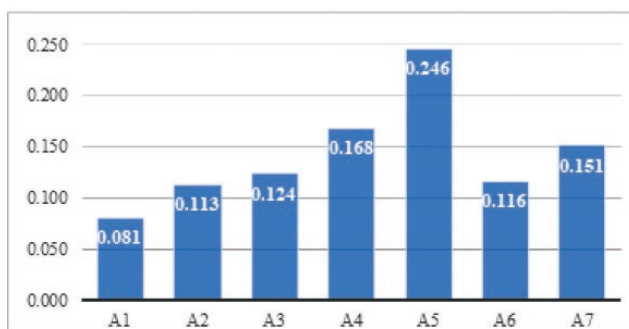
Slika 8. Analiza osjetljivosti za odabir optimalnog sustava pridobivanja drva

Figure 8. Performance sensitivity graph for selecting the optimal wood harvesting system

Najlošije ocijenjenu alternativu predstavlja sustav Sjekač i adaptirani poljoprivredni traktor (A1) – 0,050.

Također je provedena analiza osjetljivosti pomoću koje se provjerava stabilnost dobivenih rezultata, odnosno koja pokazuje koliko promjene u važnosti kriterija mogu promijeniti izlazne rezultate (slika 8). Na istom prikazu vidljive su utvrđene težine pojedinih kriterija kao i rangovi uspoređivanih alternativa po svakom od postavljenih kriterija i ukupno.

Na temelju nalaza istraživanja za analizirane ispitanike, skupna ocjena uspoređivanih alternativa određena je kao jednostavna aritmetička sredina njihovih pojedinačnih ocjena za svaku promatranu alternativu. Na taj način je određen konačan rang alternativa i prijedlog odluke o odabiru optimalnog sustava pridobivanja drva za obavljanje opisanih zadaća u odsjecima 14b i 14c gospodarske jedinice Bjelovarska Bilogora u Šumariji Bjelovar (slika 9). Valja napomenuti da su sva tri ispitanika kao najpogodniji sustav pridobivanja drva istaknuli alternativu A5, odnosno sustav pridobivanja drva koji čine Harvester i forvarder (0,246). Kao druga najpogodnija opcija utvrđena je alternativa A4 tj. sustav Sjekač i forvarder (0,168). Najlošijom opcijom za obavljanje predviđenih zadaća u promatranoj sastojini ocijenjena je alternativa A1, odnosno sustav Sjekač i adaptirani poljoprivredni traktor, APT (0,081). Također, sva tri ispi-



Slika 9. Skupni rezultat i ocjena uspoređivanih alternativa

Figure 9. Overall result and evaluation of the alternatives compared

tanika se najvažnijim kriterijem u odabiru optimalnog sustava pridobivanja drva istaknula tehnološko-biološke kriterije, dok se među kriterijima s najmanje pridane važnosti nalaze energijski i estetski kriteriji. Skupni rezultat i rang uspoređivanih alternativa prikazan je na slici 9.

4. RASPRAVA I ZAKLJUČCI DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Provedeno istraživanje imalo je za cilj testiranje i izradu višekriterijskog modela za usporedbu i ocjenu (rangiranje) postojećih sustava pridobivanja drva te donošenje odluke o najpogodnijim sustavima pridobivanja drva za konkretne uvjete pojedinih šumskih sastojina (radilišta). U tu svrhu definirane su pojedine alternative (sustavi pridobivanja drva), utvrđeni su kriteriji i podkriteriji za njihovu ocjenu, izrađen je odgovarajući anketni upitnik, provedeno je ispitivanje među šumarskim stručnjacima te su analizirani odgovori ispitanika.

Kao pogodna višekriterijska metoda za provedbu istraživanja odabran je Analitički Hijerarhijski proces (AHP). AHP metoda je zasnovana na usporedbi u parovima – usporedbi parova kriterija gdje se iskazuje njihova važnost ili težina, te usporedbi parova alternativa pri čemu se izražava intenzitet ili stupanj preferencije jedne alternative u odnosu na onu s kojom se uspoređuje po nekom kriteriju.

Popularnost AHP metode ponajprije se temelji na tome što je vrlo bliska načinu na koji pojedinac intuitivno rješava složene probleme rastavljajući ih na jednostavnije. AHP pritom polaze od ideje usporedbe parova kao praktičnoga, pedagoškog i intuitivnog pristupa. Nedostatak je u tome što metoda ne dozvoljava oklijevanje i iskazivanje nesigurnosti u usporedbama, a složenost problema i broj potrebnih usporedbi značajno raste s brojem kriterija i brojem alternativa. Također, odabir ispitanika koji sukladno vlastitim preferencijama, razini obrazovanja, području rada i drugim karakteristikama vrednuju postavljene kriterije i alternative može unaprijed utjecati na rezultate istraživanja te predstavlja element unošenja subjektivnosti u analize.

Provedeno ispitivanje i ispunjeni anketni upitnici poslužili su kao ulazni podaci za višekriterijsku analizu AHP metodom. Na taj se način obuhvaćanjem različitih stajališta nastojalo ujediniti rezultate i doprinijeti donošenju racionalne kolektivne odluke te izboru optimalnog sustava pridobivanja drva za konkretnu šumsku sastojinu/radilište. Ograničenje pritom svakako predstavlja slab odaziv ispitanika te nekonzistentni odgovori pa rezultate u tom smislu treba prihvatiti uvjetno. Za analizu prikupljenih podataka korišten je programski paket Expert Choice, a glavni rezultati provedenih ispitivanja predstavljeni su sljedećim nalazima:

– najpogodnijom opcijom, tj. sustavom pridobivanja drva za obavljanje predviđenih zadaća u promatranoj sastojini, ocijenjena je alternativa A5 – Harvester i forvarder

– drugi najpogodniji sustav pridobivanja drva, za obavljanje predviđenih zadaća u promatranoj sastojini, predstavlja alternativa A4 – Sjekač i forvarder

– najlošije rangirani sustav pridobivanja drva predstavlja alternativa A1 – Sjekač i adaptirani poljoprivredni traktor

– kao najvažniji kriterij u odabiru optimalnog sustava pridobivanja drva istaknuti su tehnološko-biološki kriteriji.

Kod razvoja višekriterijskog modela i njegovoj primjeni u oblikovanju šumskih radova, odabiru optimalnog sustava pridobivanja drva i sl., mnogostruki se kriteriji ne mogu promatrati odvojeno jedni od drugih. Naime, ekološkim, socijalnim, estetskim, rekreativnim i drugim kriterijima se pridaje sve veća važnost. Istovremeno raste potreba za što učinkovitijim obavljanjem šumskih radova te smanjenjem njihovog štetnog utjecaja na zdravlje i radnu sposobnost radnika. Neophodno je dakle, pronaći mehanizme (načine) koji će u najboljoj mjeri ispuniti navedene uvjete i osigurati održivi razvoj šuma i šumarstva. Primjena višekriterijskih metoda (AHP i dr.) u odlučivanju u šumarstvu jedan je od mogućih načina dostizanja postavljenih ciljeva gospodarenja šumama. Nedostatak je u tome što uključivanjem većeg broja kriterija i alternativa, potrebni upitnici i analize postaju presloženi i prezahtjevni, te je neophodno utvrditi manji broj doista ključnih kriterija. Isto je dijelom pokazalo i ovo istraživanje.

Rezultati rada šumarskim stručnjacima mogu poslužiti kao potpora u donošenju odluka i posredno djelovati na odabir i primjenu određenih sustava pridobivanja drva. Istraživačka zadaća je time ispunjena, a oblikovani višekriterijski pristup model koji može ponuditi obuhvatnije podloge za odlučivanje o najprikladnijim tehnologijama i sredstvima rada na brojnim različitim radilištima u hrvatskom šumarstvu. AHP je pritom snažan i fleksibilan postupak za donošenje odluka koji, svođenjem kompleksnog odlučivanja na usporedbe između parova kriterija tj. alternativa, pomaže u određivanju prioriteta i dovodi do optimalne, na racionalnim argumentima utemeljene odluke. Razvoj i primjena AHP i drugih višekriterijskih metoda u tom smislu može biti vrijedna pomoć na strateškoj i operativnoj razini odlučivanja u šumarstvu.

4. LITERATURA REFERENCES

- Ananda, J., Herath, G., 2003: The use of Analytic Hierarchy Process to incorporate stakeholder preferences into regional forest planning. *Forest Policy and Economics*, 5, (1): 13-26.
- Anderson, D.R., Sweeney, D.J., Williams, T.A., 2000: An Introduction to Management Science: Quantitative Approaches to Decision Making. South-Western College Publishing, 900 p.
- Begičević, N., 2008: Višekriterijski modeli odlučivanja u strateškom planiranju uvođenja e-učenja. Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet organizacije i informatike Varaždin, 228 str.

- Blagojević, B., Jonsson, R., Bjorheden, R., Nordstrom, E.-M., Lindross, O., 2019: Multi-criteria decision analysis (MCDA) in forest operations – an introductory review. *Croatian Journal of Forest Engineering* 40(1): 191-205.
- Čaklović, L., 2014: Teorija vrednovanja s naglaskom na metodu potencijala. Monografija, SLAP, Zagreb, 615 str.
- Diaz-Balteiro, L., Romero, C., 2008: Making forestry decisions with multiple criteria – a review and an assessment. *Forest ecology and management* 255 (8-9): 3222-3241.
- Dodson, E., Coakley, J., Sessions, J., 2006: The Analytic hierarchy process: A tutorial for use in prioritizing forest road investments to minimize environmental effects. *International Journal of Forest Engineering* 17(2): 51-69.
- Ezquerro, M., Pardos, M., Diaz-Balteiro, L., 2016: Operational research techniques used for addressing biodiversity objectives into forest management: An overview. *Forests* 7(10): 229-247
- Field, D.B. 1973: Goal programming for forest management. *Forest Science* 19 (2): 125-135.
- Herath, G., Prato, T., 2006: Using multi-criteria decision analysis in natural resource management. Ashgate publishing, 256 p., Hampshire, England
- Hrvatske komore inženjera šumarstva i drvne tehnologije (HKIŠDT), 2015: Smjernica za izradu Elaborata radilišta za radove u šumarstvu, Zagreb, 10 str.
- Hrvatske šume d.o.o., 2013: Osnove gospodarenja za GJ »Bjelovarska Bilogora«
- Jazbec, A., Šegotić, K., Motik, D., 2016: Decision making on a product line in furniture industry using survey results, correspondence analysis and AHP. *The Business&Management Review* 6 (2): 92.
- Kahraman, C., 2008: Fuzzy multi-criteria decision making: theory and applications with recent developments. 591 p., Berlin/Heidelberg
- Kangas, J., 1992: Multiple-use planning of forest resources by using analytic hierarchy process. *Scan. J. For. Res.*, 7: 259-268.
- Kangas, J., Kangas, A., 2005: Multiple criteria decision support in forest management – the approach, methods applied, and experiences gained. *Forest ecology and management* 207 (1-2): 133-143.
- Koksalan, M.M., Zionts, S., 2001: Multiple criteria decision making in the new millennium. Springer, 478 p., Berlin/Heidelberg
- Lakicevic, M., Srdjevic, B., Velichkov, I., 2018: Combining AHP and Smarter in forestry decision making. *Baltic Forestry* 24(1):42-49.
- Mendoza, G.A., Sprouse, W., 1989: Forest planning and decision making under fuzzy environments: an overview and illustrations. *For. sci.*, 35: 481-502.
- Murray, D.M., Gadow, K., 1991: Prioritizing mountain catchment areas. *J. environ. manage.*, 32: 357-366.
- Nilsson, H., Nordström E.-M., Öhman, K., 2016: Decision support for participatory forest planning using AHP and TOPSIS. *Forests* 7(5):100. <https://doi.org/10.3390/f7050100>
- Obi, O.F., Visser, R., 2018: Including exogenous factors in the evaluation of harvesting crew technical efficiency using a multi-step Data envelopment analysis procedure. *Croatian Journal of Forest Engineering* 39(2): 153-162.
- Ortiz-Urbina, E., González-Pachón, J., Diaz-Balteiro, L., 2019: Decision-making in forestry: A review of the hybridisation of multiple criteria and group decision-making methods. *Forests* 10(5): 375.
- Pavan, M., Todeschini, R., 2009: Multicriteria decision making methods. *Comprehensive chemometrics* 1: 591-629.
- Posavec, S., 2005: Dinamički modeli utvrđivanja vrijednosti šuma. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 134 str.
- Posavec, S., Šegotić, K., Čaklović, L., 2006: Selection of biological parameters in evaluation of natural resources. *Periodicum biologicum* 108 (6): 671-676.
- Saaty, T.L., 1977: A scaling method for priorities in hierarchical structures. *J.mathemat.psych.* 15: 234-281.
- Saaty, T.L., 1980: The analytical hierarchy process. McGraw-Hill, New York.
- Sabaei, D., Erkoyuncu, J., Rajkumar, R., 2015: A review if multicriteria decision making methods for enhanced maintenance delivery. *Procedia CCIRP* 37: 30-35.
- Sarkis, J., Weinrach, J., 2001: Using data envelopment analysis to evaluate environmentally conscious waste treatment technology. *Journal of Cleaner Production*, 9 (5): 417-427.
- Segura, M., Ray, D., Maroto, C., 2014: Decision support systems for forest management: A comprehensive analysis and assesment. *Computer and Electronics in Agriculture* 101: 55-67.
- Šegotić, K., Šporčić, M., Martinić, I., 2003: The choice of a working method in forest stand thinning. SOR «03 Proceedings – The 7th International Symposium on Operational Research in Slovenia, Podčetrtek, Slovenia, September 24-26, 2003., p. 153-159.
- Šegotić, K., Šporčić, M., Martinić, I., 2007: Ranking of the mechanisation working units in the forestry of Croatia. SOR «07, Proceedings of the 9th International Symposium on Operational Research, Nova Gorica, Slovenia, September 26-28, 2007., p. 247-251.
- Šporčić, M., Landekić, M., Lovrić, M., Martinić, I., 2011: Modeli planiranja i odlučivanja u šumarstvu. *Croatian Journal of Forest Engineering* 32(1): 443-456.
- Triantaphyllou, E., 2000: Multi-criteria decision making methods: a comparative study. Kluwer, 288 p., Dordrecht, Netherlands
- Wolfslehner, B., Vacik, H., Lexer, M.J., 2005: Application of the analytic network process in multi-criteria analysis of sustainable forest management. *Forest Ecology and Management*, 207 (1-2): 157-170

SUMMARY

Decision-making, as a process of selecting some of the alternatives to solve a given problem, in forestry is extremely demanding because of the multiplicity and wide range of criteria involved in the decision-making process. Such interests and criteria cover a number of economic issues, social issues, environmental and ecological issues. The application of different multicriteria decision-making meth-

ods in such situations can be an important and potentially good way of addressing many forestry issues and problems. Multicriteria decision-making has been present in forestry for more than 40 years, however, more significant application has begun in the 1990s and numerous, in the meantime published multi-criteria papers dealing with different forestry issues in various areas. In this paper, a multicriteria procedure – Analytic hierarchy process (AHP) was used to evaluate the existing timber harvesting systems in Croatian forestry. The AHP, introduced by Thomas Saaty (1980), is an effective tool for dealing with complex decision making. By reducing complex decisions to a series of pairwise comparisons, and then synthesizing the results, the AHP helps to capture both subjective and objective aspects of a decision. In this way it aids the decision maker to set priorities and make the optimal decision. By using the AHP method, the appropriateness of particular timber harvesting systems for the specific conditions of selected forest stand and planned production tasks (thinning) was evaluated. The study included a comparison of seven different timber harvesting systems, i.e. alternatives: 1) Logger and adapted farm tractor, 2) Logger and skidder with winch, 3) Logger and forestry trailer with crane, 4) Logger and forwarder, 5) Harvester and forwarder, 6) Logger and mobile tower yarder, 7) Logger and cable yarder on truck. The aim was to develop a model for multicriteria assessment of the suitability and effectiveness of particular timber harvesting systems and also demonstrate the possibilities of applying the AHP method, as well as other multicriteria methods in forestry. Based on the prepared questionnaire, i.e. examination of forestry experts and comparison of existing timber harvesting systems, according to the set criteria, the ranks of individual alternatives were determined and a decision proposal was made on the selection of optimal timber harvesting system for the foreseen production tasks and specific conditions of a particular forest management area. Given the defined technological-biological, economic, environmental, ergonomic, energy and aesthetic selection criteria, a system consisting of a harvester and a forwarder was evaluated as the most appropriate option. Designed multi-criteria approach offers more comprehensive bases for deciding on the most suitable technologies and means of work at many different forestry sites in Croatia. The research results can thus support forestry professionals in decision making and indirectly influence the selection and implementation of specific timber harvesting systems. The development and application of AHP and other multi-criteria methods in this regard can be valuable assistance at the strategic and operational level of decision-making in forestry.

KEY WORDS: timber harvesting systems, forestry, decision making, multicriteria models, AHP

FIRST INVENTORY OF VASCULAR FLORA OF MATOKIT MOUNTAIN (BIOKOVO MASSIF, CROATIA)

PRVA INVENTARIZACIJA VASKULARNE FLORE PLANINE MATOKIT (BIOKOVO MASIV, HRVATSKA)

Ivana VITASOVIĆ-KOSIĆ^{1*}, Mara VUKOJEVIĆ², Sandro BOGDANOVIĆ¹

SUMMARY SAŽETAK

The vascular flora of Matokit Mt (Biokovo Massif) in southern Croatia was researched in different vegetation periods from 2010–2015, and a total of 604 vascular plant taxa belonging to 86 families and 337 genera were found. The studied area has never been studied in the past and these are the first detailed floristic data about grasslands in different succession stages of Matokit Mt. Collected herbarium specimens (345 sheets) were digitalized and are available at the ZAGR Virtual Herbarium. The most dominant families were legumes (*Fabaceae* 9.9%), grasses (*Poaceae* 9.1%), daisies (*Asteraceae* 7.4%) and mints (*Lamiaceae* 6.8%). The analysis of life forms shows the dominance of hemicryptophytes (39.9%) and therophytes (26.2%) on Matokit Mt that indicates a high influence of the Mediterranean climate. A total of 36 endangered and 17 invasive plant taxa across the whole studied area were recorded. Endemic are 32 plant taxa (26 endemics in a broader sense and 6 stenoendemics) and they represent new site of Croatian flora. The occurrence of some very rare endemics (*Cardamine fialae* Fritsch and *Erysimum croaticum* Polatschek) in the flora of Matokit Mt is of special interest for the national flora.

KEY WORDS: flora diversity, endemic taxa, grassland succession, Vrgorac

INTRODUCTION UVOD

The Dinaric mountain range is the lower chained highland mountain of Southeastern Europe, representing the largest karst area that is known for its extremely high plant richness and biodiversity. The highest mountains in the Croatian Dinarides are Velebit, Dinara and Biokovo Massif. Within Biokovo Massif, Matokit Mt (lat. *Monte Acutum*, translated “the sharp Mountain”) is the mountain ridge located in the surrounding of the town of Vrgorac in Dalmatian hinterland, and represents a wider area of the Biokovo Massif (Fig. 1). Matokit Mt provides the dinaric northwest-

southeast direction with the highest peak (Sv. Rok) at 1062 m a.s.l. and total length of approximately 8.5 km (Vukosav 2006; Vukojević 2011).

Matokit Mt is situated in southern Croatia, next to the Vrgorac Town (Fig. 1). The eastern side of the Matokit Mt has relatively steep slopes, while the western slopes are easily accessible. The climate is a sub-Mediterranean with a great influence of continental climate, with an average annual temperature of 14.3°C (lower than the average of typical Mediterranean climate) and 1720 mm of average annual rainfall measured by National Hydrometeorological Institute from 1981 to 2010 for the Town Vrgorac). The duration of snow cover is short at a lower altitude, but in higher altitudinal zo-

¹ Doc. dr. sc. Ivana Vitasović-Kosić, University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Botany, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Croatia

² Mara Vukojević, mag. ing. agr., izv. prof. dr. sc. Sandro Bogdanović, Prapatnice 90, 21276 Vrgorac, Croatia

*Corresponding author: ivitasovic@agr.hr

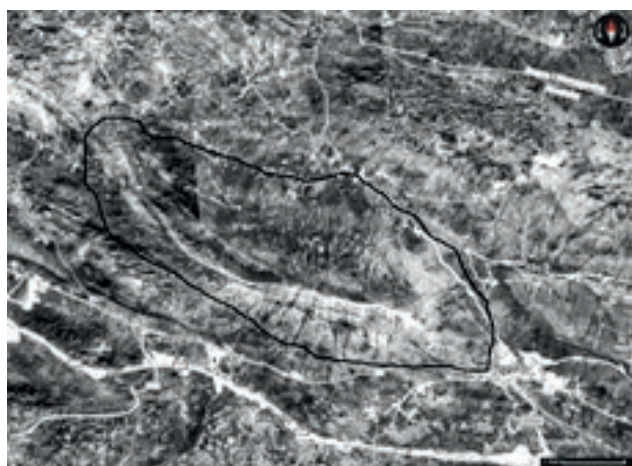


Figure 1. Geographical position of the researched area of Matokit Mt (Biokovo Massif)

Slika 1. Geografski smještaj istraživanog područja planine Matokit (Biokovo masiv)

nes the snow cover can last up to three months. In geological sense the northern slopes of Matokit Mt are composed of well-bedded (20–150 cm thick) Turonian limestone. Prevailing soils are shallow soils, with a significant share of stone fragments. In the areas between 500 and 1000 m a.s.l. there are brown soils (calcocambisol), and above 1000 m black soils on carbonate basis (calcomelanosol) (Martinović 2000).

In spite of the fact that botanical studies of broader area of Biokovo Massif started 60 years ago (Kušan 1956, 1969; Domac 1957; Radić 1974, 1976, 1977; Lovrić and Rac 1987; Rac and Lovrić 1987; Šilić and Šolić 1999, 2002; Pavletić 2002; Trinajstić 2002; Hršak and Alegro 2008; Alegro 2010), still botanical unexplored areas exist, and therefore we founded necessary to fill this gap. The study area of Matokit Mt as a part of Biokovo Massif was chosen because its vascular flora has never been studied systematically in the past. Sporadically floristic records of invasive and threatened plant species of Matokit Mt were published by Vukojević (2011), Vukojević and Vitasović Kosić (2012) and Vukojević et al. (2016). Here we present the original results of the first comprehensive botanical study and flora inventory of Matokit Mt, including its foothills, northern and southern slopes performed from 2010 to 2015.

The aim of this study was to fill the gap in botanical data of Matokit Mt as a part of Biokovo massif and to (a) perform inventory of the vascular flora, (b) to analyse plant diversity, as well as (c) to provide short overview on some interesting endemic and rare species of this mountain for species protection and conservation management of this area. The list of vascular flora includes an overview on some endemic, threatened, and invasive plant taxa of the Croatian flora.

MATERIALS AND METHODS

MATERIJALI I METODE

Study area – Područje istraživanja

Field research of vascular flora was carried out on Matokit Mt, as a part of Biokovo Massif, including its foothills (with nearby settlements), northern and southern slopes, the whole ridge of the mountain, covering different habitats,



Figure 2. Matokit Mt (Biokovo Massif) and its habitats: a) peak ridge, b) submediterranean grasslands *Saturejion subspicatae*, c) rocky crevices with endemic *Moltkia petraea* (Tratt.) Griseb., and *Edraianthus tenuifolius* (Waldst. et Kit.) A. DC., d) rocky grasslands *Saturejion subspicatae* with domination of *Sesleria tenuifolia* Schrad. ssp. *tenuifolia* and *Moltkia petraea* (Tratt.) Griseb., e) submediterranean forest of the alliance *Ostryo-Carpinion orientalis*, f) rocky grasslands and shrubland with stands of *Juniperus oxycedrus* L. (Photos by authors)

Slika 2. Planina Matokit (Biovski masiv) i njegova staništa: a) vršni greben, b) submediteranski travnjaci *Saturejion subspicatae*, c) stjenovite pukotine s endemičnim vrstama *Moltkia petraea* (Tratt.) Griseb. i *Edraianthus tenuifolius* (Waldst. Et Kit.) A. DC., d) kamenjarski travnjaci *Saturejion subspicatae* s dominacijom *Sesleria tenuifolia* Schrad. ssp. *tenuifolia* i *Moltkia petraea* (Tratt.) Griseb., e) submediteranska šuma sveze *Ostryo-Carpinion orientalis*, f) kamenjarski travnjaci i grmovite sastojine *Juniperus oxycedrus* L. (autorske fotografije)

Table 1. Taxonomic analysis of the vascular flora of Matokit Mt (Biokovo Massif)**Tablica 1.** Taksonomska analiza vaskularne flore planine Matokit (Biokovo masiv)

TAXA	PTERIDOPHYTA	Gymnospermae	Angiospermae		Σ
			Magnoliatae	Liliatae	
Families	5	3	67	11	86
Genera	5	4	268	60	337
Species	8	5	456	102	569
Subspecies	0	2	23	10	35
Total no. of taxa	8	5	479	112	604
Total taxa (%)	1.3	0.8	79.3	18.5	100

Table 2. Analysis of life forms and IUCN categories in the vascular flora of Matokit Mt (Biokovo Massif)**Tablica 2.** Analiza životnih oblika i IUCN kategorija vaskularne flore planine Matokit (Biokovo masiv)

Life form Životni oblik	No. of taxa Broj svojti	%	IUCN category IUCN kategorija	No. of taxa Broj svojti	Endangered (%) Ugroženost
H	241	39.90	NT	16	44.44
T	158	26.16	DD	6	16.67
G	75	12.42	LC	6	16.67
Ph	65	10.76	VU	5	13.89
Ch	65	10.76	CR	2	5.56
—	—	—	EN	1	2.78
Total	604	100.00	Total	36	100.00

mostly grasslands in succession, rocky crevices and forest fringes, altogether covering about an area of 15 km².

The researched area belongs to the Submediterranean zone (Fig. 2) with a high influence of the mountain climate and the vegetation is vertically divided according to altitude (from 250–1062 m a.s.l.). The dominant vegetation communities of Matokit Mt southern slopes, difficult to access, are dense maquis of alliance *Fraxino orni-Quercion ilicis* Biondi, Casavecchia et Gigante in Biondi et al. (2013), and large stands of *Juniperus oxycedrus* L., rising up to 600 m a.s.l. On the northern side the Matokit Mt is covered with forest vegetation that belongs to the thermophilous coastal forest and scrub alliance *Fraxino orni-Ostryion* Tomažič 1940, with predominance of *Quercus-Carpinetum orientalis* H-ić 1939 in lower parts (up to 400 m a.s.l.) (Vukosav 2006; Trinajstić 2008; Vukojević et al. 2016).

Data sources – Izvori podataka

Data on plant taxa from Matokit Mt and its surroundings were collected during field researches from 2010 to 2015, throughout each vegetation season, using the standard methods for flora mapping in Croatia according to Nikolić (2006). Plant taxa were collected on two different transects (east-west and north-south) along the Matokit Mt, as well as in different types of habitats during four vegetation seasons on the same transects e.g. mountain routes. Herbar-

ium specimens were collected, digitalized and deposited in the Herbarium ZAGR and are accessible through the Virtual Herbarium ZAGR on <http://herbarium.agr.hr> (Bogdanović et al. 2016).

Taxa were determined according to Pignatti (1982, 1984), Tutin et al. (1964–1980, 1993), and Nikolić (2019a). The plant nomenclature follows Flora Croatica Database (Nikolić 2019b). The plant taxa listed in Tab. 3 are given in alphabetical order where the families and life forms were attributed to each taxon, IUCN category, endemic status, or invasiveness are also provided. The attributed life forms were denoted according to classification of Raunkiaer (1934) and Horvat (1949). In the floristic list (Tab. 3) they were marked with the following abbreviations Ch (*Chamaephyta*), G (*Geophyta*), H (*Hemicryptophyta*), Ph (*Phanerophyta*), and T (*Therophyta*). The status of endangered plant taxa was analysed according to IUCN criteria and categories that are implemented in the Flora Croatica Database (Nikolić 2019b), thereby the following abbreviations were used: CR (Critically endangered), EN (Endangered), VU (Vulnerable), LC (Least Concern), NT (Near Threatened), and DD (Data Deficient). Endemic status of plant taxa, endemic (E) and stenoendemic (sE) was denoted according to Nikolić et al. (2015) and the Flora Croatica Database (Nikolić 2019b). The status of invasive alien species (Inv) was denoted according to Boršić et al. (2008) and Nikolić et al. (2014).

RESULTS AND DISCUSSION

REZULTATI I RASPRAVA

During the floristic research of Matokit Mt, a total of 604 vascular plant taxa were found (Tab. 3). In taxonomic analysis 569 species and 35 subspecies of native and naturalised vascular plants were noted, altogether from 86 families and 337 genera. Eight taxa of *Pteridophyta*, five taxa of *Gymnospermae*, and 591 taxa of *Angiospermae* (*Magnoliatae* 479 and *Liliatae* 112 taxa) were recorded (Tab. 1). The most represented families were *Fabaceae* (9.9%), *Poaceae* (9.1%), *Asteraceae* (7.4%), *Lamiaceae* (6.8%), *Brassicaceae* (5.0%) and *Rosaceae* (4.8%). A total of 345 herbarium sheets were collected and deposited at the ZAGR herbarium (206 of them have been digitalized till now).

The analysis of life forms (Tab. 2) indicate that dominant life forms on Matokit Mt are hemicryptophytes (39.9%) and therophytes (26.2%). Geophytes are represented with 12.4%, while phanerophytes and chamaephytes with 10.8% respectively.

Table 3. Alphabetical list of vascular flora of Matokit Mt (Biokovo Massif).

Tablica 3. Abecedni popis vaskularne flore planine Matokit (Biokovo masiv)

1. *Acanthus balcanicus* Heywood et I. Richardson, Acanthaceae, H
2. *Acer monspessulanum* L., Aceraceae, Ph
3. *Achillea millefolium* L., Asteraceae, H
4. *Acinos arvensis* (Lam.) Dandy, Lamiaceae, Ch
5. *Aegilops geniculata* Roth, Poaceae, T
6. *Aegilops neglecta* Req. ex Bertol., Poaceae, T, NT
7. *Aethionema saxatile* (L.) R. Br., Brassicaceae, Ch
8. *Agrimonia eupatoria* L., Rosaceae, H
9. *Agrostemma githago* L., Caryophyllaceae, T
10. *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, Simaroubaceae, Ph, Inv
11. *Aira elegantissima* Schur, Poaceae, T
12. *Ajuga chamaepitys* (L.) Schreb., Lamiaceae, T
13. *Ajuga genevensis* L., Lamiaceae, H
14. *Ajuga reptans* L., Lamiaceae, H
15. *Alliaria petiolata* (M. Bieb.) Cavara et Grande, Brassicaceae, H
16. *Allium ampeloprasum* L., Amaryllidaceae, G
17. *Allium carinatum* L., Amaryllidaceae, G
18. *Allium deutiferum* Webb et Berthel., Amaryllidaceae, G
19. *Allium flavum* L., Amaryllidaceae, G
20. *Allium lusitanicum* Lam., Amaryllidaceae, G
21. *Allium moschatum* L., Amaryllidaceae, G
22. *Allium pallens* L. ssp. *tenuiflorum* (Ten.) Stearn, Amaryllidaceae, G
23. *Allium roseum* L., Amaryllidaceae, G
24. *Allium spheriocephalon* L., Amaryllidaceae, G
25. *Alyssoides utriculata* (L.) Medik., Brassicaceae, Ch
26. *Alyssum murale* Waldst. et Kit., Brassicaceae, Ch
27. *Amaranthus retroflexus* L., Amaranthaceae, T, Inv
28. *Ambrosia artemisiifolia* L., Asteraceae, T, Inv
29. *Amelanchier ovalis* Medik., Rosaceae, N
30. *Anacamptis pyramidalis* (L.) Rich., Orchidaceae, G, NT
31. *Anagallis arvensis* L., Primulaceae, T
32. *Anagallis coerulea* Schreb., Primulaceae, T
33. *Anchusella cretica* (Mill.) Bigazzi, E.Nardi et Salvi, Boraginaceae, T
34. *Anthericum liliago* L., Asparagaceae, G
35. *Anthoxanthum odoratum* L., Poaceae, H
36. *Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm., Apiaceae, H
37. *Anthyllis vulneraria* L., Fabaceae, H
38. *Anthyllis vulneraria* L. subsp. *pulchella* (Vis.) Bornm., Fabaceae, H
39. *Aposotis foetida* (L.) Less., Asteraceae, H
40. *Arabis collina* Ten., Brassicaceae, H
41. *Arabis glabra* (L.) Bernhardt, Brassicaceae, H
42. *Arabis hirsuta* (L.) Scop., Brassicaceae, H
43. *Arabis turrita* L., Brassicaceae, H
44. *Arabis verna* (L.) R. Br., Brassicaceae, T
45. *Argyrobolium zanonii* (Turra) P. W. Ball, Fabaceae, Ch
46. *Aristolochia rotunda* L., Aristolochiaceae, G
47. *Artemisia vulgaris* L., Asteraceae, Ch
48. *Arum italicum* Mill., Araceae, G
49. *Asparagus acutifolius* L., Asparagaceae, N
50. *Asperula aristata* L.f., Rubiaceae, H
51. *Asperula scutellaris* Vis., Rubiaceae, Ch, E
52. *Asphodeline lutea* (L.) Reichenb., Xanthorrhoeaceae, G
53. *Asplenium ceterach* L., Aspleniaceae, H
54. *Asplenium onopteris* L., Aspleniaceae, H
55. *Asplenium ruta-muraria* L., Aspleniaceae, H
56. *Asplenium trichomanes* L., Aspleniaceae, H
57. *Astragalus muelleri* Steud. et Hochst., Fabaceae, H, NT, E
58. *Astragalus vesicarius* L., Fabaceae, Ch
59. *Asyneuma limonifolium* (L.) Janch., Campanulaceae, H
60. *Athyrium filix-femina* (L.) Roth, Woodsiaceae, H
61. *Avena barbata* Pott ex Link, Poaceae, T
62. *Bellis annua* L., Asteraceae, T
63. *Bellis perennis* L., Asteraceae, H
64. *Bellis sylvestris* Cirillo, Asteraceae, H
65. *Berteroa mutabilis* (Vent.) DC., Brassicaceae, H
66. *Betonica officinalis* L., Lamiaceae, H
67. *Bituminaria bituminosa* (L.) Stirton, Fabaceae, H
68. *Blackstonia perfoliata* (L.) Huds., Gentianaceae, T
69. *Bombycilaena erecta* (L.) Smoljan., Asteraceae, T
70. *Brachypodium distachyon* (L.) P. Beauv., Poaceae, T
71. *Brachypodium pinnatum* (L.) P. Beauv., Poaceae, H
72. *Brachypodium sylvaticum* (Huds.) P. Beauv., Poaceae, H
73. *Brassica oleracea* L. ssp. *acephala* (DC.) O. Schwarz, Brassicaceae, Ch
74. *Briza maxima* L., Poaceae, T
75. *Briza minor* L., Poaceae, T
76. *Bromus commutatus* Schrad., Poaceae, T
77. *Bromus erectus* Huds., Poaceae, H
78. *Bromus hordeaceus* L., Poaceae, T
79. *Bromus squarrosus* L., Poaceae, T
80. *Bromus sterilis* L., Poaceae, T
81. *Broussonetia papyrifera* (L.) Vent., Moraceae, Ph, Inv
82. *Bryonia dioica* Jacq., Cucurbitaceae, H
83. *Bunium alpinum* Waldst. et Kit. ssp. *montanum* (W. D. J. Koch) P. W. Ball, Apiaceae, Ch
84. *Bupleurum praealtum* L., Apiaceae, T
85. *Bupleurum veronense* Turra, Apiaceae, T
86. *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth, Poaceae, H
87. *Calamintha grandiflora* (L.) Moench, Lamiaceae, H
88. *Calamintha nepetoides* Jord., Lamiaceae, H
89. *Calamintha sylvatica* Bromf., Lamiaceae, H
90. *Campanula bononiensis* L., Campanulaceae, H
91. *Campanula lingulata* Waldst. et Kit., Campanulaceae, H
92. *Campanula persicifolia* L., Campanulaceae, H
93. *Campanula pyramidalis* L., Campanulaceae, H
94. *Campanula rapunculoides* L., Campanulaceae, H
95. *Campanula rapunculus* L., Campanulaceae, H
96. *Campanula sibirica* L., Campanulaceae, H
97. *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., Brassicaceae, H
98. *Capsella rubella* Reut., Brassicaceae, T
99. *Capsicum annuum* L., Solanaceae, T
100. *Cardamine fialae* Fritsch, Brassicaceae, T, sE

101. *Cardamine graeca* L., Brassicaceae, T
102. *Cardamine hirsuta* L., Brassicaceae, H
103. *Cardaria draba* (L.) Desv., Brassicaceae, H
104. *Carduus micropterus* (Borbás) Teyber, Asteraceae, H
105. *Carduus pycnocephalus* L., Asteraceae, T
106. *Carex caryophyllea* Latourr., Cyperaceae, H
107. *Carex divulsa* Stokes, Cyperaceae, H
108. *Carex flacca* Schreb., Cyperaceae, G
109. *Carex hallerana* Asso, Cyperaceae, H
110. *Carex humilis* Leyss., Cyperaceae, H
111. *Carex muricata* L. agg., Cyperaceae, H
112. *Carex spicata* Huds., Cyperaceae, H
113. *Carlina corymbosa* L., Asteraceae, H
114. *Carpinus orientalis* Mill., Corylaceae, Ph
115. *Celtis australis* L., Ulmaceae, Ph
116. *Centaurea cyanus* L., Asteraceae, T
117. *Centaurea deusta* Ten., Asteraceae, H
118. *Centaurea deusta* Ten. ssp. *concolor* (DC.) Hayek, Asteraceae, H
119. *Centaurea glaberrima* Tausch, Asteraceae, H, NT, sE
120. *Centaurea pannonica* (Heuff.) Simonk., Asteraceae, H
121. *Centaurea rupestris* L., Asteraceae, H
122. *Centaureum erythraea* Rafn, Gentianaceae, T
123. *Cephalaria leucantha* (L.) Roem. et Schult., Dipsacaceae, H
124. *Cerastium dubium* (Bast.) Guépin, Caryophyllaceae, T
125. *Cerastium grandiflorum* Waldst. et Kit., Caryophyllaceae, Ch, E
126. *Cerastium pumilum* Curtis, Caryophyllaceae, T
127. *Cerastium pumilum* Curtis ssp. *glutinosum* (Fries) J alas, Caryophyllaceae, T
128. *Cercis siliquastrum* L., Fabaceae, Ph
129. *Chaenorhinum minus* (L.) Lange, Scrophulariaceae, T
130. *Chaenorhinum minus* (L.) Lange ssp. *litorale* (Willd.) Hayek, Scrophulariaceae, T
131. *Chaerophyllum coloratum* L., Scrophulariaceae, T, NT, E
132. *Chaerophyllum temulum* L., Scrophulariaceae, T
133. *Cheilanthes acrostica* (Balbis) Tod., Adiantaceae, H
134. *Chelidonium majus* L., Papaveraceae, H
135. *Chenopodium album* L., Chenopodiaceae, T
136. *Chenopodium vulvaria* L., Chenopodiaceae, T, DD
137. *Chondrilla juncea* L., Cichoriaceae, H
138. *Chrysopogon gryllus* (L.) Trin., Poaceae, H
139. *Cichorium intybus* L., Cichoriaceae, H
140. *Cirsium acaule* Scop., Asteraceae, H
141. *Cirsium arvense* (L.) Scop., Asteraceae, G
142. *Cirsium vulgare* (Savi) Ten., Asteraceae, H
143. *Cistus incanus* L., Fabaceae, N
144. *Cistus salvifolius* L., Fabaceae, N
145. *Cleistogenes serotina* (L.) Keng, Poaceae, H
146. *Clematis flammula* L., Ranunculaceae, Ph
147. *Clematis recta* L., Ranunculaceae, H
148. *Clematis vitalba* L., Ranunculaceae, Ph
149. *Clematis viticella* L., Ranunculaceae, H
150. *Clinopodium vulgare* L., Lamiaceae, H
151. *Colchicum autumnale* L., Colchicaceae, G
152. *Colchicum hungaricum* Janka, Colchicaceae, G
153. *Colutea arborescens* L., Fabaceae, N
154. *Consolida ajacis* (L.) Schur, Ranunculaceae, T, CR
155. *Convolvulus arvensis* L., Convolvulaceae, G
156. *Convolvulus cantabrica* L., Convolvulaceae, H
157. *Convolvulus tricolor* L., Convolvulaceae, T
158. *Coryza canadensis* (L.) Cronquist, Asteraceae, T, Inv
159. *Cornus mas* L., Cornaceae, Ph
160. *Cornus sanguinea* L., Cornaceae, Ph
161. *Coronilla emerus* L. ssp. *emeroides* Boiss. et Spruner, Fabaceae, N
162. *Coronilla scorpioides* (L.) Koch, Fabaceae, T
163. *Coronilla varia* L., Fabaceae, H
164. *Corydalis solida* (L.) Swartz, Papaveraceae, G
165. *Cotinus coggygria* Scop., Anacardiaceae, N
166. *Crataegus monogyna* Jacq., Rosaceae, Ph
167. *Crepis biennis* L., Cichoriaceae, H
168. *Crepis capillaris* (L.) Wallr., Cichoriaceae, T
169. *Crepis sancta* (L.) Babç., Cichoriaceae, T
170. *Crepis vesicaria* L., Cichoriaceae, T
171. *Crocus reticulatus* Steven ex Adams, Iridaceae, G
172. *Crocus vernus* (L.) Hill, Iridaceae, G
173. *Crocus vernus* (L.) Hill ssp. *albiflorus* (Kit.) Asch. et Graebn., Iridaceae, G
174. *Cruciata glabra* (L.) Ehrend., Rubiaceae, H
175. *Cruciata laevipes* Opiz, Rubiaceae, H
176. *Cupressus sempervirens* L., Cupressaceae, Ph
177. *Cuscuta campestris* Yunker, Cuscutaceae, T, Inv
178. *Cyclamen hederifolium* Aiton, Primulaceae, G
179. *Cyclamen repandum* Sibth. et Sm., Primulaceae, G, NT
180. *Cymbalaria muralis* P. Gaertn., B. Mey. et Scherb., Scrophulariaceae, T
181. *Cynara scolymus* L., Asteraceae, H
182. *Cynodon dactylon* (L.) Pers., Poaceae, G
183. *Cynoglossum columnae* Ten., Boraginaceae, T
184. *Cynoglossum officinale* L., Boraginaceae, H
185. *Cynosurus echinatus* L., Poaceae, T
186. *Dactylis glomerata* L., Poaceae, H
187. *Dactylis glomerata* L. ssp. *hispanica* (Roth) Nyman, Poaceae, H
188. *Dasyphyrum villosum* (L.) P.Candargy, Poaceae, T
189. *Daucus carota* L., Apiaceae, H
190. *Desmazeria rigida* (L.) Tutin, Poaceae, T
191. *Dianthus ciliatus* Guss. ssp. *dalmaticus* (Čelak.) Hayek, Caryophyllaceae, H, E
192. *Dianthus sylvestris* Wulfen in Jacq., Caryophyllaceae, H
193. *Dianthus sylvestris* Wulfen in Jacq. ssp. *tergestinus* (Rchb.) Hayek, Caryophyllaceae, H, E
194. *Dichanthium ischaemum* (L.) Roberty, Poaceae, H
195. *Dictamnus albus* L., Rutaceae, H
196. *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop., Poaceae, T
197. *Diplotaxis viminea* (L.) DC., Brassicaceae, T
198. *Dorycnium germanicum* (Gremli) Rikli, Fabaceae, Ch
199. *Draba muralis* L., Brassicaceae, T
200. *Ecballium elaterium* (L.) A. Rich., Cucurbitaceae, G, DD
201. *Echium italicum* L., Boraginaceae, T
202. *Edraianthus tenuifolius* (Waldst. et Kit.) A. DC., Campanulaceae, Ch, E
203. *Elymus repens* (L.) Gould, Poaceae, G
204. *Ephedra fragilis* Desf. ssp. *campylopoda* (C. A. Mayer) Asch. et Graeb., Epheraceae, N, NT
205. *Epilobium angustifolium* L., Onagraceae, H
206. *Epilobium ciliatum* Raf., Onagraceae, H, Inv
207. *Epilobium dodonaei* Vill., Onagraceae, H
208. *Erigeron annuus* (L.) Pers., Asteraceae, H, Inv
209. *Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl., Rosaceae, N
210. *Erodium cicutarium* (L.) Ĺ Hér., Geraniaceae, T
211. *Eryngium amethystinum* L., Apiaceae, H
212. *Eryngium campestre* L., Apiaceae, H
213. *Erysimum croaticum* Polatschek, Brassicaceae, H, sE
214. *Erythronium dens-canis* L., Liliaceae, G
215. *Euonymus verrucosa* Scop., Celastraceae, N
216. *Euphorbia characias* L. ssp. *wulfenii* (Hoppe ex Koch) A. M. Sm., Euphorbiaceae, N
217. *Euphorbia cyparissias* L., Euphorbiaceae, H
218. *Euphorbia falcata* L., Euphorbiaceae, T
219. *Euphorbia fragifera* Jan, Euphorbiaceae, Ch
220. *Euphorbia myrsinites* L., Euphorbiaceae, Ch
221. *Euphorbia prostrata* Aiton, Euphorbiaceae, T
222. *Euphorbia spinosa* L., Euphorbiaceae, Ch
223. *Fallopia convolvulus* (L.) Á.Löve, Polygonaceae, T
224. *Ficus carica* L., Moraceae, Ph
225. *Filago lutescens* Jord. agg., Asteraceae, T
226. *Filipendula vulgaris* Moench, Rosaceae, H
227. *Foeniculum vulgare* Mill., Apiaceae, G
228. *Fragaria vesca* L., Rosaceae, H

229. *Frangula alnus* Mill., Rhamnaceae, Ph
230. *Frangula rupestris* (Scop.) Schur., Rhamnaceae, N
231. *Fraxinus ornus* L., Oleaceae, Ph
232. *Fritillaria orientalis* Adams, Liliaceae, G
233. *Fumana ericifolia* Wallr., Cistaceae, Ch
234. *Fumana procumbens* (Dunal) Gren. et Godr., Cistaceae, Ch
235. *Fumaria officinalis* L., Fumariaceae, T
236. *Gagea spathacea* (Hayne) Salisb., Liliaceae, G
237. *Galeopsis angustifolia* Hoffm., Lamiaceae, T
238. *Galinsoga parviflora* Cav., Asteraceae, T
239. *Galium album* Mill., Rubiaceae, H
240. *Galium aparine* L., Rubiaceae, T
241. *Galium corrudifolium* Vill., Rubiaceae, H
242. *Galium firmum* Tausch, Rubiaceae, H, E
243. *Galium mollugo* L., Rubiaceae, H
244. *Galium verum* L., Rubiaceae, H
245. *Genista januensis* Viv., Fabaceae, Ch
246. *Genista pilosa* L., Fabaceae, Ch
247. *Genista sericea* Wulfen, Fabaceae, Ch, E
248. *Genista sylvestris* Scop., Fabaceae, Ch
249. *Genista sylvestris* Scop. ssp. *dalmatica* (Bartl.) H. Lindb., Fabaceae, Ch, E
250. *Geranium columbinum* L., Geraniaceae, T
251. *Geranium dissectum* L., Geraniaceae, T
252. *Geranium lucidum* L., Geraniaceae, T
253. *Geranium macrorrhizum* L., Geraniaceae, H
254. *Geranium molle* L., Geraniaceae, T
255. *Geranium robertianum* L., Geraniaceae, T
256. *Geranium sanguineum* L., Geraniaceae, H
257. *Geum urbanum* L., Rosaceae, H
258. *Gladiolus communis* L., Iridaceae, G
259. *Gladiolus illyricus* W. D. J. Koch, Iridaceae, G
260. *Gladiolus italicus* Mill., Iridaceae, G
261. *Glechoma hirsuta* Waldst. et Kit., Lamiaceae, H
262. *Globularia cordifolia* L., Globulariaceae, Ch
263. *Globularia cordifolia* L. ssp. *bellidifolia* (Ten.) Wettst., Globulariaceae, Ch
264. *Haplophyllum patavinum* (L.) G. Don, Rutaceae, Ch
265. *Hedera helix* L., Araliaceae, Ph
266. *Helianthemum canum* (L.) Baumg., Cistaceae, Ch
267. *Helianthemum nummularium* (L.) Mill., Cistaceae, Ch
268. *Helianthemum nummularium* (L.) Mill. ssp. *grandiflorum* (Scop.) Schinz et Thell., Cistaceae, Ch
269. *Helianthemum oelandicum* (L.) DC. ssp. *alpestre* (Jacq.) Breistr., Cistaceae, Ch
270. *Helianthus tuberosus* L., Asteraceae, G, Inv
271. *Helichrysum italicum* (Roth) G. Don, Asteraceae, Ch
272. *Heliotropium europaeum* L., Boraginaceae, T
273. *Hermodactylus tuberosus* (L.) Mill., Iridaceae, G
274. *Herniaria glabra* L., Caryophyllaceae, T
275. *Hesperis laciniata* All., Brassicaceae, H
276. *Hibiscus trionum* L., Malvaceae, T, EN
277. *Hieracium pilosella* L., Cichoriaceae, H
278. *Hieracium praealtum* Vill. ex Gochnat ssp. *bauhinii* (Besser) Petunn., Cichoriaceae, H
279. *Hordeum murinum* L., Poaceae, T
280. *Hordeum murinum* L. ssp. *leporinum* (Link) Arcang., Poaceae, T
281. *Hypericum perforatum* L., Clusiaceae, H
282. *Inula britannica* L. agg., Asteraceae, H
283. *Inula conyza* DC., Asteraceae, H
284. *Inula ensifolia* L., Asteraceae, H
285. *Inula oculus-christi* L., Asteraceae, H
286. *Inula salicina* L., Asteraceae, H
287. *Inula spiraeifolia* L., Asteraceae, H
288. *Inula verbascifolia* (Willd.) Hausskn., Asteraceae, Ch
289. *Iris illyrica* Tomm., Iridaceae, G, LC, E
290. *Iris pseudopallida* Trinajstić, Iridaceae, G, E
291. *Juncus articulatus* L., Juncaceae, H
292. *Juniperus oxycedrus* L., Cupressaceae, N
293. *Jurinea mollis* (L.) Rchb., Asteraceae, H
294. *Kickxia commutata* (Bernh. ex Rchb.) Fritsch agg., Scrophulariaceae, Ch
295. *Knautia arvensis* (L.) Coult., Dipsacaceae, H
296. *Koeleria pyramidata* (Lam.) P.Beauv., Poaceae, H
297. *Koeleria splendens* C. Presl, Poaceae, H
298. *Lactuca perennis* L., Cichoriaceae, H
299. *Lactuca saligna* L., Cichoriaceae, T
300. *Lactuca serriola* L., Cichoriaceae, H
301. *Lactuca viminea* (L.) J. et C. Presl, Cichoriaceae, H
302. *Lactuca virosa* L., Cichoriaceae, T
303. *Lamium amplexicaule* L., Lamiaceae, T
304. *Lamium maculatum* L., Lamiaceae, H
305. *Lamium orvala* L., Lamiaceae, H
306. *Lapsana communis* L., Cichoriaceae, T
307. *Laserpitium siler* L., Apiaceae, H
308. *Lathyrus aphaca* L., Fabaceae, T
309. *Lathyrus cicera* L., Fabaceae, T
310. *Lathyrus latifolius* L., Fabaceae, H
311. *Lathyrus sphaericus* Retz., Fabaceae, T
312. *Lathyrus vernus* (L.) Bernhard, Fabaceae, H
313. *Legousia speculum-veneris* (L.) Chaix, Campanulaceae, T
314. *Ligustrum vulgare* L., Oleaceae, N
315. *Lilium martagon* L., Liliaceae, G, VU
316. *Lilium martagon* L. ssp. *cattaniae* (Vis.) Degen, Liliaceae, G, sE
317. *Limodorum abortivum* (L.) Sw., Orchidaceae, G
318. *Linaria microsepala* A. Kern., Scrophulariaceae, G, DD, sE
319. *Linaria vulgaris* Mill., Scrophulariaceae, G, E
320. *Linum nodiflorum* L., Linaceae, T
321. *Linum perenne* L., Linaceae, H
322. *Linum tenuifolium* L., Linaceae, Ch
323. *Lithospermum purpureoeruleum* L., Boraginaceae, Ch
324. *Lobularia maritima* (L.) Desv., Brassicaceae, H
325. *Lolium multiflorum* Lam., Poaceae, T
326. *Lolium perenne* L., Poaceae, H
327. *Lonicera etrusca* Santi, Caprifoliaceae, N
328. *Lotus corniculatus* L., Fabaceae, H
329. *Lunaria annua* L., Brassicaceae, T
330. *Lunaria rediviva* L., Brassicaceae, H
331. *Luzula campestris* (L.) DC. agg., Poaceae, H
332. *Luzula forsteri* (Sm.) DC., Poaceae, H
333. *Malus domestica* Borkh., Rosaceae, Ph
334. *Malva alcea* L., Malvaceae, H
335. *Malva moschata* L., Malvaceae, H
336. *Malva nicaeensis* All., Malvaceae, T
337. *Malva sylvestris* L., Malvaceae, H
338. *Marrubium incanum* Desr., Lamiaceae, H
339. *Marrubium vulgare* L., Lamiaceae, Ch
340. *Matricaria perforata* Mérat, Asteraceae, T
341. *Matthiola incana* (L.) R. Br., Brassicaceae, Ch, NT
342. *Medicago arabica* (L.) Huds., Fabaceae, T
343. *Medicago falcata* L., Fabaceae, H
344. *Medicago lupulina* L., Fabaceae, T
345. *Medicago minima* (L.) Bartal, Fabaceae, T
346. *Medicago orbicularis* (L.) Bartal., Fabaceae, T
347. *Medicago prostrata* Jacq., Fabaceae, H
348. *Medicago sativa* L., Fabaceae, H
349. *Melica ciliata* L., Poaceae, H
350. *Melilotus italica* (L.) Lam., Fabaceae, T
351. *Melissa officinalis* L., Lamiaceae, H
352. *Melittis melissophyllum* L., Lamiaceae, H
353. *Mentha longifolia* (L.) Huds., Lamiaceae, H
354. *Mercurialis annua* L., Euphorbiaceae, T
355. *Meum athamanticum* Jacq., Apiaceae, H
356. *Micromeria juliana* (L.) Benth. ex Rchb., Lamiaceae, Ch

357. *Moenchia mantica* (L.) Bartl., Caryophyllaceae, T
 358. *Moltkia petraea* (Tratt.) Griseb., Boraginaceae, H, E
 359. *Morus alba* L., Moraceae, Ph
 360. *Morus nigra* L., Moraceae, Ph
 361. *Muscari botryoides* (L.) Mill., Asparagaceae, G
 362. *Muscari comosum* (L.) Mill., Asparagaceae, G
 363. *Muscari neglectum* Guss. ex Ten., Asparagaceae, G
 364. *Mycelis muralis* (L.) Dumort., Cichoriaceae, H
 365. *Myosotis arvensis* (L.) Hill, Boraginaceae, T
 366. *Myosotis ramosissima* Rochel, Boraginaceae, T
 367. *Myrrhoides nodosa* (L.) Cannon, Apiaceae, T
 368. *Narcissus radiiflorus* Salisb., Amaryllidaceae, G
 369. *Neottia nidus-avis* (L.) Rich., Orchidaceae, G
 370. *Nigella damascena* L., Ranunculaceae, T
 371. *Odontites lutea* (L.) Clairv., Scrophulariaceae, T
 372. *Oenothera biennis* L., Onagraceae, H, Inv
 373. *Ononis pusilla* L., Fabaceae, H
 374. *Ononis spinosa* L., Fabaceae, Ch
 375. *Onopordum illyricum* L., Asteraceae, H
 376. *Onosma echioides* (L.) L. ssp. *dalmatica* (Scheele) Peruzziet N. G. Passal., Boraginaceae, Ch, E
 377. *Ophrys sphegodes* Mill., Orchidaceae, G, VU
 378. *Opopanax chironium* (L.) Koch, Apiaceae, H
 379. *Orchis coriophora* L., Orchidaceae, G, VU
 380. *Orchis morio* L., Orchidaceae, G, NT
 381. *Orchis provincialis* Balb. ssp. *pauciflora* (Ten.) Camus, Orchidaceae, G
 382. *Orchis quadripunctata* Cirillo ex Ten., Orchidaceae, G, VU
 383. *Orchis tridentata* Scop., Orchidaceae, G, VU
 384. *Origanum majorana* L., Lamiaceae, H
 385. *Origanum vulgare* L., Lamiaceae, Ch
 386. *Orlaya grandiflora* (L.) Hoffm., Apiaceae, T
 387. *Ornithogalum comosum* L., Asparagaceae, G
 388. *Ornithogalum pyramidale* L., Asparagaceae, G
 389. *Ornithogalum umbellatum* L., Asparagaceae, G
 390. *Orobancha* sp., Orobanchaceae, G
 391. *Ostrya carpinifolia* Scop., Corylaceae, Ph
 392. *Osyris alba* L., Santalaceae, N
 393. *Paliurus spina-christi* Mill., Rhamnaceae, N
 394. *Papaver argemone* L., Papaveraceae, T, CR
 395. *Papaver rhoeas* L., Papaveraceae, T
 396. *Parietaria judaica* L., Urticaceae, H
 397. *Paronychia kapela* (Hacq.) A. Kerner, Caryophyllaceae, H
 398. *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planchon, Vitaceae, Ph, Inv
 399. *Peltaria alliacea* Jacq., Brassicaceae, H, NT, E
 400. *Petrorhagia prolifera* (L.) P.W. Ball et Heywood, Caryophyllaceae, T
 401. *Petrorhagia saxifraga* (L.) Link, Caryophyllaceae, H
 402. *Peucedanum oreoselinum* (L.) Moench, Apiaceae, H
 403. *Peucedanum ostruthium* (L.) Koch, Apiaceae, H
 404. *Phalaris paradoxa* L., Poaceae, T, DD
 405. *Phillyrea latifolia* L., Oleaceae, Ph
 406. *Phleum echinatum* Host, Poaceae, T
 407. *Phleum subulatum* (Savi) Asch. et Graebn., Poaceae, T
 408. *Physalis alkekengi* L., Solanaceae, H
 409. *Phytolacca americana* L., Phytolaccaceae, G, Inv
 410. *Picris echioides* L., Cichoriaceae, T
 411. *Picris hieracioides* L., Cichoriaceae, H
 412. *Pimpinella major* (L.) Huds., Apiaceae, H
 413. *Pinus halepensis* Mill., Pinaceae, Ph
 414. *Pinus nigra* Arnold ssp. *dalmatica* (Vis.) Franco, Pinaceae, Ph, NT, sE
 415. *Pistacia terebinthus* L., Anacardiaceae, Ph
 416. *Plantago lanceolata* L., Plantaginaceae, H
 417. *Plantago media* L., Plantaginaceae, H
 418. *Platanthera chlorantha* (Custer) Rchb., Orchidaceae, G, NT
 419. *Plumbago europaea* L., Plumbaginaceae, Ch
 420. *Poa angustifolia* L., Poaceae, G
 421. *Poa bulbosa* L., Poaceae, H
 422. *Poa compressa* L., Poaceae, H
 423. *Poa pratensis* L., Poaceae, G
 424. *Poa trivialis* L., Poaceae, Ch
 425. *Poa trivialis* L. ssp. *sylvicola* (Guss.) H.Lindb., Poaceae, H, LC
 426. *Polygala monspeliaca* L., Polygalaceae, T
 427. *Polygala nicaeensis* Risso ex Koch, Polygalaceae, H
 428. *Polygala nicaeensis* Risso ex Koch ssp. *mediterranea* Chodat, Polygalaceae, H
 429. *Polygonum aviculare* L., Polygonaceae, T
 430. *Polypodium vulgare* L., Polypodiaceae, H
 431. *Portenschlagiella ramosissima* (Port.) Tutin, Apiaceae, H, E
 432. *Portulaca oleracea* L., Portulacaceae, T
 433. *Potentilla argentea* L., Rosaceae, H
 434. *Potentilla australis* Krašan, Rosaceae, H
 435. *Potentilla heptaphylla* L., Rosaceae, H
 436. *Potentilla hirta* L., Rosaceae, H
 437. *Potentilla inclinata* Vill., Rosaceae, H
 438. *Potentilla micrantha* Ramond ex DC., Rosaceae, H
 439. *Potentilla recta* L., Rosaceae, H
 440. *Primula veris* L. ssp. *columnae* (Ten.) Ludi, Primulaceae, H, NT
 441. *Prunella laciniata* L., Lamiaceae, H
 442. *Prunella vulgaris* L., Lamiaceae, H
 443. *Prunus avium* L., Rosaceae, Ph
 444. *Prunus cerasus* L., Rosaceae, Ph
 445. *Prunus dulcis* (Mill.) D. A. Webb, Rosaceae, Ph
 446. *Prunus mahaleb* L., Rosaceae, Ph
 447. *Prunus spinosa* L., Rosaceae, Ph
 448. *Pseudolysimachion barrelieri* (Schott ex Roem. et Schult.) Holub, Scrophulariaceae, H
 449. *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, Hypolepidaceae, G
 450. *Pulmonaria officinalis* L., Boraginaceae, H
 451. *Pulsatilla grandis* Wender., Ranunculaceae, H, LC
 452. *Punica granatum* L., Punicaceae, N
 453. *Pyrus amygdaliformis* Vill., Rosaceae, Ph
 454. *Quercus cerris* L., Fagaceae, Ph
 455. *Quercus ilex* L., Fagaceae, Ph
 456. *Quercus pubescens* Willd., Fagaceae, Ph
 457. *Ranunculus acris* L., Ranunculaceae, H
 458. *Ranunculus arvensis* L., Ranunculaceae, T
 459. *Ranunculus ficaria* L., Ranunculaceae, G
 460. *Ranunculus illyricus* L., Ranunculaceae, G
 461. *Ranunculus millefoliatus* Vahl., Ranunculaceae, H
 462. *Ranunculus muricatus* L., Ranunculaceae, T
 463. *Reseda phyteuma* L., Resedaceae, T
 464. *Rhagadiolus stellatus* (L.) Gaertn., Cichoriaceae, T
 465. *Rhamnus intermedius* Steud. et Hohst., Rhamnaceae, N, NT, E
 466. *Robinia pseudacacia* L., Fabaceae, Ph, Inv
 467. *Rorippa lippizensis* (Wulfen) Rchb., Brassicaceae, H, E
 468. *Rorippa sylvestris* (L.) Besser, Brassicaceae, H
 469. *Rosa arvensis* Huds., Rosaceae, N
 470. *Rosa canina* L., Rosaceae, Ch
 471. *Rubia peregrina* L., Rubiaceae, Ph
 472. *Rubus ulmifolius* Schott., Rosaceae, N
 473. *Rumex acetosella* L., Polygonaceae, G
 474. *Rumex crispus* L., Polygonaceae, H
 475. *Ruscus aculeatus* L., Liliaceae, Ch, LC
 476. *Ruta graveolens* L., Rutaceae, Ch
 477. *Salvia officinalis* L., Lamiaceae, Ch
 478. *Salvia pratensis* L., Lamiaceae, H
 479. *Salvia sclarea* L., Lamiaceae, T
 480. *Sambucus ebulus* L., Caprifoliaceae, N
 481. *Sanguisorba minor* Scop., Rosaceae, H
 482. *Satureja montana* L., Lamiaceae, Ch
 483. *Satureja subspicata* Vis., Lamiaceae, Ch, LC
 484. *Saxifraga paniculata* Mill., Saxifragaceae, H

485. *Saxifraga rotundifolia* L., Saxifragaceae, H
 486. *Saxifraga tridactylites* L., Saxifragaceae, T
 487. *Scandix pecten-veneris* L., Apiaceae, T
 488. *Scilla autumnalis* L., Liliaceae, G
 489. *Scilla bifolia* L., Liliaceae, G
 490. *Scrophularia canina* L., Scrophulariaceae, H
 491. *Sedum acre* L., Crassulaceae, Ch
 492. *Sedum album* L., Crassulaceae, Ch
 493. *Sedum ochroleucum* Chaix, Crassulaceae, Ch
 494. *Sedum stellatum* L., Crassulaceae, T
 495. *Sempervivum marmoreum* Griseb., Crassulaceae, Ch
 496. *Senecio jacobaea* L., Asteraceae, H
 497. *Senecio vulgaris* L., Asteraceae, H
 498. *Serratula radiata* (Waldst. et Kit.) M.Bieb., Asteraceae, H
 499. *Seseli montanum* L., Apiaceae, H
 500. *Seseli montanum* L. ssp. *tommasinii* (Rchb. f.) Arcang., Apiaceae, H, E
 501. *Seseli pallasii* Besser, Apiaceae, H
 502. *Seseli tomentosum* Vis., Apiaceae, H, NT, sE
 503. *Sesleria autumnalis* (Scop.) F. W. Schutz, Poaceae, H
 504. *Sesleria robusta* Schott, Nyman et Kotschy, Poaceae, H
 505. *Sesleria tenuifolia* Schrad., Poaceae, H
 506. *Sesleria tenuifolia* Schrad. ssp. *tenuifolia*, Poaceae, H
 507. *Setaria viridis* (L.) Beauv., Poaceae, T
 508. *Sideritis romana* L., Lamiaceae, T
 509. *Silene italica* (L.) Pers., Caryophyllaceae, H
 510. *Silene latifolia* Poir. ssp. *alba* (Mill.) Greuter et Bourdet, Caryophyllaceae, H
 511. *Silene nutans* L., Caryophyllaceae, H
 512. *Silene pendula* L., Caryophyllaceae, T
 513. *Silene vulgaris* (Moench) Garcke, Caryophyllaceae, H
 514. *Sisymbrium officinale* (L.) Scop., Brassicaceae, T
 515. *Smyrniolum perfoliatum* L., Apiaceae, H
 516. *Solanum nigrum* L., Solanaceae, T
 517. *Solanum villosum* Mill., Solanaceae, T
 518. *Solidago gigantea* Aiton, Asteraceae, G, Inv
 519. *Sonchus asper* (L.) Hill, Cichoriaceae, T
 520. *Sorbus aria* (L.) Crantz, Rosaceae, Ph
 521. *Sorbus domestica* L., Rosaceae, Ph
 522. *Sorbus torminalis* (L.) Crantz, Rosaceae, Ph
 523. *Sorghum halepense* (L.) Pers., Poaceae, G
 524. *Spartium junceum* L., Fabaceae, N
 525. *Spergula arvensis* L., Caryophyllaceae, T
 526. *Spiraea cana* Waldst. et Kit., Rosaceae, Ch, DD
 527. *Stachys germanica* L., Lamiaceae, H
 528. *Stachys maritima* Gouan, Lamiaceae, H
 529. *Stellaria media* (L.) Vill., Caryophyllaceae, T
 530. *Stipa bromoides* (L.) Dörf., Poaceae, H
 531. *Stipa pennata* L. ssp. *ericaulis* (Borbás) Martinovský et Skalický, Poaceae, H
 532. *Tagetes minuta* L., Asteraceae, T, Inv
 533. *Tamus communis* L., Dioscoreaceae, G
 534. *Tanacetum cinerariifolium* (Trevir.) Sch. Bip., Asteraceae, H, E
 535. *Tanacetum corymbosum* (L.) Sch. Bip., Asteraceae, H
 536. *Taraxacum officinale* Weber, Cichoriaceae, H
 537. *Teucrium arduini* L., Lamiaceae, H, DD, E
 538. *Teucrium chamaedrys* L., Lamiaceae, Ch
 539. *Teucrium montanum* L., Lamiaceae, Ch
 540. *Teucrium polium* L., Lamiaceae, Ch
 541. *Teucrium polium* L. ssp. *capitatum* (L.) Arcang., Lamiaceae, Ch
 542. *Thalictrum aquilegifolium* L., Ranunculaceae, H
 543. *Thalictrum minus* L., Ranunculaceae, H
 544. *Thesium arvense* Horv., Santalaceae, H
 545. *Thesium linophyllon* L., Santalaceae, G
 546. *Thlaspi praecox* Wulfen, Brassicaceae, Ch
 547. *Thymus bracteosus* Vis. ex Benth., Lamiaceae, Ch, E
 548. *Thymus longicaulis* C. Presl, Lamiaceae, Ch
 549. *Thymus striatus* Vahl., Lamiaceae, Ch
 550. *Thymus vulgaris* L., Lamiaceae, Ch
 551. *Tordylium apulum* L., Apiaceae, T
 552. *Tordylium maximum* L., Apiaceae, T
 553. *Torilis nodosa* (L.) Gaertn., Apiaceae, T
 554. *Tragopogon dubius* Scop., Cichoriaceae, H
 555. *Trifolium alpestre* L., Fabaceae, H
 556. *Trifolium angustifolium* L., Fabaceae, T
 557. *Trifolium arvense* L., Fabaceae, T
 558. *Trifolium aureum* Pollich, Fabaceae, T
 559. *Trifolium campestre* Schreber, Fabaceae, T
 560. *Trifolium dalmaticum* Vis., Fabaceae, T, E
 561. *Trifolium incarnatum* L., Fabaceae, T
 562. *Trifolium montanum* L., Fabaceae, H
 563. *Trifolium nigrescens* Viv., Fabaceae, T
 564. *Trifolium pratense* L., Fabaceae, H
 565. *Trifolium repens* L., Fabaceae, Ch
 566. *Trifolium subterraneum* L., Fabaceae, T
 567. *Tulipa sylvestris* L., Liliaceae, G, NT
 568. *Tussilago farfara* L., Asteraceae, G
 569. *Ulmus minor* Miller, Ulmaceae, Ph
 570. *Urtica dioica* L., Urticaceae, H
 571. *Valantia muralis* L., Rubiaceae, T
 572. *Valeriana montana* L., Valerianaceae, H
 573. *Valeriana officinalis* L., Valerianaceae, H
 574. *Valeriana tuberosa* L., Valerianaceae, H
 575. *Valerianella locusta* (L.) Laterrade, Valerianaceae, T
 576. *Valerianella rimosa* Bastard, Valerianaceae, T
 577. *Verbascum chaixii* Vill., Scrophulariaceae, H
 578. *Verbascum lanatum* Schrad., Scrophulariaceae, H
 579. *Verbascum macrum* Ten., Scrophulariaceae, H
 580. *Verbascum phoeniceum* L., Scrophulariaceae, H
 581. *Veronica austriaca* L. ssp. *austriaca*, Scrophulariaceae, H
 582. *Veronica chamaedrys* L., Scrophulariaceae, H
 583. *Veronica persica* Poir., Scrophulariaceae, T, Inv
 584. *Veronica teucrium* L., Scrophulariaceae, Ch
 585. *Vicia cracca* L., Fabaceae, H
 586. *Vicia faba* L., Fabaceae, T
 587. *Vicia grandiflora* Scop., Fabaceae, T
 588. *Vicia hybrida* L., Fabaceae, T
 589. *Vicia lathyroides* L., Fabaceae, T
 590. *Vicia lutea* L., Fabaceae, T
 591. *Vicia melanops* Sm., Fabaceae, T
 592. *Vicia narbonneensis* L., Fabaceae, T
 593. *Vicia ochroleuca* Ten. ssp. *dinara* (K. Malý) Rohlena, Fabaceae, H, E
 594. *Vicia sativa* L., Fabaceae, T
 595. *Vicia tetrasperma* (L.) Schreber, Fabaceae, T
 596. *Vincetoxicum hirundinaria* Medik., Asclepiadaceae, H
 597. *Vincetoxicum hirundinaria* Medik. ssp. *adriaticum* (Beck) Markgr., Asclepiadaceae, H, E
 598. *Viola arvensis* Murray, Violaceae, T
 599. *Viola odorata* L., Violaceae, H
 600. *Viola tricolor* L., Violaceae, T
 601. *Vitex agnus-castus* L., Verbenaceae, Ph
 602. *Vitis vinifera* L. ssp. *sylvestris* (C. C. Gmel.) Hegi, Vitaceae, Ph, LC
 603. *Vulpia ciliata* Dumort., Poaceae, T
 604. *Xanthium strumarium* L. ssp. *italicum* (Moretti) D. Löve, Poaceae, T, Inv

Abbreviations used for life forms: Ch (*Chamaephyta*), G (*Geophyta*), H (*Hemicryptophyta*), Ph (*Phanerophyta*), T (*Therophyta*); for IUCN categories: CR (Critically endangered), EN (Endangered), VU (Vulnerable), LC (Least Concern), NT (Near Threatened), DD (Data Deficient); for endemic status: endemic (E), stenoendemic (sE); and for invasiveness (Inv).

Kratice koje se koriste za životne oblike: Ch (*Chamaephyta*), G (*Geophyta*), H (*Hemicryptophyta*), Ph (*Phanerophyta*), T (*Therophyta*); za IUCN kategorije: CR (kritično ugroženi), EN (ugroženi), VU (ranjivi), LC (najmanje zabrinjavajući), NT (gotovo ugroženi), DD (nedostatak podataka); za endemični status: endemski (E), stenoendemski (sE); i za invazivnost (Inv).



Figure 3. Some of endemic taxa of Matokit Mt: a) *Seseli tomentosum* Vis., b) *Lilium martagon* L. ssp. *cattaniae* (Vis.) Degen, c) *Vicia ochroleuca* Ten. ssp. *dinara* (K. Malý) Rohlena, d) *Cardamine fialae* Fritsch, e) *Centaurea glaberrima* Tausch, f) *Linaria microsepala* A. Kern. (Photos by authors)

Slika 3. Neke endemične svojte planine Matokit: a) *Seseli tomentosum* Vis., b) *Lilium martagon* L. ssp. *cattaniae* (Vis.) Degen, c) *Vicia ochroleuca* Ten. ssp. *dinara* (K. Malý) Rohlena, d) *Cardamine fialae* Fritsch, e) *Centaurea glaberrima* Tausch, f) *Linaria microsepala* A. Kern. (autorske fotografije)

According to the Croatian Red List (Nikolić 2019b) a total of 36 taxa were found (Tab. 3). Two species (*Papaver argemone* and *Consolida ajacis*) are Critically Endangered (CR), one species (*Hibiscus trionum*) is Endangered (EN), while five species are classified as Vulnerable (VU). From the other IUCN categories, 16 taxa have been classified as Nearly Threatened (NT), 6 are of Least Concern (LC) and 6 were found to be Data Deficient (DD). Seventeen invasive and 32 endemic vascular plant taxa were recorded, of which 26 endemics in a broader sense and 6 stenoendemics (Tab. 3, Fig. 3).

The vascular flora of Matokit Mt was studied for the first time systematically and here is presented the first comprehensive floristic list of 604 vascular plant taxa, of different habitats, mostly grasslands in succession, rocky crevices and forest fringes, as well as a short overview on some interesting taxa in the flora Matokit Mt as a part of Biokovo massif. Floristic richness of the studied area is high, in comparison to several Croatian mountains along the eastern Adriatic coast especially considering the size of the area (Nikolić et al. 2008). The number of recorded plant taxa in comparison with similar floristic researches of the Dalmatian littoral mountains is quite similar. According to Kamenjarin (1996) in the flora of Kozjak Mt above Split 604 plant taxa were recorded, about 600 taxa were recorded in the flora of Mosor Mt (Bedalov and Šegulja 1987; Vladović and Ilijanić 1992, 1993, 1995). For Biokovo Mt the number of more than 1400 recorded taxa is result of more intensive and detailed floristic studies performed in the past (Hršak and Alegro 2008).

The occurrence of families *Fabaceae* (9.9%), *Poaceae* (9.1%), *Asteraceae* (7.4%) and *Lamiaceae* (6.8%) in the flora of Matokit Mt is quite normally distributed according to Nikolić (2001). The domination of hemicryptophytes (39.9%) and therophytes (26.2%) in the flora of Matokit Mt, as well as moderate present of geophytes (12.4%), phanerophytes and chamaephytes (10.8%) indicates high influence of the Mediterranean climate according to Horvat (1949).

In the flora of Matokit Mt a total of 32 endemic taxa were found (Tab. 3). Majority of endemic taxa were found within the vegetation of Natura 2000 grasslands and pastures in different succession stages e.g. a combination of rocky pastures of *Chrysopogono grylli-Saturejion subspicatae* Horvat & Horvatić ex Černjavski, Grebenščikov & Pavlović 1949 and grasslands of *Saturejion subspicatae* Tomić-Stanković 1970, as well as within chasmophytic vegetation of the *Centaureo cuspidatae-Portenschlagiellion ramosissimae* Trinajstić ex Terzi et Di Pietro 2016. Especially interesting for the Croatian flora are the findings of recently recorded *Cardamine fialae* in the flora of Matokit Mt (Vukojević et al. 2016). The species grows on lower altitudes in rocky ground within the vegetation of forest fringes and secondary also in ruderal places, in arable fields, on shady screes and very rarely in rock crevices (Vukojević et al. 2016). All new localities in Croatia are close to Klobuk (*locus classicus*) in Bosnia and Herzegovina. Another Balkan endemic taxon, *Erysimum croaticum*, recently described by Polatschek (2013) from Zadvarje in Croatia was found in the flora of Matokit Mt there were a few individuals on screes of southern slopes. According to Polatschek (2013) this species is distributed in West Kosovo and Dalmatia (Mosor, Omiš, Brela region, Zadvarje and Makarska) and the new locality on Matokit Mt within Biokovo massif contributes to a better understanding of species distribution.

A spontaneous hybridogenic *Iris* population, evidently hybrid between *I. illyrica* and *I. pseudopallida* was recorded. Several populations with a few individuals growing within rocky grassland at higher altitudes (approximately 900-1000 m a.s.l.) were found. In the Flora Croatica Database (Nikolić 2019a) this taxon is not listed, and the occurrence of this *Iris* hybrid is not surprising because Matokit Mt represents the overlapping distribution area of *I. illyrica* and *I. pseudopallida*, and it could be found anywhere along the Adriatic littoral where parental species occur. Although those hybrids are known from literature in Croatian flora (Mitić et al. 2000, 2001, 2013; Biljaković 2002) taxonomical status of this hybrid is questionable and was not a subject of this research.

Some narrowly distributed species of the Croatian flora were also found in the flora of Matokit Mt e.g. *Thymus bracteatus* and *Linaria microsepala*. For endemic taxon *Vicia ochroleuca* ssp. *dinara*, the Matokit Mt represents the

southernmost limit of its distribution. In addition, the northern slopes of Matokit Mt are the southernmost sites for the following taxa: *Myrrhoides nodosa*, *Centaurea pannonica*, and *Saxifraga rotundifolia*.

Within this floristic research we recorded 17 invasive plant taxa (Tab. 3) that were previously recorded by Vukojević (2011), Vukojević and Vitasović Kosić (2012). The tendency of uncontrolled spread indicates *Ailanthus altissima* and *Ambrosia artemisiifolia*, and limited expansion show: *Amaranthus retroflexus*, *Xanthium strumarium* ssp. *italicum*, *Robinia pseudoacacia* and *Broussonetia papyrifera*. All inventoried invasive species are in the habitat of abandoned arable land except for *Robinia pseudoacacia*, which spreads from the forest edge to the rocky grasslands. Some of the inventoried invasive plant species, are used as ornamental trees and shrubs in gardens in the studied area; e.g. *Broussonetia papyrifera*, *Robinia pseudoacacia*, *Phytolacca americana*, *Parthenocissus quinquefolia*, *Oenothera biennis*, *Solidago gigantea* and *Ailanthus altissima* (Tab. 3). They could be replaced by planting attractive plant species, naturalized in the Mediterranean area, such as *Celtis australis*, *Cercis siliquastrum* and *Ficus carica* (Vukojević and Vitasović Kosić 2012).

The main problem in studied area is a high degree of vegetation degradation which is mostly present in lower zones (up to 400 meters). Because of strong human emigration from mountainous areas cattle-raising in northern settlements is almost completely abandoned (Vukosav 2006) and that endangered grassland habitats. Invasive species and grasslands in different stages of succession (mostly in a form of maquis and garrigue communities) occupy increasingly large areas mostly on abandoned arable land (Vukojević and Vitasović Kosić 2012). Grassland habitats succession and consequently the loss of endangered and endemic taxa contributes to the long-lasting succession of *Juniperus oxycedrus* L., which is a consequence of reduced grazing (sheep and goat) in this area.

During the year 2014 the reforestation of Aleppo pine (*Pinus halepensis*) was noticed. This management of reforestation resulted in an additional reduction of the grassland surface and significant loss of natural flora and vegetation, additionally threatening endemic and endangered taxa. Similarly, it has already happened in the nearby area of Orah Hill (on its southern slopes), that was afforested approximately 25 years ago, and already has today lost its natural grassland vegetation and flora diversity.

The flora diversity depends on human (non)activity (agriculture, urbanization). Therefore, proper management (regular mowing of meadows, pasture grazing, and maintenance of arable land) will help to create better conditions for the development of agriculture and sheep farming, while it can also reduce the spread of invasive plant taxa

and contribute to conservation of plant diversity. In order to preserve the grassland habitats for endangered and endemic taxa we suggest the introduction of educational workshops for local residents and hunting associations.

To keep plant richness in this area, special attention in the future should be paid to its protection and conservation through management measures, such as maintaining a general low pressure of grazing by means of grazing rotation, to prevent the process of secondary succession and the spread of unpalatable competitive tall grasses at a landscape level (Vitasović Kosić et al. 2014). Here presented results are very important, because this is the first inventory of flora here, even though the area is a part of the Biokovo *sensu lato* and Dinaric mountains, which are known for extremely high plant diversity. Species inventories presented here are the basic information needed for conservation of flora and habitats. It also represents a background for future monitoring especially the decline of grasslands area, and harbouring habitats for rare species found on Matokit Mt. Therefore, we hope this information should become accessible for broader audience and future conservation planning.

CONCLUSIONS ZAKLJUČCI

The first detailed floristic study for Matokit Mt recorded a total of 604 vascular plant taxa on grasslands in different succession stages, rocky crevices and forest fringes habitats. Herbarium specimens (345 sheets) were collected, digitalized (206), deposited and are accessible in on-line ZAGR Herbarium. The results of this study point to the high plant richness in the study area as a result of various biotic and abiotic factors, conditioned further by geological variety, soil, topography and microclimatic factors. The Matokit Mt represents a new site for the Flora of Croatia, especially for endemic (32), and endangered (36) taxa. The occurrence of some very rare endemics (*Erysimum croaticum* and *Cardamine fialae* (until now the only known site in Croatia)) in the flora of Matokit Mt is of special interest for the national flora. In addition, the north slopes of the Matokit Mt are the southernmost findings for some taxa: *Myrrhoides nodosa*, *Centaurea pannonica*, and *Saxifraga rotundifolia*. The reduction of the area of rocky grasslands in the studied area as a result of the strong human emigration, rapid abandonment of agriculture and livestock breeding, reforestation of *Pinus halepensis*, and a long-lasting succession of *Juniperus oxycedrus* has been evident. Such loss of grassland habitats leads to endangerment of some protected (CR, EN, and VU) and endemic plant species, at the same time abandoning of agricultural habitats around Town Vrgorac.

ACKNOWLEDGEMENT

ZAHVALA

Spetial thank to Mr. Aleksa Vukojević for the assistance on the field trip and for the hospitality during our stay in Vrgorac, Mrs Dragica Miletić for technical help in preparation of plant materials from Matokit Mt for ZAGR herbarium, sincere thank to Dr. Marija Jug-Dujaković for proofreading of English. We thank the reviewers for their careful reading of the manuscript and their constructive remarks.

REFERENCES

LITERATURA

- Bedalov M., Šegulja N., 1987: Prilog flori Mosora i njezina povezanost s Biokovom. Acta Biokovica. Radovi o prirodi biokov. područja 4: 175-188.
- Biljaković M., 2002: Varijabilnost plodova i sjemenki vrsta *Iris illyrica* Tomm. i *Iris pseudopallida* Trinastić (Iridaceae) na području Hrvatske. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.
- Bogdanović S., Britvec M., Ljubičić I., Dujmović Purgar D., Vitasović Kosić I., 2016: Herbarium ZAGR of the Faculty of Agriculture (Zagreb, Croatia). Agric. Consp. Sci. 81(1): 1-5.
- Boršić I., Milović M., Dujmović I., Bogdanović S., Cigić P., Rešetnik I., Nikolić T., Mitić B., 2008: Preliminary check-list of invasive alien plant species (IAS) in Croatia. Nat. Croat. 17(2):55-71.
- Domac R., 1957: Flora i vegetacija točila u primorskom pojasu Biokova. Biol. glas. Period. Biol. 10(1-2): 13-41.
- Horvat I., 1949: Nauka o biljnim zajednicama. Zagreb.
- Hršak V., Alegro A. L., 2008: Biljni svijet Biokova. In: Ozimec R. (ed.), Biokovo. Graphis d.o.o. i Javna ustanova "Park prirode Biokovo", 88-108.
- Kamenjarin J., 1996: Vascular Flora of Mount Kozjak above Split. Nat. Croat. 5(2): 119-144.
- Kušan F., 1956: Osobitosti u sastavu i rasporedu biljnog svijeta na planini Biokovu. Biološki glasnik 8, 103-109.
- Kušan F., 1969: Biljni pokrov Biokova. Zagreb
- Lovrić A. Ž., Rac M., 1987: Fitocenološka analiza vegetacije biokovskog područja. Acta Biokovica 4: 97-142.
- Martinović J., 2000: Tla u Hrvatskoj. Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša, Zagreb.
- Mitić B., Nikolić T., Liber Z., 2000: Morphological and anatomical relationships in Alpine -Dinaric populations of the Genus *Iris* L., *Pallidae* series (A. Kern.) Trinajstić (Iridaceae). Acta Soc Bot Pol. 69(4): 285-291.
- Mitić B., Nikolić T., Liber Z., 2001: Morphological and karyological relationships within Alpine-Dinaric populations of the genus *Iris* L., *Pallidae* series (A. Kern.) Trinajstić (Iridaceae). Acta Soc. Bot. Pol. 70(3): 221-227
- Mitić B., Halbritter H., Šoštarić R., Nikolić T., 2013: Pollen morphology of the genus *Iris* L. (Iridaceae) from Croatia and surrounding area – taxonomic and phylogenetic implications. Plant Syst. Evol. 299(1): 271-288.
- Nikolić T., 2001: The diversity of Croatian vascular flora based on the Checklist and CROFlora database. Acta Bot. Croat. 60(1): 49-67.
- Nikolić T., 2006: Flora – Priručnik za inventarizaciju i praćenje stanja. Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb.
- Nikolić T., 2019a: Flora Croatica 4 - Vaskularna flora Republike Hrvatske. Alfa d.d., Zagreb.
- Nikolić T., ed., 2019b: Flora Croatica Database. University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Botany (accessed: January 21, 2019)
- Nikolić T., Antonić O., Alegro A.L., Dobrović I., Bogdanović S., Liber Z., Rešetnik I., 2008: Plant species diversity of Adriatic islands: An introductory survey. Pl. Biosyst. 142(3): 435-44.
- Nikolić T., Mitić B., Boršić I., 2014: Flora hrvatske: invazivne biljke (Flora of Croatia: Invasive Plants). Alfa d.d., Zagreb.
- Nikolić T., Milović M., Bogdanović S., Jasprica N. 2015: Endemi u Hrvatskoj flori. Alfa d.d., Zagreb, pp 492
- Pavletić Z., 2002: Pregled florističkih istraživanja biokovskog područja. U: Kerovec M., Durbešić P., ur.: Prirodoslovna istraživanja biokovskog područja, Zbornik radova s kongresa 11.-16-10.1993. u Makarskoj. Knjiga 2. Ekološke monografije 5. Hrvatsko ekološko društvo, Zagreb, 1-12.
- Pignatti S., 1982, 1984: Flora d'Italia I-III. Edagricole, Bologna.
- Polatschek A., 2013: Revision der Gattung *Erysimum* (Cruciferae): Teil 5. Nord-, West-, Zentraleuropa, Rumänien und westliche Balkan-Halbinsel bis Albanien. Ann. Naturhist. Mus. Wien, B, 115:75-218.
- Rac M., Lovrić A. Ž., 1987: Prilog flori biokovskog područja, alge i vaskularna flora. Acta Biokovica IV: 31-46, Makarska.
- Radić J., 1974: Prilog poznavanju flore Biokova. Acta Bot. Croat. 33:219-229.
- Radić J., 1976: Bilje Biokova. Inst. „Planina i more“, Makarska.
- Radić J., 1977: Novi prilog poznavanju flore Biokova. Acta Bot. Croat. 36:173-175.
- Raunkiaer, 1934: The Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography. Oxford University Press, London.
- Šilić Č., Šolić E. M., 1999: Contribution to the knowledge of the neophytic flora in the Biokovo area (Dalmatia, Croatia). Nat. Croat. 8(2): 109-116.
- Šilić Č., Šolić M. E., 2002: Addition to the vascular flora in the region of Biokovo (Dalmatia, Croatia), Nat. Croat. 11(3):341 – 363.
- Trinajstić I., 1987: Sintaksonomski pregled biljnih zajednica planine Biokovo. Acta Biokovica 4:143-174.
- Trinajstić I., 2002: Pregled vegetacije biokovskog područja. Ekološke monografije 5(2):13-37.
- Trinajstić I., 2008: Biljne zajednice Republike Hrvatske. Akademija šumarskih znanosti, Zagreb.
- Tutin T. G., Heywood V. H., Burges N. A., Valentine D. H., Walters S. M., Webb D. A., ur., 1964-1980, 1993: Flora Europaea 1-5. Cambridge University Press, United Kingdom.
- Vitasović Kosić I., Tardella F. M., Grbeša D., Škvorc Ž., Catorci A., 2014: Effects of abandonment on the functional composition and forage nutritive value of a North Adriatic dry grassland community (Čičarija, Croatia). Appl. Ecol. Env. Res. 12(1):285-299.
- Vladović D., Ilijanić Lj., 1992: Prilog flori planine Mosor (Hrvatska). Acta Bot. Croat. 51:143-150.
- Vladović D., Ilijanić Lj., 1993: Drugi prilog flori planine Mosor (Hrvatska). Acta Bot. Croat. 52:145-152.

- Vladović D., Ilijanić Lj., 1995: Treći prilog flori planine Mosor (Hrvatska). Acta Bot. Croat. 54: 41-46.
- Vukojević M., 2011: Vaskularna flora sjeverne padine planine Matokit i okolice Vrgorca. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zagreb.
- Vukojević M., Vitasović Kosić I., 2012: Mountain Matokit and Vrgorac city: a new localities of threatened and invasive plant taxa in Croatia. J. Cent. Eur. Agric. 13:150-166.
- Vukojević M., Vitasović Kosić I., Alegro A., Lakušić D., Bogdanović S., 2016: *Cardamine fialae* Fritsch (Brassicaceae) a new species in Croatian flora. Acta Bot. Croat. 75(2):213-216.
- Vukosav B., 2006: Prostorna diferencijacija vrgoračkog područja na temelju krških prirodno-geografskih i društveno-geografskih obilježja. Odjel za geografiju, Sveučilište u Zadru, Geoadria 11/2, 241-281.

SAŽETAK

Istraživana je vaskularna flora planine Matokita (Biokovo masiv) u južnoj Hrvatskoj u različitim vegetacijskim razdobljima od 2010.-2015., a pronađene su ukupno 604 vaskularne biljne svojte, iz 86 porodica i 337 rodova. Proučavano područje nikada nije istraženo u prošlosti i ovo su prvi detaljni floristički podaci za travnjake u različitim stadijima zarastanja. Sakupljeni herbarijski uzorci (345 listova) digitalizirani su i dostupni su na ZAGR herbariju on-line (<http://herbarium.agr.hr>). Dominantne porodice su mahunarke (*Fabaceae* 9,9%), trave (*Poaceae* 9,1%), glavočike cjevnjače (*Asteraceae* 7,4%) i usnjače (*Lamiaceae* 6,8%). Analiza životnih oblika pokazuje da su na planini Matokit dominantni hemikriptofiti (39,9%) i terofiti (26,2%) što ukazuje na veliki utjecaj mediteranske klime. Na istraživanom području zabilježeno je 36 ugroženih i 17 invazivnih biljnih svojti. Ukupno 32 biljne svojte su endemične (26 endema u širem smislu i 6 stenoendema) i predstavljaju nova nalazišta u flori Hrvatske. Pojava nekih vrlo rijetkih endema (*Cardamine fialae* Fritsch i *Erysimum croaticum* Polatschek) u flori Matokita od posebnog su interesa za nacionalnu floru.

KLJUČNE RIJEČI: biljna raznolikost, endemične vrste, sukcesija travnjaka, Vrgorac

INITIAL PLANTING DENSITY EXPERIMENTS OF NARROW-LEAVED ASH IN TURKEY: TEN-YEAR RESULTS

POKUSI S POČETNOM GUSTOĆOM SADNJE POLJSKOG JASENA U TURSKOJ: DESETOGODIŠNJI REZULTATI

Ali Kemal ÖZBAYRAM^{1,*}, Emrah ÇİÇEK²

SUMMARY

Narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia* subsp. *oxycarpa* Vahl.) is a source of valuable wood in Europe and plantations produce high yields in Turkey. Initial planting density plays an important role in plantation silviculture and affects the growth and quality of trees as well as establishment costs. This study aimed to determine the ten-year effects of initial planting density on tree growth and quality of narrow-leaved ash. In 2004, three replications of four initial planting densities (1111, 1667, 2500 and 3333 stem ha⁻¹) were established in a randomized block design in Adapazarı, Turkey. After ten growing seasons, no mortality was seen in all of four planting densities. The initial planting density had no effect on mean stem diameter; however, with the initial planting density increase from 1111 to 3333 stem ha⁻¹, mean tree height was significantly increased and live crown ratio decreased. The H/D ratios at planting densities of 2500 and 3333 stem ha⁻¹ were 21% higher than at lower planting densities. Above-ground dry biomass increased with increasing initial planting density at the stand level, although individual tree sizes were similar. In general, tree form and branch characteristics were improved when initial planting density was increased. Results suggest that on lowland sites where intensive weed competition occurs, higher initial planting density at 2500–3333 stems ha⁻¹ is recommended for narrow-leaved ash plantations.

KEY WORDS: Growth, *Fraxinus angustifolia*, initial spacing, stocking, tree quality, Turkey

INTRODUCTION

UVOD

Narrow-leaved ash is found naturally in southern Europe, the Balkans, the Caucasus, Iran and North Africa (Boshier et al. 2005). The narrow-leaved ash has a wide natural distribution in different regions of Turkey at altitudes from sea level to 2200 m a.s.l. (Yaltırık 1978) and is particularly dominant in the bottomland forests of the northern coastal re-

gion of the country (Çiçek and Yılmaz 2002a; Boshier et al. 2005).

In general, in forest areas in the lowlands, this species is subject to marginal growing conditions such as floodplain (Drvodelić et al. 2016), poor drainage and heavy-textured soil (Pliura 1999). In addition, until full canopy closure occurs, seedlings in these bottomlands have competition from very dense, tall (1.5–2.0 m) weeds (Çiçek et al. 2007). It is

¹ Dr. Ali Kemal Özbayram, Department of Forest Engineering, Faculty of Forestry, Düzce University, 81620, Konuralp Central Campus, Turkey; alikemalozbayram@duzce.edu.tr
ORCID ID: 0000-0002-5922-1751

² Prof. Dr. Emrah Çiçek, Department of Forest Engineering, Faculty of Forestry, Düzce University, 81620, Konuralp Central Campus, Turkey; emrahcicek@duzce.edu.tr
ORCID ID: 0000-0001-9217-3520

*Corresponding author: e-mail address: alikemalozbayram@duzce.edu.tr

reported that some ash species (*F. excelsior* and *F. angustifolia*) are very sensitive to weed competition (Evans 1997; Kerr 2003; Boshier et al. 2005; Çicek et al. 2010). Nevertheless, narrow-leaved ash exhibits the ability for fast growth, and the mean annual increment of stem wood over bark in Turkey can reach about $23 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ and $15 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ in plantations and natural stands, respectively (Kapucu et al. 1999).

In Turkey, almost all of the natural narrow-leaved ash dominated bottomland forests have been converted to pure narrow-leaved ash plantations over the last 60 years. The conversion is concentrated in the Adapazarı region, where the largest forests of this species are found (Çiçek 2004). Due to intensive weed competition, planting is preferred for the regeneration of the narrow-leaved ash stands and establishment of new narrow-leaved ash plantations in Turkey. The demand for large-diameter narrow-leaved ash sawlogs and veneer logs ($\varnothing$: 40–60 cm) is high and thus, it is important to ensure optimal planting density in these plantations. Initial planting density is the most essential factor in determining the stocking, tree growth and quality, rotation periods, and management costs of a plantation establishment (Boydak 1992; Savill et al. 1997).

In Europe, the trend to use spacing of $3.0 \times 3.0 \text{ m}$ in broad-leaved species has been reportedly increasing recently; however, in plantations of trees like ash, oak and beech, a planting density of at least 2500 stems per hectare is recommended in order to produce high-quality logs (Kerr 1995; Evans 1997; Boshier et al. 2005; Kuehne et al. 2013). During the artificial regeneration of narrow-leaved ash stands or the establishment of new narrow-leaved ash plantations in the bottomlands in Turkey, spacings of $3.0 \times 2.0 \text{ m}$ and $3.0 \times 2.5 \text{ m}$ (1667–1333 stem ha^{-1}) were used until 1980. In the 1980's, spacings of $3.7 \times 3.7 \text{ m}$ – $4.0 \times 4.0 \text{ m}$ (730 – 625 stem ha^{-1}) and in the 1990's and 2000's spacings of $4.0 \times 2.0 \text{ m}$ (1250 stem ha^{-1}) were used. As a result of this wide spacing, thick branches, knots, and trunks with low stem quality were formed. The narrow-leaved ash plantations established before 1980 produced better quality trees than the plantations established in later years (Çiçek and Yilmaz 2002b; Çiçek 2004).

In recent years, an initial planting density of 1111 stem ha^{-1} ($3.0 \times 3.0 \text{ m}$) has frequently been used in narrow-leaved ash plantations. Due to the low quality of the trees in existing narrow-leaved ash plantations and also due to the conditions of the growing environment (heavy weed competition), it is very important in silvicultural practice to determine the appropriate initial planting density of narrow-leaved ash. To this purpose, in Akyazı-Adapazarı, a region in Turkey where narrow-leaved ash plantations are widespread, a long-term initial planting density trial was established in December 2004 with four different initial planting densities which included 1111, 1667, 2500 and

3333 stem ha^{-1} (Çicek et al. 2010). In this study, the ten-year results of this research were evaluated and the effects of initial planting density on the growth and quality parameters (tree shape, branch characteristic) of narrow-leaved ash trees were investigated.

MATERIAL AND METHODS

MATERIJALI I METODE

Study site – Područje istraživanja

The study site was established in the bottomlands of the Akyazı-Adapazarı region ($40^{\circ} 48' \text{ N}$, $30^{\circ} 33' \text{ E}$, 25 m) in Turkey. This was the site of a natural stand dominated by Narrow-leaved ash along with some other important broad-leaved tree species (*Ulmus laevis*, *Ulmus minor*, *Quercus robur*, *Acer campestre*). However, the older natural stand had undergone clear-cut logging at the end of summer 2004 and the stumps were uprooted in the fall of 2004. After the stumps and slash were disposed of, the area was first ripped (60–80 cm soil depth) and then disked (20–30 cm soil depth) to aerate the soil.

The site has a deep alluvial soil and because of the heavy-textured soil the drainage is very poor. The soil pH varies at 7.5–7.9 and the Ah horizon is very thin due to rapid decomposition. According to the Adapazarı meteorological station, the average annual precipitation is 846 mm and the average annual temperature is 14.3° C . A water deficit is observed in the area during the summer period, while in some years the standing water level on the site may rise above ground level throughout November–March, depending on the seasonal rainfall (Çicek et al. 2010).

Experimental Design and Initial Planting Density – Dizajn pokusa i početna gustoća sadnje

In December 2004, the experimental site (4.50 ha) was established in a randomized block design with three replications. The size of the experimental plots was $55 \text{ m} \times 66 \text{ m}$ (3630 m^2) (Figure 1) and four different initial planting densities were used (Table 1). The 1+0-year-old bare-rooted (65–75 cm in height) narrow-leaved ash seedlings were produced in the Hendek nursery and planted in December 2004. Hand hoeing and disking were carried out around the seedlings for three years following the planting. In the first two years, 1–2% of the two-year narrow-leaved ash seedlings in the field had been damaged by animal browsing or frost (Çicek et al. 2010). These seedlings were stumped back to 8 cm above the root collar at the end of the second year. In May of the third year, singling was carried out on the stumped-back plants, leaving a healthy, straight stem. Two years after the stumping back, no difference was observed in height and diameter between the stumped and the non-stumped seedlings (Çicek and Tilki 2007).



Figure 1. A view from the initial planting density of 3333 (left) and 1111 (right) tree per hectare at the narrow-leaved ash experimental site in 2015. Since the canopy cover was not fully closed in the 1111 tree per hectare initial planting density, weeds under the lower planting density seem to be taller and thicker than with the higher planting density.

Slika 1. Pogled na početnu gustoću sadnje 3333 (lijevo) i 1111 (desno) stabala po hektaru na pokusnoj plohi poljskog jasena 2015. godine. Pošto sklop krošanja nije bio u potpunosti zatvoren pri početnoj gustoći sadnje od 1111 stabala po hektaru, korov u slučaju niske gustoće sadnje izgleda viši i deblji nego kod visoke gustoće sadnje.

Data Collection and Calculations – *Prikupljanje podataka i izračuni*

In 2015, ten years after planting, data were collected in sampling quadrats of 20 × 20 m (44–130 trees) at the center of each experimental plot. Diameter at breast height (DBH), tree height, height to lowest dead and lowest live branch and maximum diameter of live and dead branches were measured, after which the height/DBH ratio (H/D), live crown ratio, stem volume, form quotients and aboveground dry biomass were calculated.

The DBH of all trees was measured with a tree caliper in the sampling quadrats of the plots. Tree height, height to lowest dead branch and lowest live branch were measured using a combination of a laser rangefinder and a clinometer. Maximum diameters of live and dead branches were measured with a digital caliper on the five thickest tree branches. The H/D ratio was determined by dividing the height of the tree by the DBH. The live crown ratio for each tree was determined by the ratio of live crown length to the total tree height.

In addition, 16 trees representing the diameter class (0–3.9 cm, 4–7.9 cm, 8–11.9 cm, 12–15.9 cm) in each plot were cut down (48 trees for each planting density) for determination of stem volume and aboveground dry biomass. After the

branches were stripped from the stem, diameters were measured at the heights of 0.30 m, 1.30 m, 3.30 m, 5.30 m... using calipers, and the stem volume with bark of each tree was calculated using the Smalian formula. The billet volumes were calculated by the cylinder and the end parts by the cone formula (Kalipsız 1999). Double-bark thicknesses of each of the cut trees were also measured.

Form quotients of the trees were determined using the following formula (Assmann 1970; Kalipsız 1999):

$$q = \frac{d_{3.30}}{d_{1.3}}; \frac{d_{5.30}}{d_{1.3}}; \dots; \frac{d_n}{d_{1.3}}$$

where, q is the form quotient, $d_{1.30}$ the diameter at breast height (cm), and $d_{3.30}$ and $d_{5.30}$ the tree diameters (cm) at 3.30, 5.30 m... of tree total height.

In order to determine the aboveground biomass of each felled tree, branches were weighed after removal from the stem. In addition, two branch samples (10 cm-long) were taken from the lower and upper parts of the length to the crown and these were also weighed. The stem was then divided into three equal parts and weighed. A 5-cm-thick stem section was taken from the middle of each piece and weighed. Branch and stem samples were dried in the oven at 105 °C for 48 h, and weighed on 0.01 g precision scales. The stem and branch dry biomass of each tree was determined using these dry weights (Saraçoğlu 1998). Leaf biomass was not calculated because biomass measurements were carried out during the leafless period. Therefore, aboveground dry biomass was calculated from total stem and branch dry biomass.

Volume and aboveground dry biomass equations for individual trees depending on the DBH were obtained by regression analysis for all initial planting densities (Table 2). These selected models were used to estimate the volume and dry biomass of the remainder of the trees.

Table 1. Initial planting density used in the narrow-leaved ash trial in Adapazari, Turkey

Tablica 1. Početna gustoća sadnje u pokusu s poljskim jasenom u Adapazari, Turska

Initial planting density Početna gustoća sadnje (stem ha ⁻¹) (deblo ha ⁻¹)	Initial spacing Početni razmak (m × m)	Growing space Prostor rasta (m ² tree ⁻¹) (m ² stablo ⁻¹)
1111	3.0 × 3.0	9.0
1667	3.0 × 2.0	6.0
2500	2.5 × 1.6	4.0
3333	2.5 × 1.2	3.0

Statistical Analysis – Statistička analiza

Analysis of variance (ANOVA) was performed to determine the effects of initial planting density on mean diameter, tree height, H/D ratio, live crown ratio, form quotient, stem volume, branch and stem dry biomass, total aboveground dry biomass, maximum diameter of live and dead branches, and height to lowest live and dead branches according to the randomized block design with three replications ($P < 0.05$). Normality distribution was tested and controlled for all variables before ANOVA was performed. Treatment means were separated by Duncan's New Multiple Range Test ($P < 0.05$). When choosing the best volume and dry biomass regression models (Loetsch et al. 1973), the criterion of having the largest adjusted-R-squared values (R^2) was taken into account along with the lowest standard error. The statistical analyses were performed via SPSS 21.0 for Windows software (IBM SPSS Inc.).

RESULTS REZULTATI

Mortality – Mortalitet

Ten years after planting, tree mortality had not occurred in any of the initial planting density treatment plots.

Tree Growth – Rast stabla

The initial planting density had no significant effect on the mean diameter, and the mean diameter for all planting densities was approximately 7.0 cm ($P > 0.05$). The mean DBH values according to initial planting densities are given in Table 3. Mean tree height increased with increasing initial planting density. The mean tree height in the initial planting density of 3333 stem ha^{-1} was 9.6 m, 25% higher than in the planting densities of 1111 and 1667 stem ha^{-1} (Table 3).

Table 2. Equations of stem volume and aboveground dry biomass depending on the DBH, according to initial planting density.

Tablica 2. Jednadžbe volumena debla i nadzemne suhe biomase ovisno o prsnom promjeru vezano za početnu gustoću sadnje

Initial planting density (stem ha^{-1}) Početna gustoća sadnje (deblo ha^{-1})	Diameter range (min-max) Promjer (min-max)	Models Modeli	R^2	P
Stem volume (V) Volumen debla (V)				
1111	5.0-9.5		0.915	<0.001
1667	4.0-12.3		0.890	<0.001
2500	3.6-8.0		0.870	<0.001
3333	5.0-11.0		0.926	<0.001
Aboveground dry biomass (AB) Nadzemna suha biomasa (AB)				
1111	5.0-9.5		0.784	<0.001
1667	4.0-12.3		0.857	<0.001
2500	3.6-8.0		0.864	<0.001
3333	5.0-11.0		0.620	<0.001

In models: V is the volume with bark (m^3), DBH is the diameter at breast height (cm), and AB is the aboveground dry biomass (kg).

U modelima: V je volumen s korom (m^3), DBH je promjer na prsnoj visini (cm), a AB je nadzemna suha biomasa (kg)

Table 3. Effects of initial planting density on stem diameter, tree height, ratio of height-diameter, live crown ratio, volume and form quotients (q) of narrow-leaved ash trees after 10-year growth

Tablica 3. Utjecaj početne gustoće sadnje na promjer debla, visinu stabla, omjer između visine i promjera, omjer žive krošnje, koeficijenti volumena i oblika (q) na stablima poljskog jasena nakon 10-godišnjeg rasta

Initial planting density (stem ha^{-1}) Početna gustoća sadnje (stabala ha^{-1})	Diameter Promjer cm	Height Visina m	Height/ DBH Visina/Prsni promjer m cm^{-1}	Live crown ratio Omjer žive krošnje	Volume Volumen dm^3	$q_{3.30}$	$q_{5.30}$	$d_{5.30}/d_{3.30}$
1111	7.03 (0.32) a*	7.68 (0.21) a	1.10 (0.04) a	0.75 (0.01) c	19.27 (3.01) a	0.69 (0.02) a	0.51 (0.02) a	0.75 (0.04) a
1667	7.10 (1.33) a	7.60 (0.88) a	1.08 (0.08) a	0.73 (0.03) c	17.93 (9.32) a	0.66 (0.05) a	0.40 (0.13) a	0.59 (0.16) a
2500	6.90 (0.01) a	8.89 (0.13) ab	1.29 (0.02) b	0.63 (0.01) b	21.47 (2.20) a	0.68 (0.05) a	0.47 (0.08) a	0.68 (0.06) a
3333	7.16 (0.18) a	9.59 (0.94) b	1.34 (0.11) b	0.57 (0.03) a	20.12 (1.95) a	0.77 (0.03) b	0.60 (0.04) a	0.77 (0.03) a
P-value	0.972	0.028	0.008	<0.0001	0.8790	0.0246	0.0826	0.1745

*Values shown with the same letter in the column are statistically similar ($P < 0.05$). The standard deviation is indicated in parentheses.

Vrijednosti prikazane s istim slovom u stupcu su statistički slične ($P < 0.05$). Standardno odstupanje je naznačeno u zagradama.

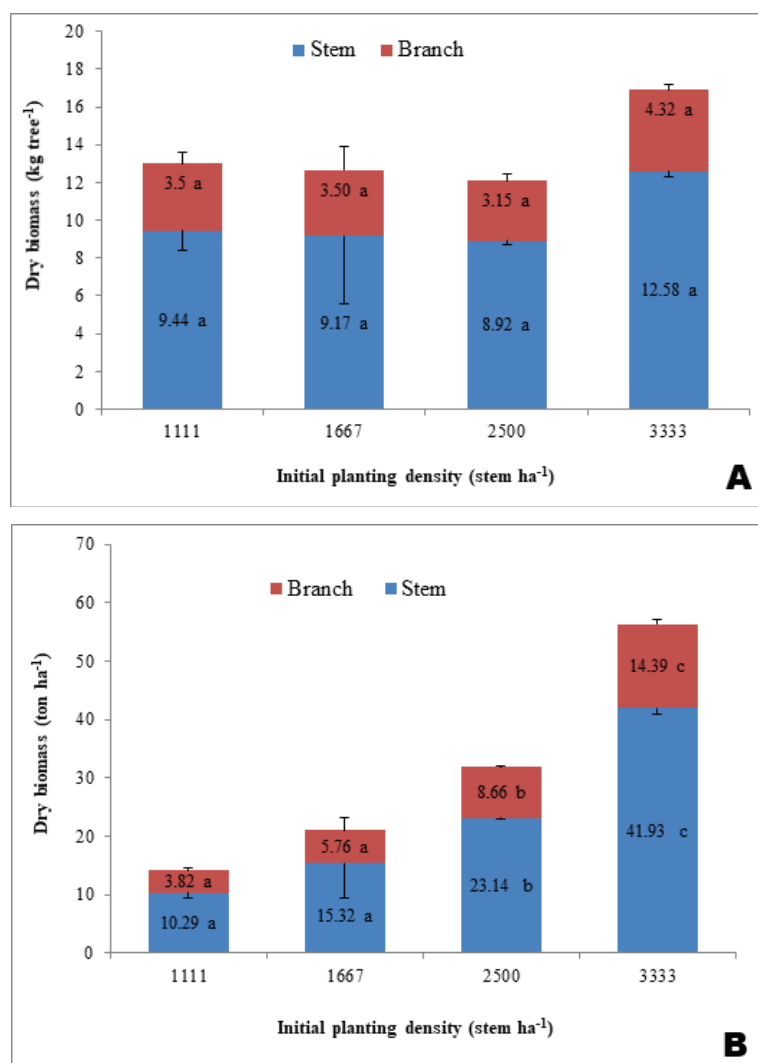


Figure 2. Effect of initial planting density on stem and branch biomass level of individual tree (A) and stand (B). The averages shown with the same letter in the colors in the graph are similar ($P < 0.05$). The error bars indicate one standard deviation.

Slika 2. Utjecaj početne gustoće sadnje na razinu biomase debla i grana pojedinog stabla (A) i sastojine (B). Prosjeci prikazani s istim slovom u bojama na grafikonu su slični ($P < 0.05$). Stupci s pogreškama prikazuju jedno standardno odstupanje.

In the initial planting densities of 1111 and 1667 stem ha⁻¹, although it did not differ statistically, the mean tree height (7.6 m) was 16.4% lower than in the planting density of 2500 stem ha⁻¹. In the experiment, the height varied between 4.5 m and 12.2 m, regardless of the planting density.

Volume regression models for individual trees depending on the DBH were developed for each initial planting density and are given in Table 2. Initial planting density did not affect the stem volume of individual trees, and the mean stem volume in all planting densities was 19.7 dm³ (Table 3).

Mean stem, branch and total aboveground dry biomass of individual trees were 10.3, 3.63 and 13.7 kg, respectively, and these were not affected by the initial planting density ($P > 0.05$; Figure 2A). Stem dry biomass constituted approximately 73% of the aboveground dry biomass and this ratio wasn't different in all seedling densities. Furthermore, the

ratio of branch dry biomass to stem dry biomass wasn't different statistically (0.36) in all planting densities ($P > 0.05$; Figure 2A).

Stem, branch and aboveground dry biomass at stand level were significantly affected by initial planting density ($P < 0.05$; Figure 2B). Stand level aboveground dry biomass in the 1111 and 1667 stem ha⁻¹ density treatments were not different statistically and lower than in the higher initial planting densities. The highest stand level aboveground dry biomass occurred in the highest initial planting density (3333 stem ha⁻¹). Although there was a threefold difference between the number of seedlings planted per hectare in the highest and lowest initial planting densities, this difference was approximately four times for stand level dry biomass. The ratio of stem-aboveground dry biomass at stand level at the density of 3333 stem ha⁻¹ (0.74) was higher than at the other initial planting densities (0.72) ($P < 0.05$; Figure 2B).

Table 4. Effect of initial planting density on branch characteristics in narrow-leaved ash plantation

Tablica 4. Utjecaj početne gustoće sadnje na karakteristike grana na plantažama poljskog jasena

Initial planting density (stem ha ⁻¹) Početna gustoća sadnje (stabala ha ⁻¹)	Height to lowest live branch (m) Visina do najniže žive grane (m)	Mean maximum diameter of live branches (mm) Srednji maksimalni promjer živih grana (mm)	Height to lowest dead branch (m) Visina do najniže mrtve grane (m)	Mean maximum diameter of dead branches (mm) Srednji maksimalni promjer mrtvih grana (mm)	Branch/ stem dry biomass Suha biomasa grana/ debla
1111	1.95 (0.13) a*	14.75 (1.59) a	-	-	0.37 (0.03) a
1667	2.10 (0.10) a	19.36 (0.32) b	1.23 (0.11) a	15.44 (0.39) a	0.39 (0.03) a
2500	3.29 (0.07) b	14.88 (0.33) a	2.51 (0.27) b	13.42 (3.12) a	0.35 (0.03) a
3333	4.14 (0.42) c	18.22 (1.59) b	2.3 (0.21) b	15.69 (2.45) a	0.34 (0.01) a
P-value	<0.0001	0.006	0.002	0.291	0.202

*Values shown with the same letter in the column are statistically similar ($P < 0.05$). The standard deviation is indicated in parentheses.Vrijednosti prikazane s istim slovom u stupcu su statistički slične ($P < 0.05$). Standardno odstupanje je naznačeno u zagradama.

Tree shape – Oblik stabla

The H/D ratios were not statistically different at the initial planting densities of 1111 and 1667 stem ha⁻¹, and lower than the other initial seedling densities (Table 4). The H/D ratios at initial planting densities of 3333 and 2500 stem ha⁻¹ were 1.32 m cm⁻¹, 21% higher than at other initial planting densities.

Although the live crown ratio decreased with an increase in initial planting densities from 1111 to 3333 stem ha⁻¹, the difference between the spacing of 1111 and 1667 stem ha⁻¹ was not significant (Table 3).

There weren't significant differences among the $q_{3,30}$ of trees at initial planting densities of 1111, 1667 and 2500 stem ha⁻¹, and they were lower than that at the planting density of 3333 stem ha⁻¹. The $q_{5,50}$ and the $d_{5,5}/d_{3,30}$ ratios of trees at all initial planting densities were not statistically different (Table 3).

Branch characteristics – Karakteristike grana

Since self-pruning had not yet begun in the initial planting density of 1111 stem ha⁻¹, there were no dead branches on the stems. The heights of the lowest dead branch of trees in the 2500 and 3333 stem ha⁻¹ planting densities weren't statistically different, and approximately 80% higher than that of the 1667 stem ha⁻¹. There was no difference between the mean maximum diameter of dead branches in any of the initial planting densities except for the 1111 stem ha⁻¹ density ($P > 0.05$, Table 4).

Height to the lowest live branch increased with increasing initial planting density, but wasn't different for the 1111 and 1667 stem ha⁻¹ planting densities ($P > 0.05$). The height to the lowest live branch in the highest initial planting density was approximately 2.1 m greater compared to the planting densities of 1111 and 1667 stem ha⁻¹. Mean maximum diameters of the live branches in the initial planting densities of 3333 and 1667 stem ha⁻¹ were not different statistically, and 27% higher than in the other densities ($P < 0.05$).

DISCUSSION RASPRAVA

Mortality – Mortalitet

No mortality was observed in any of the initial planting density plots, especially despite intraspecific competition in the higher initial planting densities. Although the light demand of narrow-leaved ash is high (Boshier et al. 2005), it can be noted that its tolerance to intraspecific competition is also high. In other studies, it has been reported that common ash (*Fraxinus excelsior*) can survive under low light conditions for a long time compared to intolerant trees such as oak (Kerr 1995; Kerr and Cahalan 2004; Kuehne et al. 2013).

Tree growth – Rast stabla

In plantation forestry, the planting density significantly affects the growth and quality of trees (Smith et al. 1997) as competition for light, nutrients and water is intensified among the trees due to their increasing number (Savill et al. 1997). Accordingly, a tendency toward decreased tree diameter is expected as the planting density increases (Huang et al. 1999; Neilsen and Gerrand 1999; Kerr 2003; Mehari and Habte 2006; Alcorn et al. 2007; Benomar et al. 2012; Kuehne et al. 2013; Andrzejczyk et al. 2015). However, in this study, the initial spacing did not affect the mean diameter reached at the end of ten years. According to the results of the first three years of this study, there was no statistical difference between the spacing treatments in terms of mean diameter, but the mean diameter in the weed controlled plots was higher than that in the control plot (Çicek et al. 2010). Kerr (2003) stated that the mean tree diameter decreased as the initial spacing increased in a five-year-old common ash plantation which was not under weed control.

Height growth in plantations may vary depending on the tree species and the size of the growing space tested (Benomar et al. 2012). In broadleaved trees, with increased grow-

ing space between the trees, the height of the trees may increase (Kerr 2003; Pinkard and Neilsen 2003; Alcorn et al. 2007; Kuehne et al. 2013) or remain unchanged (Mehari and Habte 2006; Andrzejczyk et al. 2015). As height growth plays an important role in light competition, trees tend to allocate photosynthetic production to height growth before that of diameter (Lanner 1985; Smith et al. 1997). In the present study, the tree height was greater in the two higher initial planting densities (3333 and 2500 stem ha⁻¹), which exhibited a closed canopy (Table 3). With the higher planting density, the intraspecific competition for light may have led to increases in height growth. Furthermore, the closed canopy formed in these higher initial planting densities along with the consequent lower weed competition could have increased the height growth. According to the three-year results of this study, it was found that the weed control had increased the diameter and height growth during the period when the canopy had not yet closed (Çiçek et al. 2010). Moreover, the height and diameter growth was similarly increased with weed control in common ash plantation sites (Culleton and Bulfin 1992). Kuehne et al. (2013) emphasized that tree height tended to increase with increased planting density in a 24-year-old common ash plantation which had undergone regular weed control. Because these ash species (*Fraxinus excelsior* and *Fraxinus angustifolia*) are very sensitive to weed competition, this may have been the cause of the differing results (Evans 1997; Kerr 2003; Boshier et al. 2005; Çiçek et al. 2010). Çiçek et al. (2007) stated that the weed height was found to be 1.5–2.0 m and consequently, there was excessive weed competition in these sites. In this study, although the density and height of the weedy vegetation under the canopy could not be measured, it may be said that the density of weeds in the plots with lower planting densities (1111 and 1667 stem ha⁻¹) was greater than in the plots with higher planting densities (Figure 1). Kerr (2003) attributed the decrease of the mean diameter with increased spacing to weed competition.

The stem volume and aboveground biomass of individual trees were similar in all initial planting densities, as was the mean diameter (Table 3). On the contrary, it has been reported that with increased initial planting density, the stem volume of individual trees increased due to their diameter increase (Huang et al. 1999; Kerr 2003; Pinkard and Neilsen 2003).

In initial planting density with a high number of trees, the stand levels of aboveground biomass were higher. The stocking in the widest initial planting density plot was three times that in the narrowest initial planting density plot. However, the difference in the stem volume was 3.5 times greater and the stand level of the aboveground biomass was four times greater (Table 3). Similarly, in several studies, higher aboveground biomass levels were determined in the

stands with higher initial planting densities (Neilsen and Gerrard 1999; Pinkard and Neilsen 2003; Guner et al. 2010).

Tree shape – *Oblik stabla*

The H/D ratio is seen as an important indicator of the stem shape, especially for the bottom billet (Muhairwe 1999). An H/D ratio of 1.30 m cm⁻¹ is critical for the stability of individual young broadleaved trees (Mosandl et al. 1991; Kuehne et al. 2013). A number of trees at the initial planting density of 3333 stem ha⁻¹ exceeded this ratio, while trees in the other initial planting densities were below the ratio. However, as the age of the stand increases, a decrease in the H/D ratio is expected, and older trees at the planting density of 3333 stem ha⁻¹ may fall below this H/D ratio. These results showed that the trees at planting densities of 3333 and 2500 stem ha⁻¹ had acceptable tree stability and cylindrical stems.

The live crown ratio tended to decrease with narrower initial planting density. A similar result was also reported in an initial spacing trial of common ash (Kuehne et al. 2013). The live crown ratio in all spacing treatments was over 57%. This value was higher than the value recommended for the quality of future common ash stands, which is at least one third (Kerr 1995) or half (Kuehne et al. 2013) of the live crown height of the clear bole. Although the live crown ratio was high in the trees in the lower planting density plots, their branches could be thin, exhibit weak survival rates and provide little contribution to their crowns.

The $q_{3.30}$ of trees in the initial planting density of 3333 stem ha⁻¹ was higher than in the others, but the $q_{5.50}$ and the $d_{5.5}/d_{3.30}$ ratios of the trees did not change according to initial planting density. This might indicate that the commercially important 3.30 m stem parts of the trees in the initial planting density of 3333 were more cylindrical than in the other planting densities. This supports the conclusion that tree growth in dense stands forms a more cylindrical body (Muhairwe 1994). Some studies on conifer trees have suggested that the diameter increases because after thinning or wide spacing treatments, the lower part of the stem grows relatively faster than the upper part (Muhairwe 1994; Peltola et al. 2002; Mäkinen and Isomäki 2004a; Mäkinen and Isomäki 2004b). However, the stem form may change in the following years depending on age and increasing competition.

The branch-stem dry biomass ratio, as one of the indicators of tree form, was not affected by the initial planting density. A similar result was also reported in a five years old common ash planting density experiment (Kerr 2003). This can be explained by the fact that branch mortality did not start more effectively because the closure was not fully formed.

Branch characteristics – *Karakteristike grana*

The natural pruning ability of common ash is very high compared to other broadleaved species such as beech and oak (Hein and Spiecker 2009). This high self-pruning ability is attributed to the high light demand of the ash leaves. Its low resistance to branch rot may also play an important role in natural pruning. As with the common ash (Kerr 1995), at the end of the narrow-leaved ash rotation period, a clear bole diameter of 40–60 cm and a height of at least 6.0 m is desired. Initial spacing can affect the height of the lowest branch (height of clear bole), branch thickness and length. The size of the branches is largely controlled by the space they have in which to develop (Daniel et al. 1979). Live branches in higher initial planting densities are shorter and have small diameters (Smith and Strub 1991; Niemistö 1995; Mäkelä 1997; Mäkinen and Hein 2006; Wang et al. 2015; Hébert et al. 2016; Wang et al. 2018) and the height of the lowest branch is higher (Odabaşı et al. 2004; Kuehne et al. 2013).

Similarly, in a study performed with common ash (Kuehne et al., 2013), the height of the lowest branch also increased with higher initial planting density. At a planting density of 3333 stem ha⁻¹, a 4-m height of the lowest branch can be sufficient for the clear bole (>6 m). Since the average crown base height at the adjacent 32-year-old narrow-leaved ash plantation (3.7 × 3.7 m spacing) can reach up to 15–20 m (Özbayram and Çiçek 2018; Özbayram 2019), the height of the clear bole in this study can be expected to increase further.

It is stated that in some broadleaved species the maximum diameter of live branches increases as the spacing increases (Neilsen and Gerrand 1999; Mehari and Habte 2006). According to the present study, although the maximum diameter of dead branches was similar in all spacing treatments, the maximum diameter of live branches differed. Kuehne et al. (2013) reported that the maximum diameter of live and dead branches showed only a slight increase with increased spacing. In the present study, the difference between the maximum diameter of live branches for the narrowest and the widest spacing was 0.37 cm, while this difference was greater than 3.0 cm in the common ash (Kuehne et al. 2013). It can be said that at the initial planting density of 3333 stem ha⁻¹, the maximum diameter of live branches did not significantly reduce the quality of the trees in the narrow-leaved ash plantation.

CONCLUSIONS ZAKLJUČCI

Ash is one of the few species of deciduous trees that can be established in lowland stands, and in Turkey they are planted for the production of large-diameter and quality timber. Our results indicate that an initial planting density of 3333 trees per hectare should be applied for narrow-

leaved ash plantations in lowland sites with high weed competition. Ash, perhaps as a silvicultural characteristic, can be more negatively affected by interspecific competition than by intraspecific competition. Initial planting densities of 2500 and 3333 stems per hectare are recommended in narrow-leaved ash plantations because the DBH, height, stand volume, height to lowest dead branch, and H/D ratio were similar for the two stockings. However, the cost of a planting density of 3333 trees per hectare (seedlings, planting, post-planting maintenance) will be higher; therefore, forest managers might instead prefer a planting density of 2500 stems per hectare (2.5 × 1.6 m).

Although the trees in the planting densities of 2500 and 3333 stems per hectare had reached the height and stem quality for the first thinning, no stand closure had occurred in the other initial planting densities. Thus, the first thinning at an early age can focus on higher planting densities, as well as the possibility of choosing a sufficient number and quality crop trees in the first thinning (mechanic or selective thinning).

Similar to the findings of planting interval studies on narrow-leaved ash in different growing environments, this study also recommends investigations into whether the growth and quality contributions provided by ecosilvi high planting density continue into an older age in these areas.

ACKNOWLEDGMENTS ZAHVALA

We would like to thank our colleagues (E. Çiçek, M. Yılmaz, D. Eşen, Ş. Kulaç, B. Çetin and N. Çiçek) who set up the initial spacing trial in 2004 and the Scientific and Technological Research Council of Turkey (grant number TUBİTAK TOGTAG-3336) for supporting them. We give special thanks to the Akyazi Forest Enterprise Directorate for their permission and help. Special thanks are extended to Nuriye Peaci for English editing.

REFERENCES LITERATURA

- Alcorn, P. J., P. Pyttel, J. Bauhus, R. G. B. Smith, D. Thomas, R. James and A. Nicotra, 2007: Effects of initial planting density on branch development in 4-year-old plantation grown *Eucalyptus pilularis* and *Eucalyptus cloeziana* trees, *Forest Ecology and Management*, 252(1-3): 41-51.
- Andrzejczyk, T., M. Liziniewicz and S. Drozdowski, 2015: Effect of spacing on growth and quality parameters in sessile oak (*Quercus petraea*) stands in central Poland: results 7 years after planting, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 30(8): 710-718.
- Assmann, E., 1970: Section B - Tree Growth and Form. In: E. Assmann ed. *The Principles of Forest Yield Study*. 39-81 p. Pergamon.

- Benomar, L., A. DesRochers and G. R. Larocque, 2012: The effects of spacing on growth, morphology and biomass production and allocation in two hybrid poplar clones growing in the boreal region of Canada, *Trees*, 26(3): 939-949.
- Boshier, D., J. Cordero, S. Harris, J. Pannell, S. Rendell, P. Savill, J. Stewart, N. Cundall, J. Hubert, S. Samuel, B. Eriksen, E. Walander, O. Martinsson, J. Bellido, P. Fayos, R. López, M. Roldán, M. Verdú, I. Mateu, A. Montilla, K. Spanos, D. Kyriakidis, R. Papi, I. Blada, M. Palada, F. Popescu, D. Postolache, I. Canova, J. Durkovic, D. Gömöry, D. Krajmerová, L. Paule and B. Slobodník, 2005: Ash species in Europe: biological characteristics and practical guidelines for sustainable use. Oxford Forestry Institute, University of Oxford, UK.
- Boydak, M., 1992: The meaning and importance of spacings in forestry with its researches and application aspects, *Journal of Poplar and Fast Growing Exotic Forest Trees Research Institute*, 2(19): 5-30.
- Culleton, N. and M. Bulfin, 1992: Effects of weed and grass control on the establishment of *Fraxinus excelsior* L, *Irish Forestry*, 49(1-2): 55-60.
- Çicek, E. and F. Tilki, 2007: The effect of stumping back on survival and growth of planted *Fraxinus angustifolia* Vahl, *Asian Journal of Plant Science*, 6: 546-549.
- Çicek, E., F. Yilmaz, F. Tilki and N. Cicek, 2010: Effects of spacing and post-planting treatments on survival and growth of *Fraxinus angustifolia* seedlings, *Journal of Environmental Biology*, 31(4): 515.
- Çiçek, E., 2004: Silvicultural evaluation of some stand characteristics in narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) plantations, *Gazi Univ J Forest*, 4: 205-219.
- Çiçek, E., F. Yilmaz, M. Yilmaz and S. Yilmaz, 2007: Determining the weedy vegetation regarding the post-planting treatment in Narrow-leaved ash clear cutting area, *Orman Mühendisliği Dergisi*, 44(1): 25-28.
- Çiçek, E. and M. Yilmaz, 2002a: The importance of *Fraxinus angustifolia* subsp. *oxycarpa* as a fast growing tree for Turkey, In A. Diner (Ed.), *IUFRO Meeting on Management of Fast Growing Plantations*, pp. 11-13, İzmit, Turkey.
- Çiçek, E. and M. Yilmaz, 2002b: The importance of *Fraxinus angustifolia* subsp. *oxycarpa* as a fast growing tree for Turkey, *Proceeding of International IUFRO Meeting: Management of Fast Growing Plantations*, pp. 192-202, İzmit, Turkey.
- Daniel, T. W., J. A. Helms and F. S. Baker, 1979: Principles of silviculture. McGraw-Hill Book Company., 500, New York.
- Drvodelić, D., D. Ugarković, M. Oršanić and V. Paulić, 2016: The impact of drought, normal watering and substrate saturation on the morphological and physiological condition of container seedlings of Narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl), *South-east European forestry*, 7(2): 135-142.
- Evans, J., 1997: Silviculture of hardwoods in Great Britain, *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 70(4): 309-314.
- Guner, S., V. Yagci, F. Tilki and N. Celik, 2010: The effects of initial planting density on above-and below-ground biomass in a 25-year-old *Fagus orientalis* Lipsky plantation in Hopa, Turkey, *Scientific Research and Essays*, 5(14): 1856-1860.
- Hébert, F., C. Krause, P.-Y. Plourde, A. Achim, G. Prégent and J. Ménétrier, 2016: Effect of tree spacing on tree level volume growth, morphology, and wood properties in a 25-year-old *Pinus banksiana* plantation in the Boreal Forest of Quebec, *Forests*, 7(11): 276-292.
- Hein, S. and H. Spiecker, 2009: Controlling diameter growth of common ash, sycamore and wild cherry. In: S. H. H. S. M.-S. K and T. M eds. *Valuable broadleaved forests in Europe*. 123-148 p., Brill, Leiden and Boston.
- Huang, B., C. Lu, Y. Meng and L. Zhang, 1999: Effects of different planting densities on the growth, output and wood properties of *Eucalyptus urophylla*, *Scientia Silvae Sinicae*, 36(1): 81-90.
- Kalipsız, A., 1999: Dendrometri. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul, Turkey.
- Kapucu, F., H. Yavuz and A. Gül, 1999: Normal yield tables for natural and artificial ash (*Fraxinus angustifolia*) stands (in Turkish with English abstract) Project Report. pp. 46. KTU, Trabzon.
- Kerr, G., 1995: Silviculture of ash in southern England, *Forestry*, 68(1): 63-70.
- Kerr, G., 2003: Effects of spacing on the early growth of planted *Fraxinus excelsior* L, *Canadian Journal of Forest Research*, 33(7): 1196-1207.
- Kerr, G. and C. Cahalan, 2004: A review of site factors affecting the early growth of ash (*Fraxinus excelsior* L.), *Forest Ecology and Management*, 188(1): 225-234.
- Kuehne, C., E. Kublin, P. Pyttel and J. Bauhus, 2013: Growth and form of *Quercus robur* and *Fraxinus excelsior* respond distinctly different to initial growing space: results from 24-year-old Nelder experiments, *Journal of forestry research*, 24(1): 1-14.
- Lanner, R. M., 1985: On the insensitivity of height growth to spacing, *Forest Ecology and Management*, 13(3): 143-148.
- Loetsch, F., F. Zöhrer and K. E. Haller, 1973: *Forest Inventory*. BLV Verlagsgesellschaft München.
- Mäkelä, A., 1997: A carbon balance model of growth and self-pruning in trees based on structural relationships, *Forest Science*, 43(1): 7-24.
- Mäkinen, H. and S. Hein, 2006: Effect of wide spacing on increment and branch properties of young Norway spruce, *European Journal of Forest Research*, 125(3): 239-248.
- Mäkinen, H. and A. Isomäki, 2004a: Thinning intensity and long-term changes in increment and stem form of Norway spruce trees, *Forest Ecology and Management*, 201(2-3): 295-309.
- Mäkinen, H. and A. Isomäki, 2004b: Thinning intensity and long-term changes in increment and stem form of Scots pine trees, *Forest ecology and management*, 203(1): 21-34.
- Mehari, A. and B. Habte, 2006: Influence of initial spacing on growth and branching characteristics of *Cordia africana* trees established on Eritrean highland, *New Forests*, 31(2): 185-193.
- Mosandl, R., H. El Kateb and J. Ecker, 1991: Untersuchungen zur Behandlung von jungen Eichenbeständen, *Forstwissenschaftliches Centralblatt vereinigt mit Tharandter forstliches Jahrbuch*, 110(1): 358-370.
- Muhairwe, C. K., 1994: Tree form and taper variation over time for interior lodgepole pine, *Canadian Journal of Forest Research*, 24(9): 1904-1913.
- Muhairwe, C. K., 1999: Taper equations for *Eucalyptus pilularis* and *Eucalyptus grandis* for the north coast in New South Wales, Australia, *Forest Ecology and Management*, 113(2-3): 251-269.
- Neilsen, W. A. and A. M. Gerrand, 1999: Growth and branching habit of *Eucalyptus nitens* at different spacing and the effect on final crop selection, *Forest Ecology and Management*, 123(2): 217-229.

- Niemistö, P., 1995: Influence of initial spacing and row-to-row distance on the crown and branch properties and taper of silver birch (*Betula pendula*), Scandinavian Journal of Forest Research, 10(1-4): 235-244.
- Odabaşı, T., A. Çalışkan and H. F. Bozkuş, 2004: Silvikültür tekniği (Silvikültür II). İÜ Orman Fakültesi, İstanbul.
- Özbayram, A. K., 2019: Diameter increment distribution along the stem of narrow-leaved ash in response to thinning intensity, Šumarski list, (1-2): 45-51.
- Özbayram, A. K. and E. Çiçek, 2018: Thinning experiments in narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) plantations: 10-year results, New Forests, 49(5): 585-598.
- Peltola, H., J. Miina, I. Rouvinen and S. Kellomäki, 2002: Effect of early thinning on the diameter growth distribution along the stem of Scots pine, Silva Fennica, 36(4): 813-825.
- Pinkard, E. and W. Neilsen, 2003: Crown and stand characteristics of *Eucalyptus nitens* in response to initial spacing: implications for thinning, Forest Ecology and Management, 172(2): 215-227.
- Pliura, A., 1999: *Fraxinus* spp. conservation strategy, Noble hardwood network, Report of the 3rd Meeting, pp. 13-16.
- Saraçoğlu, N., 1998: Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) biyokütle tabloları, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 22: 93-100.
- Savill, P., J. Evans, D. Auclair and J. Falck, 1997: Plantation silviculture in Europe. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Smith, D. M., B. C. Larson, M. J. Kelty and P. M. S. Ashton, 1997: The practice of silviculture: applied forest ecology. Wiley, New York.
- Smith, W. D. and M. R. Strub, 1991: Initial spacing: How many trees to plant. In: M. L. Duryea and P. M. Dougherty eds. Forest Regeneration Manual. 281-289 p. Springer Netherlands, Dordrecht.
- Wang, C.-S., C. Tang, S. Hein, J.-J. Guo, Z.-G. Zhao and J. Zeng, 2018: Branch development of five-year-old *Betula alnoides* plantations in response to planting density, Forests, 9(42): 1-14.
- Wang, C., Z. Zhao, S. Hein, J. Zeng, J. Schuler, J. Guo, W. Guo and J. Zeng, 2015: Effect of planting density on knot attributes and branch occlusion of *Betula alnoides* under natural pruning in Southern China, Forests, 6(4): 1343-1361.
- Yaltırık, F., 1978: Taxonomic revision of the indigenous taxa within the family oleaceae in Turkey. Faculty of Forestry Istanbul University, Çelikcilt Press, Istanbul.

SAŽETAK

Poljski jasen (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) je izvor vrijednog drva u Europi, a plantaže poljskog jasena u Turskoj daju visoke prinose. Gotovo sve prirodne nizinske šume u kojima dominira poljski jasen pretvorene su u posljednjih 60 godina u čiste plantaže poljskog jasena u regiji Adaparazi, u kojoj se nalaze najveće šume ove vrste drveća. Potražnja za pilanskim trupcima velikih promjera je u stalnom porastu pa je stoga važno osigurati optimalnu gustoću sadnje. Iz razloga što je početna gustoća sadnje najvažniji čimbenik koji određuje gustoću, rast i kvalitetu stabala, ophodnju i troškove gospodarenja na plantažama. Godine 2004. postavljen je dugotrajni pokus gustoće sadnje s četiri različite početne gustoće sadnje, koja je uključivala 1111, 1667, 2500 i 3333 stabala ha⁻¹ u Akyazi-Adapazan, regiji Turske u kojoj su plantaže poljskog jasena česte. Sadnice poljskog jasena s golim korijenom starosti 1+0 (visine od 65 do 75 cm) proizvedene su u rasadniku Hendek i posađene u prosincu 2004. godine. Cilj ovog rada je utvrditi desetogodišnji utjecaj početne gustoće sadnje na rast i kvalitetu stabala (oblik stabla i karakteristike grana) poljskog jasena. Godine 2015., deset godina nakon sadnje, izmjerene su prsne visine, visine stabla, visine do najniže mrtve grane i najniže žive grane te maksimalni promjer živih i mrtvih grana, a nakon toga su izračunati omjer između visine i prsnog promjera, (H/D), omjer živih grana, volumen debla, kvocijenti oblika i nadzemne suhe biomase.

Nakon deset godina rasta, nije primijećen mortalitet ni u jednoj od četiriju početnih gustoća sadnje. Početna gustoća sadnje nije imala nikakav učinak na srednji promjer debla; međutim, s porastom početne gustoće sadnje od 1111 na 3333 debla ha⁻¹, srednji visina stabla je značajno porastao a omjer živih krošnji se smanjio. Omjeri H/D pri početnim gustoćama sadnje od 2500 i 3333 stabala ha⁻¹ bili su 21% viši nego oni pri manjim gustoćama sadnje. Na nivou sastojine, nadzemna suha biomasa porasla je s porastom početne gustoće sadnje, premda su veličine pojedinih stabala bile slične. Općenito, oblik stabala i karakteristike grana su se poboljšale s porastom početne gustoće sadnje. Uz to, pošto je sklop krošanja kod početne gustoće sadnje od 2500 i 3333 stabala po hektaru bio potpuno sklopljen, rast korova bio je slab i rijedak. Međutim, gusti rast visokog korova pri početnim gustoćama sadnje od 2500 i 3333 stabla po hektaru mogu izrazito otežati njegu sastojine. Dosadašnji rezultati sugeriraju da početna gustoća sadnje bude od 2500 i 3333 stabla po hektaru na plantažama poljskog jasena, jer su prsni promjer, visina, volumen sastojine, visina do najniže mrtve grane i omjer H/D slični pri ove dvije sadnje. Međutim, troškovi gustoće sadnje od 3333 stabala po hektaru (sadnice, sadnja, njega nakon sadnje) bit će viši; prema tome, uzgajivači bi se umjesto veće početne gustoće sadnje mogli odlučiti za manju s 2500 stabala po hektaru.

KLJUČNE RIJEČI: *Fraxinus angustifolia*, poljski jasen, početni razmak, sadnja, Turska

EVALUATION OF FIRE LOOKOUT TOWERS USING GIS-BASED SPATIAL VISIBILITY AND SUITABILITY ANALYZES

PROCJENA TORNJEVA ZA NADZOR POŽARA POMOĆU ANALIZE PROSTORNE VIDLJIVOSTI I PRIKLADNOSTI POTPOMOĞNUTE GIS-OM

Abdullah E. AKAY^{1*}, Michael WING², Halit BÜYÜKSAKALLI³, Salih MALKOÇOĞLU³

SUMMARY

Effective forest fire fighting involves alerting firefighting teams immediately in the case of a fire so that teams can promptly arrive the fire scene. The most effective way for an early detection of forest fires is monitoring of forest lands from fire lookout towers. Especially in fire sensitive forest lands, towers should be systematically located in such a way that fire lookout personnel can monitor the largest amount of forest land as possible. In this study, the visibility capabilities of lookout towers located in Köyceğiz Forest Enterprise Directorate (FED) in the city of Muğla in Turkey were evaluated by using Geographical Information System (GIS) based visibility and suitability analysis. The results of visibility analysis indicated that 77.12% of forest land were visible from the current towers. To extend the proportion of visible forest lands, locations of additional lookout towers were evaluated using spatial visibility and suitability analysis in which the tower locations were examined by considering specific criteria (i.e. distance to roads, elevation, ground slope, topographic features). Suitability analysis results identified five new towers in addition to current towers in the study area. The results indicated that visible forest lands increased to 81.47% by locating new towers, and increase of almost 4.35%. In addition, over half of the forests became visible by at least two towers when including five towers suggested by suitability analysis. The GIS-based method developed in this study can assist fire managers to determine the optimal locations for fire lookout towers for effective fire management activities.

KEY WORDS: Forest fires, Fire monitoring, Visibility and Suitability analysis, Köyceğiz

INTRODUCTION UVOD

Forest fires have been known since time immemorial as a primary factor endangering the sustainability of forest resources. Despite today's technological advancements, the forest fire occurrence has increased across the world and especially in the Mediterranean countries (i.e. Greece, Italy,

Spain, Turkey, etc.) due to climatic conditions and vegetation characteristics (Demir et al., 2009). Forest fires are frequently caused by human factors correlated with increased population around forest land and public demand for forest resources.

In Turkey, about 13 million ha of forest land is considered to be highly prone to forest fires and approximately 8

¹ Prof. Dr. Abdulah E. Akay, Bursa Technical University, Faculty of Forestry, 16310 Yıldırım, Bursa, Turkey, e-mail: abdulah.akay@btu.edu.tr

² Assoc. Prof. Dr. Michael Wing, Oregon State University, College of Forestry, Corvallis, 97331 Oregon, USA

³ Msc. Halit Büyüksakallı, Msc. Salih Malkoçoğlu, Muğla Sıtkı Koçman University, Köyceğiz Vocational School, Köyceğiz, Muğla, Turkey

million ha of forest land is classified as first degree fire sensitive forests (GDF, 2012). The average number of forest fires is over 2000 per year and about 12000 ha of forest land is impacted after fires (Sivrikaya et al., 2014). According to fire statistics between 1973 and 2009, about 172,000 ha of forest land has been destroyed as a result of 174 large forest fires (i.e. >300 ha of burned area). The highest number of large fires occurs near the city of Muğla, followed by Balıkesir, Antalya, İzmir, and Adana (Ertuğrul and Varol, 2016).

To prevent large forest fires and forest fires in general, the firefighting team should arrive at the fire scene as quickly as possible so as to increase the probability of controlling the forest fire (Akay et al., 2012). In order to minimize damages caused by the forest fires and the cost of fire extinguishing activities, it is important to detect forest fires as early as possible and inform firefighting teams immediately for fire control (Mascaraque et al., 2007). The most effective way for an early detection of forest fires is by systematically locating fire lookout towers and monitoring fire sensitive forestlands that are visible from these towers (Millan-Garcia et al., 2012; Yuan et al., 2015).

During the fire season in Turkey, the General Directorate of Forestry establishes fire lookout towers where fire watch personnel monitor forests continually and maintain communication with firefighting teams (Gülci et al., 2016). Fire lookout towers are located at the highest points that are generally on ridges where large forestlands can be seen by fire watch personnel. Thus, fire lookout towers should be carefully located in such a way that ensures fire lookout personnel are able to monitor as much forest land as possible in the region.

In recent decades, Geographical Information System (GIS) techniques have been used in monitoring forest fires, generation of fire risk maps, and in development of firefighting strategies (Vipin, 2012; Sivrikaya et al., 2014). In determination of the areas that are visible from specified sets of locations, viewshed analysis has been effectively used in GIS technologies based on a profile extraction method (Singh et al., 2014). In a study conducted by Akbulak and Özdemir (2008), visibility analysis was implemented to investigate forest lands that are visible and not visible from fire lookout towers in the Gallipoli Peninsula in Turkey. They reported that most of the area consisted of coniferous forest that cannot be seen by the current lookout towers. In a similar study, GIS and remote sensing techniques were used to evaluate suitability of fire lookout towers considering fire risk zones (Korale et al., 2009). Pompa-García et al. (2010) suggested that visibility analysis with a digital elevation model (DEM) should be combined with a vegetation cover map. They found that visibility effectiveness of the current lookout towers was about 43% which indicated that

more than half of the forest land in the study area was not visible by the lookout towers. In a recent study, GIS techniques were implemented to evaluate visibility capabilities of fire lookout towers in a study area located in north of Turkey with Mediterranean-like climate (Kucuk et al., 2017). The authors suggested that additional fire lookout towers were needed in the area since some of the current lookout towers were not functioning properly. In another study, visibility of forest lands was examined by fire lookout towers in the city of Dalaman in Turkey (Göлтаş et al., 2017). As a result of the study, it was found that only 47% of forest lands could be monitored by fire lookout towers.

In cases where the locations of the lookout towers are not suitable to monitor forest lands in a specific area, alternative lookout towers can be considered to improve the percentages of visible forest lands. In the consideration of suitable locations for new towers, it is important to evaluate defined criteria about the candidate points before visibility analysis. Such complex problems involving determination of optimal site locations can be solved by using a GIS based suitability analysis approach. Suitability analysis can be used to generate new data sets from existing data, reclassify data to detect areas with high suitability, and combine the data into one final result of optimal suitability (Koikai, 2008). There are various examples of suitability analysis in the field of forestry (Gülci and Akay, 2015; Quinta-Nova et al., 2017), however, there are a limited number of studies that attempted to search for potential fire lookout towers based on specific factors. These factors may include proximity to road network for easy access, minimum elevation to be able to see large forest lands, low ground slope for proper construction, and topographical form of the point (i.e. ridges) to ensure 360° angle of vision (Harvey, 2015).

In this study, the forested lands that can be seen by the lookout towers in Köyceğiz FED of Muğla Forestry Regional Directorate were examined using visibility analysis in ArcGIS 10.4 software. Besides, locations for additional towers were determined by using GIS based suitability analysis in order to extend the visible forest lands by the lookout towers. Therefore, the distinct contribution of this approach is that not only the visibility capabilities of new towers were investigated but also suitability of the tower locations was examined in Mediterranean region forests that are highly sensitive to wild fires.

MATERIAL AND METHOD

MATERIJALI I METODA

Study Area – Područje istraživanja

This study was conducted in the border of Köyceğiz FED in the city of Muğla within the Mediterranean region of Turkey. The Köyceğiz FED is located at 36°46'53" –



Figure 1. Study area

Slika 1. Područje istraživanja

37°06'30" north latitude and 28°25'00" – 29°04'50" east longitude. Total area of the FED is 118,484 ha where there are six Forest Enterprise Chiefs (FECs) including Ağla, Akköprü, Beyobası, Karaçam, Köyceğiz, and Sultaniye FECs (Figure 1).

According to the forest management plan data of Köyceğiz FED, total forest land in the region is mostly (65%) covered with coniferous forests (GDF, 2012). About 94% of the coniferous forests consist of pine species (*Pinus brutia* Ten. and *Pinus nigra*) while 1% is covered with cedar (*Cedrus libani*), and rest of the area is covered with other coniferous species. According to the fire sensitivity classification provided by GDF, forest lands in the study area are sensitive to forest fire at the first degree (Akay et al., 2010). Particularly, Brutian pine (*Pinus brutia* Ten.) stands are highly prone to forest fire which increases the risk of forest fire in the region. In addition, the study area is located in a region that

is very rich in terms of biodiversity, natural lakes and seashores, historical and cultural assets, and special environmental protection zones. Thus, forest fires are not only threatening the forest resources but also many desirable natural resources within the borders of Köyceğiz FED.

The average elevation of Köyceğiz FED is 583m with an average slope of 32%. The area has Mediterranean-like climatic conditions where there is rather high temperatures in the summer and fairly low in the winter. The average wind speed is 1.2 meters per second. June, July, August, and September are the hottest months of the year while January is the coldest in the area. Based on the meteorological data obtained from Köyceğiz FED, the lowest and highest temperatures are -7°C and 43°C, respectively, with an overall annual average temperature of 18.3°C (GDF 2016). In the region, average relative humidity is 69% and the average annual precipitation is 1151.2 mm.

Table 1. Distribution of forest resources and fire information in Köyceğiz FED (1999-2016)**Tablica 1.** Raspored šumskih izvora i obavijesti o požaru u šumariji Köyceğiz (1999. -2016.)

FECs	Forest Land (ha) Šumsko područje (ha)	Number of Fires Broj požara	Burned Area (ha) Izgorena površina (ha)
Ağla	16908	30	3.81
Akköprü	10200	50	138.89
Beyobası	15431	87	84.78
Karaçam	18736	209	161.53
Köyceğiz	11350	51	109.25
Sultaniye	25811	42	18.93
Total Ukupno	98436	469	517.20

Table 2. Information about fire lookout towers**Tablica 2.** Obavijesti o tornjevima za nadzor požara

Lookout Towers Tornjevi za nadzor	UTM Coordinates UTM koordinate		Elevation (m) Visina (m)
	X	Y	
Kandil	634852	4085818	860
Ölemez	641441	4081066	920
Çiçekbaba	660366	4100557	2020
Buyancık	669418	4092572	1100
Kepez	676921	4101706	1400

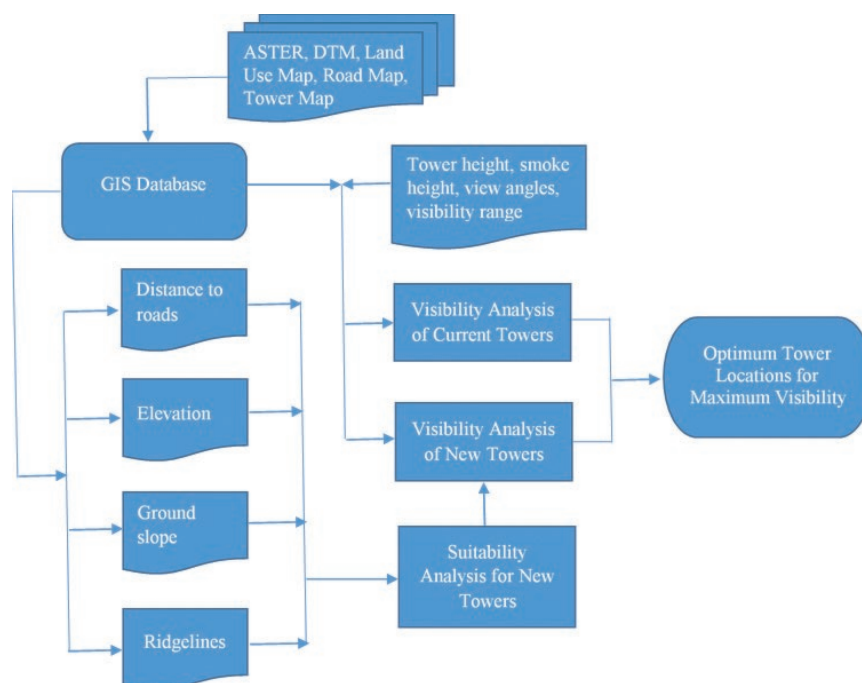
According to the forest fire statistics between 1999 and 2016, about 38% of the fires are caused by lightning, 36% by intention, 19% by negligence and carelessness, 6% by

unknown reasons, and 1% by electricity transformer. Within this 17-year period, 517.20 ha of forest land was damaged as a result of 468 forest fires recorded in the study area (Table 1) (GDF, 2016). There are five fire lookout towers in Köyceğiz FED including Kandil, Ölemez, Çiçekbaba, Buyancık, and Kepez. The location and the elevation information of the current fire lookout towers were obtained from Köyceğiz FED (Table 2).

Generating GIS Database – *Stvaranje baze podataka GIS-a*

The success of the visibility analysis of lookout towers mostly depends on an accurate Digital Terrain Model (DTM). In this study, a DTM of Köyceğiz FED was generated based on ASTER satellite imagery (2011) with a 15 m x 15 m spatial resolution. ASTER is a high resolution imaging instrument that produces remote sensing images in 14 different wavelengths. In addition, ASTER is widely used in the production of DTMs because it is easily accessible and able to produce high resolution stereo images (Bignone and Umakawa, 2008; Trisakti and Julzarika, 2011). Based on the DTM data, the slope map of FED was generated using “Raster Surface” tool in ArcGIS 10.4.

In order to evaluate forest lands that can be observed from the lookout towers, a digital layer representing the forest land is necessary. Using the ArcGIS 10.4 program, the digital data layer of forest land in the study area was generated based on a land use type map (1:25000) which was obtained from Köyceğiz FED. A boundary data layer was used

**Figure 2.** The flowchart of the methodology**Slika 2.** Dijagram tijeka metodologije

to extract DTM and slope layers specific to the Köyceğiz FED.

The digital data layer indicating the locations of current fire lookout towers in the study area was generated by using provided UTM coordinates (Table 2). The road layer of the study area, obtained from Köyceğiz FED, was also included into the GIS database to be used in the process of searching for possible new lookout towers.

Visibility Analysis of Current Towers – *Analiza vidljivosti sadašnjih tornjeva*

Visibility analysis measures the visibility of viewing capability of a certain location to see the surrounding area. In this study, the visibility performance of five fire lookout towers was analyzed by using the “Observer Points” method in ArcGIS 10.4 program. Figure 2 indicates the flowchart of the methodology. The “Observer Points” method requires data inputs in the attribute table of fire lookout towers. These required inputs include elevation, tower height, smoke visibility height, horizontal view angle, visibility range, and vertical view angle. Table 3 indicates the required data to be entered in the attribute table of the lookout towers layer.

The elevation data from Table 2 were included in the attribute table of the towers. The height of each lookout tower was 10 m and smoke visibility height was estimated as 100 m to see smokes rising from the ground as well as flames on the ground during a forest fire. In order to observe all of the forested areas around the lookout towers, angle of vision and angle of view was set to 360 degree and ± 90 degree, respectively.

In this study, the visibility ranges of fire lookout towers were set from 10 km to 20 km based on the information obtained from Köyceğiz FED. The visibility range of 10 km scanning radius is widely preferred distance for rough terrain for detecting the smoke under optimal weather conditions (Kucuk et al., 2017). However, different scanning radiuses have been used in other locations. In the USA, scanning radiuses ranging from 13 to 32 km have been used while a radius of 24 km is typical in a large part of western

USA. In the southern and southeaster US, where visibility is poorer due to humidity, a 10 to 13 km radius is most often used (Davis, 1959).

After inputting the required data in the attribute table of fire lookout towers, the “Observer Points” method in the “Spatial Analyst” tools was implemented. This identified the portion of forestlands that were visible and nonvisible from the fire lookout towers in the study area. In addition, for all forest lands that were determined to be visible, visibility was categorized as to whether areas could be observed by one, two, three, four, or five towers.

Suitability Analysis of New Towers – *Analiza prikladnosti novih tornjeva*

After evaluating the visibility capabilities of current lookout towers, alternative towers were investigated to increase the total area of forest lands visible from the existing lookout towers. The appropriate locations for new towers must be determined not only based on their visibility capabilities but also the suitability of their potential locations. Suitability analysis using GIS techniques allows users to qualify, compare, and rank alternative sites based on a set of criteria. In this study, suitable locations for new lookout towers were searched by considering specified factors including distance to roads for accessibility, minimum elevation, low ground slope for easy construction, and topographical feature (i.e. ridges) to ensure a 360° angle of vision for finished construction (Harvey, 2015).

In the first stage of the suitability analysis, the “Proximity” tool in ArcGIS 10.4 was used to delineate accessible areas near roadways (i.e. within the 100 meters) by generating buffer polygons around a spatial road network (Clark, 2005). Then, other factors (minimum elevation, maximum ground slope, and ridges) were addressed within the border of buffer polygons. The minimum elevation of potential towers was set to 500 meters for better visibility of the forest land in the study area. Thus, the areas that were equal to or more than 500 meters in elevation were extracted from the DTM of the forest land in the study area as a starting point for analysis.

Table 3. The required data to be entered in the attribute table of the lookout towers layer

Tablica 3. Podatci potrebni za unos u atributivnu tablicu koja sadrži sloj tornjeva za nadzor

Lookout Towers Tornjevi za nadzor	Elevation (m) Visina (m)	Tower height (m) Visina tornja (m)	Smoke visibility height (m) Visina vidljivosti dima (m)	Horizontal view angle (degree) Horizontalni kut gledanja (stupnjevi)	Visibility range (km) Domet vidljivosti (km)	Vertical view angle (degree) Vertikalni kut gledanja (stupnjevi)
Kandil	860	10	100	360	15	± 90
Ölemez	920	10	100	360	10	± 90
Çiçekbaba	2020	10	100	360	20	± 90
Buyancık	1100	10	100	360	20	± 90
Kepez	1400	10	100	360	20	± 90

To minimize construction costs and maximize ground stability, it was decided to locate lookout towers on ground with less than 5% slope. In this stage, the slope map developed previously was used to create a spatial layer of forested lands meeting the less than 5% slope criteria. Then, the ridgelines in the study area were determined since the ridges are considered as the best locations for the fire lookout towers in order to maximize visibility range (Harvey, 2015). Based on the DTM of the study area, ridgelines were determined using the “Flow Direction” and “Flow Accumulation” functions under the “Hydrology” tool in ArcGIS 10.4 (i.e. Flow Accumulation = 0). Then, the “Raster Calculator” function within the “Spatial Analyst” tools was used to generate a raster data layer consisting of suitable lookout tower locations based on the specified factors. This raster data layer was converted to a point type vector layer where each point represented an alternative new lookout tower location. The elevations of alternative towers were determined by extracting elevation information from the DTM. To increase the visibility from the towers, their heights were set to 15 m while visibility range was estimated as 25 km based on the field observations in the study area. The values of the other fields in the attribute table of tower layer were the same as the values of current lookout towers in Table 3 (Figure 3). Finally, the least number of fire lookout out towers covering the largest percentages of the study area were selected by running the “Observer Points” method in the Model Builder tool of ArcGIS 10.4. The forest lands that are visible and nonvisible from the selected new towers were identified and visible forest lands in the study area were classified according to the number of selected new towers that were in sight.

RESULTS AND DISCUSSION

REZULTATI I RASPRAVA

GIS Database – Baza podataka GIS-a

The land use type database of the Köyceğiz FED indicated that there were five land use types including forest land,

Table 4. Distribution of land use types in the study area

Tablica 4. Raspodjela načina korištenja zemljišta u području istraživanja

Land use types Načini korištenja zemljišta	Area (%) Površina (%)
Forest land Šumsko područje	83.65
Agriculture Poljoprivreda	8.70
Water Voda	5.04
Settlement Naselje	2.17
Sand dunes Pješčane dine	0.44
Total Ukupno	100.00

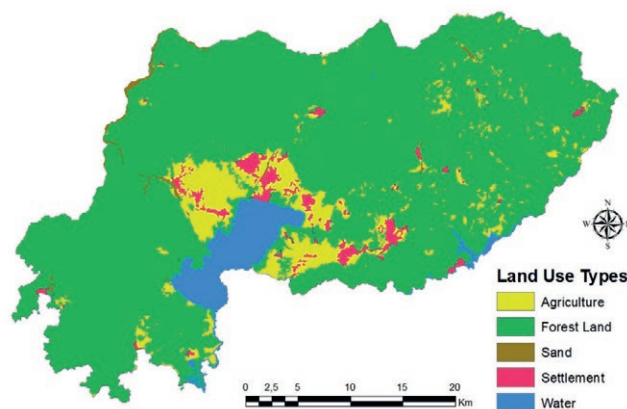


Figure 3. Study area land use

Slika 3. Korištenje zemljišta u području istraživanja

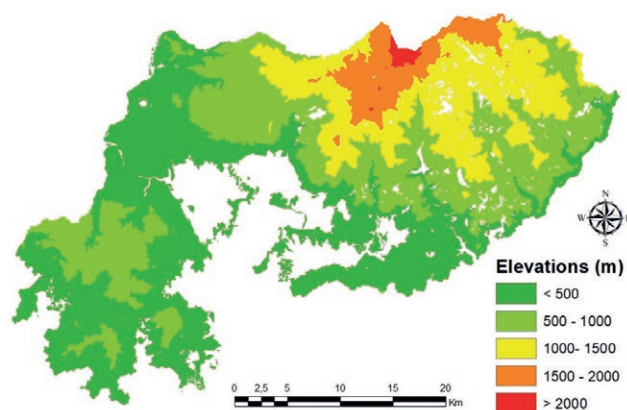


Figure 4. Study area terrain categories

Slika 4. Kategorije terena u području istraživanja

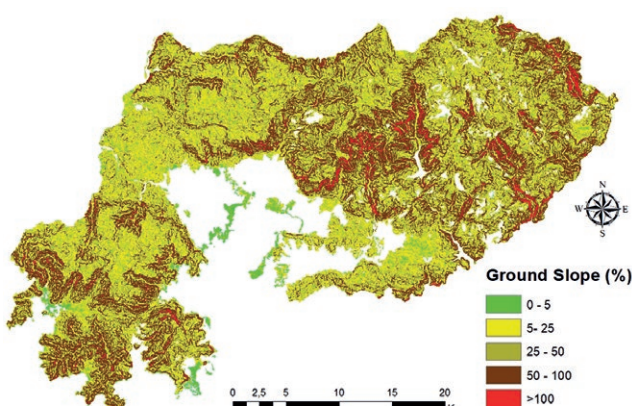


Figure 5. Study area ground slope categories

Slika 5. Kategorija nagiba terena u području istraživanja

agriculture, water, settlement, and sand dunes (Table 4). The largest land use type was forest land (83.65%), followed by agricultural areas (8.70%), and water bodies (5.04%) (Figure 3). Forest land DTM data was extracted from the DTM of Köyceğiz FED by using the boundary of the forest land

layer. The average elevation was found to be 679 m with a range between 479–2288 m in the study area (Figure 4). The slope map of forest land that was generated based on the DTM indicated that the average slope was 38.33% in the forest lands (Figure 5).

Assessment of Current Lookout Towers – *Procjena sadašnjih tornjeva za nadzor požara*

The visibility capabilities of five current fire lookout towers were evaluated by using the “Observer Points” method in the ArcGIS 10.4 program. Forest lands that were within sight of the lookout towers in the study area are given in Figure 6. The results of the visibility analysis indicated that 77.12% of the forestland was visible from the current lookout towers. The forestlands observed by Kandil, Ölemez, Çiçekbaba, Buyancık, and Kepez fire lookout towers were 11745.62, 35960.75, 45774.25, 22397.14, and 16817.34 ha, respectively (Table 5).

It was found that the current lookout towers covering the largest forest land were the Çiçekbaba tower, followed by the Ölemez and Buyancık towers. Some parts of the forest lands were visible from more than one tower while some parts were visible only from a single tower (Figure 7). It was also found that forest land visible by only a single tower was

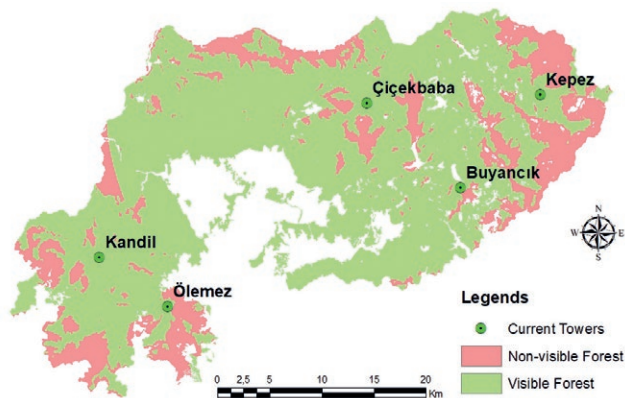


Figure 6. Forest land visibility from the current fire lookout towers
Slika 6. Vidljivost šumskog područja sa sadašnjih tornjeva za nadzor požara

Table 5. Forest lands visible from the current fire lookout towers

Tablica 5. Šumsko područje vidljivo sa sadašnjih tornjeva za nadzor požara

Lookout Towers	Total Area Visible from Each Tower (%)	Area Visible Only from a Single Tower (%)
Tornjevi za nadzor	Ukupna površina vidljiva sa svakog tornja (%)	Površina vidljiva samo s jednog tornja (%)
Kandil	11.85	3.54
Ölemez	36.27	11.72
Çiçekbaba	48.27	14.57
Buyancık	27.07	2.52
Kepez	19.98	2.98

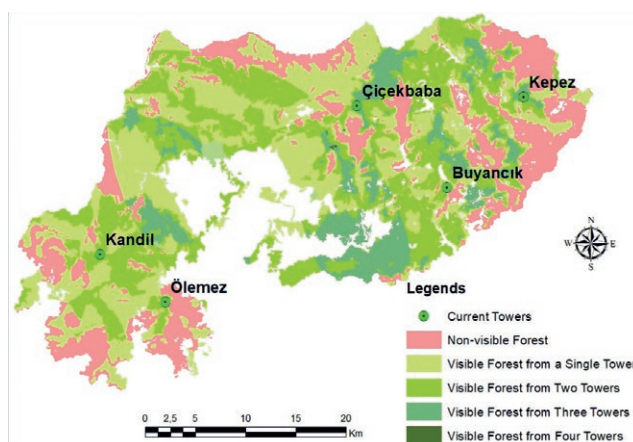


Figure 7. Forest lands visible by one or more current lookout towers
Slika 7. Šumsko područje vidljivo s jednog ili više sadašnjih tornjeva za nadzor

35.33%. The forest lands observed only by Kandil, Ölemez, Çiçekbaba, Buyancık or Kepez fire lookout tower was 3484.63, 11536.70, 14342.13, 2480.59, and 2933.39 ha, respectively. The areas visible by two, three, and four towers were 30.31%, 11.47%, and 0.02%, respectively. The results indicated that there was no forest land that could be seen by all of the lookout towers at the same time.

In a similar study, visibility analysis was used to evaluate three fire lookout towers located within the borders of Yayla FEC which is classified as a first degree fire sensitive area in western Turkey (Akay and Erdoğan, 2017). It was reported that 81% of the forest land in the FEC was visible from the lookout towers. In this study, the visibility analysis indicated that 77.12% of the forestland was visible by the lookout towers while it was not possible to monitor potential fires at the rest of the area from current locations of the lookout towers. By positioning new fire lookout towers, non-visible areas from the towers should be monitored especially in the forest lands with high fire risk (Kucuk et al., 2017). Thus, the locations for additional towers should be evaluated to increase the extent of visible forest lands from the lookout towers and to enhance monitoring of potential fires in the rest of the area.

Assessment of New Lookout Towers – *Procjena novih tornjeva za nadzor požara*

The visibility capabilities of new fire lookout towers were evaluated by implementing visibility analysis in GIS tools. Prior to the visibility analysis, however, potential locations of the towers should be assessed by using suitability analysis based on specified factors such as distance to roads, elevation, ground slope, and ridgelines. The road layer of the study area (Figure 8) indicated that the total length of the road network was 3835.75 km in which a large proportion of the total road being classified as forest road (dirt) (46.19%), followed by gravel road (36.67%), and asphalt

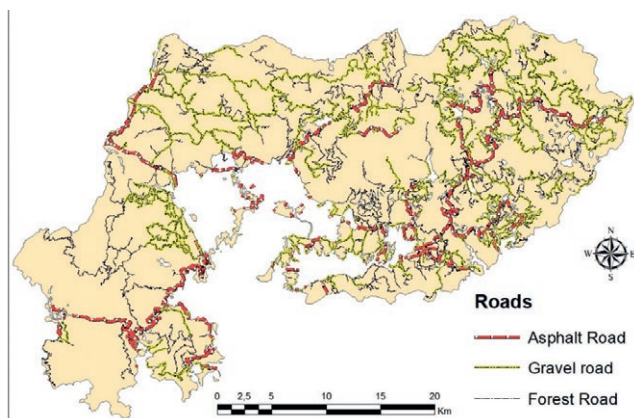


Figure 8. Study area road network
Slika 8. Cestovna mreža u području istraživanja

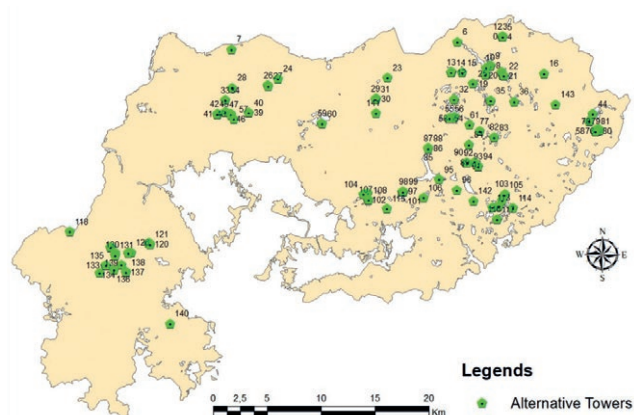


Figure 9. Alternative fire lookout towers
Slika 9. Alternativni tornjevi za nadzor požara

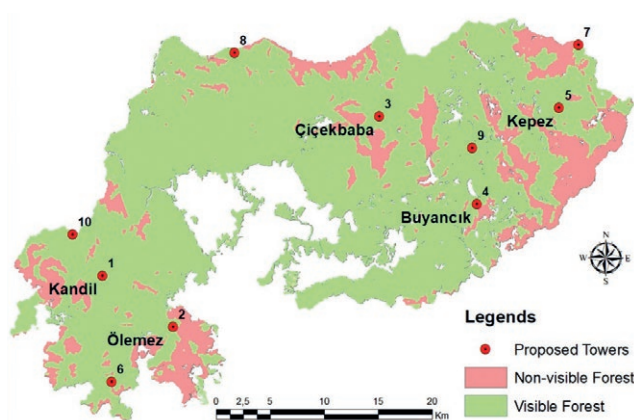


Figure 10. Forest land visibility from the proposed fire lookout towers
Slika 10. Vidljivost šumskog područja s predloženih tornjeva za nadzor požara

road (17.14%). The total area of the buffer polygon (i.e. 100 meters from roadway) generated along the road network was found to be 36188 hectares.

The “Raster Calculator” function was used to generate raster data layer that satisfied other factors (i.e. elevation, ground slope, and ridgelines) within the border of buffer polygon. It was found that there were 144 alternative lookout towers to be evaluated in the visibility analysis (Figure 9). The results indicated that largest percentages of the forest land could be visible by observing the area from 10 fire lookout towers in which five of them were placed on the identical location to the current lookout towers in the study area. These results do validate the existing tower siting process, and also provide support for our GIS-based approach to siting observation towers.

The results indicated that total visible forest lands were increased to 81.47% by proposing five new fire lookout towers in the study area. Thus, the area visible from the lookout towers increased about 4.35%. Although this may seem like a modest gain in some regards, if such an increase helps to control a single fire, the level of effort in this process has likely been time well spent. The forest lands that are within sight of the lookout towers are shown in Figure 10. In a similar study conducted by Kucuk et al. (2017), a visibility analysis of lookout towers in Turkey was conducted and it was reported that visible areas from lookout towers would be increased from 73% to 81% if additional lookout towers were located in the area.

The forest land visible by a single tower was 30.36%, while areas visible by two, three, four, and five towers were 28.78%, 19.89%, 2.22%, and 0.22%, respectively. The forest lands visible from various number of fire lookout towers were indicated in Figure 11. It was suggested that forest lands should be observed by at least two fire lookout towers (Çanakçıoğlu, 1993). The forest lands visible by at least two lookout towers was 41.80% considering the current lookout towers, while visible area increased to 51.12% after evaluating the lookout towers suggested by the suitability analysis.

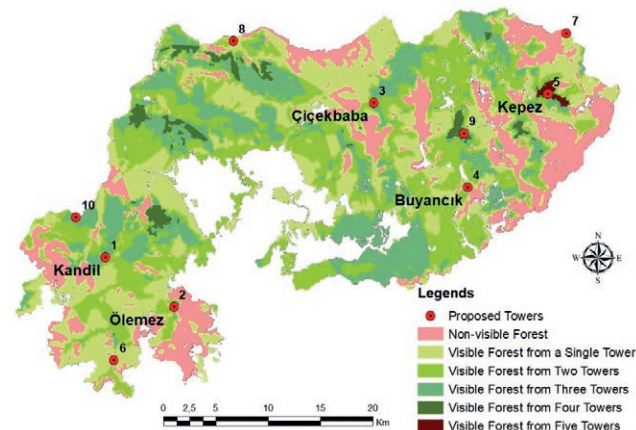


Figure 11. Forest lands visible by one or more lookout towers as suggested by suitability analysis
Slika 11. Šumskog područje vidljivo s jednog ili više tornjeva za nadzor predloženih kroz analizu prikladnosti

CONCLUSIONS ZAKLJUČAK

This study examined the visibility capabilities of current fire lookout towers in Köyceğiz FED in which forests are sensitive to fire at the first degree. The results indicated that 77.12% of the forest land was visible from the current lookout towers, however, the rest of the forests (23.88%) were located in non-visible areas that can be defined as blind spots based on the detection capabilities of the towers. According to the general estimation in mountainous diverse terrain, at least 70% of the scanned forest lands must be visible from the fire lookout towers for proper monitoring. One might think that 77.12% visibility rate is satisfactory, but it is vital to monitor most of the forest lands in Köyceğiz since it is located in an ecologically and culturally vibrant region. Therefore, the suitability analysis was conducted to search for appropriate locations for potential new fire lookout towers based on specific factors including distance to roads, elevation, ground slope, and ridgelines. The results revealed that the visible forest lands were increased up to 81.47% by locating new fire lookout towers in the study area. It can be concluded that GIS-based visibility analysis integrated with suitability analysis can provide decision makers with an effective instrument for developing strategies in fire-fighting planning and fire management activities such as fire prevention, wildlife control, and post fire recovery. Our methods provide a spatially-based template for forest land managers that are interested in investigating whether additional observation towers can be advantageous to fire spotting.

REFERENCES LITERATURA

- Akay, A. E., Sivrikaya F. and Şakar D., 2010: Evaluating the Efficiency of Fire Helicopter Located in Arsuz-Antakya in Fire Fighting Activities. The 1st International Symposium on Turkish & Japanese Environment and Forestry. 04-06 November. Trabzon, Turkey. pp. 431-445.
- Akay, A. E., Wing, G. M., Sivrikaya, F. and Sakar, D., 2012: A GIS-based decision support system for determining the shortest and safest route to forest fires: a case study in Mediterranean Region of Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment* 184(3):1391-1407.
- Akay, A.E. and Erdoğan, A., 2017: Assessment of Fire Watch Towers by using Visibility Analysis: The Case of Dursunbey, Balıkesir. ISFOR 2017 International Symposium on New Horizons in Forestry, 18-20 October, Isparta, Turkey.
- Akbulak, C. and Özdemir, M., 2008: The Application of the Visibility Analysis for Fire Observation Towers in the Gelibolu Peninsula (NW Turkey) Using GIS. *BALWOIS* 208, 27-31 May, Ohrid, Republic of Macedonia.
- Bignone, F. and Umakawa, H., 2008: Assessment of ALOS PRISM digital elevation model extraction over Japan. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37:1135-1138.
- Clark, J., 2015: Exercise 03 - Siting a fire tower in Nebraska. 67 p (2015) <https://tr.scribd.com/document/90131023/Exercise-03-Siting-a-fire-tower-in-Nebraska#> (Last visit: 19 March 2019)
- Çanakçıoğlu, H., 1993: Forest Protection. İstanbul University, Faculty of Forestry.
- Davis, K.P. 1959. *Forest fire: control and use*. McGraw-Hill Book Company Inc., New York.
- Demir, M., Kucukosmanoglu, A., Hasdemir, M., Ozturk, T. and Acar, H.H., 2009: Assessment of forest roads and firebreaks in Turkey. *African Journal of Biotechnology* 8(18):4553-4561.
- Ertuğrul, M. and Varol, T., 2016: The analysis of large fire incidence in Turkey. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research* 1(6):1-8.
- GDF, 2012: Annual Management Activity Report, General Directorate of Forestry, April-2013, Ankara.
- GDF, 2016: Köyceğiz Forest Management Directorate, Fire Register Book, Köyceğiz, Muğla.
- Göлтаş, M., Demirel, T. and Çağlayan, İ., 2017: Visibility Analysis of Fire Watchtowers Using GIS: A Case Study in Dalaman State Forest Enterprise, *European Journal of Forest Engineering* 3(2):66-71.
- Gülci, S. and Akay, A.E., 2015: Assessment of ecological passages along road networks within the Mediterranean forest using GIS-based multi criteria evaluation approach. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(12):779.
- Gülci, N., Serin, H. and Akay, A.E., 2016: Disorders Seen in Fire Lookout Personnel Working in Fire Watch Towers. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty* 16(2):632-639.
- Harvey, F., 2015: *A Primer of GIS, Second Edition: Fundamental Geographic and Cartographic Concepts*. The Guilford Press; Second edition. ISBN-10: 9781462522170. 360 p.
- Koikai, J.S., 2008: Utilizing GIS-Based Suitability Modeling to Assess the Physical Potential of Bioethanol Processing Plants in Western Kenya, Saint Mary's University of Minnesota University Central Services Press, Winona, MN.
- Korale, P., Pade, A., Varghese, A. and Joshi, A., 2009: Mapping of forest fire risk zones and identification of suitable sites for fire watch towers using remote sensing and GIS. *ISRS Symposium on Advances in Geo-spatial technologies with special emphasis on sustainable rain fed Agriculture*, 17-19 September, Nagpur, India.
- Kucuk, O., Topaloglu, O., Altunel, A.O. and Cetin, M., 2017: Visibility analysis fire lookout towers in the Boyabat state forest enterprise in Turkey, *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(2017):329.
- Mascaraque, S.A., Rodríguez, F.G. and Hernández, P.E., 2007: Optimización de la ubicación de puestos de vigilancia de incendios forestales. *Proceedings of the International Wildland Fire Conference*, May 13-17, Palacio de exposiciones congresos, Seville, Spain.
- Millan-Garcia, L., Sanchez-Perez, G., Nakano, M., Toscano-Medina, K., Perez-Meana, H. and Rojas-Cardenas, L., 2012: An early fire detection algorithm using IP cameras. *Sensors* 12(5):5670-5686.
- Pompa-García, M., Solís-Moreno, R., RodríguezTéllez, E., Pinedo-Álvarez, A., Avila-Flores, D., Hernández-Díaz, C. and

- Velasco-Bautista, E., 2010: Viewshed analysis for improving the effectiveness of watchtowers, in the north of Mexico. *Open Forest Science Journal*, 3:17–22.
- Quinta-Nova, L. Fernandez, P. and Nuno, P., 2017: GIS-Based Suitability Model for Assessment of Forest Biomass Energy Potential in a Region of Portugal, *World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium (WMESS 2017)*, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, Prague.
 - Singh, Y., Sharma, M.P., Sharma, S.D., Prawasi, R., Yadav, K. and Hooda, R.S., 2014: Application of GIS technique to select suitable sites for erecting watch towers in forest areas of mountainous tract. *Int. J. Computer Technology and Applications* (2):462–468.
 - Sivrikaya, F., Saglam, B., Akay, A.E. and Bozali, N., 2014: Evaluation of forest fire risk with GIS. *Polish Journal of Environmental Studies* 23(1):17–194.
 - Trisakti, B. and Julzarika, A., 2011: DEM Generation from Stereo Alos Prism and Its Quality Improvement. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences (IJReSES)*, 8:41–48.
 - Vipin, V., 2012: Image processing based forest fire detection. *Emerging Technology and Advanced Engineering* 2(2):87–95.
 - Yuan, C., Zhang, Y. and Liu, Z., 2015: A survey on technologies for automatic forest fire monitoring, detection, and fighting using unmanned aerial vehicles and remote sensing techniques. *Canadian Journal of Forest Research* 45(7):783–792.

SAŽETAK

Učinkovito suzbijanje šumskih požara uključuje trenutno uzbunjivanje protupožarnih timova u slučaju požara kako bi mogli na vrijeme stići na mjesto požara. Najučinkovitiji način ranog uočavanja šumskog požara je nadzor šumskih područja s tornjeva za nadzor požara. Tornjevi bi trebali biti sustavno smješteni na način da osoblje za nadzor može nadzirati najveću moguću površinu šume, osobito u ugroženijim šumskim predjelima. U ovom su istraživanju procijenjene mogućnosti promatranja tornjeva za nadzor smještenih u šumariji Köyceğiz, u gradu Muğla u Turskoj pomoću analize vidljivosti i prikladnosti potpomognutom Geografskim informacijskim sustavom (GIS). Rezultati analize vidljivosti pokazali su da je 77,12 % šumskog područja vidljivo sa sadašnjih tornjeva. Kako bi se povećao udio vidljivoga šumskog područja, lokacije dodatnih tornjeva za nadzor procijenjene su pomoću analize prostorne vidljivosti i prikladnosti u kojoj su lokacije tornjeva ispitane razmatrajući specifične kriterije (npr. udaljenost od cesta, visina, nagib terena, topografske karakteristike). Rezultati analize prikladnosti identificirali su pet novih tornjeva uz sadašnje tornjeve na promatranome području. Rezultati su pokazali da bi se dodavanjem novih tornjeva vidljiva šumska površina povećala na 81,47 %, što je povećanje od gotovo 4,35 %. Uz to, analiza prikladnosti pokazala je da bi preko polovice šume bilo vidljivo s najmanje dva tornja kada bi se dodalo ovih pet tornjeva. Metoda potpomognuta GIS-om razvijena u ovome istraživanju može pomoći upraviteljima za zaštitu od požara da odrede optimalne lokacije za tornjeve za nadzor požara u svrhu učinkovitih protupožarnih aktivnosti.

KLJUČNE RIJEČI: šumski požar, tornjevi za nadzor požara, analiza vidljivosti, analiza prikladnosti, Köyceğiz

SADNJA SADNICA POLJSKOG JASENA (*Fraxinus angustifolia* Vahl) U UVJETIMA SANACIJE ŠUMSKIH SASTOJINA USLIJED SUŠENJA

PLANTING SEEDLINGS OF NARROW-LEAVED ASH (*Fraxinus angustifolia* VAHL) TO RECOVER DIEBACK-AFFECTED FOREST STANDS

Damir DRVOĐELIĆ¹, Milan ORŠANIĆ²

SAŽETAK

U ovom preglednom članku nabrojene su i objašnjene prednosti sadnje krajem ljeta i početkom jeseni kao i pro-
ljetne sadnje prije početka vegetacije. Opisano je i s originalnim ilustracijama prikazano nepravilno i pravilno ko-
panje sadne jame kao i nepravilna i pravilna sadnja sadnica poljskog jasea golog korijena. Objašnjen je utjecaj
zbijenosti tla na klijavost sjemena, razvoj klijanca, morfološke značajke nadzemnog i podzemnog dijela sadnica i
korijenskog sustava. Raspravlja se o manama kontejnerske proizvodnje šumskih sadnica u čistom organskom
mediju poput crnog treseta i nedostacima kod sadnje tako proizvedenih sadnica na terenu. Opisana je i s origi-
nalnim ilustracijama prikazana pravilno i nepravilno posadena kontejnerska sadnica poljskog jasea. Prikazana
je suvremena tehnologija rasadničke proizvodnje sadnica poljskog jasea u kontejnerima te prednosti pošumljavanja
sadnicama obloženog korijena. Kontejnerska proizvodnja je polu automatizirana i sadnja na terenu bi se isključivo
trebala obavljati uz pomoć sadilja čije su značajke i prednosti prikazane u članku. Opisana su inovativna rješenja
kod konstrukcije sadilja s obzirom na oblik rupe koju rade. Važno da rupe koju rade sadilje ne budu okruglog ili
kvadratnog/pravokutnog oblika jer u tom slučaju dolazi do razdvajanja ili pucanja rupe za sadnju od okolnoga tla.
Kod sadilja koje rade rupu romboidnog oblika ili iskopane sadne jame, ne dolazi do pucanja po rubu rupe već
rupa puca po cijelom profilu što je povoljnije za korijenski sustav biljke. Originalnim ilustracijama su prikazani
primjeri loših i dobrog geometrijskog oblika sadne jame. Na primjeru iz rasadnika „Brestje“ u Sesvetama (Hrvat-
ske šume d.o.o.) prikazana je tehnologija rasadničke proizvodnje kontejnerskih sadnica poljskog jasea. Uspoređeni
su podaci iz deklaracije supstrata korištenog kod kontejnerske proizvodnje sadnica s rezultatima vlastitih kemi-
jskih analiza istoga u trenutku sadnje sadnica na terenu nakon jedne vegetacije uzgoja. Opisuje se ekstrakcija el-
emenata iz uzoraka supstrata kao i priprema uzoraka za određivanje sadržaja elemenata u tragovima tehnikom
ICP-AES. Prikazani su vrijednosti glavnih parametara supstrata dobivenih tehnikom ICP-AES kao i udjel makro
i mikro hranjiva u supstratu. U članku su prikazane glavne morfološke značajke kontejnerskih sadnica poljskog
jasea pošumljene na području šumarije Lipovljani u jesen 2017. godine. Posebno je prikazan izgled opranog ko-
rijenskog sustava prosječne kontejnerske sadnice i njeno morfološka analiza uz pomoć skenera i softvera Win-
RHIZO ProLA2400 (2005). Opisani su uzroci velikog mortaliteta sadnica poljskog jasea kod pošumljavanja na
području Republike Hrvatske s konkretnim mjerama za poboljšanje sadašnjeg stanja s obzirom na dobre šumarske
prakse koje se provode u zemljama srednje Europe i Skandinavije.

KLJUČNE RIJEČI: nepravilna sadnja, pravilna sadnja, kontejnerske sadnice, tresetni supstrati, morfologija korijena

¹ Doc. dr. sc. Damir Drvođelić, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, email: ddrvodelic@inet.hr

² Prof. dr. sc. Milan Oršanić, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb

UVOD

INTRODUCTION

Na uspjeh preživljavanja šumskih sadnica nakon sadnje utječe njihova genetska, morfološka i fiziološka kvaliteta o kojoj pišu mnogi autori (Adams i Patterson, 2004; Drvodelić i Oršanić 2019; Mexal i Landis 1990; Oršanić i dr. 2007; Oršanić i dr. 2008a; Oršanić i dr. 2008b; Drvodelić i dr. 2012; Drvodelić i dr. 2013; Drvodelić i dr. 2015; Drvodelić i dr. 2016a; Drvodelić i dr. 2016b; Drvodelić i dr. 2016c; Crnković i dr. 2017; Paterson i dr. 2001; Smith 1975; Cleary i Zerr, 1980; Ritchie 1984; Harrington i dr. 1994; Thompson 1985; Omi i dr. 1986; Blake i dr. 1989; South i dr. 1988; Rose i Ketchum 2003; Roller 1977; Kozłowski i dr. 1973; Rose i dr. 1997; Jacobs i dr. 2005; Jelić i dr. 2014; Tsakalidimi i dr. 2005; Faulconer 1988; Burr 1990; Burr i dr. 1990; Lopushinsky 1990; Simpson 1990; Glerum 1984; Tanaka i dr. 1997; Ritchie 1985; Simpson i Ritchie 1997; Bobinec Mikek, D. 2009; Oršanić i dr. 2010; Lavender 1985; Owens i Molder 1973; Landis 1985; van den Driessche 1980; Haase i dr. 2006; Drvodelić 2017), ali i kvalitetna sadnja na terenu. Ponekad je ispravna sadnja ključna za preživljenje i dobar inicijalni rast sadnica nego njezine određene kvalitativne karakteristike.

Sadnja sadnica gologa korijena obavlja se za vrijeme mirovanja vegetacije kada su pupovi i korijenski sustav dormantni. Vrijeme sadnje ovisi o klimatskim uvjetima na mjestu sadnje odnosno rasporedu padalina. U slučaju sadnje sadnica poljskog jasena ona se obavlja u trenutku kada nam dopuste vremenski uvjeti i uvjeti tla. Naime, tlo ne smije biti pod poplavom niti previše vlažno. U nekim situacijama sadnja se može odgoditi pred kraj proljeća a sadnice bi u tom slučaju trebalo držati na polju u rasadniku i po potrebi izvaditi i čuvati u hladnjačama na ispravan način. Prednosti kontejnerskih sadnica je produženo vrijeme sadnje i manji šok zbog presađnje. Prema Harris i dr. (2004), prednosti sadnje krajem ljeta i početkom jeseni očituju se u tome što toplo tlo potiče rast korijena a kraći i hladniji dani smanjuju transpiraciju biljaka. Proljetna sadnja prije početka vegetacije najpovoljnija je zbog: toplijeg vremena, rasta korijena prije rasta izbojaka i dovoljne količine vlage u tlu. Ako se radi proljetna presađnja, često nakon povlačenja poplavnih voda u kontinentalnom dijelu, treba je obaviti što je moguće ranije, odnosno prije nego što sadnica počinje s razvojem novoga korijena (Root growth capacity). Kod gotovo svih listopadnih vrsta umjerenoga pojasa, korijen raste još neko vrijeme nakon otpadanja lišća, a isto tako počinje rasti u tlu prije bubrenja pupova i početka praćenja proljetne fenofaze biljaka. Bez obzira na vrijeme sadnje, sadnice nije preporučljivo saditi po ekstremno hladnim, vrućim, suhim i vjetrovitim uvjetima.

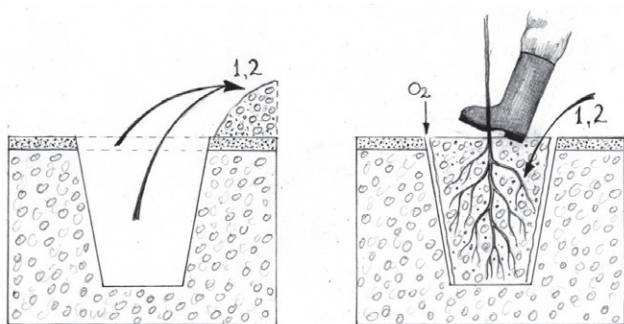
Sadnju treba obaviti nakon što se povuče poplavna voda i u uvjetima iste vlažnosti tla. Za to postoje jeftini vlagomjeri

tipa ThetaProbes tipa ML2x. Oni uz pomoć senzora mjere trenutnu vlagu u tlu. Zbog uniformnosti mjerenja, važno je mjeriti vlagu na površini tla na istoj dubini i na dnu sadne jame koja ovisi o starosti sadnica i njihovoj veličini (oko 40 cm). Sadnju treba obavljati što manje ljudi zbog uniformnosti rada i subjektivnosti. Sadnice se inače sade na istu dubinu na kojoj su bile u rasadniku, ali kod poljskog jasena one se trebaju posaditi barem 2 cm niže, tako da je korijenski vrat sadnica u tlu. To je važno kako ne bi došlo do razdvajanja i stvaranja pukotina na rubovima sadne jame. Pri likom kopanja sadne jame, gornje, humusom bogatije tlo treba staviti s jedne a donje tlo sa druge strane sadne jame. Donji dio sadne jame i bočne stranice ne smiju biti zaglađene već se moraju usitniti tj. površinski obraditi motikom ili nekim prikladnim alatom kako bi se korijenu omogućio što lakši rast u dubinu i širinu i kako bi se uspostavio dobar kontakt tla s kojim se zatrpava sadna jama s matičnim tlom. U suprotnom, tijekom ljeta, ako se to ne učini, nastaju ras-pukline zbog utezanja gline i do korijena dolazi zrak koji ga isušuje. To se naziva desikacija korijena. Dno jame potrebno je probiti u dubinu barem 15–20 cm zbog lakšeg vertikalnog procjeđivanja vode koja se ne smije dugo zadržavati u zoni korijena biljke. To se može napraviti štijačom ili šipkom za rahljenje tla kakva se koristi u arborikulturi kod sadnje urbanih stabala. Probijanje dna sadne jame važno je i zbog rasta korijena u dubinu, posebno kod hrastova i oraha koji imaju izrazitu žilu srčanicu ili glavni korijen. Gornjim tlom koje je izvađeno treba se prvo staviti oko korijena ali se prethodno mora što bolje usitniti. Zatim se sadna jama zatrpava donjim tlom, također finije strukture. Ukoliko se izvađeno donje tlo iz sadne jame također ne usitni, dolazi preko ljeta do razdvajanja korjenovog busena s tresetom od matičnog tla. Korijen mora biti pravilno postavljen-pozitivno geotropno (prema dolje), bez pretjeranog gužvanja i usmjeravanja korijenskog sustava. Naročito je važno kod zatrpavanja sadne jame ne gaziti tlo nogama već se sve treba odraditi pritiskom ruku. To je naročito važno u uvjetima veće vlažnosti tla.

Teška hidromorfna tla imaju mali kapacitet za zrak. Sabijanjem sadnice nogama, kapacitet tla za zrak se umanjuje što utječe na to da se kisik istiskuje iz mikro i makro pora tla i dolazi čak do gušenja korijena zbog nedostatka kisika-hipoksija. Naročito je važna korijenu poljskog jasena dovoljna količina kisika za rast, voda nije problem niti ostali čimbenici.

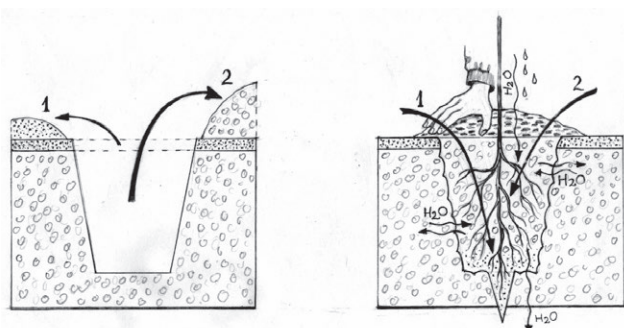
Na slici 1. prikazano je nepravilno kopanje sadne jame i nepravilna sadnja sadnica poljskog jasena gologa korijena.

Sabijenost tla mjeri se penetrometrom do maksimalno 0,8 m dubine. Upravo ovakvim mjerenjima je dokazano kako je kritična vrijednost za rast korijenskog sustava oko 2 MPa. Izradom tzv. „krtičnjaka“ iznad sadne jame gdje je tlo prekopano utječe na bolju vodu propusnost. U slučaju kada se



Slika 1. Nepravilno kopanje sadne jame (lijevo) i nepravilna sadnja (desno) sadnica poljskog jasena gologa korijena. (izradio: doc. dr. sc. Damir Drvodelić; ilustracija: akademski slikar Ivica Gabrić)

Figure 1. Incorrect digging of a planting pit (left) and incorrect planting (right) of bare root seedlings of narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl). (Made by Damir Drvodelić, Ph.D., illustrated by: Ivica Gabrić, academy-trained painter).



Slika 2. Pravilno kopanje sadne jame (lijevo) i pravilna sadnja sadnica poljskog jasena gologa korijena. (izradio: doc. dr. sc. Damir Drvodelić; ilustracija: akademski slikar Ivica Gabrić)

Figure 2. Proper digging of a planting pit (left) and proper planting of bare root seedlings of narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl). (Made by: Damir Drvodelić, Ph.D., illustrated by: Ivica Gabrić, academy-trained painter).

sadna jama zatrpava krupnim komadima tla i pri tome se sadnica sabija nogama, tzv. „krtičnjaci“ nemaju značajniju funkciju. Sadnice se kod sadnje obavezno trebaju sabijati usitnjenim matičnim tlom laganim pritiskom rukama a ne nogama.

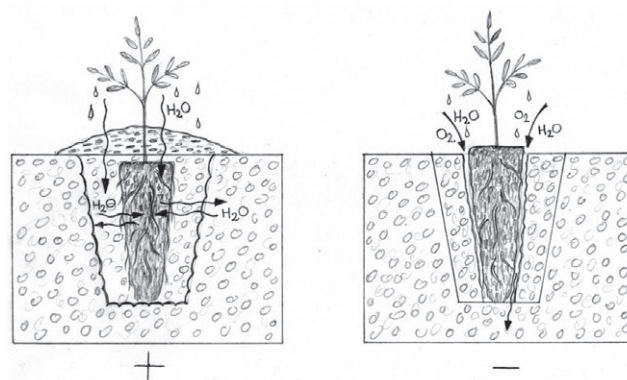
Na slici 2. prikazano je pravilno kopanje sadne jame i pravilna sadnja sadnica poljskog jasena gologa korijena.

Ako voda ne otječe, u tlu nema dovoljno kisika za rast i razvoj korijenskog sustava. Sadržaj hranjiva u tlu, tekstura i kompaktnost tla smatramo da su jedni od važnijih čimbenika koji utječu na korijenski sustav biljke (Cambis i dr. 2018). Zbijenost tla utječe negativno na morfologiju i anatomiju korijenskog sustava sadnica poljskog jasena (smanjuje se udio fiziološki aktivnog korijenja, specifična duljina korijena i udio ksilema korijena). Korijen utječe na fiziološke (transpiracija, fotosinteza,...) čimbenike i rast biljke. Slabo razvijen korijenski sustav za posljedicu ima i slab rast i razvoj nadzemnog dijela. Kod umjetne obnove sadnjom sadnica na glejnim tlima važna je dobra dreniranost tla zbog

čega površinu prije sadnje treba mehanički pripremiti prikladnim oruđima. Sadnice kao i prirodni pomladak poljskog jasena ne trpe korovsku konkurenciju (amorfa i sl.). uslijed čega dolazi do odumiranja biljaka.

Sadnja kontejnerskih sadnica obavlja se u ručno ili strojno iskopane rupe s time da se sadnica posadi za 2 cm niže u sadnu jamu kako bi se tresetni busen mogao prekriti matičnim glinovitim razrahljenim tlom. Ukoliko se sadnja obavlja krajem ljeta i početkom jeseni, iznad površine oko sadnice se nekim alatom ili rukama napravi mali tzv. „krtičnjak“ u visini oko 5 cm kako bi se spriječilo razdvajanje tresetnih supstrata od matičnog hidromorfnog tla. Nakon jedne vegetacije ti „krtičnjaci“ se slegnu u razini okolnoga tla a sadnica je razvila već dovoljno snažan korijenski sustav u širinu i dubinu izvan zone tresetnog supstrata. Kod proljetne sadnje, također su poželjni „krtičnjaci“. Na slici 3. prikazana je pravilno i nepravilno posadena kontejnerska sadnica poljskog jasena.

U sušnom razdoblju, glina se uteže, a treset sakuplja pa između nastaju pukotine koje isušuju korijen sadnice koja neizostavno ugiba. Predlaže se uzgoj kontejnerskih sadnica u rasadniku u takozvanim projektiranim (inženjerskim) kontejnerima s obzirom na biološke osobine sadnica poljskoga jasena (posebno korijenskog sustava) i unaprijed definiranu duljinu uzgoja u mjesecima. Osim kontejnera potrebno je definirati i ostale čimbenike u rasadničkoj proizvodnji kontejnerskih sadnica (vrijeme uzgoja, nosače, sustav navodnjavanja i fertirigacije, vrstu supstrata i gnojiva i dr.). Zbog desikacije korijena, kontejnerske sadnice trebale bi biti na kompatibilnim nosačima. Iznad nosača projektira se sustav navodnjavanja odozgora (samopokretna kišna krila) za vlagu u supstratu i zamagljivanje (zaštita od biljnih bolesti i štetnika, folijarna prihrana). Treset kao supstrat ima dobra fizikalna, ali loša kemijska svojstva. On se ne smatra hranjivom već potencijalnim hranjivom, nakon hu-



Slika 3. Pravilno (+) i nepravilno (-) posadena kontejnerska sadnica poljskog jasena. (izradio: doc. dr. sc. Damir Drvodelić; ilustracija: akademski slikar Ivica Gabrić)

Figure 3. Correctly (+) and incorrectly (-) planted container seedling of narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl). (Made by: Damir Drvodelić, Ph.D., illustrated by: Ivica Gabrić, academy-trained painter).

mifikacije i mineralizacije. Za svaku biljku najvažniji je dobro razvijen i zdrav korijenski sustav, a za rast korijena od primarne je važnosti dovoljna količina kisika, nakon čega slijede ciljane biljna hranjiva i voda. Supstrati bi trebali biti porozni (oko 70%), rahli, dobrog kapaciteta za zrak (20–25 %) i s dobrom adsorpcijom vode. U arborikulturi se često koristi kod sadnje supstrat iz recikliranog građevinskog materijala (drobljena cigla) dimenzija čestica od 0,16 – 0,20 cm. Takav supstrat čuva vlagu tijekom razdoblja suše i dovodi je prema korijenu biljke (Harris i dr. 2004). Ukoliko se radi o supstratima na bazi čistog crnog treseta (bez dodatka hranjivih tvari) oni se mogu oplemeniti s minimalnom ciljanom dozom gnojiva s kontroliranim otpuštanjem hranjivih tvari (tipa Osmocote) koja će se u potpunosti razgraditi do jeseni prije sadnje. Gnojiva tipa Osmocote su dobra, ali nisu termostabilna što znači da ukoliko se temperatura u kontejneru jako poveća ona brže otpuštaju hranjive tvari nego što piše na deklaraciji. Deklarirana dugovječnost otpuštanja Osmocote gnojiva vrijedi ukoliko je prosječna dnevna temperatura 21°C (<https://everris.com>). U tom smislu, za kontejnersku proizvodnju sadnica bolja su termostabilna gnojiva tipa Silvamix koja se proizvode u

Češkoj (<https://www.silvamix.com/>). Supstrat bi u jesen trebao biti bez hranjivih tvari iz razloga što u tom slučaju korijen sam traži izvor hranjiva i prorasta van busena od supstrata što je povoljnije za sadnicu. Ukoliko u supstratu ima puno hranjiva, biljka „razmišlja“ na način da korijenski sustav ne raste van supstrata (u okolno tlo) koje je puno siromašnije biljnim hranjivima. Veći dio hranjiva sadnice trebaju usvajati putem lista što znači folijarnom ciljanom prihranom. Ona se obavlja u čestim intervalima. Osnovna prednost uzgoja sadnica u kontejnerima je produženo vrijeme sadnje, osim kada tlo nije smrznuto ili pod snijegom a biljke doživljavaju manji stres zbog presađivanja. Ipak se preporuča, u slučaju poljskog jasena, sadnju kontejnerskih sadnica obaviti od druge polovice kolovoza na dalje.

Oruđa za sadnju sadnica poljskog jasena

Sadnja kontejnerskih sadnica treba se obaviti sadiljama za tu vrstu kontejnera (ako postoje). Sadilje su ekonomičniji i brži način sadnje te ergonomski prihvatljiviji. Dobar primjer kvalitetnih kontejnera su BCC kontejneri (<http://www.bccab.com/>) uz koje se mogu kupiti odgovarajuće sadilje (Pottiputki) (slika 4.).

Tehnička svojstva sadilja

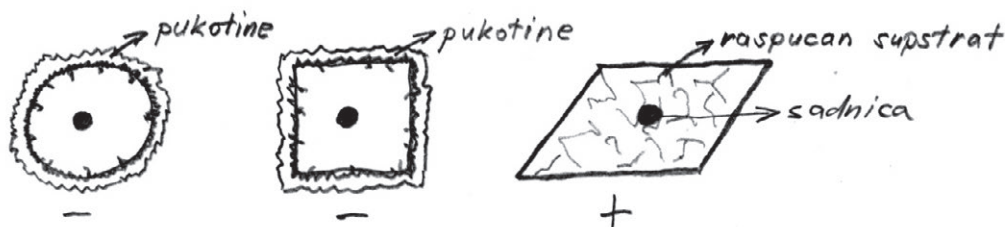
Svaku sadilju karakteriziraju tri čimbenika: unutarnja dimenzija u mm, duljina u mm i težina u g. Za projektirane (inženjerske) kontejnere, mogu se po narudžbi izraditi i prikladne sadilje za sadnice. Kod sadilja je važno da rupe za sadnju ne budu okruglog ili kvadratnog/pravokutnog oblika jer u tom slučaju dolazi do razdvajanja ili pucanja rupe za sadnju od okolnoga tla. Kod sadilja koji rade rupu romboidnog oblika ili iskopane sadne jame, ne dolazi do pucanja po rubu rupe već rupa puca po cijelom profilu što je povoljnije za korijenski sustav biljke. Na slici 5. prikazana su dva primjera lošeg i jedan primjer dobrog geometrijskog oblika sadne jame koja se radi sadiljima.

Cilj ovoga rada je ukazati na ispravnu sadnju sadnica poljskog jasena golog i obloženog korijenskog sustava kao i na problematiku vezanu uz rasadničku proizvodnju kontejnerskih sadnica poljskog jasena u tresetnom supstratu. U radu su utvrđene glavne morfološke značajke sadnica (visina, promjer vrata korijena i varijable korijenskog sustava).



Slika 4. Sadilja proizvođača BCC (Pottiputki-Planting tube 75, unutarnja dimenzija 73 mm, duljina 935 mm i težina 3550 g).

Figure 4. Planting tube BCC (Pottiputki-planting tube 75, internal dimension 73 mm, length 935 mm and weight 3550 g).



Slika 5. Primjeri loših (-) i dobrog (+) geometrijskog oblika sadne jame (ilustracija: doc. dr. sc. Damir Drvodelić)

Figure 5. Examples of bad (-) and good (+) geometric shapes of a pit (illustration: Damir Drvodelić)

MATERIJALI I METODE RADA

MATERIAL AND METHODS

Tehnološki postupak uzgoja kontejnerskih sadnica (HICO V-530) poljskog jasea (*Fraxinus angustifolia* Vahl) (1+0) u rasadniku Brstje, Hrvatske šume d.o.o.

Work technology for growing container seedlings (HICO V-530) of narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl) (1+0) in Brstje nursery, Hrvatske šume d.o.o.

Supstrat koji se koristi za sjetvu sjemena poljskog jasea u kontejnere HICO V-530 ima trgovački naziv PROFI 1 (ProfiMix 1a). Riječ je o supstratu za sjetvu, uzgoj biljaka i poboljšanje tla. Supstrat je izrađen po posebnom receptu od ekološki prihvatljivog treseta, poboljšanog aditivima i mikro elementima. Frakcija treseta je fina (od 0 do 5 ili od 0 do 10 mm). Strukturu supstrata čini 60% bijeli A treset, 40% crni C treset od 0 do 5 ili od 0 do 10 mm. Sadržaj vlage u supstratu iznosi od 40 do 60% a pH se kreće od 5,5 do 6,5. Supstrat je oplemenjen s NPK umjetnim gnojivom 14-16-18. Također sadrži i stimulator za rast korijena naziva Bioroot stimulans. U supstratu ima sredstva za vlaženje naziva Fiba Zorb.

Nakon što je istresen iz vreća (250 l), navedeni supstrat je miješan ručnim alatima. Za dodatnu prihranu je korišteno granulirano gnojivo s postepenim otpuštanjem hranjivih tvari Osmocote exact 15-19-12, u količini od 2,0 g/l supstrata. Gnojivo se miješalo sa supstratom na foliji uz pomoć lopata. Punjenje kontejnera supstratima i sjetva sjemena obavljani su ručno. Sadnice su uzgajane u kontejnerištu rasadnika s projektiranim sustavom navodnjavanja kišenjem.

Kemijske analize supstrata PROFI 1 – Chemical analyses of PROFI 1 substrate

Kemijske analize supstrata na kojima su uzgojene kontejnerske sadnice poljskog jasea obavljene su u Ekološko-pedološkom laboratoriju na Zavodu za ekologiju i uzgajanje šuma Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Za laboratorijske analize korišteni su zrako suhi uzorci tla, prosušeni u laboratoriju, zdrobljeni i prosijani kroz sita promjera otvora 2 i 0,2 mm (ISO 11464, 2004). Na prikupljenim uzorcima izmjereni su sljedeći pedofizografski parametri: pH-vrijednost tla u H₂O i 0,01 M otopini CaCl₂ (ISO 10390, 2005), udjel karbonata u tlu – volumetrijska metoda (ISO 10693, 1995), udjel C_{uk} (ISO 10694, 1995) i udjel N_{tot} (ISO 13878, 1995) na uređaju NC Soil Flash 2000 Thermo Sci-

Tablica 1. Glavni parametri određivanja tehnikom ICP-AES

Table 1. Main determination parameters using the ICP-AES technique

Parametar Parameter	Vrijednost Value
Instrument – Instrument	Thermo Fischer iCAP6300 Duo
Snaga RF-a – RF power	1150 W
Protok rashladnog plina – Coolant gas flow	12 L/min
Protok plina za uzorak – Gas flow for the sample	0,65 L/min
Protok pomoćnog plina – Auxiliary gas flow	0,5 L/min
Sustav za uvođenje uzorka – Sampling system	– automatski uzorkivač CETAC ASX-260 – koncentrični raspršivač s vrtložnom komorom za raspršivanje
Brzina peristaltičke pumpe – Peristaltic pump speed	45 okr/min
Cjevčice peristaltičke pumpe – Peristaltic pump tubes	– uzorak: narančasto-bijela – ispiranje: bijelo-bijela
Vrijeme uvođenja uzorka – Sampling time	45 s
Vrijeme ispiranja – Elutriation time	60 s
Analiza plazme – Plasma view	Automatska (Auto View)
Maksimalno vrijeme mjerenja – Maximum measurement time	– niske valne duljine (160-230 nm): 15 s – visoke valne duljine (230-847 nm): 5 s
Mjereni elementi i valne duljine (nm) – Measured elements and wavelengths (nm)	Ca – 393,366
	Cu – 324,754
	Fe – 238,204
	K – 766,490
	Mg – 279,553
	Mn – 257,610
	Na – 589,592
	– 0 µg/L (svi elementi)
	– 1 µg/L (sve osim Ca, K, Mg, Na, P, S)
	– 10 µg/L (sve osim Ca, K, Mg, Na, P, S)
Kalibracijske otopine – Calibration solutions	– 100 µg/L (sve osim, P i S)
	– 2000 µg/L Ca, 200 µg/L K, 400 µg/L Mg, 1000 µg/L Na
	– 100 µg/L (P and S)
	Dušična kiselina, HNO ₃ , supra pur, 1 % (v/v)
Otopina za ispiranje sustava – System elutriate solution	

entifici. Iz razlike ukupnog ugljika (C_{uk}) i ugljika mineralnog podrijetla (C_{min}) preračunatog iz udjela karbonata iskazan je udjel organskog ugljika (Org C).

Analiza elemenata u tragovima u uzorcima supstrata PROFI 1 – Analysis of trace elements in PROF 1 substrate samples

Ekstrakcija elemenata iz uzoraka supstrata – priprema uzoraka za određivanje tehnikom ICP-AES – *Extraction of elements from soil samples – preparing samples for determination using the ICP-AES technique*

Ekstrakcija elemenata iz uzoraka supstrata rađena je metodom po Mehlichu III (Mehlich, 1984). Svaki uzorak ($\sim 2,00 \pm 0,05$ g) prelijevan je s 20 mL otopine Mehlich 3, nakon čega je smjesa mućkana na tresilici (200 okr/min, 5 min). Odjeljivanje ekstrakta od krutog ostatka obavljeno je filtriranjem pomoću papirnato filtrirnog papira (Wharman No.42). Ekstrakti su čuvani u polipropilenskim scintilacijskim posudicama (20 mL) u hladnjaku. Za potrebe određivanja kalcija, načinjeno je razrjeđivanje ekstrakata ($100 \times$) ultračistom vodom. Priređeni ekstrakti analizirani su tehnikom ICP-AES.

Određivanje sadržaja elemenata u tragovima tehnikom ICP-AES – Determining the trace element content by means of the ICP-AES technique

Određivanje sadržaja metala u priređenim uzorcima izvedeno je tehnikom atomske emisijske spektrometrije (ICP-AES) uz induktivno spregnutu plazmu. Uređaj je podešen na stabilne uvjete rada te je obavljena vanjska kalibracija serijom standardnih otopina priređenih razrjeđivanjem komercijalnog multielementnog standarda *Multi-element Standard Solution* koji sadržava Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, In, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Nb, Pb, Rb, Sb, Se, Sr, Ti, Tl, V, U, Zn ($100 \pm 0,2$ mg L⁻¹, 5 % v/v HNO₃), C.P.A. Chem, Bulgaria. Uz to, standardna otopina za kalibraciju P i S priređena je razrjeđivanjem *Multi-element Standard Solution* koji sadrži P i S ($100 \pm 0,2$ mg L⁻¹), C.P.A.

Chem, Bulgaria. Za elemente Na, K, Mg i Ca korištena je komercijalna standardna otopina *Multielement standard solution III* for ICP, TraceCERT® (Fluka). Spomenute standardne otopine razrjeđivane su otopinom Mehlich III, tj. napravljena je matično-prilagođena vanjska kalibracija. U tablici 1. su dani važni parametri instrumentalne analize.

Određivanje morfoloških osobina kontejnerskih sadnica (HICO V-530) poljskog jasena poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl) (1+0) koje su pošumljene na području šumarije Lipovljani u jesen 2017. godine a uzgojene u rasadniku Brstje, Hrvatske šume d.o.o. – *Determining morphological properties of container seedlings (HICO V-530) of narrow-leaved ash (Fraxinus angustifolia Vahl) (1+0), which were planted in the area of Lipovljani Forest Office in the autumn of 2017 and raised in Brstje nursery, Hrvatske šume d.o.o.*

Najznačajnije morfološke osobine kontejnerskih sadnica poljskog jasena (visina izbojka i promjer vrata korijena) te morfološke osobine korijenskog obavljene su u Laboratoriju za šumsko sjemenarstvo i rasadničarstvo na Zavodu za ekologiju i uzgajanje šuma Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Iz svakog kontejnera izvađena je po 1 sadnica za morfološku analizu korijenskog sustava. Nakon detaljnog ispiranja supstrata sa korijena, pomoću skenera Epson Expression 10000XL i softvera WinRHIZO ProLA2400 (2005) za analizu opranog korijena, utvrdilo se 28. značajnijih morfoloških varijabli korijenskog sustava prikazanih u tablici 5.

REZULTATI RESULTS

U tablici 2. prikazani su podaci kemijske analize supstrata korištenog kod kontejnerske proizvodnje sadnica (HICO V-530) poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl) (1+0) koje su pošumljene na području šumarije Lipovljani u jesen 2017. godine a uzgojene u rasadniku Brestje, Hrvatske šume d.o.o.

Tablica 2. Kemijske značajke u supstratu za uzgoj kontejnerskih sadnica (HICO V-530) poljskog jasena (1+0) koje su pošumljene na području šumarije Lipovljani u jesen 2017. godine a uzgojene u šumskom rasadniku Brestje, Hrvatske šume d.o.o.

Table 2. Chemical characteristics of substrates for the production of container seedlings (HICO V-530) of narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl) (1+0), which were planted in the area of Lipovljani Forest Office in the autumn of 2017 and grown in "Brestje" forest nursery, Hrvatske šume d.o.o.

Varijabla Variable	Jedinica Unit	Broj uzoraka Number of samples	Aritm. sred. Mean	Medijan Median	Minimum Minimum	Maksimum Maximum	Std. dev. Std. Dev.	Koef. varijacije Coefficient of variation
pH _{H2O}	-	5	6,66	6,60	6,58	6,87	0,12	1,80
pH _{CaCl2}	-	5	6,01	6,05	5,86	6,20	0,14	2,30
CaCO ₃	g kg ⁻¹	5	9,95	9,62	9,39	11,14	0,74	7,45
Org C	%	5	60,50	60,98	58,66	61,22	1,08	1,78
N uk	%	5	1,78	1,78	1,73	1,83	0,04	2,09
C/N	-	5	34,48	34,54	33,05	35,86	1,04	3,02

Tablica 3. Udjel makro i mikro hranjiva u supstratu za uzgoj kontejnerskih sadnica (HICO V-530) poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl) (1+0) koje su pošumljene na području šumarije Lipovljani u jesen 2017. godine ekstrahirane Mechlich-3 otopinom (M3).

Table 3. Macro and micro nutrient parts in the substrate for the production of container seedlings (HICO V-530) of narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl) (1+0), which were used to afforest the area of Lipovljani Forest Office in the autumn of 2017 and grown in the forest nursery of „Brestje“ and extracted with Mechlich-3 solution (M3).

Varijabla Variable	Jedinica Unit	Broj uzoraka Number of samples	Aritm. sred. Mean	Medijan Median	Minimum Minimum	Maksimum Maximum	Std. dev. Std. Dev.	Koef. varijacije Coefficient of variation
P ₂ O ₅ - M3	mg kg ⁻¹	5	38,00	0,14	0,14	123,09	55,57	146,24
P ₂ O ₅ - AL	mg kg ⁻¹	5	43,82	12,13	12,13	115,04	46,51	106,15
K ₂ O - M3	mg kg ⁻¹	5	35,94	5,84	2,06	121,56	51,56	143,48
K ₂ O - AL	mg kg ⁻¹	5	32,92	7,10	3,85	106,39	44,24	134,37
S	mg kg ⁻¹	5	42,02	4,63	2,16	121,14	54,93	130,73
Ca	mg kg ⁻¹	4	6104,59	6655,59	218,07	10889,10	4472,25	73,26
Mg	mg kg ⁻¹	2	734,10	734,10	654,57	813,64	112,47	15,32
Fe	mg kg ⁻¹	5	101,37	21,98	7,99	247,44	120,82	119,19
Zn	mg kg ⁻¹	5	3,62	0,34	0,34	12,46	5,27	145,78
Mn	mg kg ⁻¹	5	10,49	2,09	0,92	29,27	12,97	123,59
Cu	mg kg ⁻¹	5	4,53	0,87	0,24	11,94	5,66	125,09

Iz tablice 1. vidljivo je kako je pH supstrata kod kontejnerskih sadnica u H₂O i CaCl₂ bio homogen s obzirom na po-jedini otvor multikontejnera. Udio CaCO₃ je nizak i kreće se oko 1 g/kg. Odnos C/N je povišen što ukazuje na slabiju razgradnju supstrata nakon sadnje, posebno ako su klimatski uvjeti nepovoljni (manjak vlage tijekom ljeta i visoke temperature ili s druge strane pretjerana zasićenost supstrata s vodom. Odnos C/N trebao bi biti niži i kretati se oko 20:1. Supstrat je bio čistog organskog porijekla, u njemu nisu pronađeni ostaci gnojiva (npr. prazni omotači od biljne smole kod gnojiva s produženim djelovanjem tipa Osmocote i sl.). Sastav organskog supstrata pokazuje vrlo visoku homogenost što i odgovara navodima proizvođača. Raspon pH vrijednosti također je u navedenim vrijednostima između 5,5 i 6,5. Udjel vode u uzorcima je bio između 18 i 19 %.

Sažeta analiza rezultata udjela makro i mikro hranjiva u supstratu PROFI 1 korištenog kod uzgoja kontejnerskih sadnica (HICO V-530) poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl) (1+0) koje su pošumljene na području šumarije Lipovljani u jesen 2017. godine – Summarized analysis of the results of macro and micro nutrient proportion in PROFI 1

substrate used for the production of container seedlings (HICO V-530) of narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl) (1+0), which were planted in the area of Lipovljani Forest Office in the autumn of 2017

Da bi se mogla interpretirati opskrbljenost fosforom (P₂O₅) i kalijem (K₂O) prema (Vukadinović i Vukadinović, 2011) rezultati dobiveni ekstrakcijom M3 regresijskim jednadžbama prevedeni su u odgovarajuće vrijednosti dobivene po AL metodi (najčešće upotrebljavana metoda u Republici Hrvatskoj). Dobiveni rezultati ukazuju na vrlo nisku opskrbljenost fosforom i kalijem. Treba istaknuti da za sva analizirana hranjiva postoji vrlo visoka varijabilnost (koeficijent varijacije je iznad 100 %) što ukazuje da nije postignuta zadovoljavajuća homogeniziranost supstrata u kontejnerima.

Korigiran je udjel organskog ugljika za udjel vode i udjel mineralnog C, a udjel dušika za udjel vode pa su isti izbačeni, a vrijednosti za Org C i uk N drugačije. Fosfor i kalij izraženi su kao P₂O₅ i K₂O kako je najčešće uvriježeno u pedologiji i ishrani i to je svedeno na AL metodu koja je u neku ruku najčešće upotrebljavana u Republici Hrvatskoj. Opskrbljenost je niska, a supstrat nehomogen. Homogena je samo organska komponenta (treset).

Tablica 4. Deskriptivna statistika visina i promjera vrata korijena kontejnerskih sadnica (HICO V-530) poljskoga jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl) (1+0) koje su pošumljene na području šumarije Lipovljani u jesen 2017. godine

Table 4. Descriptive statistics of heights and root collar diameters of container seedlings (HICO V-530) of narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl) (1+0), which were planted in the area of Lipovljani Forest Office in the autumn of 2017

Varijabla Variables	Aritm. sred. Mean	Medijan Median	Minimum Minimum	Maksimum Maximum	Varijanca Variance	Std. dev. Std.Dev.
Visina (cm) Height (cm)	21	21	21	24	3	2
Promjer vrata korijena (mm) Root collar diameter (mm)	4,52	4,51	3,70	5,28	0,34	0,58

Tablica 5. Deskriptivna statistika značajnijih morfoloških varijabli opranog korijenskog sustava kontejnerskih sadnica (HICO V-530) poljskoga ja-sena (*Fraxinus angustifolia* Vahl) (1+0) koje su pošumljene na području šumarije Lipovljani u jesen 2017. godine

Table 5. Descriptive statistics of the most important morphological variables of a washed root system of container seedlings (HICO V-530) of narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl) (1+0), which were planted in the area of Lipovljani Forest Office in the autumn of 2017

Varijable <i>Variables</i>	Aritm. sred. Mean	Medijan Median	Minimum Minimum	Maksimum Maximum	Varijanca Variance	Std. dev. Std.Dev.
Duljina (cm) <i>Length (cm)</i>	826,51	858,59	682,95	992,76	18674,38	136,65
Projicirana površina (cm ²) <i>Projection area (cm²)</i>	89,05	88,95	68,84	106,83	298,83	17,29
Površina (cm ²) <i>Area (cm²)</i>	279,75	279,43	216,25	335,60	2949,38	54,31
Prosječan promjer (mm) <i>Average diameter (mm)</i>	1,07	1,06	1,01	1,18	0,00	0,06
Volumen (cm ³) <i>Volume (cm³)</i>	7,56	7,24	5,45	9,87	3,20	1,79
Vrhovi (kom) <i>Tips (pcs)</i>	217	214	185	249	923	30
Račvanja (kom) <i>Forks (pcs)</i>	2667	2762	1984	3276	372393	610
Križanja (kom) <i>Crossings (pcs)</i>	983	1046	732	1241	50485	225
0.000 < duljina <= 1.000 0.000 < <i>length</i> <= 1.000	625,89	647,85	531,19	752,80	8519,44	92,30
1.000 < duljina <= 2.000 1.000 < <i>length</i> <= 2.000	128,17	137,70	95,37	159,90	924,11	30,40
2.000 < duljina <= 5.000 2.000 < <i>length</i> <= 5.000	61,18	49,94	43,70	97,20	484,04	22,00
duljina > 5.000 <i>length</i> > 5.000	10,32	11,50	3,94	12,35	12,90	3,59
0.000 < površina <= 1.000 0.000 < <i>area</i> <= 1.000	76,97	80,24	65,78	91,38	114,61	10,71
1.000 < površina <= 2.000 1.000 < <i>area</i> <= 2.000	55,43	59,12	40,84	69,34	186,20	13,65
2.000 < površina <= 5.000 2.000 < <i>area</i> <= 5.000	55,47	44,48	40,90	90,45	429,95	20,74
površina > 5.000 <i>area</i> > 5.000	20,75	23,95	7,22	24,72	57,57	7,59
0.000 < projicirana površina <= 1.000 0.000 < <i>projection area</i> <= 1.000	24,50	25,54	20,94	29,09	11,61	3,41
1.000 < projicirana površina <= 2.000 1.000 < <i>projection area</i> <= 2.000	17,64	18,82	13,00	22,07	18,87	4,34
2.000 < projicirana površina <= 5.000 2.000 < <i>projection area</i> <= 5.000	17,66	14,16	13,02	28,79	43,56	6,60
projicirana površina > 5.000 <i>projection area</i> > 5.000	6,60	7,62	2,30	7,87	5,83	2,42
0.000 < volumen <= 1.000 0.000 < <i>volume</i> <= 1.000	1,01	1,07	0,85	1,19	0,02	0,14
1.000 < volumen <= 2.000 1.000 < <i>volume</i> <= 2.000	1,99	2,10	1,45	2,49	0,26	0,51
2.000 < volumen <= 5.000 2.000 < <i>volume</i> <= 5.000	4,29	3,51	3,13	7,18	2,82	1,68
volumen > 5.000 <i>volume</i> > 5.000	3,45	3,80	1,06	4,59	1,89	1,37
0.000 < vrhovi <= 1.000 0.000 < <i>tips</i> <= 1.000	214	210	182	247	886	30
1.000 < vrhovi <= 2.000 1.000 < <i>tips</i> <= 2.000	1	1	0	3	2	1
2.000 < vrhovi <= 5.000 2.000 < <i>tips</i> <= 5.000	1	1	0	2	1	1
vrhovi > 5.000 <i>tips</i> > 5.000	1	1	0	2	1	1



Slika 6. Oprani korijenski sustav kontejnerskih sadnica (HICO V-530) poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl) (1+0)

Figure 6. Washed root system of a container seedling (HICO V-530) of narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl) (1+0)

U tablici 4. prikazana je deskriptivna statistika visina i promjera vrata korijena kontejnerskih sadnica (HICO V-530) poljskoga jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl) (1+0) koje su pošumljene na području šumarije Lipovljani u jesen 2017. godine

Pošumljene kontejnerske sadnice imale su prosječnu visinu od 21 cm i promjer vrata korijena od 4,52 cm. Šumska sadnica ne smije ići na teren iz rasadnika ukoliko ima visinu manju od 15 cm što u ovim istraživanjima nije bio slučaj.

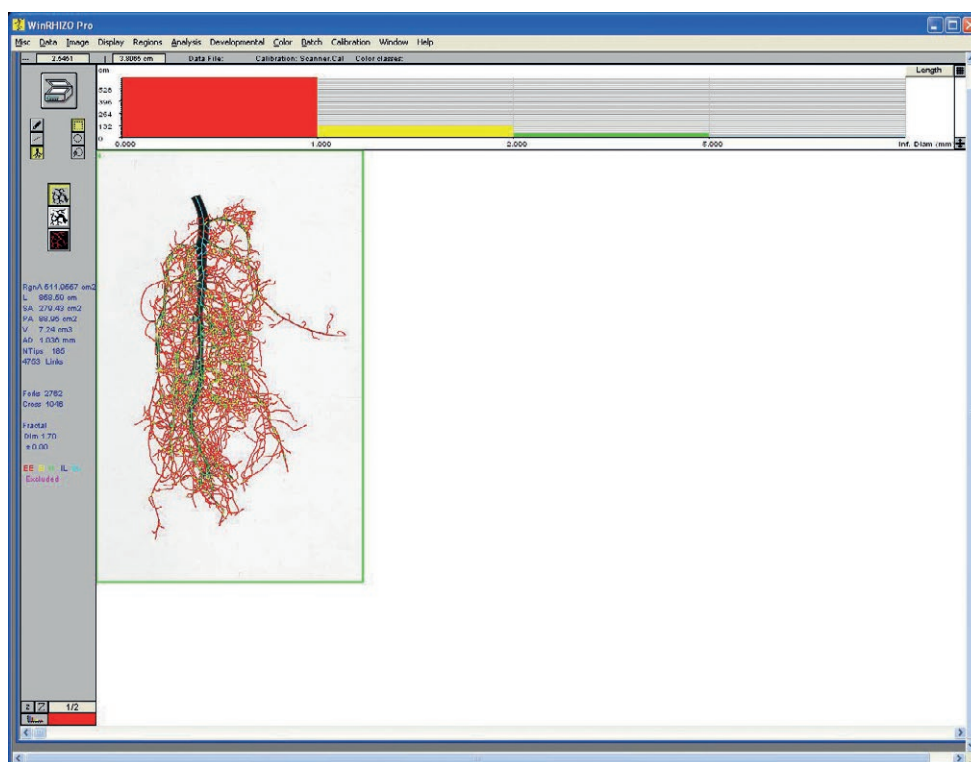
U tablici 5. prikazana je deskriptivna statistika značajnijih morfoloških varijabli opranog korijenskog sustava kontejnerskih sadnica (HICO V-530) poljskoga jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl) (1+0) koje su pošumljene na području šumarije Lipovljani u jesen 2017. godine.

Na slici 6. prikazan je uzorak opranog korijenskog sustava prosječne kontejnerske sadnice (HICO V-530) poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl) (1+0) po visini

Korijenski sustav ima glavnu žilu koja raste pozitivno geotropno i niz korijenskih žila koje rastu također pozitivno geotropno s različitim stupnjem otklona od glavne žile. Korijen ima prikladan sustav razgranjenja s obzirom na tip i veličinu kontejnera te dob sadnice. Na slici nisu vidljive deformacije korijenskog sustava.

Na slici 7. prikazana je analiza opranog korijena uz pomoć softvera WinRHIZO ProLA2400 (2005)

Na softverskom prikazu vidi se puno sitnih korjenčića ukupne srednje duljine od 826,51 cm pri čemu posebno veliki udio od 625,89 cm ili 75,73% imaju najtanji kor-



Slika 7. Analiza opranog korijena sa slike 6. kontejnerske sadnice (HICO V-530) poljskog jasena (1+0) uz pomoć softvera WinRHIZO ProLA2400 (2005)

Figure 7. Analysis of a washed root of container seedling (HICO V-530) of narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl) (1+0) from Figure 6 using WinRHIZO ProLA2400 software (2005)

jenčići promjera od 0.000 do 1.000 cm (tablica 4). Iz iste tablice je vidljivo kako ukupna srednja duljina korjenčića pada s povećanjem njihovih promjera.

RASPRAVA I ZAKLJUČCI DISCUSSION AND CONCLUSION

Za očekivati je kako bi presadnja sadnica poljskoga jasena u kontinentalnom dijelu Republike Hrvatske krajem ljeta i početkom jeseni trebala dati puno bolje rezultate u odnosu na proletnu presadnju. Sadnju treba obaviti nakon dva tjedna što sve lišće otpadne s jasenovih sadnica u rasadniku. O tome treba brigu voditi tehnolog proizvodnje. Jasen ima svojstvo kasnog listanja i ranog odbacivanja lišća u kratkom vremenskom razdoblju. Kada se sadnice sa smanjenom transpiracijom posade na teren, a povoljni uvjeti potiču rast korijena, biljka se brže ukorjenjuje u okolno tlo što je najvažnije.

Cambi i dr. (2018) pišu o negativnom utjecaju na rast biljaka i mehaničkog otpora ukoliko je vrijednost otpora na penetrometru veća od 2,5 MPa. Vodo propusnost tla može se izmjeriti praktično vrlo jednostavnim metodom. U tlu se iskopa rupa i zalije s 2 l vode, prvi i drugi put se pusti da tlo upije vodu, a treći put se mjeri vrijeme propustljivosti vode.

Unatoč poznatoj činjenici kako zbijenost tla utječe na razvoj klijanca i korijenskog sustava, ona se počela značajnije istraživati unazad dva desetljeća. Utvrđeno je kako se s povećanjem zbijenosti tla klijavost sjemena hrasta lužnjaka statistički značajno usporava. Osim na klijavost sjemena, zbijenost tla negativno utječe na morfološke značajke nadzemnog i podzemnog dijela sadnica i može utjecati na uspjeh prirodne obnove, posebno kada nepovoljni uvjeti rasta (suša ili oštra klima) mogu biti daljnja prepreka za razvoj klijanca. Mnogi autori proučavaju utjecaj sabijenosti tla na visine sadnica hrasta lužnjaka na kraju prve vegetacije te utvrđuju negativni utjecaj sabijanja. Kod nekih drugih vrsta (smreke, borovi), sabijanje nije značajno utjecalo na visine sadnice već na značajke korijenskog sustava. Kada je struktura tla utjecana sječom stabala (dovršnim sijekom) koji uzrokuje sabijanje tla, događa se proces degradacija tla i/ili se povećava što dovodi do daljnjih problema u obnovi šuma. Kod gospodarenja šumama bliskoj prirodi ili pod stalnim zatorom krošanja, uspjeh prirodne obnove nakon dovršenog sijeka je od presudne važnosti kako bi se izbjegla degradacija staništa i potaknuo brzi oporavak tla. Vjerojatno bi se negativan utjecaj zbijenosti tla na klijavost sjemena i morfološke značajke sadnica pokazao i sa sjemenom poljskog jasena bilo u slučaju proizvodnje sadnica gologa ili obložena korijena ili umjetne obnove sjetvom sjemena zbog izostanka uroda. Zbijenost tla ima značajan utjecaj na korijenski sustav, naročito njegov rast u dubinu te na visinu izbojka. Zbijenost tla može utjecati na zakorjenjivanje sadnica. Ozbiljni problemi u razvoju korijenskog sustava mogu se po-

javiti kada poroznost tla ne dopušta prodiranje sitnog korijena. Dobro je poznato kako zbijena tla zadržavaju više vode pri poljskom kapacitetu tla za vodu od nezbijenih tala. U zbijenim tlima, visoki postotak finih pora može tako čvrsto vezati vodu da ju korijen biljke ne može usvojiti. Dublje zakorjenjene sadnice imaju veću vjerojatnost za preživljavanje tijekom ljetne suše za razliku od sadnica s plićim korijenskim sustavom iz čega proizlazi da korijenski sustav sadnica (volumen) ima važnu ulogu u preživljavanju biljaka.

Kontejnerske sadnice u praksi se uzgajaju u čistom organskom mediju poput crnog treseta koji je nepoželjan jer se nakon sadnje treset tijekom ljeta, kad nastupe visoke temperature, lako isušuje i ako mu sadržaj vlage padne ispod 34% on više neće upijati vodu (postaje vodni repelent) već se ona procjeđuje oko korijena u supstratu i on ugiba zbog manjka vlage. O primjeni gnojiva Osmocote na uspijevanje i kvalitetu sadnica poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl) uzgajanog u kontejnerima od tvrde plastike piše Komlenović (1997) i navodi kako je površinski primijenjeno gnojivo Osmocote pozitivno utjecalo na uspijevanje jasenovih biljaka uzgajanih na supstratima od treseta iz Latvije i Mađarske, a posebno iz Latvije. Rast biljaka se povećavao s porastom doze gnojiva.

Uzroci velikog mortaliteta sadnica poljskog jasena kod pošumljavanja na području Republike Hrvatske – *Causes of high mortality of narrow-leaved ash (Fraxinus angustifolia Vahl) seedlings during reforestation in the area of Republic of Croatia*

Sadnice golog korijena uzgajaju se u našim rasadnicima najčešće na istim proizvodnim površinama. Zbog intenzivnog uzgoja tla su degradirana, izgubljen je balans između određenih makro i mikro biljnih hranjiva u tlu, pa je povećana količina klora i salinitet. Rasadnička tla uglavnom imaju deficit humusa. Trebalo bi koristiti gnojiva visoke kakvoće bez klora, termostabilna, s dodatkom mikroelemenata i huminskih kiselina. Kod monokulturnog uzgoja šumskih sadnica s godinama se značajno povećava količina patogenih bolesti, a time i korištenje velikih količina sredstava za zaštitu. Kontejnerske sadnice često se uzgajaju u neodgovarajućem supstratu s isključivo sporootpuštajućim gnojivima, koja u našim mikroklimatskim uvjetima često u praksi neravnomjerno i puno brže otpuštaju hranjiva. Trebalo bi obavljati prihranjivanje kroz sustav navodnjavanja (fertirigacija), prilagođenu fenofazama sadnica. Posljedica gore navedenog su sadnice siromašne hranjivima, s premalim zalihama fosfora i kalija za zimsko mirovanje i početni rast korijenja, te kretanje vegetacije. Jako niska razina enzima, hormona rasta (auksin) i fenola uzrokuje podložnost svim gljivičnim i bakterijskim bolestima, te slabu otpornost na stres (presadnja, temperatura, vlaga...). Nakon dovršenog sijeka u šumskoj sastojini ostaje velika količina svježeg organske materije, koja za raspadanje treba velike količine

dušika. U odjelima nema stabala koje bi tijekom poplava opskrbljivalo mikorizne gljive i tlo kisikom, pa se mikrobiološki život značajno smanjuje. Teška ilovasta tla su zbijena, pa nastaju štetni anaerobni procesi fermentacije. Kasnoproletna sadnja u jako mokro tlo rezultira time da je biljka „gladna“ (razni fiziološki poremećaji) i ne uspijeva se ukorijeniti u matično tlo. Vrlo brzo dolaze visoke temperature i duga razdoblja suše, pa loše pripremljeno tlo i sadna jama sa zračnim džepovima rezultira pucanjem tla i korijenja, te sušenjem sadnica. S druge strane, višak padalina u toplom razdoblju ubrzava porast patogenih i anaerobnih mikroorganizama, što rezultira propadanjem sadnica. Radi stabilizacije dušika preporučuje se maknuti svježu organsku tvar sa sadnog mjesta. Radi obnove mikroflora u tlu i biozaštite preporučuje se primjena ektomikoriznih cjepiva i entomopatogenih gljiva. Dobra šumarska praksa iz srednje Europe i Skandinavije uključuje:

- izvoz granjevine i biomase
- kopanje meliorativnih kanala kako bi se poplavna voda brže povlačila
- riperanje tla kako bi se razbio nepropusni horizont (taban) u tlu nastao dugim stajanjem vode visokog nivoa koje fizički sabija i degradira tlo
- strojna priprema sadnih mjesta (kako bi se uklonio organski otpad)
- pravilna sadnja sadnica gologa i obloženoga korijena (prikazana na ilustracijama)
- obavezna mikorizacija
- močenje korijenja sadnica u vodotopivim gnojivima s aktivatorima rasta (auksini, huminske kiseline...)
- startna gnojidba (stavljanjem gnojiva u obliku tablete uz sadnicu)
- organska gnojidba (digestat iz bioplinjskih postrojenja, mulj iz kanala za meliorizaciju i ribnjaka, mulj iz pročišćivača otpadnih voda, kompost od biootpada)
- sadnja manje količine sadnica po hektaru ali s tulijevim cijevima, naročito na vlažnim, močvarnim i plavljenim terenima gdje led uzrokuje savijanje sadnica

LITERATURA REFERENCES

- Adams, J. C., W. B. Patterson, 2004: Comparison of planting bar and hoedad planted seedlings for survival and growth in a controlled environment. In: Connor KF, editor Proceedings of the 12th Biennial Southern Silvicultural Research Conference. Asheville (NC):USDA-Forest Service, Southern Research Station. General Technical Report GTR SRS-71: 423.-424.
- Balneaves, J. M., Menzies, M. I. 1988: Lifting and handling procedures at Edendale Nursery—effects on survival and growth of 1/0 *Pinus radiata* seedlings. New Zealand Journal of Forestry Science, 18:132.-134.
- Blake, J. I., L. D. Teeter, D. B. South, 1989: Analysis of the economic benefits from increasing uniformity in Douglas-fir nursery stock. In: Mason, W. L., J. D. Deans, and S. Thompson, editors. Producing uniform conifer planting stock. Forestry Supplement 62: 251.-262.
- Bobinec Mikek, D., 2009: Utjecaj potencijala rasta korijena sadnica crnog bora (*Pinus nigra* F. J. Arnold) na njihovo preživljavanje. Magistarski rad. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet. 180. str.
- Burr, K. E., 1990: The target seedling concepts: bud dormancy and cold hardiness. In: R. Rose, S. J. Campbell, T. D. Landis, editors. Target seedling symposium: combined proceedings of the western forest nursery associations; 1990 August 13-17; Roseburg, OR. Fort Collins (CO): USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. General Technical Report RM-200: 79.-90. str.
- Burr, K. E., R. W. Tinus, S. J. Wallner, R. M. King, 1990: Comparison of three cold hardiness tests for conifer seedlings. Tree Physiology, 6: 351.-369.
- Cambi, M., B. Mariotti, F. Fabiano, A. Maltoni, A. Tani, C. Foderi, A. Laschi, E. Marchi, 2018: Early response of *Quercus robur* seedlings to soil compaction following germination. Land Degrad Dev., 29: 916.-925.
- Cleary, B. D., J. B. Zaerr, 1980: Pressure chamber techniques for monitoring and evaluating seedling water status. New Zealand Journal of Forest Science, 10:133.-141.
- Crnković, S., D. Drvodelić, S. Perić, 2017: Morfološke značajke kontejnerskih sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) iz sjemenske regije gornja Posavina i Pokuplje (1.2.3.). Šumarski list, 9-10: 451.-458.
- Drvodelić, D., M. Oršanić, Z. Zeman 2012: Uspjeh pošumljavanja jednogodišnjim (1+0) i školovanim (1+1) sadnicama divlje kruške (*Pyrus pyraeaster* Burgsd.). Šumarski List, 7-8: 355.-366.
- Drvodelić, D., M. Oršanić, S. Perić, M. Tijardović, 2013: Utjecaj navodnjavanja i mikoreljefa u rasadniku na morfološke značajke šumskih sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) i kitnjaka (*Quercus petraea* L.). Šumarski list, 9-10: 447.-459.
- Drvodelić, D., M. Oršanić, V. Paulić, 2015: Utjecaj AgroHidroGela i ektomikorize na preživljenje i početni rast sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). Proizvodnja hrane i šumarstvo - temelj razvoja istočne Hrvatske / Matić, Slavko ; Tomić, Franjo ; Anić, Igor (ur.). - Zagreb: Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, 271.-294. str.
- Drvodelić, D., M. Oršanić, V. Paulić, 2016a: Utjecaj ektomikorize i huminskih kiselina na morfološke značajke jednogodišnjih sadnica hibrida *Paulownia tomentosa* x *Paulownia fortunei*. Šumarski list, 7-8: 327.-337.
- Drvodelić, D., D. Ugarković, M. Oršanić, V. Paulić, 2016b: The Impact of Drought, Normal Watering and Substrate Saturation on the Morphological and Physiological Condition of Container Seedlings of Narrow-Leaved Ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl). South-east Eur for., 7 (2): 135.-142.
- Drvodelić, D., D. Ugarković, M. Oršanić, V. Paulić, 2016c: The Impact of Drought, Normal Watering and Substrate Saturation on the Morphological and Physiological Condition of Container Seedlings of Narrow-Leaved Ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl). Seefor, 7 (2): 135.-142.
- Drvodelić, D., 2017: Ekologija i obnova poplavnih šuma Posavine, 2017: Znanstveno-istraživački projekt. Završno pisano trogodišnje izvješće pod projekta Uzgajanje šuma „Problematika sjemenarstva i rasadničke proizvodnje sadnica poljskog jasea (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) i hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.)“,

- ur. Damir Drvodelić, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet. U tisku. 75. str.
- Drvodelić, D., M. Oršanić, 2019: Izbor kvalitetne šumske sadnice poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl) za umjetnu obnovu i pošumljavanje. Šumarski list, 11-12: 577-585.
 - Faulconer, J. R., 1988: Using frost hardiness as an indicator of seedling condition. In: Landis TD, technical coordinator. Proceedings, combined meeting of the western forest associations; 1988 August 9-11; Vernon, BC. Fort Collins (CO): USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. General Technical Report RM-167: 89.-95. str.
 - Glerum, C., 1984: Frost hardiness of coniferous seedlings: principles and applications. In: M. L. Duryea, editor. Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests. Proceedings of a workshop held October 16-18, 1984. Corvallis (OR): Oregon State University, Forest Research Laboratory: 107.-123. str.
 - Haase, D. L., R. W. Rose, J. Trobaugh, 2006: Field performance of three stock sizes of Douglas-fir container seedlings grown with slow release fertilizer in the nursery growing medium. New Forests, 31: 1.-24.
 - Haase, D. L., 2007: Morphological and Physiological Evaluations of Seedling Quality. USDA Forest Service Proceedings RMRS-P-50: 3.-8. str.
 - Harrington, J. T., J. D. Mexal, J. T. Fisher, 1994: Volume displacement method provides a quick and accurate way to quantify new root production. Tree Planters' Notes, 45: 121.-124.
 - Harris, R. W., Clark, J. R., N. P. Matheny, 2004: Arboriculture, Integrated Management of Landscape Trees, Shrubs, and Vines. Upper Saddle River, New Jersey, USA. 578. str.
 - ISO 10390, 1994: Soil quality – Determination of pH. ISO, Genève.
 - ISO 10693, 1995: Soil quality – Determination of carbonate content – Volumetric method, ISO, Genève.
 - ISO 10694, 1995: Soil quality – Determination of organic and total carbon after dry combustion (elementary analysis). ISO, Genève.
 - ISO 11464, 1994: Soil quality – Pretreatment of samples for physico-chemical analyses. ISO, Genève.
 - ISO 13878, 1998: Soil quality – Determination of total nitrogen content by dry combustion (elemental analysis). ISO, Genève.
 - Jelić, G., V. Topić, L. Butorac, Z. Đurđević, A. Jazbec, M. Oršanić, 2014: Utjecaj veličine kontejnera i pripreme tla na uspjeh pošumljavanja jednogodišnjim sadnicama bora pinije (*Pinus pinea* L.) na sredozemnom području Republike Hrvatske. Šumarski list, 9-10: 463-475.
 - Jacobs, D. F., K. F. Salifu, J. R. Seifert, 2005: Relative contribution of initial root and shoot morphology in predicting field performance of hardwood seedlings. New Forests, 30: 235.-251.
 - Komlenović, 1997: Utjecaj gnojiva "Osmocote Plus" na uspijevanje i kvalitetu sadnica poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl). Radovi: 32 (1): 67-75.
 - Kozłowski, T. T., J. H. Torrie, P. E. Marshall, 1973: Predictability of shoot length from bud size in *Pinus resinosa* Ait. Canadian Journal of Forest Research, 3: 34.-38.
 - Landis, T. L., 1985: Mineral nutrition as an index of seedling quality. In: M. L. Duryea, editor. Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests. Proceedings of a workshop held October 16-18, 1984. Corvallis (OR): Oregon State University, Forest Research Laboratory: 29.-48. str.
 - Lavender, D. L., 1985: Bud dormancy. In: M. L. Duryea, editor. Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests. Proceedings of a workshop held October 16-18, 1984. Corvallis (OR): Oregon State University, Forest Research Laboratory: 7.-15. str.
 - Lopushinsky, W., 1990: Seedling moisture status. In: R. Rose, S. J. Campbell, T. D. Landis, editors. Target seedling symposium: combined proceedings of the western forest nursery associations; 1990 August 13-17; Roseburg, OR. Fort Collins (CO): USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. General Technical Report RM-200: 123.-138. str.
 - Mehlich, A., 1984: Mehlich-3 soil test extractant: a modification of Mehlich-2 extractant. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 15 (12): 1409.-1416.
 - Mexal, J. G., Landis, T. D. 1990: Target seedling concepts: height and diameter. In: Rose, R., S. J. Campbell, T. D. Landis, editors. Target seedling symposium: combined proceedings of the western forest nursery associations; 1990 August 13-17; Roseburg, OR. Fort Collins (CO): USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. General Technical Report RM-200: 17.-35. str.
 - Omi, S. K., G. T. Howe, M. L. Duryea, 1986: First-year field performance of Douglas-fir seedlings in relation to nursery characteristics. In: Landis TD, editor. Proceedings, combined Western Forest Nursery Council and Intermountain Nursery Association meeting; 1986 Aug 12-15; Tumwater, WA. Fort Collins (CO): USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station USDA. General Technical Report RM 137: 29.-34. str.
 - Oršanić, M., D. Drvodelić, I. Kovačević, 2007: Rasadnička proizvodnja sadnica crnog oraha (*Juglans nigra* L.). Šumarski list 131, (5-6): 207.-217.
 - Oršanić, M., D. Horvat, N. Pernar, M. Šušnjar, D. Bakšić, D. Drvodelić, 2008: Growth of Pedunculate Oak Seedlings under Soil Contamination by Mineral and Biodegradable Oils. Croatian journal of forest engineering, 29 (2): 155.-162.
 - Oršanić, M., D. Horvat, N. Pernar, M. Šušnjar, D. Bakšić, D. Drvodelić, 2008: Utjecaj mineralnog i biorazgradivog ulja na rasadničku klijavost i rast sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). Šumarski list, 131 (1-2): 3.-9.
 - Oršanić, M., D. Drvodelić, D. Bobinec Mikek, V. Paulić, 2010: Utjecaj potencijala rasta korijena na preživljavanje i rast sadnica crnog bora (*Pinus nigra* Arnold). Glasnik za šumske pokuse, 43: 61.-72.
 - Owens, J. N., M. Molder, 1973: A study of DNA and mitotic activity in the vegetative apex of Douglas-fir during the annual growth cycle. Canadian Journal of Botany, 51: 1395.-1409.
 - Paterson J. DeYoe D., S. Millson, R. Galloway, 2001: In: R. G. Wagner, S. J. Colombo, editors. Regenerating the Canadian forest: principles and practice for Ontario. Markham (ON): Ontario Ministry of Natural Resources and Fitzhenry & Whiteside Ltd: 325.-341.
 - Ritchie, G. A. 1984. Assessing seedling quality. In: Duryea ML, Landis TD, editors. Forest nursery manual: production of bare root seedlings. Boston (MA): Martinus Nijhoff/Dr W Junk Publishers. 243.-259. str.
 - Ritchie, G. A., 1985: Root growth potential: principles, procedures and predictive ability. In: M. L. Duryea, editor. Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests. Proceedings of a workshop held October 16-18, 1984. Corvallis (OR): Oregon State University, Forest Research Laboratory: 93.-106. str.
 - Roller, K. J., 1977: Suggested minimum standards for containerized seedlings in Nova Scotia. Fisheries and Environment Canada, Canadian Forestry Service, Maritimes Forest Research Centre. Information Report M-X-69: 18. str.

- Rose, R., D. L. Haase, F. Kroiher, T. Sabin, 1997: Root volume and growth of ponderosa pine and Douglas-fir seedlings: a summary of eight growing seasons. *Western Journal of Applied Forestry*, 12: 69.-73.
- Rose, R., J. S. Ketchum, 2003: Interaction of initial seedling diameter, fertilization, and weed control on Douglas-fir growth over the first four years after planting. *Annals of Forest Science*, 60: 625.-635.
- Simpson, D. G., 1990: Frost hardiness, root growth capacity, and field performance relationships in interior spruce, lodgepole pine, Douglas-fir, and western hemlock seedlings. *Canadian Journal of Forest Research*, 20: 566.-572.
- Simpson, D. G., G. A. Ritchie, 1997: Does RGP predict field performance? A debate. *New Forests*, 13: 253.-277.
- Smith, J. H., 1975: Big stock vs. small stock. In: *Proceedings of the Western Forest Fire Committee*; 1975 Dec 2-3; Vancouver, British Columbia. 107.-115. str.
- South, D. B., J. G. Mexal, J. P. van Buijtenen, 1988: The relationship between seedling diameter at planting and long term volume growth of loblolly pine seedlings in east Texas. In: *Proceedings of the 10th North American Forest Biology Workshop*; 1988 July 20-22; Vancouver, British Columbia. 192.-199. str.
- Tanaka, Y., P. Brotherton, S. Hostetter, D. Chapman, S. Dyce, J. Belanger, B. Johnson, S. Duke, 1997: The operational planting stock quality testing program at Weyerhaeuser. *New Forests*, 13: 423.-437.
- Thompson, B. E., 1985: Seedling morphological evaluation—what you can tell by looking. In: Duryea ML, editor. *Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests*. Proceedings of a workshop held October 16-18, 1984. Corvallis (OR): Oregon State University, Forest Research Laboratory: 59.-71. str.
- Tsakalimi, M., T. Zagas, T. Tsitsoni, P. Ganatsas, 2005: Root morphology, stem growth and field performance of seedlings of two Mediterranean evergreen oaks species raised in different container types. *Plant Soil* 278: 85.-93.
- van den Driessche, R., 1980: Effects of nitrogen and phosphorus fertilization on Douglas-fir nursery growth and survival after out-planting. *Canadian Journal of Forest Research*, 10: 65.-70.
- Vukadinović, V., V. Vukadinović, 2011: *Ishrana bilja*. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. 442 str.
- <https://www.silvamix.com/>
- <http://www.bccab.com/>
- <https://everris.com>

Summary

This review article lists and explains the benefits of planting activities undertaken in late summer and early fall, as well as spring planting before vegetation begins. Both irregular and correct digging of the plant pit and irregular and correct planting of bare-root seedlings of narrow-leaved ash are described and shown with the original illustrations. The influence of soil compaction on seed germination, seedling development, morphological characteristics of the above and below ground part of seedlings and root system is explained. The disadvantages of container production of forest seedlings in pure organic medium such as black peat and the disadvantages of planting seedlings produced in the field are discussed. Properly and incorrectly planted fields of narrow-leaved ash seedlings have been described and shown with the original illustrations. Modern technology of nursery production of narrow-leaved ash seedlings in containers and the benefits of afforestation of seedlings of coated root are presented. Container production is semi-automated and planting in the field should be done exclusively with the help of planters, whose features and advantages are presented in the article. Innovative solutions for the construction of a planter are described with regard to the shape of the hole that they make. It is important that the holes made by the planters are not round or square / rectangular, otherwise the planting holes will break or burst away from the surrounding soil. In the case of planters operating a rhombus-shaped hole or dug-in planting pit, there is no cracking at the edge of the hole, but the hole shoots all over the profile, which is more favorable to the root system of the plant. The original illustrations show examples of poor and good geometric shapes of a plant pit. An example taken from the Brestje nursery in Sesvete (Croatian Forests Ltd.) is used to illustrate the technology of nursery production of container seedlings of narrow-leaved ash. The data from the substrate declaration used in container production of seedlings were compared with the results of our own chemical analyzes at the time of planting the seedlings in the field after one growing vegetation. The extraction of elements from the substrate samples is described and so is the preparation of samples for trace element content determination by the ICP-AES technique. The values of the main substrate parameters obtained by the ICP-AES technique are presented, as well as the content of macro and micro nutrients in the substrate. The article presents the main morphological characteristics of container seedlings of narrow-leaved ash planted in the Lipovljani forest area in autumn 2017. In particular, the appearance of the washed root system of an average container seedling and its morphological analysis by means of WinRHIZO ProLA2400 (2005) scanner and software are presented. The causes of high mortality of narrow-leaved ash seedlings during afforestation in the Republic of Croatia are described, and concrete measures are proposed to improve the current situation in line with good forestry practices implemented in the countries of Central Europe and Scandinavia.

KEY WORDS: irregular planting, proper planting, container seedlings, peat substrates, root morphology



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.

UŠARA (*Bubo bubo* L.)

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

Opisano je 14 podvrsta, od kojih četiri obitavaju u Europi, a u Hrvatskoj je prisutna nominalna podvrsta. Naraste u dužinu oko 60 – 75 cm s rasponom krila 138 – 170 (190) cm, te ima 1,5 – 2 (4,2) kg težine. Najveća je naša sova koju po veličini možemo usporediti sa divljim guskama. Izgled tijela je zdepast s velikom glavom na kojoj su izražena ušna pera, facijalni disk i velike oči narančasto crvene boje. Boja perja je smeđa, pjegasto tamno prošarana sa svjetlijim trbuhom koji je tamno uzdužno prugast. Spolovi su po boji perja i veličini međusobno slični. Glasanje je duboko, ponekad prodorno. Naseljava područje gotovo cijele Europe, osim krajnjih sjevernih dijelova. Vezana je za otvorena područja planinskih i kamenjarskih pašnjaka, stijena, gariga, vriština i poljoprivrednih površina koje se vežu ili ispresijecaju šumovita područja. Gnijezda ne gradi već traži prikladnu šupljinu u duplji drveća ili stijenama. Isto gnijezdište koristi više godina. Gnijezdi jedan puta godišnje od veljače do srpnja. Nese 2 – 4 (6) bijelih jaja veličine oko 50 x 60 mm koje teže do 80 g. Na jajima sjedi ženka oko pet tjedna i u tom razdoblju hranu joj donosi mužjak. Mlade ptice u gnijezdu hrane oba roditelja oko dva mjeseca kada oni napuštaju mjesto gnijezđenja, a nakon tri mjeseca lokalno se raspršuju u svim smjerovima uglavnom do 100 km, a maksimalne udaljenosti disperzije dosežu i do 200 km. Hrani se pticama do veličine tetrijeba i sisavcima do veličine lisice i mladunčadi srne. Ima različite tehnike lova, plijen hvata na tlu ili u punom letu, najčešće na otvorenim prostorima ali može loviti u šumi. Let je bešuman, s mekim zamasima krila. Način leta sličan je na let škanjca. Lovi noću, od sumraka do zore.

U Hrvatskoj je gnjezdarica i stanarica priobalja i gorskog dijela dok je u unutrašnjosti rijetko prisutna, iako je krajem XIX. i početkom XX. stoljeća gnijezdila na području nizin-

skog dijela Hrvatske. Na Crvenom popisu gnjezdarica Hrvatske koji obuhvaća 91 vrstu svrstana je u kategoriju gotovo ugroženih gnjezdarica (NT- Near Threatened).

Ušara je strogo zaštićena vrsta u Republici Hrvatskoj.



Karakteristična ušna pera, facijalni disk i velike oči narančastocrvene boje.

ZAPISI IZ HRVATSKIH ŠUMA (5) MALI PAUCI SKAKAČI

Dr. sc. Radovan Kranjčev

Među pravim paucima (Araneae) mali pauci skakači, PS, (Salticidae) zauzimaju s velikim brojem vrsta prvo mjesto (6.000-7.000 svojti). Najveći među njima jedva prelaze 10

mm. Tijelo i noge pokrivene su raznim vrstama dlačica i/ili čekinja različitih boja, struktura i veličina pa se pod povećalom doimlju kao mali ljepotani. Na prednjem dijelu



Sl. 1. Ženka pauka Mendoze

Sl. 2. Pauk skakač *Yllenus vittatus* Thorell, 1875b s Kalinovačkih pijesaka u Podravini

tijela posebice se ističu oči, a vid im je ponajbolji među gotovo svim beskralješnjacima. Od skoro svih ostalih paučnjaka ističu se kretanjem u skokovima. Također, iako posjeduju predljljive žlijezde i stvaraju paučinu, nikad ne pletu mreže kao ostali pauci.

Najviše ih ima u toplim područjima svijeta, u Hrvatskoj je do sada zabilježeno stotinjak svojti, iako sustavna istraživanja nisu završena.

Odlikuju se čitavim nizom prilagodbi i zauzimaju gotovo sva kopnena staništa. Dio svojti prilagodio se životu među kamenjem i na stijenama u raznim visinskim pojasevima.

Sa specifičnim adaptacijama manji dio svojti živi na pjeskovitim staništima, dapače, neke svojte i ispod površine pijeska. Tako, primjerice, dvije vrste s vrlo malim populacijama ustanovljene su u Hrvatskoj samo na podravskim pijescima kod Kalinovca.

Rijetke svojte obitavaju uz morske obale u zoni litorala (supralitoral) i u neposrednom su doticaju sa svim onim utjecajima koji vrši more i vjetrovi koji ga šibaju. Među njima najpoznatija je i jedinstvena svojta u Hrvatskoj i u svijetu, *Sitticus damini* Chyzer, koja je dobila ime po arahnologu, Hrvatu iz Senja, nekadašnjem profesoru bakarske Nautike Narcisu Daminu (1845-1905). Ova svojta živi na otoku Pagu i na nekim obalama u Kvarneru na šljunčanim obalnim naslagama koje oplakuje more (kod Kolana i na još nekoliko drugih sličnih nalazišta). Ova vrsta pauka, skoro najbrža među svim paucima, može roniti i preživjeti najžešći mlat mora kao i neprestanu slanost svog staništa.

Svojta *Mendoza canestrinii* Ninni, 1868. ne pliva i ne roni u slatkim stajaćim vodama, ali se može munjevito kretati površinom vode, ona brzo trči po vodi i tako hvata plijen. Gnijezdo pravi među listovima trske (*Phragmites australis* (Cav.) Trin ex Steud.) tako da „zašije“ rubove listova u tujlac. Česta je u nizinskim dijelovima uz stajaće vode. Na vlažnim staništima u kontinentalnom i primorskom dijelu Hrvatske obitava desetak svojti kao mala zajednica higrofilnih svojti, a koja je pretežito svojim mikro-staništima vezana uz trsku i vrbove sastojine.

Mali paučić pelenes (*Pellenes nigrociliatus* Simon 1876a) koji obitava na suhim travnjacima, ima sposobnost podizanja prazne pužve kućice koja je osam puta teža od njega, na vlat trave ili kojeg drugog bilja, do 15 cm visoko od tla. U tako „posuđenom“ domu provodi najveći dio ljeta i u njemu ženka othranjuje potomstvo.

PS su vrlo mobilne životinje i često ih opažamo na mjestima gdje ne bismo očekivali bilo koju sličnu vrstu životinja.



Sl. 3. Ženka Daminovog pauka skakača sa šljunkovitih obala kod Kolanskog blata na otoku Pagu



Sl. 4. Ženka *Pellenes nigrociliatus* Thorell, 1875.

Znatan broj vrsta prilagodio se životu u neposrednoj blizini ljudi, u različitim stambenim objektima, na zidovima najviših katova zgrada u gradovima, u zagrijanim sobama, na stolovima, stolicama i među ukrasnim biljem, i na sličnim mjestima. Ne mogu a da ne spomenem i tastaturu računala, radni stol i ekran računala ili televizora. Zar ne bismo i te bezazlene životinje mogli nazvati domaćim životinjama, ili našim kućnim ljubimcima?

Razmjerno velik broj svojti živi u različitim šumskim staništima (dendrobionti) od nizina do gornje granice šuma najviših planina. O njima nešto više u zasebnom sljedećem zapisu na ovome mjestu.

Kad sam na pumpi točio gorivo i plaćao ga na blagajni u Gračacu, sa stropa mi se na novčanik spustio mali i poznati paučić skakač, a kad sam se vozio brodom prema Sobri na otoku Mljetu na naslonu stolice ispred mene šetao se jedan drugi PS. Osobitog PS zatekao sam i na pultu šaltera banke



Sl. 5. Mužjak pauka skakača *Phylaeus chrysops* Poda, 1761. sa stijena na M. Kalniku

usred grada, i to usred zime dok većina ovih vrsta miruje negdje u kakvom zaklonu.

Na raznim staništima usred Zagreba živi desetak vrsta PS. Jednog rijetkog ulovio je moj prijatelj Roko u tramvaju uz tramvajsku svjetiljku o ponoći na trgu J. Jelačića u Zagrebu.

U distribuciji PS dolaze do izražaja različiti prenositelji, vektori. Jedan od njih je i vjetar, i upravo vjetru-povjetarcu možemo zahvaliti nastup „babljeg ljeta“, to jest dijela godine u kojem se potomstvo PS na kratkim nitima paučine otiskuje u svijet i raznosi često i na vrlo udaljena mjesta i na različita staništa. Pasivni prenositelji mogu biti različita prometala, kao i čovjek. Različite robe koje se prevoze iz jednog u drugi kraj svijeta također su pogodni načini prenošenja ovih životinja. Tako su k nama dospjeli neki „azijati“, a neki europski PS postali su stanovnicima Amerike.

Kad još više naučimo poznavati ekologiju, osobito etologiju PS, shvatit ćemo još u većoj mjeri zamjetnu važnost i mjesto ovih zanimljivih malih životinja u različitim biocenozama ekosustavima.

POPULARIZACIJA HRVATSKE FLORE

BUJADIKA (*Matteuccia struthiopteris* /L./ TOD., *Onocleaceae*)

Prof. dr. sc. Jozo Franjić

(= *M. nodulosa* Fernald, *M. pensylvanica* /Willd./ Raymond, *Onoclea pensylvanica* /Willd./ Sm., *Onoclea struthiopteris* /L./ Roth, *Osmunda struthiopteris* L., *Pteretis pensylva-*

nica /Willd./ Fernald, *Struthiopteris nodulosa* Desv., *S. filicastrum* All., *S. germanica* Willd., *S. pensylvanica* Willd.)



Slika 1. Rasprostranjenost bujadike (*Matteuccia struthiopteris* /L./ Tod.) u Hrvatskoj (Nikolić 2015).

(= stela, smeđa stela)

(= engl. Ostrich Fern; njem. Straußfarn; fr. Onoclée Struthioptéris)

Bujadika je prirodno rasprostranjena u sjevernoj i srednjoj Europi, zapadnoj i sjevernoj Aziji i na istoku Sjeverne Amerike. U Hrvatskoj je vrlo rijetka (usp. sl. 1). Najčešće raste uz obale hladnih brdskih riječica i potoka, periodički plavljenih šuma vrba i joha, na aluvijalnim, vlažnim i hranivima bogatim tlima. Često tvori guste populacije (usp. sl. 2-3).

Odlikuje se posebnim habitusom koji se znatno razlikuje od drugih paprati. Ta posebnost očituje se u specifičnom položaju sterilnih listova (trofofila), koji su poredani u

obliku lijevka, a u njihovom se središnjem dijelu nalaze tamnosmeđi fertilni listovi (sporofili). Iz kratkoga podzemnoga rizoma javljaju se do 8 mm promjera i oko 60 cm duge crne vriježe, koje su obrasle rijetkim i ljuskavim listovima. Trofofili su znatno duži, do 170 cm, brojni, na kratkim, pri dnu ljuskavim peteljka i s duguljastim, svijetlozelenim, dvostruko perastim plojkama koje su u gornjoj trećini najšire, a prema dnu su jako sužene. S obje strane imaju 30-70 gotovo sjedećih i uskih segmenata. Sporofili su znatno kraći, do 60 cm, smješteni su u sredini, okruženi trofofilima, u početku su zelenkasti, a kasnije su tamnosmeđi, jednostruko perasti i usko lancetasti. U gornjem dijelu su najširi, sužavajući se postepeno prema dnu, prelazeći u kratku i debelu peteljku. Segmenti sporofila su kruti, u početku valjkasto smotani, kasnije odmotani i krpasto izrezani. Čuperci sporofila prezimljuju, sve do proljeća, dok trofofili odumiru odmah nakon prvoga smrzavanja.

Bujadika je trajnica-hemikriptofit, poluskiofilna, anemofilna, anemohorna, ljekovita, jestiva i ukrasna vrsta. Cvjeta od VII-IX. (-X.) mjeseca. Razmnožava se sporama i vegetativno (vriježama).

Literatura

- Cerovečki, Z., 2007: *Matteuccia struthiopteris* (L.) Todaro – bujadika, (*Struthiopteris germanica* Willd.). Šum. list 131(11-12): 580.
- Kovačić, M., 2019: Fitocenološke značajke šuma obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) uz tok rijeke Kupe u Nacionalnome parku Risnjak. Diplomski rad, 49 str. Sveučilište u Zagrebu – Šumarski fakultet. Zagreb.
- Nikolić, T. (ed.), 2015: *Matteuccia struthiopteris* (L.) Tod. distribution in Croatia, Flora Croatica Database (<http://hirc.botanic.hr/fcd>). Faculty of Science, University of Zagreb (accessed date: 2020/03/03).
- Šilić, Č., 1983: Šumske zeljaste biljke. Svjetlost, Sarajevo.



Slika 2-3. Bujadika (*Matteuccia struthiopteris* /L./ Tod.).



ZBORNİK RADOVA SA ZNANSTVENOG SKUPA

GOSPODARENJE ŠUMAMA U UVJETIMA
KLIMATSKIH PROMJENA I
PRIRODNIH NEPOGODA

Akademik Igor Anić

Zbornik radova sa znanstvenog skupa „Gospodarenje šumama u uvjetima klimatskih promjena i prirodnih nepogoda“ objavila je Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti u svibnju 2020. godine. U Zborniku su tiskani znanstveni radovi koje su autori pripremili za objavu nakon prezentacije rezultata istraživanja na istoimenom znanstvenom skupu.

Znanstveni skup „Gospodarenje šumama u uvjetima klimatskih promjena i prirodnih nepogoda“ organizirala je Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, njezino Znanstveno vijeće za poljoprivredu i šumarstvo te Znanstveno vijeće za zaštitu prirode, u suorganizaciji s relevantnim institucijama Republike Hrvatske: Ministarstvom znanosti i obrazovanja Republike Hrvatske, Ministarstvom poljoprivrede Republike Hrvatske, Sveučilištem u Zagrebu, Šumarskim fakultetom Sveučilišta u Zagrebu, Akademijom šumarskih znanosti, Hrvatskim šumarskim društvom, Hrvatskom komorom inženjera šumarstva i drvne tehnologije, Hrvatskim šumarskim institutom, Jastrebarsko i Hrvatskim šumama d.o.o. Zagreb. Znanstveni skup je održan 20. travnja 2018. godine u Velikoj dvorani palače Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti u Zagrebu. Skupom je obilježena 80. godišnjica rođenja akademika Slavka Matića, doajena hrvatske šumarske znanosti, visokoškolske nastave i struke te najznačajnijeg promotora zagrebačke škole uzgajanja šuma.

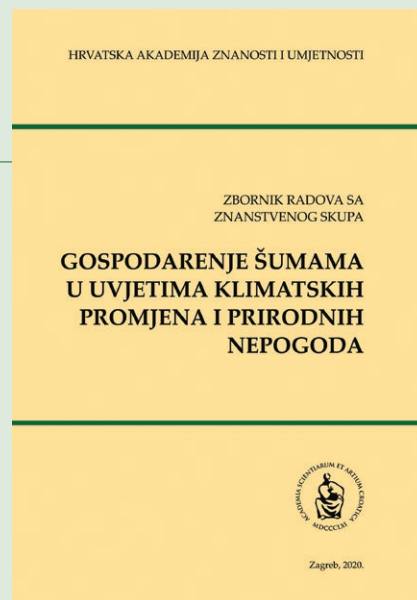
U Zborniku su objavljeni sljedeći znanstveni radovi recenzirani od mjerodavnih znanstvenika određenih od Razreda za prirodne znanosti Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti:

Stjepan Mikac, Domagoj Trlin, Anja Žmegač, Stjepan Dekanić, Boris Miklič, Igor Anić

Utjecaj recentnih promjena klime na nizinske šumske ekosustave hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u Hrvatskoj

Joso Vukelić, Ivan Pilaš, Dario Baričević, Jasnica Medak, Irena Šapić

Promjena areala obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) od zadnje interglacijacije (120.000–140.000 godine pr. n. e.) do druge polovice 21. stoljeća



Damir Drvodelić, Milan Oršanić, Igor Poljak, Vinko Paulić, Valentino Pintar

Sezonska varijabilnost plodova i utjecaj klimatskih promjena na prirodnu rasprostranjenost oskоруše (*Sorbus domestica* L.) u Hrvatskoj

Ivan Andrić, Davorin Kajba

Dinamika cvjetanja poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl) u klonskim sjemenskim plantažama

Damir Ugarković, Ivica Tikvić, Katarina Burić, Zvonko Seletković, Josip Malnar

Utjecaj klimatskih promjena i poremećaja na mikroklimu u šumskim ekosustavima obične jele i obične bukve u Gorskom kotaru

Krunoslav Teslak, Karlo Beljan, Mislav Vedriš, Marijana Žunić, Mario Komarčević, Jura Čavlović

Štetni utjecaj ledoloma na stanje i strukturu šuma Gorskog kotara

Vlado Topić, Lukrecija Butorac, Anamarija Durbešić, Goran Jelić

Erozija tla na slivnom području rijeka Jadro i Žrnovnica nakon šumskih požara

Nikola Pernar, Darko Bakšić, Ivan Perković, Vibor Roje

Tlo šumskih ekosustava u svjetlu indikacija i transfera hidrotermičkih anomalija u biosferi

Renata Pernar, Mario Ančić, Ante Seletković, Jelena Kolić
Važnost daljinskih istraživanja pri procjeni šteta na šumskim sastojinama uzrokovanih velikim prirodnim nepogodama

Igor Anić, Milan Oršanić, Slavko Matić

Zagrebačka škola uzgajanja šuma u uvjetima klimatskih promjena i prirodnih nepogoda

Zaključci sa znanstvenog skupa su posljednji tekst u Zborniku radova „Gospodarenje šumama u uvjetima klimatskih promjena i prirodnih nepogoda“. Proizašli su iz izlaganja i rasprave na znanstvenom skupu, a sadrže ocjenu stanja i preporuke za postupanje. Mišljenja smo kako **zaključci mogu poslužiti kao polazište za definiranje važnosti šuma i šumarstva Republike Hrvatske u prevenciji posljedica klimatskih promjena te smjernica za prilagodbu gospodarenja šumama klimatskim promjenama i s njima povezanim ekstremnim meteorološkim pojavama, stanišnim promjenama i kalamitetima**. Ovdje ih prenosimo u cijelosti.

ZAKLJUČCI SA ZNANSTVENOG SKUPA

GOSPODARENJE ŠUMAMA U UVJETIMA KLIMATSKIH PROMJENA I PRIRODNIH NEPOGODA

OCJENA STANJA

1. Od 2013. godine veliki kompleksi naših šuma učestalo su izloženi intenzivnim pritiscima abiotičkih, biotskih i antropogenih štetnih čimbenika kao što su ledolomi, vjetrolomi, naglo širenje štetnika i biljnih bolesti te šumski požari. Njihovu češću pojavu i visoke intenzitete povežemo s klimatskim promjenama. Šume, šumarstvo i društvo u cjelini zbog toga trpe katastrofalne štete. U kontinentalnom području velike štete trpe šumski ekosustavi poljskog jasena, hrasta lužnjaka, obične bukve, obične jele i obične smreke. U mediteranskom području šumski požari posebice ugrožavaju šumske ekosustave alepskoga bora, crnoga bora, hrasta crnike i hrasta medunca te sve degradacijske stadije šuma.

2. Klimatske promjene i s njima povezane ekstremne meteorološke pojave i prirodne nepogode mijenjaju šumska staništa – šumsku klimu i šumsko tlo. Globalno zagrijavanje očituje se ubrzanjem ciklusa vode i povećanjem ekstrema vlažnosti tla. To se najviše odražava na šumskim ekosustavima s plitkim tlom koje je niskog kapaciteta ublažavanja anomalija vodnog režima. Takvi su ekosustavi izloženi čestim sušnim stresovima. Mikroklimatološka istraživanja u šumskim sastojinama Gorskog kotara, utvrdila su promjenu mikroklimata u šumskim ekosustavima u kojima je učestalo odumiranje stabala obične jele. Veći je postotak relativnog užitnog svjetla, veće su prosječne vrijednosti temperature zraka, manje su prosječne vrijednosti vlage zraka i vlažnosti tla u odnosu na vitalne sastojine obične jele.

3. Promjene u šumskim staništima utječu na uspijevanje vrsta drveća što ima biološke, ekološke, društvene i gospodarske posljedice. Iako će pojedine vrste drveća vjerojatno ostati puno dulje na područjima koja će biti klimatski nepogodna nego što je predviđeno modelima, bit će povećan rizik izloženosti fiziološkom (suša) i biološkom stresu (štetnici, bolesti). Na znanstvenom skupu prikazani su rezultati obrađenih scenarija promjene klime koji predviđaju značajno smanjenje areala obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) i to posebice sa sadašnjih nižih područja središnje i istočne Europe te njeno pomicanje prema višim područjima Karpata, Alpa, Pirineja i Dinarida. Rezultati za Hrvatsku pokazuju značajno smanjenje sadašnjeg areala obične bukve te skoro cjelokupan nestanak s današnjeg područja panonskog gorja. Istodobno, očekuje se povećanje areala kserofilnih vrsta drveća. Pionirske vrste drveća će brže migrirati, a ostale vrste vrlo sporo, primarno na nova odgovarajuća staništa na rubovima areala.

4. Učestale incidencije prenamnoženja zavičajnih vrsta šumskih štetnika s kojima se prije nismo susretali (uopće ili rjeđe) mogu se danas već pouzdano objasniti nekim od aspekata promjene klime nekih područja. Uočljiv je trend klimatskog kolebanja u kojemu se, glede populacija kukaca – šumskih štetnika, najočitije vidi utjecaj klimatskih ekstrema (minimalne i maksimalne temperature, orkanski vjetrovi i ekcesne oborine, produljena razdoblja suše i sve blaže zime bez dugotrajnog snježnog prekrivača). To pokazuju primjeri na svjetskoj razini (Sjeverna Amerika – širenje potkornjaka izvan povijesnog područja rasprostranjenja povezuje se s klimatskim okolnostima), europskoj razini (porast populacija i katastrofalni razmjeri šteta inicirani ekstremnim pojavama vjetra – izvale i vjetrolomi), regionalnoj razini (prodor borovog četnjaka gnijezdara dolinom Neretve u unutrašnjost Hercegovine i u dubinu BiH gdje povijesno nije bio poznat), te na razini Republike Hrvatske (porast populacija potkornjaka).

5. Ozbiljne prijetnje gospodarenju šumama u posljednje vrijeme sve više predstavlja eksponencijalno širenje nezavičajnih vrsta kukaca. Ova pojavnost dijelom se pripisuje i klimatskim promjenama, ali je najviše povezana s intenziviranjem globalne trgovine i transporta roba i ljudi. Kukci su svakako jedni od „slijepih putnika“ koji se najčešće i najlakše ovako šire svijetom. Broj vrsta kukaca štetnih za naše šumske ekosustave svake se godine povećava. Na godišnjoj razini bilježi se po jedna ili više novootkrivenih vrsta od kojih su neke iznimno štetne.

6. Sve su učestaliji pritisci štetnih abiotičkih, biotskih i antropogenih čimbenika koji izazivaju promjene u strukturi šuma.

a) Ledena oluja u Gorskom kotaru 2014. godine u jednom je navratu na zahvaćenom području oštetila količinu drvne zalihe u iznosu dvostruke količine prosječnog 10-godišnjeg etata. Među posljedicama ledoloma bila je masovna pojava

štetnika smrekova potkornjaka (*Ips typographus* L.) zbog koje je 2016. godine u šumama Gorskog kotara proglašeno stanje elementarne nepogode. Nakon svega, krajem 2017., nove štete u goranskim šumama izazvao je vjetrolom u kojem je oštećena drvena zaliha u količini od približno 500.000 m³.

b) Odumiranje stabala i čitavih sastojina običnog jasena (*Fraxinus excelsior* L.) i poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl) prati se i istražuje od 1990-ih godina. Pojava se povezuje s „novom bolešću jasena“ i fitopatogenom gljivom *Hymenoscyphus pseudoalbidus* (Kowalski) Baral, Quéloc & Hosoya, odnosno njezinim konidijskim stadijem *Chalara fraxinea* (Kowalski). Do danas je poprimila katastrofalne razmjere i prijeti potpunim nestankom tih vrsta drveća. Posebice su oštećeni šumski kompleksi poljskog jasena u Posavini, u Lonjskom polju.

c) Odumiranje hrasta lužnjaka stoljetni je europski i svjetski problem. Razlozi odumiranja nisu jasno pripisani isključivo jednom čimbeniku već međusobnoj interakciji više njih. Međutim, uvijek je potpomognuto naglim promjenama vodnog režima. Općenito se značajan porast odumiranja vrsta drveća kao posljedica sušnih godina bilježi od 1970. godine. Odumiranju hrasta lužnjaka u Hrvatskoj obično prethodi značajan pad radialnog prirasta koji može trajati i nekoliko desetljeća.

d) Štetnik hrastova mrežasta stjenica (*Corythucha arcuata* Say) prvi je put u Hrvatskoj registriran u spačvanskoj šumi 2013. godine. Do danas se eksplozivno proširio po našim hrastovim šumama. Pronađen je i na drugim vrstama drveća, a nije isključeno da se njegova štetnost može i povećati, posebice bude li razvijala više od dvije generacije godišnje. Procjene govore da bi štete od hrastove mrežaste stjenice mogle povećati fiziološku osjetljivost stabala na napade drugih štetnih kukaca i bolesti.

e) Godine 2017. na području Dalmacije je izbio 220 požara u kojima je opožareno 34.508,73 ha šuma i šumskih zemljišta. Prema podacima Hrvatskih šuma d.o.o. Zagreb, šteta samo za tu godinu iznosi 779,5 milijuna kuna. Šteta je posebno izražena na slivnom području rijeka Jadro i Žrnovnica koje su izvor pitke vode velikog broja stanovnika Splitsko-dalmatinske županije. U razdoblju od 2013. do 2017. godine na tom slivnom području je izbio 59 šumskih požara u kojima je opožareno 4.519,60 ha šumskog i poljoprivrednog zemljišta. Samo u požaru 19. srpnja 2017. godine opožareno je 2.564 hektara guste borove šume, makije, niskog raslinja, maslinika i ostalog zemljišta, što je više od 6% ukupne površine sliva. Opasna posljedica požara je progresija erozijskih procesa, posebno kada se zna da je srednje jakom do vrlo jakom erozijom ugroženo 76,08 % slivnog područja.

PREPORUKE

7. Uloga šuma i šumarstva u stvaranju i očuvanju povoljnih životnih uvjeta nikada nije bila toliko važna kao danas. Šume su sredstvo, a šumarstvo je alat za smanjenje

posljedica klimatskih promjena. Misijska šumarstva je očuvati i povećati površinu šuma, poboljšati stabilnost, vitalitet, kakvoću i produkciju šuma te sačuvati šume i šumska staništa od degradacije. To su preduvjeti za ostvarenje načela višenamjenskog potrajnog gospodarenja šumama i za smanjenje posljedica klimatskih promjena.

8. **Potencijali šuma i šumarstva Republike Hrvatske u prevenciji i smanjenju posljedica klimatskih promjena mogu se ostvariti: a) očuvanjem površine šuma, b) pošumljavanjem neobraslih zemljišta, c) revitalizacijom degradiranih šuma, d) obnovom opožarenih šuma, e) intenziviranjem njege u regularnom gospodarenju, f) dosljednom provedbom prebornog gospodarenja.**

9. **Zadaća gospodarenja šumama je pronaći i izvesti u svakom šumskom ekosustavu, bez obzira na namjenu i vlasnika, takve šumskogospodarske postupke kojima će se: a) šumske štete prevenirati, jer će šumski ekosustav biti pripremljen i imat će snažne obrambene mehanizme; b) šumske štete u što kraćem vremenu sanirati, a oštećene šume što prije obnoviti i njegovati kako bi u konačnici bile stabilne, vitalne, produktivne i regenerativno sposobne.**

10. **Navedeni potencijali i zadaće gospodarenja šumama ne mogu se dosljedno ispuniti bez prilagodbe odredbi pravnih propisa koje to otežavaju ili čak onemogućuju:** Zakona o zaštiti prirode (NN 80/2013; 15/2018; 14/2019; 127/2019); Pravilnika o popisu stanišnih tipova, karti staništa te ugroženim i rijetkim stanišnim tipovima (NN 88/2014); Priloga II. tog pravilnika – Popis svih ugroženih i rijetkih stanišnih tipova od nacionalnog i europskog značaja zastupljenih na području Republike Hrvatske; Pravilnika o strogo zaštićenim vrstama (NN 144/2013, 73/2016); Uredbe o ekološkoj mreži i nadležnostima javnih ustanova za upravljanje područjima ekološke mreže (NN 80/2019); Zakona o šumama (NN 68/18, 115/18, 98/19).

11. **Načela i preporuke za ublažavanje posljedica klimatskih promjena treba provoditi na svim raspoloživim površinama šumskih zemljišta.** Sukladno odredbama Zakona o šumama (NN 68/18, 115/18, 98/19) u to treba uključiti i kategorije zemljišta u vlasništvu Republike Hrvatske koje neće biti privedene poljoprivrednoj proizvodnji, a koje sada nisu dio šumskogospodarskog područja.

12. **Primjena metoda daljinskih istraživanja nameće se kao izuzetno brza i pouzdana metoda određivanja prostornog obuhvata šumske štete.** Budući da je u što kraćem roku potreban uvid u stanje na terenu, sve više su u primjeni satelitske snimke visoke prostorne rezolucije. Primjerice, prema definiranom obuhvatu područja Gorskog kotara, jednom satelitskom scenom, ukupno je snimljena površina od 230 km². Interpretacijom satelitske snimke određena je površinska rasprostranjenost ledoloma, ustanovljeno je i analizirano stanje šuma (razmjer/intenzitet)

te značajke terena (nadmorska visina, nagib, ekspozicija) koje su važne za projektiranje sanacije.

13. Uzgajanje šuma treba sagledati stupanj promjena u strukturi oštećene šumske sastojine, u njezinu staništu i u građi šumske fitocenoze, te donijeti šumskouzgojne preporuke. Neke od prilagodbi temeljnih načela zagrebačke škole uzgajanja šuma su:

- podržavati prirodnu silvidinamiku,
- očuvati površinu šuma i pošumljavati neobrasla zemljišta,
- sastojinske oblike prilagođavati stanišnim prilikama,
- koncentrirati se na očuvanje šumskog tla, uspostaviti i održavati šumski red i higijenu šume,
- degradirana šumska tla biološki sanirati pionirskim i prijelaznim vrstama drveća,
- progale, plješine i manje površine (skupina, grupa) unutar sastojina klimatogenih vrsta drveća, na kojima nije došlo do degradacije šumskog tla, ne obnavljati sadnicama pionirskih vrsta drveća,
- smanjiti pomladne površine,
- prilagoditi pomladno razdoblje,
- intenzivirati šumskouzgojno planiranje,
- uspostaviti i održavati normalnu prebornu strukturu,
- prilagoditi intenzitet prebornog zahvata strukturi preborne sastojine,
- prilagoditi funkcije doznake strukturi preborne sastojine,
- redovito i intenzivno njegovati sastojine,
- unaprijediti proizvodnju raznovrsnog šumskog reprodukcijskog materijala.

14. Regularno gospodarenje šumama treba biti intenzivno i pravovremeno, od najranijih razvojnih stadija. Odumiranje i propadanje stabala u nekim je slučajevima potpomognuto izostankom pravodobnih šumskouzgojnih zahvata njege, posebice prorjeda. Prezentirani rezultati istraživanja u šumskom bazenu Spačva pokazali su kako polovica uzorkovanih stabala hrasta lužnjaka pokazuje značajan pad prirasta u proteklih 50-ak godina. Ta stabla se danas doznaju kao nevitarna i oštećena. Smanjenje pomladnih površina pomoći će strukturnoj raznolikosti i stabilnosti šumskih sastojina.

15. Dosljedno preborno gospodarenje svim jelovo-bukovim šumama nema alternative. Šume Gorskog kotara koje su oštećene ledolomom u najvećoj mjeri nisu imale optimalnu prebornu strukturu, što je posljedica gospodarenja u prošlosti i niskog intenziteta obnove jele. Tome treba dodati i značajan udio ekstenzivno gospodarenih privatnih šuma, te šuma u različitim stupnjevima sukcesije na bivšem poljoprivrednom zemljištu na kojem su posebice stradale pionirske vrste bjelogorice neotporne na ledenu oluju.

16. Melioracijski radovi su neophodni u sprječavanju erozijskih procesa, posebice nakon šumskih požara u slivu rijeka koje opskrbljuju stanovništvo pitkom vodom. Šum-

ski požari su najveća i stalna opasnost za šume sredozemnog područja Republike Hrvatske. Nakon šumskih požara nastaju veliki kompleksi šuma, mijenja se izgled okoliša, mijenja se klima, pojavljuje se erozija, smanjuju se kakvoća i zalih pitke vode, bujične poplave ugrožavaju naselja i poljoprivredne površine, pogoršava se kakvoća i produktivnost šumskog tla, intenziviraju se procesi degradacije tla (fizički, kemijski, mikrobiološki), dolazi do promjene ekološke ravnoteže, gubi se biološka raznolikost flore i faune, smanjuje se turistička privlačnost, a štete u gospodarstvu su velike i teško nadoknadle. Štete nastale šumskim požarima su u pravilu velike, ponekad katastrofalne, odražavaju se na cjelokupno stanovništvo i ugrožavaju živote ljudi.

17. U cilju zaštite cjelokupnog prostora od požara (državne šume, privatne šume, poljoprivredno zemljište), kao jedna od najučinkovitijih mjera bit će iznalaženje rješenja o načinu gospodarenja privatnim šumama i zapuštenim poljoprivrednim zemljištem koje je većim dijelom zahvaćeno zašumljenjem. Poseban su problem zapuštena terasirana zemljišta koja su, posebno na većim nagibima, zbog neodržavanja terasa i zidova nakon požara izložena razornoj vodnoj eroziji.

18. Osnivanje šuma na neobraslom šumskom zemljištu i opožarenom zemljištu pionirskim vrstama drveća prvi je korak u zaustavljanju degradacijskih procesa na tim staništima. Provedba propisanih šumskouzgojnih radova (pošumljavanje, prirodna i umjetna obnova šuma, njega šuma, čuvanje šuma, zaštita šuma, izgradnja protupožarnih prosjeka) prema programima gospodarenja za gospodarske jedinice pridonijet će sanaciji degradiranog zemljišta, omogućiti progresiju šumske vegetacije i spriječiti nove erozijske procese.

19. Degradacijske oblike šuma treba zaštititi od degradacijskih procesa kao što su požar, nekontrolirana sječa, brst, paša i prenamjena. U panjači, makiji, pseudomakiji i šikari, osim zaštite, treba pomoći progresivni razvoj. U garigu, pseudogarigu, šibljaku i kamenjari treba pokrenuti i pomoći povratak šumske vegetacije. Degradacijski oblici šuma trenutno nemaju visoku gospodarsku vrijednost, ali zato pružaju važne općekorisne funkcije koje smanjuju posljedice klimatskih promjena i poboljšavaju zaštitu i unapređenje čovjekova okoliša. Obezvrjeđivanje i prenamjena degradacijskih oblika šuma te onemogućavanje melioracijskih radova sve to ugrožava.

20. Samo odgovornim gospodarenjem cjelinom šumskog ekosustava, stavljanjem u prvi plan njege, obnove i zaštite šuma, a odmakom od gledanja na šumu kao izvora drvne sirovine ili pasivno zaštićenog objekta prirode, moći ćemo sačuvati naše šumsko blago i uporabiti ga kao saveznika u smanjivanju posljedica klimatskih promjena.

EKOLOGIJA, OBNOVA I ZAŠTITA POPLAVNIH ŠUMA HRVATSKE

Prof. dr. sc. Milan Glavaš

Nakladnik ove knjige je Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet. Tisak je obavila Studio moderna d.o.o. Knjigu su recenzirali prof. dr. sc. Mirza Dautbašić, Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, prof. dr. sc. Milan Poljak, Agromski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i doc. dr. sc. Sanja Perić, Hrvatski šumarski institut. Autori su djelatnici Šumarskog fakulteta Zagreb (navedeni kod poglavlja – 12 autora). Knjiga je napisana na 368 stranica. Tekst je popraćen mnogim slikama, tablicama i grafikonomima. Urednik knjige je prof. dr. sc. Milan Oršanić. Oršanić u predgovoru objašnjava na kojem je istraživačkom projektu knjiga nastala, što je obrađeno u pojedinim poglavljima (6 poglavlja) i kojim je šumarskim stručnjacima knjiga namijenjena. U knjizi se uglavnom obrađuje poljski jasen. Dalje se daje prikaz knjige po pojedinim poglavljima.

Utjecaj klimatskih čimbenika na rast poljskog jasena

Autor je Stjepan Mikac. Obuhvaća 31 stranicu i 49 izvora literature (4 domaća).

Autor na početku objašnjava razloge nastajanja poplavnih šuma u svijetu i o čemu ovisi reakcija stabala na klimatske promjene. Zatim govori o poljskom jasenu, šumskim zajednicama u kojima je prisutan i važnosti poznavanja ekoloških zahtjeva vrsta drveća. Posebno ukazuje na stanje šuma poljskog jasena i na važne činjenice za sastojine poljskog jasena. Nadalje vrlo detaljno objašnjava kako klimatski ekstremi štetno utječu na šume. Objašnjava kako to djeluje na poljski jasen. Na kraju ukazuje da su klimatske promjene glavni uzročnik fiziološkog slabljenja, odumiranja, sušenja i propadanja šuma.

Odnos stanišnih i strukturnih čimbenika prema odumiranju stabala poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl)

Autori su Damir Ugarković i Milan Oršanić. Obuhvaća 58 stranica i 98 izvora literature (58 domaćih).

Poglavlje je podijeljeno u 10 podpoglavlja. U uvodnom dijelu objašnjavaju čimbenike koji dovode do odumiranja stabala



i propadanja šuma. Poljski jasen se smatra najugroženijom šumskom vrstom drveća u Hrvatskoj. Isti su dali tumačenja o ekologiji i biološkim svojstvima poljskog jasena. Zatim govore o klimatskim promjenama (povišenje temperature zraka, oborine, poplave i podzemna voda) i ističu da te promjene izravno ili neizravno utječu na vegetaciju, odnosno odumiranje stabala. Navedeni su podaci i dana tumačenja o utjecaju klime na odumiranje stabala poljskog jasena. Nadalje govore o utjecaju hidroloških čimbenika na odumiranje stabala. Posebno ističu da je poljski jasen osjetljiv na sušu i dubinu (razinu) podzemne vode. U jednom podpoglavlju govori se o onečišćenosti oborinske i poplavne vode te šumskog tla. Iznijeli su rezultate kemijske analize vode na području Posavine. Dana su tumačenja o kemijskim elementima u vodi i u tlu. Obavljene su i mikrobiološke analize

šumskog tla. Nadalje ukazuju da strukturni elementi utječu na intenzitet odumiranja poljskog jasena. Na to utječe i osu-tost krošnja. Na kraju su dali objašnjenja što se sve nepo-voljno događa u šumi zbog odumiranja i sječe stabala. O svemu napisanom objašnjenja su dali u zaključcima.

Problematika sjemenarstva, rasadničke proizvodnje sadnica poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl) i hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.)

Autori su Damir Drvodelić i Milan Oršanić. Obuhvaća 88 stranica i 26 izvora literature (9 domaćih)

U ovom poglavlju izneseni su brojni podaci vezani za sjeme i rasadničku proizvodnju poljskog jasena, a u manjoj mjeri i za hrast lužnjak. Ovdje se u najkraćim crtama navodi o čemu se radi, a sve je prikazano u 21 dijelu. Na početku su dani podaci o poljskom jasenu i njegovom sjemenu. Zatim su navedeni uvjeti obnove sastojina. Izneseni su podaci o morfološkim značajkama sjemena, dormantnosti, vitalno-sti, klijavosti i prirodnoj obnovi sjemena. Zatim ukazuju na sadnice golog i ovlaženog korijena koje su uzgojene pod određenim uvjetima u kontejnerima. Navedeni su brojni podaci o sadnicama i korijenu onih koje su uzgajane u kon-tejnerima. Izneseni su podaci o sadnicama u uvjetima raz-ličitog vlaženja i drugi podaci. Također su izneseni podaci o urodu stabala sjemenom s obzirom na sastojinu i stablo i samom sjemenu (vitalnost, vrijeme sakupljanja, ošteće-nost, starost i dr.). Za hrast lužnjak su izneseni podaci o kakvoći žira, klijavosti, prirodnom pomlatku i sadnicama uzgojenim s radikulom ili bez nje. Na kraju su dane vrlo važne upute o navodnjavanju sadnica poljskog jasena i hra-sta lužnjaka. Glavni cilj navodnjavanja je da se izbjegne ne-željeni stres.

Uzročnici bolesti poljskog jasena

Autori su Danko Diminić, Jelena Kranjec Orlović i Marno Milotić. Obuhvaća 48 stranica i 83 izvora literature (16 do-maćih)

U uvodnom dijelu se naglašava da je poljski jasen najugro-ženija šumska vrsta u Hrvatskoj. Upućuje se na vrste gljiva, posebno na *Hymenoscyphus fraxineus*. Detaljno su opisane metode istraživanja uzročnika bolesti poljskog jasena. Na-vedena su mjesta istraživanja i načini rada. Ukazuju da je osutost krošnja indikator zdravstvenog stanja stabala. U tom smislu navode podatke o *H. fraxineus*. Izneseni su vrlo detaljni podaci o testiranju sadnica 9 klonova poljskog ja-sena prema osjetljivosti i otpornosti na *H. fraxineus*. Uka-zuju da otpornost klonova ovisi o listanju i odbacivanju li-šća i da bi otporne klonove trebalo razmnožiti i uzgajati radi obnove sastojina poljskog jasena. Također navode da

bi se za suzbijanje *H. fraxineus* moglo koristiti sredstvo koje sadrži aktivnu tvar alicin. Daju informacije o primjeni i učinkovitosti tog sredstva. Na kraju upućuju koje su fito-patogene organizme utvrdili na poljskom jasenu. O tim or-ganizmima daju tumačenje. Na samom kraju iznose mi-šljenje o utvrđenim patogenima i daju preporuke što u budućnosti treba raditi u zaštiti jasenovih sastojina. Sma-traju da istraživanja treba nastaviti.

Istraživanja uloge štetnih kukaca u sušenju poljskog jasena

Autori su Boris Hrašivec i Milivoj Franjević. Obuhvaća 40 stranica i 46 izvora literature (14 domaćih).

Na početku autori daju na znanje da su obavili trogodišnja istraživanja štetnih kukaca na poljskom jasenu. Opširno su iznijeli rezultate istraživanja za jasenovu pipu. Istraži-vani su i drugi štetni organizmi. Navedena su sredstva te-stirana za suzbijanje jasenove pipe, ukazano je na dva in-sekticida. Važno je da mortalitet jasenove pipe uzrokuju i entomopatogene gljive o čemu daju objašnjenja. Nadalje su dati detaljni podaci o dvije vrste potkornjaka koraša i pet vrsta potkornjaka drvaša. Na kraju se detaljno rasprav-lja o svim utvrđenim kukcima na poljskom jasenu u šu-mama Posavine.

Unapređenje metodologije sustavnog monitoringa sitnih glodavaca i zaštite od njihovog štetnog utjecaja u poplavni šumama Hrvatske

Autori su Marko Vucelja, Linda Bjedov i Josip Margaletić. Obuhvaća 92 stranice i 132 izvora literature (55 domaćih).

Na početku autori ukazuju da su istraživanja provodili u sa-stojinama hrasta lužnjaka i poljskog jasena. Cilj istraživanja je bio integralni pristup zaštiti šuma od glodavaca. Ukazuju na štete od glodavaca, ali upozoravaju da su isti i rezervoari brojnih patogena, uzročnika bolesti. Navode 9 ciljeva istra-živanja, a za svaki cilj objašnjavaju metode rada. Isto tako su opisali rezultate u 9 odijeljenih cjelina. Rezultati su opisani vrlo opširno, na 50 stranica. Uz opis su priložene slike, tablice i grafikoni. Nadalje se iznose najvažnije činjenice rezultata istraživanja za svaki dio (cjelinu). U prvom se govori o načinu ulova glodavaca, determinaciji, zaštiti od zaraze i metodama utvrđivanja šteta. Zatim se upućuje na obveze za provođenje monitoringa, o čemu su upoznati djelatnici više uprava šuma, te potom navode lokalitete istraživanja. U petom vrlo opšir-nom dijelu izneseni su rezultati izlova glodavaca po šumari-jama. Za svaku šumariju, pogotovo za svaki odsjek, naveden je broj i vrsta ulovljenih glodavaca i štete na pomlatku i sje-menu. Poslije toga ukazuju na Priručnik o glodavcima u šu-mama Hrvatske. Slijedi uputa na internetski obrazac eviden-

cije ulova i šteta. Zatim se govori o tipovima klopki, broju ulovljenih životinja, oštećenim biljkama i predatorima. U posljednjem dijelu izneseni su rezultati ispitivanja korovske vegetacije na pojavu šteta od glodavaca. Poslije toga slijedi rasprava u kojoj se autori osvrću na rezultate istraživanja, komentiraju ih i objašnjavaju, upućuju na mjere koje treba poduzimati u vezi s glodavcima i što bi u budućnosti trebalo raditi. Kroz raspravu se daje cjelovita slika o sitnim glodavcima u nizinskim šumama. Na kraju su u 20 točaka dati zaključci i preporuke za nastavak primjene monitoringa glo-

davaca u poplavnim šumama Posavine i drugima. To su ustvari vrlo korisne preporuke.

Zaključno se može reći da je ovo vrlo korisna knjiga za sagledavanje cjelokupnog stanja šuma poljskog jasena. U knjizi su jasno izneseni brojni podaci o svim čimbenicima koji ugrožavaju poljski jasen i utječu na njegov opstanak i na opstanak jasenovih sastojina. Zato će knjiga dobro poslužiti stručnjacima u praksi, studentima na redovitom i poslijediplomskom studiju, a znanstvenicima je poticaj za daljnja istraživanja.

PREGLED PISANJA ODABRANIH ČASOPISA U REDAKCIJSKOJ RAZMJENI ŠUMARSKOG LISTA

Branko Meštrić, dipl. ing. šum.

CROATIAN JOURNAL OF FOREST ENGINEERING

Volume 41 No.1 (2020)

IZVORNI ZNANSTVENI RADOVI

Pristup modeliranju umjetne inteligencije u tri koraka za predviđanje vremena, produktivnosti i troškova: studija slučaja u talijanskom šumarstvu (Proto Andrea Rosario, Sperandio Giulio, Costa Corrado, Maesano Mauro, Antonucci Francesca, Macrì Giorgio, Scarascia Mugnozza Giuseppe, Zimbalatti Giuseppe)

Reciklirani asfalt kao alternativa prirodnim agregatima za ojačavanje šumskih cesta (Hruza Petr, Blahuta Jaroslav, Pelikán Petr, Olišarová Lucie, Nedorost Jiří, Mikita Tomáš, Patočka Zdeněk)

Oporavak kemijskih svojstava šumskog tla nakon tretmana sanacije tla: Procjena šest godina nakon primjene stroja (Jourgholami Megdad, Khajavi Somayeh, Labelle Eric R.)

Simulacijske studije o uzorkovanju presjeka ostataka nakon prikrajavanja (Karpachev Sergej P., Zaprudnov Vjačeslav I., Bykovskiy Maksim A., P. Karpacheva Irina)



Primjena teorije ograničenja u sječi drva: studija slučaja sa sjeveroistoka SAD-a (C. Kelly Matthew, H. Germain René)

Reinženjering lanca opskrbe drveta u Rumunjskoj iz perspektive upravljanja procesima (Rauch Peter, Borz Stelian Alexandru)

Produktivnost u mehaniziranosti ranih proreda u nasadima smreke (Routa Johanna, Nuutinen Yrjö, Asikainen Antti)

Procjena troškova u sustavima sječe pomoću web-alata WoodChainManager (Triplat Matevž, Krajnc Nike)

Poboljšanje odluka o upravljanju šumama u šumarstvu uz SorSim sortimentni model (Lemm Renato, Blattert Clemens, Holm Stefan, Bont Leo, Thees Oliver)

Praćenje kvalitete i količine bukovine od stabla do pilanskog proizvoda (Marenče Jurij, Šega Bogdan, Gornik Bučar Dominika)

Analiza utroška vremena u aktivnosti forvardera u proredama (Hildt Eduardo, Leszczuk Andrés, Donagh Patricio Miguel Mac, Schlichter Tomás Miguel)

Bimanualna motorička vještina u zapošljavanju operatera harvesteri (Pagnussat Millana, Hauge Theresa, Lopes Eduardo da Silva, Almeida Rosa Maria Martins de, Naldony Alana)

Vrsta lanca i brzina bubnja za bolje razdvajanje vlakana u operacijama lančano-udarnog Delimber-Debarker-Chipper stroja (Spinelli Raffaele, Mitchell Rick, Brown Mark, Magagnotti Natascia, McEwan Andrew)

Utjecaj vrste alata na razinu buke trimera kod njege mladih šuma (Naskrent Bartłomiej, Grzywiński Witold, kowukowski Adrian, Polowy Krzysztof)

Modeliranje radne učinkovitosti privlačenja traktorom primjenom metoda najmanjih kvadrata i robusnom regresijom (Ünver-Okan Saliha)

GOZDARSKI VESTNIK

Vol. 78 • br. 2

UVODNIK

Invazivne strane bolesti i štetočine i povezani izazovi (Mitja Skudnik, Polona Hafner)

PREGLEDNI RAD

Što se događa s jasenom kod nas? - peti nastavak (Tine HAUPTMAN)

STRUČNI RAD

Određivanje vlažnosti drva pomoću mjerača električnog otpora (Peter PRISLAN, Domen ARNIČ, Špela ŠČAP, Nike KRAJNC, Aleš STRAŽE)

Radionice iz područja fitocenologije i pedologije za pripremu stručnih polazišta za izradu planova gospo-



darenja šumama područja (Valerija BABIJ, Lado KUTNAR, Aleksander MARINŠEK, Janez KERMAVNAR)

IZ STRANOG TISKA

Učinci poremećaja na prizemnu vegetaciju u slovenskim šumskim ekosustavima

Opseg, rasprostranjenost i podrijetlo stranih šumskih vrsta drveća u Europi

ŠUMARSTVO U VREMENU I PROSTORU

Doživljaj 25. svjetskog kongresa IUFRO i dijela Brazila (Vasja LEBAN)

Šume za budućnost - od znanosti do ljudi - Jubilarna konferencija Pro Silva Europe povodom 30. godišnjice osnutka (Anton Lesnik, Jurij Diaci, Kristina Sever)

Šumar koji je dugo živio, puno je znao i puno nas je napustio???????? (Ljubo ČIBEJ, Egon OBID, Igor DAKSKOBLER)

Vol. 78 • br. 1

UVODNIK

2020. će biti godina intenzivnih priprema za obnovu regionalnih planova gospodarenja šumama (Mitja Skudnik, Polona Hafner)

IZVORNI ZNANSTVENI RAD

Utjecaji okolišnih čimbenika na prostornu rasprostranjenost jelena u Poljanskoj dolini i Polhograjskim dolomitima (Miran HAFNER, Blaž ČERNE)

KRATKI ZNANSTVENI DOPRINOS

Dostupnost taninskih i ligninskih izvora za kompletnu zamjenu sintetičkih ljepila za drvo u Europi (Jaša SARAŽIN, Igor POTOČNIK, Milan ŠERNEK)

STRUČNI RAD

70. obljetnica sveučilišnog studija šumarstva u Sloveniji: razvoj i izazovi (Andrej BONČINA)

IZ STRANOG TISKA

RITY – fenološki model osmozubog smrekovog potkorijaka (*Ips typographus*) kao alat za optimizaciju njegovog praćenja

Ovisnost ekonomičnosti pčelarstva o drvnjoj zalihi medonosnih vrsta i gustoći pčelinjih obitelji

ŠUMARSTVO U VRIJEME I PROSTORU

Projektom Julijskih Alpa poboljšati stanje ugroženih vrsta i staništa u Triglavskom nacionalnom parku (Brigita Oblak)

Sastanak europskih šumskih pedagoga u Ljubljani (Špela PLANINŠEK, Kristina SEVER)

50 godina europskih pješačkih putova (Jože PRAH)

Gdje kupiti šumarske knjige? (Maja Peteh)

U sjećanju: Prof. dr. Marjan Lipoglavšek (1941. - 2019.) (Janez Krč)

Vol. 77 • br. 10**UVODNIK**

Uloga šumarstva u bioekonomiji (Mitja Skudnik, Polona Hafner)

PREGLED NAUČNIH RAZGOVORA

Uporaba drva u slovenskoj bioekonomiji (Domen ARNIČ, Peter PRISLAN, Luka JUVANČIČ)

PREGLEDNA ZNANSTVENA RASPRAVA

Mikroklimatski uvjeti u sastojinama i prazninama dinarskih jelovo-bukovih šuma Slovenije sa stajališta klimatskih promjena (Janez KERMAVNAR, Mitja FERLAN, Aleksander MARINŠEK, Klemen ELER, Andrej KOBLER, Lado KUTNAR)

STRUČNA RASPRAVA

Karantenske štetočine u slovenskim šumama - jesmo li spremni? (Barbara PIŠKUR, Andreja KAVČIČ, Tine HAUPTMAN, Peter SMOLNIKAR, Nike KRAJNC, Matevž TRIPLAT)

IZ STRANOG TISKA

Alternativne vrste drveća u uvjetima globalnog zatopljenja u gospodarenim europskim šumama

Analiza dugoročnog utjecaja jelena na prizemnu vegetaciju u miješovitim šumama umjerene zone

ŠUMARSTVO U VREMENU I PROSTORU

Obavezna kopija = obveza izdavača (Maja Peteh)

Svečana akademija u povodu 70. obljetnice sveučilišnog studija šumarstva (Andrej Bončina, Robert Brus)

Obrazovna i turistička uloga šuma za održivi razvoj (Jože PRAH)

Vol. 77 • br. 9**UVODNIK**

25 godina javne službe u šumarstvu (Gregor Meterc)

STRUČNA RASPRAVA

Šumsko planiranje u Zavodu za gozdove Slovenije - dosadašnja dostignuća i vizija budućnosti (Matjaž GUČEK, Dragan MATIJAŠIČ, Aleš POLJANEC)

Klimatske promjene postaju glavni izazov za javnu službu šumarstva u oblasti uzgajanja i zaštite šuma (Andrej BREZNIKAR)

Gospodarenje velikim zvjerima u Sloveniji (Matej BARTOL, Matija STERGAR)

Istraživački rad kao dio javne službe za šumarstvo (Nike KRAJNC i sur.)

IZ STRANOG TISKA

Alternativne vrste drveća u uvjetima globalnog zagrijavanja u gospodarenim europskim šumama

Pristup strojnom učenju za analizu veza između temperature i više varijabli

ŠUMARSTVO U VREMENU I PROSTORU

Dojmovi putnika o Ukrajini, njezinim šumama i šumarstvu (Vasja LEBAN, Anton POJE, Matevž MIHELIČ)

Znamo li kako zaštititi kulturnu baštinu Alpa od prirodnih katastrofa (Anže Japelj)

L'ITALIA FORESTALE E MONTANA / Italian Journal of Forest and Mountain Environments

Vol 75, No 2 (2020)

Integrirane strategije za talijanske kopnene i planinske prostore: od teritorijalnih šumarskih planova do poslovnih mreža (Mario Colónico, Luca Di Salvatore, Umberto Di Salvatore, Piermaria Corona)

Prostor i vrijeme za otporne šume (Alessandro Bottacci)

Primjena modeliranja širenja šumskih požara za mapiranje rizika na regionalnim planovima prevencije šumskih požara. Slučaj regije Veneto (Rolando Rizzolo, Michele Salis, Valentina Bacciu, Emanuele Lingua, Francesco Rech, Antonio Brognaro, Massimo Bacchini)

Za nova razmatranja u ekonomskom vrednovanju šuma (Gianpiero Andreatta)

Vol 75, No 1 (2020)

Biološka raznolikost, sistemsko? uzgajanje i gospodarenje šumama (Horace Ciancio)

Gospodarenje šumama i sprječavanje hidrogeološke nestabilnosti na teritorijima visoke ranjivosti u Kampaniji (Francesco Iovino, Antonino Nicolaci, Alessio De Dominicis, Alfonso De Nardo)

Centar za istraživanje i razvoj kestena: strateški projekt Pjemonta-a za podršku čitavom opskrbnom lancu kestena (Gabriele Loris Beccaro, Alberto Alma, Igor Boni, Roberto Botta, Marco Bussone, Marco Corgnati, Alberto Ebone, Paolo Gonthier, Guido Locatelli, Eva Malacarne, Maria Gabriella Mellano, Marco Rocca, Valentina Saggese, Roberto Zanuttini)

Vol 74, No 6 (2019)

Pristup LiDAR / GIS za utvrđivanje šumskog inventara i programa šumsko-kulturnih radova u predsjedničkoj šumi Castelporziano (Gianfranco Scrinzi, Giacomo Colle, Emanuele Presutti Saba, Fabrizio Clementel, Luca Maffei, Aleandro Tinelli, Ervedo Giordano)

Šumski i vodni resursi u talijanskim alpskim regijama (Enrico Calvo, Stefano Portovenere, Alessia Donadoni)

Dobrovoljno tržište ugljika: certifikati apsorpcije CO₂ u šumama u Pijemontu. Vrhunska umjetnost, regionalne perspektive i projekti (Fabio Petrella, Marco Corgnati, Pier Giorgio Terzuolo)

Iskustva upravljanja obalnom vegetacijom - integracija usluga ekosustava (Pier Giorgio Terzuolo, Andrea Ebone)

LEŚNE PRACE BADAWCZE / Forest Research Papers

<http://www.ibles.pl/web/lesne-prace-badawcze>

Leśne Prace Badawcze, 2020, Vol. 81 (1)

ORIGINALNI ČLANCI

Intenzitet i struktura turističkog prometa u šumskom arboretumu Warmia i Mazury Poljskog šumskog društva u Kudipu (Augustus A.)

Rekreacijsko korištenje šuma od strane mladih ljudi (Cichowska J.B.)

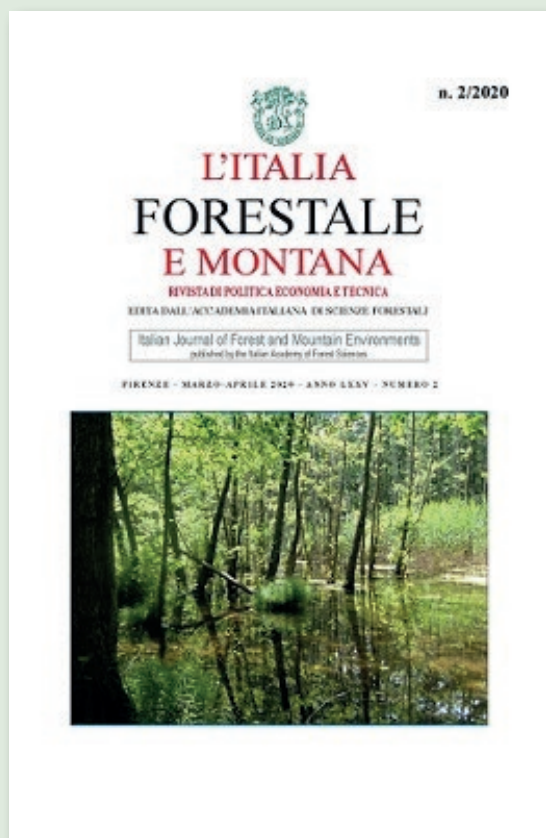
Materijali za utvrđivanje istočne granice areala kisele hrastove šume *Calamagrostio arundinaceae-Quercetum petraeae* u Poljskoj - dva nova staništa u južnom dijelu Mazovijskog vojvodstva (Zaniewski P.T., Ciurzycki W., Marciszewska K.)

PREGLEDNI ČLANCI

Geocaching u obrazovanju - pregled međunarodnih iskustava Dio 1. Uvod: prednosti i problemi (Referowska-Chodak E.)

Mikorizna simbioza stranih i invazivnih vrsta drveća (Wilgan R.)

Leśne Prace Badawcze, 2019, Vol. 80 (4)



Razvoj listopadnih vrsta na post-poljoprivrednim zemljištima uvedenim tijekom procesa konverzije sastojina pomoću umjetnih čistina (Zachara T.)

Mikrobiota stabla smreke *Juniperus x media* sa simptomima odumiranja na postrojenju za pročišćavanje otpadnih voda u Poznanju (Behnke-Borowczyk J., Kwaśna H., Szewczyk W., Zatorski J.)

PREGLEDNI RADOVI

Zaštita šuma u Europskoj uniji (Kalicka-Mikołajczyk A.)

Kreativno inženjerstvo - uvođenje napretka znanosti u šumarstvo (Wodzicki T.J.)

Praksa upravljanja šumama i pojava suspendiranih krutih tvari u rijekama i potocima i njihov utjecaj na ihtiofaunu i riječne ekosustave (Mikołajczyk T., Nawrocki P.)

Napredak u fiziološkim i genetskim istraživanjima u pogledu reakcije šumskog drveća na nisku temperaturu (Novokreshchenova M., Skowrya K., Kempf M.)

REVUE FORESTIÈRE FRANÇAISE

RFF – Numéro 4-5 - 2019 Šumska staništa i naseljene šume

Šumska staništa i naseljene šume (Christophe Baltzinger, Séraphine Grellier, François Lebourgeois, Amélie Robert, Sylvie Servain, Jean-Louis Yengué)

Između tradicije i obnove. Upravljanje šumom Chambord pod predsjedanjem Georges-a Pompidou-a (Agnès Tachin)

Dinamika šuma i krupne divljači u lovištu, Nacionalna domena Chamborda (Amélie Robert, Sylvie Servain)

Od dvorca do šume - mjesto prirode u Chambordu (Jean Louis Yengué)

Raspršivanje sjemena od strane jelena (*Cervus elaphus*) tijekom sezone lova: postavljanje pokusa u Nacionalnom posjedu Chambord (Sonia, rekao je, Flore Jégoux, Agathe Chassagneux, Océane Liehrmann, Ushma Shukla, Étienne Guillaumat, Christophe Baltzinger)

“Prisiljeni na ubijanje”: Ardenski lovci suočeni s planom odstrela jelena (Alix Hubert)

Divlja svinja i javna politika. Lov - lovci - simbolično pozicioniranje i prikazi (Alain Gigounoux)

Između perpetuacija i mutacija: etnografija korištenja šuma među finskim i samskim narodima (Anatole Danto)



Razmišljanje krajobraznog arhitekta o napredovanju spontanog pošumljavanja u Alpama i na Pirinejima (Françoise Copin)

Smeđi medvjed, žrtava korisnika Pirenejskih planina (Françoise Saliou)

Jež, šumska životinja, ali možda ona koja više tamo ne živi ili je nema (Nicolas Messieux)

Dabar, između dobra i „štetnika“: od statusa zaštićene vrste do prijetnje uzgoju topola (Amélie Robert)

Divlje životinje - Jedva vidljivi (f)aktor krajolika. Agrosilvo-pastoralizam u Morvanu i Agro-šumarstvo na Sumatri (Jean-Baptiste Bing)

Gospodarenje šumama i izazovi stvaranja nacionalnih parkova u Gabonu: slučaj nacionalnog parka Lopé (Saturnin Ndong Ndong, Aubin Gildas Kombila Mouloungi, Stéphane Ondo Ze)

Iskorištavanje prirodnih resursa rezervata za divlje životinje Lomako-Yokokala (Demokratska Republika Kongo): aktivnosti, utjecaji i percepcija dionika o njihovoj održivosti (Gérard Sankiana Malankanga, Génie Lutonadio Kiala, Raphaël Tshimanga Muamba)

Pritisak urbanog širenja na floru i faunu metropolitanskog područja Bejruta (Christy Chaoul, Jocelyne Adjizian Gerard, Nada Badaro Saliba, Rita Zaarour)

Opservatorij ravnoteže između poljoprivrede, šumarstva i lovačke djelatnosti - koristan alat za dionike u nacionalnom parku Cevennes (Baptiste Algoët)

RFF – Numéro 3 – 2019

BIOLOGIJA I EKOLOGIJA

Utjecaj halaroze (*Hymenoscyphus fraxineus*) na radijalni rast stabla jasena i na njegov klimatski determinizam na sjeveru Francuske (François Lebourgeois, Sophie Lorentz, Guillaume Cousseau, Léo Fenaux)

O podrijetlu europskih planinskih borova (Renaud Cante-grel)

AKTIVNOSTI, PROIZVODI I TRŽIŠTA

Primjer analize prodaje drva u organizaciji šumara (Max Bruciamacchie, Didier Paillereau, Evrard de Turckheim)

POVIJEST I TERITORIJI

Mostovi i ceste te vode i šume za vrijeme francuske revolucije (Georges-André Morin)

Šume i drveće na poštanskim markama (Jean Pinon, Claudine Pinon)

SLOBODNO IZRAŽAVANJE

Neka osobna razmišljanja nakon konferencije Pro Silva France u listopadu 2018. u Strasbourgu (Bernard Roman-Amat)

RFF – Numéro 2 – 2019

POLITIKE I INSTITUCIJE

Procjena postupaka evaluacije stanja očuvanja šumskih staništa na 399 lokaliteta Natura 2000 (Damien Marage)

ALATI I METODE

Participativna znanost i istraživanje u INRA-u (Christophe Roturier)

Odabir hrastovog drveta za korištenje na osnovi strukture drva - značenje, metodologija i posljedice na starenje vina i alkoholnih pića (Nicolas Vivas, Nathalie Vivas de Gaulejac, Marie-Françoise Nonier, Magali Picard)

Erratum na članak „Optimizacija operativne integracije somatskih klonova u postupcima razmnožavanja bijele smreke (*Picea glauca*) reznicama u Quebecu.“

POVIJEST I TERITORIJI

Toussaint-Yves Catros, odgojitelj i pokretač talenta za vrijeme revolucije i carstva (Jean-François Larché)

O nadležnosti uprave Eaux et Forêts, o njenoj povijesti ... i o upravi uprave javnih puteva ili cesta (Georges-André Morin)

SLOBODNO IZRAŽAVANJE

Stajališta članova Akademije: “Zašto je moguće brzo obnoviti srednjovjekovnu krovnu konstrukciju Notre-Dame de Paris korištenjem hrasta 21. stoljeća”

Riječi i šume: baliveau (François-René Briand)

SOUTH-EAST EUROPEAN FORESTRY (SEEFOR)

SEEFOR Vol 10 No 2 (Prosinac 2019)

ORIGINALNI ZNANSTVENI RAD

Regeneracija i rane prorede u sastojinama bagrema (*Robinia pseudoacacia* L.) na sjeverozapadu Rumunjske (NICOLESCU VN, BUZATU-GOANȚĂ C, BARTLETT D, IACOB N)

Novi šumskouzgojni tretmani za četinarske peri-urbane šume sa listopadnom podstojnom etažom - prva primjena u peri-urbanim šumama grada Xanthi u sjeveroistočnoj Grčkoj (MILIOS E, KITIKIDOU K, RADO-GLOU K)



Promjene nekih kemijskih sastojaka u lišću orijentalne bukve (*Fagus orientalis* Lipsky.) povezane s dobi (TURFAN N, AYAN S, YER EN, ÖZEL HB)

Modeliranje debljine kore obične smreke (*Picea abies* Karst) (MUSIĆ J, LOJO A, BALIĆ B, IBRAHIMSPAHIĆ A, AVDAGIĆ A, KNEŽEVIĆ J, HALILOVIĆ V)

Modeliranje sastojinskih varijable panjača bukve, primjenom spektralnih podataka Sentinel-2A i pristupa strojnom učenju (ČABARAVDIĆ A, BALIĆ B)

Rasprostranjenost vrsta *Belonochilus numenius* (Hemiptera: Heteroptera: Lygaeidae) diljem Republike Srbije i Makedonije (SREBROVA K, NACHESKI S, SOTIROVSKI K)

PRETHODNA PRIOPĆENJA

Sadržaj teških metala u listincu i granama *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. i *Quercus robur* L. Promatrano na dvije parcele za praćenje šuma ICP (STOJNIC S, KEBERT M, DREKIĆ M, GALIĆ Z, KESIĆ L, TEPAVAC A, ORLOVIĆ S)

Strukturne karakteristike zrelih šume jugoistočnih Karpata, Rumunjska (KRISTA V, LECA Š, CICEU A, CHIVULESCU Š, BADEA O)

Planiranje gospodarenja panjačama i obnavljanje potencijala čistih i miješanih hrastovih šuma u Sjevernoj Makedoniji (TRAJKOV P, DUBRAVAC T, TANOVIĆ V, NESTOROVSKI LJ, SOTIROVSKI K, TRAJANOV Z)

Istraživanje dendro-akustičkih svojstava introduciranih vrsta drveća kao materijala za proizvodnju glazbenih instrumenata (FEDYUKOV VI, SALDAEVA EY, MSCHERNOVA, CHERNOV VY)

Modernizacija glave za sječu i obradu (RUKOMOJNIKOV KP, VEDERNIKOV SV, KUPTCOVA VO)

STRUČNI RAD

Ekologija i uzgoj crnog oraha (*Juglans nigra* L.) u Mađarskoj (RÉDEI K, TAKÁCS M, KISS T, KESERŐ ZS)

SEEFOR Vol 10 No 1 (Lipanj 2019)

ORIGINALNI ZNANSTVENI RAD

Ubrzani visinski rast po visini i smrtnost kod *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. u Mađarskoj (GULYÁS K, MÓRICZ N, RASZTOVITS E, HORVÁTH A, BALÁZS P, BERKI I)

Koja provenijencija duglaziuje (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) pružaju najbolju produktivnost u brdovitom području Hrvatske? (ĐODAN M, DUBRAVAC T, PERIĆ S)

Pojava *Ortotomicus erosus* (Coleoptera, Curculionidae) na borovu Aleppo u mediteranskoj regiji u Hrvatskoj (PERNEK M, LACKOVIĆ N, LUKIĆ I, ZORIĆ N, MATOŠEVIĆ D)

Procjena i usporedba radne pozicije rukovatelja strojeva u proredama šuma (LANDEKIĆ M, KATUŠA S, MIJOČ D, ŠPORČIĆ M)

Šuma / Organizacijske jedinice Model rangiranja - MRG model

PREGLEDNI RAD

Pregled medvjede ljeske (*Corylus colurna* L.): Obecavajuća vrsta drveća za pokušaje migracije u budućnosti (ŠEHO M, AYAN S, HUBER G, KAHVECI G)

PRETHODNO PRIOPĆENJE

Indeks staništa i volumni postotak prirasta *Quercus pubescens* i *Quercus ilex* u raznodobnim šumama u privatnom vlasništvu duž hrvatske obale Jadrana (BERTA A, LEVANIĆ T, STOJSAVLJEVIĆ D, KUŠAN V)

Otpornost na vjetroizvale obične smreke (*Picea abies* / L. / Karst.) - Preliminarni rezultati (ĐODAN M, PERIĆ S)

Učinak polipropilenskih štitnika na rast i opstanak sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) (LIOVIĆ B, TOMAŠIĆ Ž, DUBRAVAC T, LICHT R, TURK M)

SYLWAN 164 (5) - 2020

<https://sylwan.lasy.gov.pl/>

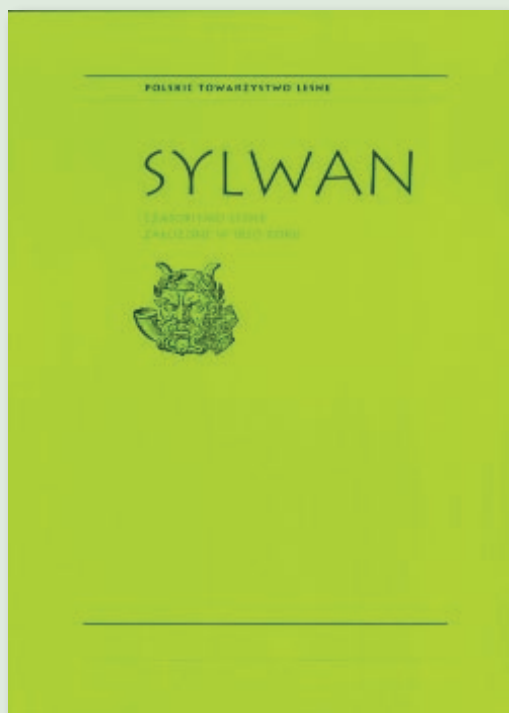
Procjena štete poljskih šuma uzrokovanih uraganom u kolovozu 2017. godine (ELŻBIETA Dmyterko, ARKADIUSZ BRUCHWALD)

Utjecaj sezone na oštećenja u nasadima crne johe tijekom ranog prorjeđivanja (WITOLD GRZYWIŃSKI, RAFAŁ TUROWSKI, BARTŁOMIEJ NASKRENT)

Gospodarenje šumama u doba okolišnih i socijalnih izazova - regionalno planiranje (ROMAN Jaszczak, Janusz Banking, BOGUSŁAW Kowalczyk)

Genomska selekcija u uzgoju šumskog drveća - osnovni principi, problemi i buduće perspektive (WERONIKA B. ŻUKOWSKA, BŁAŻEJ WÓJKIEWICZ, ANDRZEJ LEWANDOWSKI)

Struktura i dinamika raznodobnih odraslih sastojina u kojima dominira obični bor u područjima stroge zaštite Kaliszki i Sieraków u nacionalnom parku Kampinos. Dio 1. Sastav vrsta, gustoća stabala i bazalna površina (BOGDAN Brzezicki, Jacek ZAJĄCZKOWSKI ADAM Olszewski Leszek Bolibok Willy Andrzejczyk Kamil BIELAK Włodzimierz BURACZYK, Stanisław



DROZDOWSKI Leszek GAWRON, Simon Jastrzębowski, Henry Szeligowski, Henry Żybura)

Utjecaj agrotehničkog tretmana na zdravlje klonskog sjemena jasena (*Fraxinus excelsior* L.) u kontekstu njegove infekcije *Hymenoscyphus fraxineus* (T. Kowalski) (PAWEŁ PRZYBYLSKI, KATARZYNA SIKORA, VASYL MOHYTYCH, MAREK WŁOSTOWSKI)

Karakteristike tehničke kvalitete paulovnije COTE - 2 drveta (HUBERT LACHOWICZ, ALEKSANDRA GIEDROWICZ)

Utjecaj odabranih čimbenika na sadržaj mineralnih sastojaka u soku breze (*Betula pendula* Roth) (PAWEŁ STANISZEWSKI, MACIEJ BILEK, WOJCIECH SZWERC, MICHAŁ GOSTKOWSKI, PAWEŁ OSIĄK, NATALIA ŻUREK, RYSZARD KOCJAN)

Sadržaj odabranih teških metala u soku brezovog soka (*Betula pendula* Roth) i dnevni volumen, ovisno o promjeru stabla (PAWEŁ STANISZEWSKI, MACIEJ BILEK, WOJCIECH SZWERC, MICHAŁ GOSTKOWSKI, PAWEŁ OSIĄK, JULITA POLESZAK, RYSZARD KOCJAN)

SYLWAN 164 (4) - 2020

Induktivna metodologija prognoze razvoja drvnih resursa (EMILIA-WYSOCKA FIJOREK, Stanisław ZAJĄCZKOWSKI)

Modeliranje veličine dopuštene sječe temeljem usvojenih metoda predviđanja razvoja šuma (KATARZYNA

SZYC, TOMASZ BORECKI, EDWARD STĘPIEŃ, WOJCIECH KĘDZIORA, ADAM KONIECZNY, MICHAŁ ORZECZOWSKI, ROMAN WÓJCIK)

Primjena biostimulatora pri rastu i zaštiti sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u rasadniku golog korijena (WŁODZIMIERZ BURACZYK, HENRYK ŻYBURA, ELŻBIETA OSTASZEWSKA, MARCIN STUDNICKI, MARTA ALEKSANDROWICZ-TRZCIŃSKA)

Rješavanje sukoba u vezi s upravljanjem šumama - ekonomsko gledište (LECH PŁOTKOWSKI, ARKADIUSZ GRUCHAŁA, JUSTYNA RADOMSKA)

Potrošnja vremena pri privlačenju trupaca od panja do vlake pomoću skidera (GRZEGORZ SZEWCZYK, DARIUSZ KULAK, ARKADIUSZ STAŃCZYKIEWICZ)

Ekonomске posljedice oluje 2016. u šumskom okrugu Supraśl (AGATA Hryniewicka, AGNES Mandziuk)

Promjene u bogatstvu vrsta borovog podrasta na prugama dina Nacionalnog parka Kampinos na početku 21. stoljeća (PIOTR T. ZANIEWSKI, JERZY SOLON, MAREK FERCHMIN, ŁUKASZ SIEDLECKI)

Mišljenja planinarskih vodiča o formiranju šumskog krajolika u gospodarenju šumama u planinama Bieszczady (JOANNA PNIEWSKA, EMILIA JANEKZKO)

SYLWAN 164 (3) - 2020

Uzgojni index hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) pod krošnjama bora (RAFAŁ PALUCH)

Optimizacija veličine sječe metodom linearnog programiranja (KAROL ZABORSKI, JAN BANAŚ)

Određivanje standardnih jediničnih troškova odabranih radova iz uzgoja (JANUSZ KOCEL, EMILIA WYSOCKA-FIJOUREK)

Prognoza cijena drvne sirovine na temelju sedmogodišnjeg trenda razvoja (ALEKSANDRA GÓRNA, KRZYSZTOF ADAMOWICZ)

Veličina štete na drveću preostalom nakon izvlačenja skiderom u sastojini običnog bora koristeći originalnu metodu procjene (KRZYSZTOF WÓJCIK)

Imela kao prijetnja zdravstvenom stanju četinjača (GRZEGORZ ISZKUŁO, LILIANA ARMATYS, MONIKA DERING, MAREK KSEPKO, DOMINIK TOMASZEWSKI, AGNIESZKA WAŻNA, MARIAN J. GIERTYCH)

Primjena točkovnog načina popisa ptica u upravljanju šumama (DAWID SIKORA, TOMASZ BORECKI)

Antropogene promjene odabranih elemenata prirodnog okoliša u prirodnom rezervatu šume Lisia Góra u

Rzeszówu (TOMASZ WÓJCIK, IWONA MAKUCH-PIETRAŚ, AGATA ĆWIK, MARIA ZIAJA)

Strateška analiza tržišta divljači u Poljskoj (ANNA KOŻUCH)

SYLWAN 164 (2) - 2020

Prostorna varijabilnost strukture sastojina u odabranim primarnim šumama zapadnih Karpat i Dinarskog gorja (JAROSŁAW PALUCH, LESZEK BARTKOWICZ)

Utjecaj klimatskih uvjeta na godišnji porast švedske ribe *Sorbus intermedia* (Ehrh.) Pers. raste u urbanim položajima

Utjecaj klimatskih uvjeta na širinu godova drveta *Sorbus intermedia* (Ehrh.) koja raste na urbanim mjestima (ANNA CEDRO, MAŁGORZATA NOWAKOWSKA, GRZEGORZ NOWAK)

Utjecaj biomase iz ostataka nakon sječe na svojstva tla (EWA BŁOŃSKA, MAGDALENA KACPRZYK, KORNELIA WRÓBLEWSKA, JAROSŁAW LASOTA)

Utjecaj vrste šumskog staništa na veličinu i masu iglica koje padaju u roku od godinu dana u tridesetogodišnjim borovima sastojinama (MIECZYŚLAW TURSKI, CEZARY BEKER, ROMAN JASZCZAK, ADAM SZYMAŃSKI)

Mikrobiološka i biokemijska aktivnost pod sadnicama javorova i malolisne lipe koje rastu na postiminskom sedimentu jako zagađenom elementima u tragovima (AGNIESZKA MOCEK-PŁÓCINIĄK, MIROŚLAW MLECZEK, MONIKA SKOWROŃSKA)

Zdravstveno stanje europskog jasena (*Fraxinus excelsior* L.) u odnosu na vlažnost odabranih šumskih staništa (KRZYSZTOF TURCZAŃSKI, PAWEŁ RUTKOWSKI, MIROŚLAW NOWIŃSKI, BOGNA ZAWIEJA)

Utjecaj fragmentacije šumskih kompleksa na točnost procjene šumskih površina na primjeru lodskog vojvodstva (PIOTR BUDNIAK, MAREK JABŁOŃSKI, STANISŁAW ZIĘBA)

Program Copernicus kao izvor informacija o dominantnom tipu šumskog sastojina u Poljskoj - procjena točnosti nacionalnog sloja visoke rezolucije (ANNA MIROŃCZUK, ANNA LESZCZYŃSKA, AGATA HOŚCIŁO)

Usluge šumskih ekosustava kao predmet integriranog programa praćenja okoliša (MAŁGORZATA STĘPNIIEWSKA)

Oštećenja šumskog okoliša kao rezultat turizma i rekreacije (TOMASZ DUDEK, PIOTR SZKUTNIK, MACIEJ BILEK, TOMASZ OLBRYCHT, KLAUDIA CHMIEŁOWSKA, MAGDALENA DZIUBA, ZBIGNIEW CZERNIAKOWSKI)

SYLWAN 164 (1) - 2020

Veličina i učinkovitost asimilacijskog aparata bora (*Pinus sylvestris* L.) (CEZARY BEKER, MIECZYŚLAW TURSKI, KATARZYNA KAŻMIERCZAK, TOMASZ NAJGRAKOWSKI)

Promjenjivost odabranih značajki makrostrukture i gustoće smrekovog drveta iz komercijalnih sastojina i degradiranih područja (KRZYSZTOF MICHAŁEC, RADOŚLAW WĄSIK, MAREK PAJĄK, FRYDERYK SIKORA)

Procjena mogućnosti za kompenzaciju volumena stabala uklonjenih s trase cesta povećanih prirasta rubnog drveta (WŁODZIMIERZ STEMPSKI, KRZYSZTOF JABŁOŃSKI, JAKUB JAKUBOWSKI)

Prijetnje šumskom ekosustavu i posjetiteljima u šumskim područjima prema mišljenju turista u šumskom okrugu Krynki (ANDRZEJ A. KONIECZNY, PIOTR GOŁOS, ADAM T. SIKORA)

Vremenski obrasci sudara los-vlak u British Columbia - metode za izbjegavanje (KAROLINA D. JASIŃSKA, SZYMON BIJAK, KENNETH N. CHILD, ROY V. REA)

Utjecaj promjene šumskog pokrova na stupanj fragmentacije šuma Insko pojezerja u 20. stoljeću (Paweł PIENKOWSKI, Marek PODLASIŃSKI, Marcin STOLTMAN)

SYLWAN 163 (12) - 2019

Dinamika procesa umiranja stabala na Sudetama u godinama 2002–2018 (ARKADIUSZ BRUCHWALD, ELŻBIETA DMYTERKO, MARCIN MIONSKOWSKI, PIOTR WRZESIŃSKI)

Vertikalno razlikovanje bogatstva i sastava vrsta miko-, lichen- i briobiota vjetrovitih stabala u Nacionalnom parku Kampinos (PIOTR T. ZANIEWSKI, ANDRZEJ SZCZEPKOWSKI, BŁAŻEJ GIERCZYK, ANNA KUJAWA, TOMASZ ŚLUSARCZYK, BARBARA FOJCIK)

ZBIGNIEW Siroče

Da li je uvođenje sadnica sa prekrivenim korijenovim sustavom u svakoj obnovi razumno - fitopatološko gledište (ZBIGNIEW SIEROTA)

Utjecaj meteoroloških uvjeta na početak vegetacijske sezone listopadne šume sjeveroistočne Poljske (MACIEJ BARTOLD, ZBIGNIEW BOCHENEK)

Utjecaj *Bacillus subtilis* i *Trichoderma asperelleum* na razvoj sadnica breze zaraženih patogen sitnog korijena *Phytophthora plurivora* (TOMASZ OSZAKO, ANNA ŻÓŁCIAK, MIRELA TULIK, MIŁOSZ TKACZYK, MARCIN STOCKI, JUSTYNA A. NOWAKOWSKA)

Društvene potrebe i sklonosti u pogledu rekreacije u zaštićenim područjima na primjeru rezervata prirode „Nad Tanwią“ (AGNIESZKA MANDZIUK, JAROSŁAW KIKULSKI, STANISŁAW PARZYCH)

Vrednovanje nedravnih šumskih funkcija kontingentnom metodom na primjeru turističke funkcije (AGNIESZKA MANDZIUK, STANISŁAW PARZYCH, MARCIN STUDNICKI, JUSTYNA RADOMSKA, ARKADIUSZ GRUCHAŁA)

Učinak poremećaja brojnosti štetočinskih vrsta bora (*Pinus sylvestris* L.) i njihova brojnost u šumama sjeveroistočnog Kazahstana (BINAZIR MUSSAYEVA, THOMAS MOKRZYCKI, Danska N. SARSEKOVA, BEKBOLAT OSSERKHAN)

SYLWAN 163 (11) - 2019

Cijene prodaje drva u međuprooredama u sastojinama običnog bora ovisno o njihovoj dobi (AGNIESZKA MANDZIUK, STANISŁAW PARZYCH)

Metode normiranja jediničnih troškova odabranih šumsko-kulturnih radova (JANUSZ KOCEL, EMILIA WYSOCKA-FIJOEK, MARCIN MIONSKOWSKI)

Primjena modela rizika od oštećenja na sastojinama od vjetra za procjenu smrtnosti stabala u Sudetama u razdoblju 2015–2017. (ELŻBIETA DMYTERKO, ARKADIUSZ BRUCHWALD)

Promjenjivost raspodjele grešaka oblog drva u sastojinama zrelog bora (RADOSŁAW MIRSKI, MAREK WIERUSZEWSKI, ZBIGNIEW MALINOWSKI)

Primjena klaster analize za razlikovanje tendencija vegetacijskih promjena na primjeru dinamike zajednica zahvaćenih površinskim požarima u zajednici *Peucedano-Pinetum* u Nacionalnom parku Kampinoski (PIOTR T. ZANIEWSKI, EWA ZANIEWSKA, JAN M. MATUSZKIEWICZ)

Rast i preživljavanje osmogodišnjeg potomstva obične jele (*Abies alba* Mill.) u ispitnoj regiji I (WŁODZIMIERZ BURACZYK, HENRYK SZELIGOWSKI, MARCIN STUDNICKI, AGATA KONECKA, MATEUSZ BĘDKOWSKI)

Rijetki i privatni aleli kao mjera bogatstva genskih baza u sadnom materijalu bora (AGATA KONECKA, ANNA TEREBA, MARCIN STUDNICKI, JUSTYNA A. NOWAKOWSKA)

Rekreacijska funkcija šuma u šumskom okrugu Krynki u javnom mnijenju (PIOTR GOŁOS, ADAM T. SIKORA, ANDRZEJ A. KONIECZNY)

SYLWAN 163 (10) - 2019

Izumiranje limbe u Tatrama - procjena razmjera pojava i uloge kambiofagičnih insekata (WOJCIECH GRODZKI, ANTONI ZIĘBA, TOMASZ ZWIJACZ-KOZICA)

Klimatska ravnoteža vode u krajobraznom parku Planine Opawskie (GREGORY B. DURŁO)

Fizičko opterećenje šumara i pomoćnika šumara na šumskim radištima (WITOLD GRZYWIŃSKI, TOMASZ JELONEK, ARKADIUSZ TOMCZAK)

Vremenske serije dekompozicija obujma proizvodnje drva i cijena na primjeru šumskog okruga Marcule (JAN BANAS, Anna mulja, KAROL Zaborska)

Promjenjivost provenijencija crne johe u Poljskoj (ROMAN Rozkowski, LEON MEJNARTOWICZ, MARZENNA Guzicka, OSTVARENJA KLAUDIJE, DANIEL J. CLOUD)

Klonska struktura poljskog brijesta (*Ulmus minor* Mill.) U Poljskoj (MAGDALENA Chudzińska, MONIKA LITKOWIEC, MAŁGORZATA Pałucka, Anna Pasławska, ANDRZEJ LEWANDOWSKI, CZESŁAW KOZIOŁ)

Dugoročne promjene u sastavu vrsta u visokom zaštitnom režimu šumama Augustów i Knyszyn (RAFAŁ PAŁUCH, KAROLINA A. GABRYSIĄK)

Kvaliteta drveta topole u šumi za zbrinjavanje kamenog otpada pri iskopavanju lignita (MAREK PAJĄK, KRZYSZTOF MICHAŁEC, RADOSŁAW WĄSIK, OTMAR URBAN, PETR VITEK, BARTŁOMIEJ WOŚ, WOJCIECH KRZAKLEWSKI, MARCIN PIETRZYKOWSKI)

Funkcionalnost povezanosti šumskih cesta s javnim i ostalim unutarnjim cestama (GRZEGORZ TRZCIŃSKI, PIOTR MŁYNARCZYK)

Sezone i zajednica gljiva koje koloniziraju panjeve američkih trešanja

Sezonske promjene u kolonijama gljiva koje naseljavaju panjeve kasne američke sremze (MARLENA BARANOWSKA, ROBERT KORZENIEWICZ, NATALIA KARTAWIK, JOLANTA BEHNKE-BOROWCZYK)

Struktura sortimenta po dobnim podrazredima u odabranim sustavima sječe u sastojinama običnog bora (Stanisław Parzych, Agnieszka Mandziuk, Emilia Wysocka-Fijorek)

Utjecaj predsjedvene pripreme žira i vrijeme sjetve na klijanje sjemena i rast sadnica hrasta lužnjaka (Kinga Skrzyszewska, Jacek Banach, Grzegorz Bownik)

Utjecaj prorede na rast i prirast sastojina škotskog bora - studija slučaja iz Kazlų Rūda (Litva) (Edgaras Linkevičius, Szymon Bijak, Kšištof Godvod, Edmundas Petrauskas,

Daiva Tiškute-Memgaudiene, Rasa Valiukaite, Arnoldas Šapokas, Rokas Šatinskas)

Šiške autohtonih vrsta hrasta kao potencijalna sirovina za tanin (Maciej Bilek, Katarzyna Kozłowska-Tylingo, Michał Gostkowski, Paweł Staniszewski)

Radni uvjeti pokretnih strojeva za usitnjavanje drva u smislu inovativnih sustava upravljanja pogonom (Łukasz Warguła, Konrad J. Waluś, Piotr Krawiec)

Veličina naseljenosti i rasprostranjenost tetrijeba u Poljskoj u 21. stoljeću (Dorota Zawadzka, Zbigniew Żurek, Paweł Armatys, Przemysław Stachyra, Paweł Szewczyk, Michał Korga, Dorota Merta, Janusz Kobielski, Marek Kmiec, Barbara Pregler, Zbigniew Krzan, Zenon Rzońca, Grzegorz Zawadzki, Jerzy Zawadzki, Bartłomiej Sołtys, Jan Bielański, Jan Czaja, Ewa Flis-Martyniuk, Andrzej Wediuk, Robert Rutkowski, Andrzej Krzywiński)

Klasifikacija krađe drva i drvene građe kao jedan od oblika oštećenja šuma (Agata Ziółkowska, Justyna Trawińska, Weronika Baran)

SYLWAN 163 (9) - 2019

Struktura sortimenta drva u dobrim potklasama u odabranim sustavima sječe u sastojinama običnog bora (STANISŁAW PARZYCH, AGNIESZKA MANDZIUK, EMILIA WYSOCKA-FIJOEK)

Utjecaj metode pripreme predsetve žira i datuma setve na klijanje sjemena i rast sadnica hrasta lužnjaka (KINGA SKRZYSZEWSKA, JACEK BANACH, GRZEGORZ BOWNIK)

Utjecaj proreda na rast i prirast sastojina običnog bora - studija slučaja Kazlų Rūda (Litva) (EDGARAS LINKEVIČIUS, SZYMON BIJAK, KŠIŠTOF GODVOD, EDMUNDAS PETRAUSKAS, DAIVA TIŠKUTĖ-MEMGAUDIENĖ, RASA VALIUKAITĖ, ARNOLDAS ŠAPOKAS, ROKAS ŠATINSKAS)

Primjena tehnika molekularne biologije u otkrivanju *Erysiphe alphitoides* (Griffon i Maubl.) U. Braun i S. Takam. u biljnim dijelovima (RADOSŁAW ROSZAK, MARLENA BARANOWSKA, MARTA BEŁKA, JOLANTA BEHNKE-BOROWCZYK)

Šiške plodova autohtonih vrsta hrasta kao potencijalne taninske sirovine (MACIEJ BILEK, KATARZYNA KOZŁOWSKA-TYLINGO, MICHAŁ GOSTKOWSKI, PAWEŁ STANISZEWSKI)

Procjena šumskog pokrivača u ukrajinskoj Poleziji korištenjem klasifikacije sezonskih kompozitnih Landsat 8 OLI slika (PETRO LAKYDA, VIKTOR MYRONIUK, ANDRII BILOUS, SERGII BOIKO)

Radni uvjeti pokretnih strojeva za usitnjavanje drva u smislu inovativnih upravljačkih sustava pogona (ŁUKASZ WARGUŁA, J. Waluś KONRAD, Piotr Krawiec)

Veličine populacije i distribucija tetrijeba u Poljskoj u 21. stoljeću (DOROTA ZAWADZKA, ZBIGNIEW ŻUREK, PAWEŁ ARMATYS, PRZEMYSŁAW STACHYRA, PAWEŁ SZEWCZYK, MICHAŁ KORGA, DOROTA MERTA, JANUSZ KOBIELSKI, MAREK KMIEĆ, BARBARA PREGLER, ZBIGNIEW KRZAN, ZENON RZOŃCA, GRZEGORZ ZAWADZKI, JERZY ZAWADZKI, BARTŁOMIEJ SOŁTYS, JAN BIELAŃSKI, JAN CZAJA, EWA FLIS-MARTYNIUK, ANDRZEJ WEDIUK, ROBERT RUTKOWSKI, ANDRZEJ KRZYWIŃSKI)

Pravna kvalifikacija krađe drva i drveća iz šume kao jednog od oblika oštećenja šuma (AGATA ZIÓŁKOWSKA, JUSTYNA TRAWIŃSKA, WERONIKA BARAN)

SYLWAN 163 (8) - 2019

Procjena ekonomske učinkovitosti upravljanja šumama u promotivnom kompleksu „Puszcza Białowieska“. Dio 2. Analiza ekonomskih i finansijskih pokazatelja (Andrzej A. Konieczny, Adam T. Sikora)

Primjena modela rizika od vjetra za procjenu vjerojatnosti lokacije oštećenja šuma Regionalne uprave državnih šuma u Białystoku (Arkadiusz Bruchwald, Elżbieta Dmyterko)

Utvrđivanje podrijetla sjemena rihtalskog običnog bora (*Pinus sylvestris* L.) pomoću mikrosatelitskih markera (Błażej Wójkiewicz, Weronika B. Żukowska, Lech Urbaniak, Jan Kowalczyk, Monika Litkowiec, Andrzej Lewandowski)

Učinak prorjeđivanja na radijalni prirast hrasta u okrugu Międzyrzec (Weronika Sacewicz, Szymon Bijak)

Temperatura zraka na prostoru čiste sječe i na čistinama (Longina Chojnacka-Ożga, Wojciech Ożga, Tadeusz Andrzejczyk)

Šumske sastojine stečene iz Državnog fonda za zemljište - stanje i problemi u gospodarenju (Wojciech Kędziora, Michał Orzechowski, Roman Wójcik, Emilia Wrzosek, Tomasz Borecki)

Promjene u šumama regije Kłodzko u godinama 2001-2017 (Elżbieta Dmyterko, Arkadiusz Bruchwald)

Prirodna otpornost drva *Erythrophloeum fordii* Oliv. i *Hopea pierrei* Hance na oštećenje od podzemnih termita (Adam Krajewski, Paweł Kozakiewicz, Piotr Witomski, Anna Oleksiewicz)

Koncentracija teških metala u donjim sedimentima rezervoara srednjih šuma (Mariusz Sojka, Tomasz Kałuża, Marcin Siepak, Paweł Strzeliński)

SYLWAN 163 (7) - 2019

Procjena ekonomske učinkovitosti upravljanja šumama u promotivnom kompleksu „Puszcza Białowieska“. Dio 1. Analiza aktivnosti i financijskog rezultata (Andrzej A. Konieczny, Adam T. Sikora)

Mogućnosti i razina uporabe Facebooka od strane državnih šuma (Natalia Smarul, Karol Tomczak, Anna Wierzbicka, Adrian Łukowski)

Upotreba elektroničkog nosa za otkrivanje isparljivih organskih spojeva proizvedenih u patogenim gljivama biljaka (Miłosz Tkaczyk, Sławomir Ślusarski, Iwona Skrzecz)

Rasprostranjenost zimovačkih pre-imaginativnih faza insekta *Acantholyda posticalis* Mats. u sastojinama običnog bora u središta epidemije (Marek Sławski, Tomasz Mokrzycki, Stanisław Perliński, Artur Rutkiewicz, Małgorzata Sławska)

Modeliranje parametara stabla i sastojina pomoću modela mješovitih učinaka (Karol Bronisz)

Učinak pojave *Phellinus pini* (Brot.) Pilát na debljinski prirast *Pinus sylvestris* L. (Robert Tomusiak, Paweł Zarzyński)

Rezultat 35-godišnjeg pokusa provenijencije a običnim borom iz serije IUFRO 1982. na pokusima u Wyszkwu i Sękocinu (Jan Kowalczyk, Tomasz Wojda)

Šumskokulturna kvaliteta obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) nakon 20 godina pokusa provenijencije u šumskom okrugu Brzeziny (Henryk Szeligowski, Włodzimierz Buraczyk, Stanisław Drozdowski, Tadeusz Andrzejczyk, Mariusz Stępniaek, Michał Dzwonkowski)

Učinkovitost privlačenja drva na padinama (Dariusz Kulak, Arkadiusz Stańczykiewicz, Grzegorz Szewczyk, Łukasz Wala)

Sadržaj sterola u kori nakon sušenja drva na visokim temperaturama u konvekcijskim sušarama (Lidia Szwajkowska-Michałek, Tomasz Rogoziński, Kinga Stuper-Szablewska)

Napomena: Kako časopisi izlaze na različitim jezicima, često sa djelomičnim ili problematičnim prijevodima sažetaka ili sadržaja, moramo se ograditi od točnosti prijevoda naslova, pa ih dajemo samo orijentacijski, da bi naši čitatelji bar otprilike mogli pratiti o čemu časopis piše. Zainteresiranima svakako preporučujemo korištenje originalnih materijala na webu časopisa. Relativno ažurne linkove na sve časopise možete pronaći na stranicama www.sumari.hr/biblio na linku ČASOPISI U RAZMJENI.

DARKO POSARIĆ, dipl. inž. šum. DA BI HRAST MOGAO RAST

Prof. dr. sc. Milan Glavaš

Izdavači ove knjige su Hrvatske šume d. o. o. Zagreb, Hrvatska komora inženjera šumarstva i drvne tehnologije i Hrvatsko šumarsko društvo. Recenzenti su akademik. Igor Anić i dr. sc. Tomislav Dubravac. Tiskala ju je Tiskara Martis Vinkovci, 2020. godine. Napisana je na 56 stranica. U kratkom predgovoru autor navodi kome je djelo namijenjeno i koji mu je cilj. Ističe da hrastovi za svoj razvoj trebaju puno znanja, truda i ljudske ljubavi. U knjizi je u stihovima i fotografijama prikazan dio toga procesa šumarske svakodnevnice. Knjiga sadrži 21 kiticu s po 6 stihova, a svaka je kitica popraćena s dvije izvrsne fotografije koje se odnose na stihovni prikaz.

Stihovi počinju hrastovim žirom (naslov knjige) i njegovoj prirodnoj zaštiti. Slijedi klijanje žira i razvoj mladih biljaka koje služe i kao hrana raznim organizmima. Zatim ukazuje kako stara stabla štite mlade biljke od vanjskih utjecaja i kako se razvijaju te na šumsko-uzgojne mjere i zahvate tijekom slijedećeg razvoja sve do zrelosti. Navodi koje koristi šuma nudi. Pri kraju upućuje na potrebne radove u zreloj šumi za njenu obnovu, odnosno koje radove treba provesti da bi odrasli hrastovi rodili žirom i završava stihom „Sve kreće iz početka!“

Nakon stihova recenzenti su dali svoja mišljenja o djelu i autoru, hrastovim šumama i njihovom značenju. Na kraju



je autor izrazio zahvale svima koji su pomogli objavu knjige, bilješke o autoru i nakladnicima.

Mišljenje o djelu i autoru

Poznato nam je da je životni put hrasta lužnjaka dugotrajan i težak. Počinje od žira do starih stabala, u čemu šumari imaju važnu ulogu, a što je autor prekrasno izrazio stihovima čarolijom jednostavnih riječi. Knjiga je na prvom mjestu namijenjena djeci, ali je korisna i šumarima i svim zaljubljenicima u šumu. Stihovi su vrlo jednostavni, jasni i tečni.

Nužno je naglasiti da među šumarima postoje brojni umjetnici na svim poljima. Mnogi su cijenjeni u Hrvatskoj, a neki i u svijetu. Bilo bi korisno o njima napisati cijeli leksikon. Jedan od šumara umjetnika je i naš kolega Darko Posarić. Zaposlen je u Stručnim službama Uprave šuma Podružnice Vinkovci na radnom mjestu stručnog suradnika uzgajanja šuma. Kao šumarski stručnjak objavio je desetak radova i

jednu knjigu. Kao šumaru – pjesniku objavljena je 2010. godine zbirka pjesama „Život i druge stvari“, a 2011. godine objavljena je zbirka pjesama **Hrastova šuma u stihu**. U toj zbirci predstavio je 12 vrsta drveća i 12 vrsta grmlja hrastovih šuma u stihovima s jednom ili nekoliko značajki po kojima je vrsta poznata. Godine 2015. objavio je poemu duhovnog sadržaja **Bilo kakav spas bi moguć, križ odabra Bog Svemoguć. Zašto?**. Sva su djela visoko ocijenjena. To ukazuje da je Darko Posarić uvaženi šumar – pjesnik. Da bi šuma mogla opstati o njoj treba uvijek brinuti. Na to upućuje autor ove knjige napisom otraga na korici „**Čuvajmo šumu i brinimo o njoj**“.

Darku Posariću upućujem najveće srčane čestitke, neka nastavi pisati stihove i neka bude primjer i poticaj drugim šumarima umjetnicima za stvaranje vlastitih umjetničkih djela.

Svim kolegama šumarima preporučam da pročitaju ove stihove za sebe, svoju djecu i prijatelje.

ŠUMARSKI DOM NAKON POTRESA

Mr. sc. Damir Delač

22. ožujka 2020. u 6,24 sati Zagreb je pogodio potres jačine 5,5 stupnjeva po Richteru, s epicentrom u Markuševcu, na dubini od 10 km.

U 7:01 sati uslijedio je još jedan potres jačine 5,0 stupnjeva po Richteru, a treće jače podrhtavanje tla zabilježeno je u 7,01 sati, jačine 3,7 po Richteru.

Od tada pa do sredine svibnja, kada pišem ovaj članak, bilježimo preko 1000 većih ili manjih podrhtavanja tla.

Prve informacije pokazale su da je šteta velika. Najteže je pogođena stara jezgra u kulturno-povijesnoj graditeljskoj baštini grada Zagreba.





Stradala je i katedrala, vrh jednog tornja se odmah urušio, a drugi je naknadno skinut kontroliranom eksplozijom.

Sreća u nesreći bila je što se najsnažniji potres dogodio u nedjelju, rano ujutro, kada su ulice bile još prazne. Ipak, zabilježen je jedan smrtni slučaj djevojčice koja je preminula od ozljeda zadobivenih u svom stanu, a ozlijeđeno je još 27 ljudi.

Nakon prvog šoka iz stana u zgradi u Vinogradskoj, koja začudo, iako datira s početka 20. stoljeća, nije pretrpjela znatnija oštećenja, požurio sam vidjeti stanje Šumarskoga doma.

Pročelje zgrade nije otkrivalo značajnija oštećenja, jedino su se na tlu pokraj Glavnog ulaza vidjeli komadi kamenja. Pogled gore otkrio je da se radi o poprsju jednog kipa s portala koje se odlomilo i raspalo od udara o tlo. Drugi kip odvojio se iz ležišta.



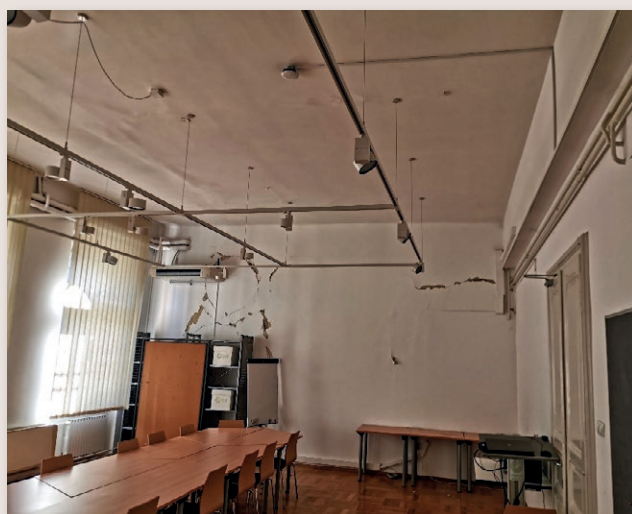


Dvorište je bilo puno cigle od jednog urušenog dimnjaka te srušenog zabata potkrovlja zgrade uz Đački dom.

Posebice su velika oštećenja na istakama stepeništa, kako Glavnog s Vukotinovećeve ulice, tako i s ulaza Mažuranićev trg i Perkovčeva.

Ulaskom u zgradu zatekli smo otpale komade žbuke na podovima i raskline na zidovima i plafonima u svim prostorima..





Uredski prostor u potkrovlju uz Portal

Statičari volonteri, koji su se na poziv Kriznog štaba i Hrvatske komore inženjera građevinarstva uključili u akciju prve procjene oštećenja objekata i njihove uporabljivosti, dodjeljivali su prema stupnju oštećenja oznake:

Zelena oznaka

Nema strukturnog oštećenja nosivih elemenata zgrade te ne postoji opasnost od urušavanja. Dakle, iako svatko smatra da bilo kakvo oštećenje na zidu njegove zgrade ili stana predstavlja opasnost, da bi zgrada zaista bila potencijonalno opasna prema ovim kriterijima, oštećeni trebaju biti nosivi zidovi i to tako da mora postojati narušena statika zgrade. Oštećenja nosivih zidova poglavito se odnose na vertikalne elemente, a ne horizontalne, odnosno etaže. Jedan od glavnih kriterija pri određivanju ocjene je i mogućnost podnošenja tzv. „afteršoka“, tj. ponovljenog potresa.

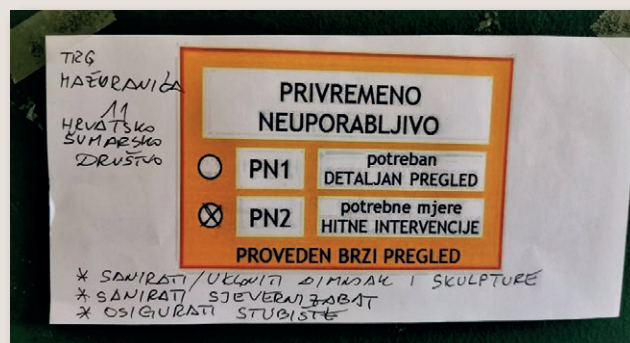
Žuta oznaka

Premda oznaka „privremeno neupotrebljivo“ može asociirati da je u toj nekretnini trenutno nemoguće nastaviti živjeti, ta ocjena ne znači da će se ljudi morati iseliti, ali da određeni rizici postoje. Žuta boja znači da ili postoje strukturna oštećenja nosivih zidova, ili pak opasnost da odlomljeni dimnjak ili crjepovi s krova padnu na cestu i nekoga ugroze. Zgrade s oštećenjima označene žutom bojom ukazuju da ta oštećenja u najgorem slučaju nisu takve vrste da bi kod ponovljenoga potresa dovela do urušavanja čitave nekretnine, no mogla bi dovesti do urušavanja jednoga njezina dijela.

Crvena oznaka

„Neuporabljivo“. Riječ je o zgradama opasnim za život iz kojih se nalaže hitna evakuacija, tj. stanari ne mogu živjeti u takvoj zgradi. Crvena kartica znači da bi u slučaju ponovnog potresa ona vjerojatno završila u ruševinama. Od stručnjaka se u formularu traži da obrazlože je li zgrada neupotrebljiva zbog vanjskih utjecaja ili oštećenja.

Šumarskome domu dodijeljena je narančasta oznaka uz mjeru „potrebne hitne intervencije“.





Utješno je bila izjava statičara da unatoč brojnim oštećenjima statika cijeloga objekta nije značajnije narušena.

Prve aktivnosti bile su usmjerene ka otklanjanju neposredne opasnosti za prolaznike, a to su bili ostaci prelomljenog kipa koji nisu pali na tlo, pa su angažirani vatrogasci.

Tvrtka specijalizirana za rad na visinama napravila je dijagnozu dimnjaka i ustanovila da su tri dimnjaka u kritičnom stanju.

11. travnja pomoću dizalice skinuti su ti dimnjaci, te poprsje jednog kipa, a njegov donji dio vraćen u ležište.

Portal zgrade se opasno nagnuo, a njegov gornji dio je prelomljen te postoji mogućnost njegova urušavanja što predstavlja veliku opasnost za prolaznike.





Uslijed naknadnih podrhtavanja tla dimnjak koji gravitira na Perkovčevu dodatno se nagnuo.



Zatražili smo hitnu intervenciju od nadležnih gradskih službi.

Učvršćivanje portala vrše djelatnici SPEGRE

U okolnostima kada je Sabor raspušten prije parlamentarnih izbora, a nije donesen Zakon o sanaciji potresa u Zagrebu te kako bi Šumarski dom što prije doveli u funkciju, Upravnom odboru HŠD-a predlažemo sljedeći plan sanacije.

Stanje krovišta zgrade i dimnjaka zahtijeva zamjenu cijelog krovišta.





Za to je potrebno izraditi Projekt u skladu s naputcima konzervatora i natječajem te naći najpovoljnijeg izvođača.

Primjer zgrade pokrivena aluminijskim pokrovom koji je izgledom najbližiji današnjem pokrovu.

- U sljedećoj fazi biti će potrebno izraditi digitalnu snimku oštećenja i temeljem Projekta napraviti sanaciju statički narušenih dijelova zgrade-stubišta
- Na kraju slijedi dletanje i molerski radovi uređenja unutarnjih uredskih prostora.

Kako svi ti radovi zahtijevaju značajna financijska sredstva, koja nismo u mogućnosti pokriti samo ušteđevinom, ali i stoga što ćemo do ponovnoga stavljanja zgrade u funkciju biti uskraćeni za najamnine, zatražiti ćemo namjenski kredit od banke.

Kao i svi građani i poslovni subjekti očekujemo nakon donošenja Zakona o sanaciji potresa povrat dijela uložених sredstava, no mi nismo u situaciji čekati ta sredstva pa da tek onda pokrenemo radove.

Nadamo se da ćemo do jeseni „zaliječiti“ sve rane na našem Šumarskom domu.

Natječaj za 16. bjelovarski salon fotografije "ŠUMA OKOM ŠUMARA" – odgođen



Poštovani autori,

Obavještavamo Vas da je žiriranje za 16. bjelovarski salon fotografije „Šuma okom šumara“ s međunarodnim sudjelovanjem odgođeno dok se ne zadovolje svi uvjeti. Izgledno do slijedećeg proljeća. Odluka je donesena iz nekoliko razloga: ponajprije zbog svima poznatog utjecaja pandemije COVID-a 19 na sve aktivnosti pa tako i žiriranje, potom zbog nedostatka financijskih sredstava za tiskanje kataloga, a s obzirom na postignutu reputaciju salona ne želimo se prezentirati bez pripadajućeg kataloga na razini dosadašnje kvalitete, koji prati salon i ostaje u arhivi.

Sve fotografije koje su zadovoljile kriterije arhivirane su za slijedeći izbor, iako ćemo slijedeće godine ponoviti natječaj i prijavnicu. Pozivamo Vas da nastavite sa fotografiranjem i zaustavite trenutke u prirodi svojim čarobnim fotografijama, ali obratite pozornost na rezoluciju propisanu kriterijem natječaja, budući da je ove godine jedan dio pristiglih fotografija u manjoj rezoluciji koja se ne može upotrijebiti pri tiskanju kataloga ili eventualno plakata.

Ove godine izložiti ćemo u Bjelovaru (26.06.-18.07.), a slijedom godišnjeg rasporeda i u drugim gradovima, repliku izložbe koja je izložena u veljači u Europa Building, Brussels. Ova postava je velika čast za projekt koji je nastao u Bjelovaru, a u ovih 15. salona proširio se na cijelu Hrvatsku i već treći puta prešao granice od Helsinkija do New Yorka i sada Bruxellesu.

Srdačan pozdrav,
Organizacijski odbor
HŠD Ogranka Bjelovar

UPUTE AUTORIMA

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

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

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

Opseg teksta članka 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. Velika žumara u Šibeniku.

■ **Figure 1.** Chinese windmill palm in Šibenik (Croatia).



Slika 3. Peteljke su tanke, 40–90 cm dugačke, sitno nazubljenih rubova. ■ **Figure 3.** Petioles are slender, 40–90 cm long; margins with very fine teeth.



Slika 2. Plojke su okruglaste, oko 60 cm dugačke i 90 cm široke, duboko razdijeljene na preklapljene segmente. ■ **Figure 2.** Leaf blades are orbicular, about 60 cm long and 90 cm wide, deeply divided into single-fold segments.



Slika 4. Plodovi su plavkasto-crni, nahukani, bubrežasti, 9 mm dugački, 12–13 mm široki, skupljeni u guste, viseće metlice; dozrijevaju u prosincu i siječnju, dugo ostaju. ■ **Figure 4.** Fruits are bluish-black, glaucous, reniform, 9 mm long, 12–13 mm wide, in dense, pendulous clusters; maturing in December to January, long persistent.

***Trachycarpus fortunei* (Hook.) H.Wendl. – velika žumara, visoka žumara, kineska žumara (*Arecaceae*)**

Rod *Trachycarpus* sadrži devet azijskih vrsta lepezastih palmi. Vrsta *T. fortunei* (*Chamaerops fortunei* Hook.) je nazvana prema škotskom botaničaru i istraživaču Robertu Fortuneu (1812. –1880.), koji je iz Kine, Tajvana i Japana u Europu unio brojne biljne vrste. Velika žumara je palma visoka 10–12 m, s jednom ravnom, uspravnom i valjkastom stabljikom prekrivenom tamnosmeđim, vlaknastim ostacima osnova peteljki. Stabljike starijih biljaka ogole. Listovi su lepezasti, gusto smješteni u rozeti na vrhu stabljike. Cvjetovi su dvodomni, anemofilni i entomofilni, sitni, u velikim, višecvjetnim, žutim (muškim) ili zelenkastožutim (ženskim) metlicama, koje se nalaze u pazušcima listova, na vrhu stabljike. Velika žumara cvjeta u travnju i svibnju, a plodovi su jednosjemene koštunice. Autohtona je palma u planinskim šumama subtropskog i umjerenog pojasa srednje i južne Kine, južnog Japana i sjevernog Mijana-mara, ali se već dugo intenzivno uzgaja pa prirodna rasprostranjenost nije sigurno određena. Tolerantna je na vjetar, posolicu i mraz. Jedna je od najot-pornijih i najprilagodljivih palmi koja može preživjeti kratkotrajne temperature do -15 °C. U Europu je unesena 1830. godine te se od tada često sadi kao ukrasna vrsta u hladnijem Sredozemnom i toplijem umjerenom području. Invazivna je vrsta u Švicarskoj i smatra se bioindikatorom klimatskih promjena.

***Trachycarpus fortunei* (Hook.) H.Wendl. – Chinese Windmill Palm, Chusan Palm (*Arecaceae*)**

The genus *Trachycarpus* comprises 9 species of fan-leaved palms native to Asia. *T. fortunei* (*Chamaerops fortunei* Hook.) was named after a Scottish botanical explorer Robert Fortune (1812–1880), who introduced many plant species from China, Taiwan and Japan to Europe. Chinese windmill palm is 10–12 m tall, with solitary, straight, erect, cylindrical stem, 10–15 cm in diameter, covered with dark brown fibrous remains of the petiole bases, bare in older plants. The stem is topped with a dense rosette of numerous, fan-like leaves. Flowers are dioecious, anemophilous and entomophilous, small, arranged in many-flowered, large, yellow (male) or greenish-yellow (female) panicles, within the crown of leaves. Flowering occurs from April to May. Fruits are single-seeded drupes. Chinese windmill palm is native to subtropical and temperate mountain forests of central and southern China, southern Japan and northern Myanmar, but has long been cultivated, to the extent that its original distribution is uncertain. It is wind, salt and frost tolerant. It is one of the cold hardiest and most adaptable palms in the world and can survive short periods at -15 °C. It was introduced to Europe in 1830 and has since become widely grown as an ornamental species in cool Mediterranean and warm temperate regions. It is an invasive species in Switzerland. It is considered a bioindicator for climate change.