Baština Akademije nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine

Simpozij zaštita šuma-stabilnost šumskih ekosistema: Dan šuma

Beus, Vladimir; urednik

2024-09

https://bastina.anubih.ba/handle/123456789/794

Preuzeto s Baštine Akademije nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine

https://bastina.anubih.ba/



SIMPOZIJ ZAŠTITA ŠUMA
– STABILNOST ŠUMSKIH EKOSISTEMA

AKADEMIJA NAUKA I UMJETNOSTI BOSNE I HERCEGOVINE
АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЈЕТНОСТИ БОСНЕ И ХЕРЦЕГОВИНЕ
ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS OF BOSNIA AND HERZEGOVINA

Special Editions
Volume CCXI

Department of Natural and Mathematical Sciences
Volume 29

Symposium on Forest protection – stability of forest ecosystems

Editor
Akademik Vladimir Beus

SARAJEVO 2024

10.5644/PI2024.211.00

AKADEMIJA NAUKA I UMJETNOSTI BOSNE I HERCEGOVINE
АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЈЕТНОСТИ БОСНЕ И ХЕРЦЕГОВИНЕ
ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS OF BOSNIA AND HERZEGOVINA

Posebna izdanja
Knjiga CCXI

Odjeljenje prirodnih i matematičkih nauka
Knjiga 29

Simpozij Zaštita šuma – stabilnost šumskih ekosistema

Urednik
Akademik Vladimir Beus

SARAJEVO, 2024.

Simpozij Zaštita šuma – stabilnost šumskih ekosistema
Sarajevo, 21. marta/ožujka 2024. godine

Izdavač
Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine

Za izdavača
Akademik Muris Čičić

Urednik
Akademik Vladimir Beus

Recenzenti
Akademik Igor Anić, prof. dr. Darko Bakšić, prof. dr. Damir Barčić, prof. dr Dario Baričević, akademik Vladimir Beus, prof. dr. Dragan Čomić, dopisni član Hamid Čustović, prof. dr. Mirza Dautbašić, prof. dr. Sabina Delić, akademik Tomislav Dubravac, prof. dr. Vojislav Dukić, prof. dr. Zoran Govedar, prof. dr. Marilena Idžojtić, prof. dr. Olivera Košanin, prof. dr. Jelena Kranjec-Orlović, prof. dr. Melisa Ljuša, prof. dr. Ahmet Lojo, dr. sc. Miroslava Marković, doc. dr. Ermin Mašić, prof. dr. Milan Mataruga, dr. sc. Mirzeta Memišević-Hodžić, prof. dr. Osman Mujezinović, prof. dr. Dragan Nonić, dr. sc. Sonja Novak-Agbaba, prof. dr. Milan Oršanić, dr. sc. Ljubinko Rakonjac, prof. dr. Zoran Stanivuković, prof. dr. Sabina Trakić, prof. em. dr. Dubravka Šoljan, prof. dr. Damir Ugarković, prof. dr. Ćemal Višnjić, prof. dr. Sead Vojniković

Lektura i korektura
Irma Grebović-Muratović

DTP
Narcis Pozderac, TDP Sarajevo

Štampa
Dobra knjiga Sarajevo

Tiraž
150

Sarajevo, 2024.

ISBN 978-9926-410-97-1

CIP zapis dostupan u COBISS sistemu Nacionalne i univerzitetske biblioteke BiH pod ID brojem 60791302

SADRŽAJ/CONTENTS

UVOD 9

Ferdo Bašić

Osnovna pedološka karta 1:50 000 desetljećima poslije – za suvremene potrebe dopuniti i završiti projekt

General pedology map 1:50,000 decades later – for contemporary needs to supplement and complete the project 11

Besim Balić, Aida Ibrahimspahić, Samir Fetić

Model za procjenu indeksa staništa (*site index*) za jednodobne nenjegovane zasade bijelog bora (*Pinus sylvestris* L.) na karbonatnim supstratima u Bosni i Hercegovini

Model for assessing the habitat index (Site index) for even-age untended stands of white pine (*Pinus sylvestris* L.) on carbonate substrates in Bosnia and Herzegovina 33

Zoran Govedar

Uzgojne mjere u funkciji preventivne zaštite šuma u uslovima otopljavanja klimata

Silviculture in the function of preventive protection of forest in conditions of climate change 51

Željko Majstorović

Prilagođavanje klimatskim promjenama i zaštita šuma u Bosni i Hercegovini

Adaptation to climate changes and protection of forests in Bosnia and Herzegovina 83

Sead Vojniković

Zapadna granica ilirske fitogeografske provincije

The western border of the Illyrian phytogeographical province 92

Martin Bobinac, Siniša Andrašev

Struktura pionirskih sastojina poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl) pre i posle aktuelnog odumiranja. Studija slučaja na trajnim oglednim površinama u Posavini i Podunavlju (Srbija)

Pioneer narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl) stand structure before and after the current decline. A case study based on the permanent sample plots in Posavina and Podunavlje (Serbia) 110

Mirzeta Memišević Hodžić, Erdal Brutus, Dalibor Ballian

Potencijalna rana selekcija provenijencija bijelog bora (*Pinus sylvestris* L.) u testu provenijencija u Bosni i Hercegovini

Potential early selection of the provenances of Scots pine (*Pinus sivestris* L.) in the provenance test in Bosnia and Herzegovina 133

Nijaz Humkić

Analiza rezultata pošumljavanja smrčom (*Picea abies* /L./ Karst.) na Zavidovićko-teslićkom području

Analysis of the results of reforestation with spruce (*Picea abies* /L./ Karst) in the Zavidovići-Teslić area..... 148

Sead Vojniković

Fitocenološka istraživanja bukovo-jelovih šuma u jugoistočnim Alpama Austrije

Phytocenological research of beech-fir forests in the Southeastern Alps of Austria 166

Hamid Čustović, Melisa Ljuša, Emira Hukić

Agrošumarstvo kao način korištenja tla u funkciji smanjenja degradacije uzrokovane intenzivnom obradom i klimatskim promjenama

Agroforestry as an efficient way of using soil in the function of reducing the process of its degradation caused by intensive cultivation and climate changes..... 180

Emira Hukić, Matjaž Čater, Aleksander Marinšek, Mitja Ferlan, Daniel Žlindra, Primož Simončič, Milan Kobal, Hamid Čustović

Organski ugljik tla u šumama bukve i jele sa smrčom dinarskih kraških planina – ocjena zalihe i stabilnosti

Soil organic carbon in beech and fir forests with spruce of the dinar karst mountains – stock and stability 200

Ivica Kisić, Igor Bogunović, Ferdo Bašić, Damir Barčić

Požari otvorena prostora kao pokazatelji degradacije okoliša

Open space fires as indicators of environmental degradation 215

Vladimir Beus

Babin do u Ski-centru Bjelašnica – devastacija prirodnog ambijenta u Dinaridima

Babin Do in the Ski Centre Bjelašnica – devastation of the natural environment in the Dinarides 226

Sadbera Trožić-Borovac, Senka Barudanović, Mahir Gajević, Senad Šljuka, Nerma Trožić, Irma Hasanbegović

Degradacija fenomena prirode – rijeka Bliha

Degradation of natural phenomena – Bliha River 239

Nedžad Bašić, Fatima Pustahija, Edina Muratović

Endemična podvrsta gloga *Crataegus microphylla* Koch. subsp. *Malýana* K. I. Chr. & Janjić u flori Bosne i Hercegovine

Endemic hawthorn subspecies *Crataegus microphylla* Koch. subsp. *Malýana* K. I. Chr. & Janjić in flora of Bosnia and Herzegovina 253

Mirsada Starčević, Semir Delić, Azra Čabaravdić

Predikcijski model rasprostranjenosti crne johe (*Alnus glutinosa* [L.] Gaertn.) baziran na WorldClim bioklimatskim varijablama u Bosni i Hercegovini

Predictive spatial distribution model of black alder (*Alnus glutinosa* [L.] Gaertn.) based on WorldClim bioclimatic variables in Bosnia and Herzegovina 266

Damir Barčić, Tomislav Dubravac, Mario Ančić, Milan Pernek

Zaštita šumskih staništa u okviru europske ekološke mreže Natura 2000 u Hrvatskoj

Protection of forests habitats within the European Ecological Network Natura 2000 in Croatia 282

Dario Baričević, Joso Vukelić, Stjepan Lončarević

Prilog poznavanju pridolaska i flornoga sastava prioritetnog Natura 2000 stanišnog tipa *91H0 (Panonske šume s *Quercus pubescens*) u Hrvatskoj

A contribution to the knowledge of the occurrence and floristic composition of the priority Natura 2000 habitat type *91HO (Pannonian woods with *Quercus pubescens*) in Croatia 299

SADRŽAJ

Mersudin Avdibegović, Bruno Marić, Špela Pezdevšek Malovrh

Doprinos certificiranja gospodarenja šumskim resursima održivom razvoju u Bosni i Hercegovini

Contribution of forest certification to sustainable development in Bosnia and Herzegovina 318

Milan Mataruga, Đorđije Milanović, Ana Ćurić, Aleksandra-Anja Dragomirović, Darko Jovanić, Dragan Kovačević, Branislav Cvjetković

Smjernice za *in situ* očuvanje Pančićeve omorike (*Picea omorika* /Pančić/ Purkynĕ)

Guidelines for *in situ* Serbian spruce conservation 340

Tarik Treštić, Nedim Jukić, Nihad Omerović

Gljive kao indikatori stabilnosti šumskih ekosistema

Mushrooms as an indicators of the stability of forest ecosystems 365

Anis Hasanbegović, Dario Pintarić

Prilog biodiverzitetu i dinamici pojavljivanja jesenskog aspekta gljiva (*Macromycetes*) u hrastovo-grabovoj šumi

Contribution to biodiversity and dynamics of the appearance of the autumn aspect of mushrooms (*Macromycetes*) in the oak-hornbeam forest 379

Tarik Treštić, Aldin Vranić, Kenan Zahirović

Molekularne analize prisustva vrsta *Ophiostoma* na brijestu u Bosni i Hercegovini

Molecular analysis of the presence of species *Ophiostoma* on the elm in Bosnia and Herzegovina..... 391

UVOD

Šumski eksistemi izloženi su brojnim biotskim i abiotskim uticajima. Od biotskih uticaja negativni antropogeni uticaji su veoma heterogeni i sa dalekosežnim posljedicama. Među ovima su neplanske sječe šuma, šumski požari, direktna konverzija golom sječom degradiranih šuma, neadekvatan izbor vrsta drveća prilikom konverzije degradiranih šuma i pošumljavanja površina šumskih goleti, neadekvatna sjemenska i rasadnička proizvodnja, introdukcija alohtonih vrsta dendroflore, opasnosti od invazivnih vrsta, zagadenja tla i izvorišta voda... su uzroci slabljenja stabilnosti šumskih ekosistema i u konačnici njihovog propadanja. Stabilnost šumskih ekosistema i zdravstveno stanje šuma su u recipročnoj vezi. Različitim negativnim uticajima potencirani klimatskim promjenama, učestalim ekstremnim nepogodama, ugrožena je ekološka stabilnost šuma a time umanjena njihova otpornost na biljne bolesti i štetočine.

Poseban vid devastacije prirodnog ambijenta, ugrožavanje i umištavanje šumskih ekosistema i zagađenja okoliša i izvorišta voda... prisutan je na područjima Ski centara u Bosni i Hercegovini, na planinama Jahorini, Ravnoj planini, Bjelašnici (eklatantan primjer), Igmanu, Vlašiću, Čvrsnici-Risovcu ...

Sječama šuma, enormnim i prirodnom ambijentu neprilagođenih objekata, introdukcijom alohtonih vrsta dendroflore... nanesene su ogromne štete živom svijetu i ambijentalnim vrijednostima Dinarida, a time i komparativnim prednostima (prirodnost šuma, flore i faune) ovog prostora u odnosu na šume srednje i zapadne Evrope.

Navedeni uticaji *i* okolnosti, aktiualnost i akutnost promjene odnosa prema šumi bili su lajtmotiv da Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine i Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu organiziraju simpozij *Zaštita šuma – stabilnost šumskih ekosistema*. Simpozij je održan 21.marta/ožujka 2024. godine, kojim je istovremeno obilježen Svjetski dan šuma. Simpozij je realiziran uz finansijsku podršku ASA Banke d.d. Sarajevo, na čemu i ovom prilikom izražavamo zahvalnost.

Prezentiranim referatima na Simpoziju ukazano je na postojeće stanje, klimatske promjene, uloge tla u ekosistemima, uticaji šumskih požara i mjere

za njihovo sprećavanje, uzgojne mjere u funkciji preliminarne zaštite, uticaj agrošumarstva, potrebu zaštite šumskih staništa u okviru Evropske ekološke mreže Narura 2000, zaštite i sanacije postojećih oštećenja i očuvanja ekološke staboilnosti šumskih ekosistema.

Urednik
Vladimir Beus

DOI: 10.5644/PI2024.211.01
Pregledni članak

Osnovna pedološka karta 1:50 000 desetljećima poslije – za suvremene potrebe dopuniti i završiti projekt[1]

Ferdo Bašić[2]
Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb
E-mail: fbasic@hazu.hr

As incredibly complex array of elements and compounds flows in balanced fashion, into our bodies along the nutrient chain, we are what we eat. In a sense, we are unique, moist packages of animated soil!
F. D. Hole (1988) University of Wisconsin-Madison, Dept. of Soil Science. Ambassador of Soils, Poet Laureate of Soil Science

(Inspiriran spoznajama o kretanju tvari u lancu hrane, koncem stoljeća u koje je označilo antropocen, nadahnuti *Veleposlanik tla iz Wisconsina* prizemljuje "razigranog" *Homo sapiensa* tvrdnjom, kao da je prepisana iz Biblije: *Mi smo ono što jedemo: jedinstveno, Duhom ispunjeno vlažno pakiranje tla!*)

Apstrakt: Početkom šezdesetih prošlog stoljeća pokrenut je projekt izrade Osnovne pedološke karte bivše države Južnih Slavena. Za tu svrhu kadrovi vodećih instituta – Instituta za pedologiju i tehnologiju tla u Zagrebu i Zavoda za agropedologiju u Sarajevu izdaju priručnik: Kovačević, P., Jakšić V.: Priručnik za terenska pedološka istraživanja, Sarajevo, 1964. godine. Tako se otvara put projektu Osnovna pedološka karta (OPK) Jugoslavije 1:50 000. Metodika je utvrdila izradu karte s prikazom kontura kartografskih jedinica na u ono doba raspoloživoj topografskoj osnovi – "specijalki" mjerila 1:50 000 po Parizu.
Mi, danas na zalasku, u ono doba na početku karijere, pamtimo kontroverze akademskog kruga zajedničke Yu-države. Poslije starta projekta OPK, usklađenim pritiskom akademski krugovi sa sveučilišta/univerziteta, koji su se osjetili zaobiđenim, upućuju kritike svih vrsta… traže i iznuđuju iscrpljujuću raspravu o klasifikaciji. Poslije promjena Ustava 1974. god. i

[1] Na istu temu je i rad istog autora namijenjen hrvatskoj akademskoj javnosti, objavljen u Zborniku Akademije br. 3 na stranici Akademije poljoprivrednih znanosti https:/apz.agr.hr pod naslovom: Osnovna pedološka karta Hrvatske – šezdeset godina poslije: Tragom tla iz poljoprivrede i šumarstva u primijenjene životne znanosti.

[2] Autor je sudionik u projektu, najprije kao pomoćna stručna radna snaga, zatim kao asistent i kao samostalni kartograf od 1970. do završetka 1986. god. Kartografski je obradio preko 500 000 ha hrvatske pedosfere; dugogodišnji (1998. – 2010. god.) član Mreže Ureda za tlo EU – ESBN (European Soil Bureau Network) sa sjedištem u Joint Research centre – Ispra u Italiji i autor monografije The Soils of Croatia (2013).

decentralizacije kao procesa iznuđenih gibanjima k demokratizaciji, projekt se nastavlja za interes i o trošku republika. U opticaj se nameću još dvije promjene i dopune klasifikacije istih autora (Škorić, Filipovski, Ćirić). Kako su pojedinačne sekcije tiskane svake godine, na kraju projekta dobivena je bogata dokumentacija, ali s nekoliko promjena u nazivu istog tla, što od početka otežava primjenu, osim uskom krugu specijalista – prije nego je zaživjela u krugu korisnika, OPK postaje nekovrsni "mrtvi kapital", a monografije tala izdaju se… na engleskom jeziku!!! U Hrvatskoj je projekt zbrzano okončan poslije 22 godine rada 1986. g. kao Osnovna pedološka karta Hrvatske mjerila 1:50 000.
Nova znanja rasvijetlila su položaj tla u ekosustavu i radikalno promijenila paradigmu o tlu čija je uloga daleko šira od proizvodnje hrane i drvne mase. Učinci i uloge (krivo nazvane – funkcije) tla su: proizvodne (poljoprivreda, šumarstvo); ekološko-regulacijske (emisija plinova staklenika, hidrološki ciklus); prostorne (gospodarske, urbane, prometnice, zbrinjavanje otpada…); kulturne (krajobraz i domoljublje/patriotizam), teološke…
U tom svjetlu održivo gospodarenje tlom i zaštita tla postaje pitanje koje prerasta okvire poljoprivrede i šumarstva gdje su se znanja o tlu prikupljala i vidi mjesto u primijenjenim životnim znanostima (*applied life sciences*). Sveučilišta Europe BOKU i Prag već su preimenovana u sveučilišta primijenjenih životnih znanosti – *universities of applied life sciences*. Svijet se mijenja, a naši prostori zaokupljeni starim pitanjima. Svim posebnostima država nastalih iz Yu-države usprkos, u nastalim okolnostima smatram nužnim sačuvati dragocjenu bazu podataka prikupljenih u projektu OPK 1:50 000. Valja dovršiti projekt, u njemu izvršiti neophodne inovacije, kako bi se dobila nova baza podataka o tlima, iz koje će se suvremenim računalnim tehnikama izrađivati karte odgovarajućeg mjerila za potrebe različitih korisnika u matičnim državama, Europi i globalno.

Ključne riječi: osnovna pedološka karta, učinci tla u ekosustavu, primijenjene životne znanosti

Uvod

Poslije Mijata (Mije) Kišpatića, križevačkog velikana prirodoslovlja, autora *Zemljoznanstva*, prvog udžbenika na nekom od jezika Slavena,[3] nastalog u okvirima geognozije, zaslužnik za sustavno proučavanje i prikaz rasprostranjenosti i raznovrsnosti tala u zemljopisnom prostoru – pedogeografiju južnoslavenskih prostora dolazi *s hrvatskih prostora*. Bio je to skromni, samozatajni, nepretenciozni pedolog dr. Pavao Kovačević. Svojim radom pod naslovom Razvoj pedološke kartografije na području NR Hrvatske (Biljna proizvodnja, 5, Zagreb, 1951.) početkom pedesetih prošlog stoljeća on pokreće val istraživanja koja su u vrijeme poslijeratne neimaštine na rubu gladi i obnove od razaranja u II. svj. ratu bila usmjerena i fokusirana na ravničarski, panonski dio – žitnicu. Stoga će prvi rezultat biti *Tla Slavonije i Baranje*

[3] Kao član Organizacijskoga odbora i domaćin podsjećam na to kako je u povodu 100 godina toga udžbenika u Križevcima 1978. god. održan posljednji znanstveni skup Jugoslavenskog društva za proučavanje zemljišta prije raspada Yu-države, sa sudionicima iz svih republika. Skupu je posvećen poseban broj časopisa *Zemljište i biljka*, vol. 28, br. 1–2 iz 1979. god., kojega je za tu priliku uredio V. Mihalić.

(Bogdan Jugo i sur. 1953.), s prikazom ekoloških uvjeta prostora Panonije za uzgoj žitarica i rasprostranjenosti tala na karti sitnog mjerila 1:250 000. Slijedi zatim intenzivnije istraživanje hrvatske pedosfere i izrada sličnih karata tala Međimurja (Kovačević i sur. 1955), Like, za neke kotare bivše države u nešto krupnijem mjerilu 1:100 000, a širenjem kruga korisnika, napose proširenjem na šumarstvo, vodno gospodarstvo, prostorno planiranje, istraživanja postaju sve zahtjevnija. Taj je put "rast tloznanosti u visinu i širinu", aktere i vidike koji su otvarali put tom rastu oslikava popis literature u prilogu rada. Godinama kasnije, prije šezdeset godina počinju se pisati temelji zemljopisa tala (pedogeografije) u onodobnoj državi Slavena na jugu Europe. Na velikom znanstvenom projektu koji je poslije 22 godine rada 1986. godine okončan pod nazivom *Osnovna pedološka karta Hrvatske mjerila 1:50 000* prelamaju se kontroverze onoga vremena i zajedničke države.

Pođimo od naziva, projekt je počeo u monolitnoj, unitarnoj državi pod nazivom *Pedološka karta Jugoslavije* kao *savezni – jugoslavenski projekt* vođen iz Beograda, s jedinstvenom metodikom i klasifikacijom tala. Vođenje projekta i izrada metodike povjerena je iskusnim kadrovima vodećih instituta kao državnih znanstvenih ustanova, a bili su to dr. Pavao Kovačević iz Instituta za pedologiju i tehnologiju tla u Zagrebu i dr. Vojna Jakšić iz Instituta za agropedologiju u Sarajevu, koji u tu svrhu izdaju publikaciju: Kovačević, P., Jakšić V.: *Priručnik za terenska pedološka istraživanja*, Sarajevo, 1964. godine. Bio je to rad koji precizira terenska opažanja i otvara put provedbi projekta *Osnovna pedološka karta Jugoslavije 1:50 000*. Ta metodika predviđa da se karta izrađuje s prikazom kontura kartografskih jedinica na onodobno jedinoj raspoloživoj topografskoj osnovi – karti mjerila 1:50 000 po Parizu. Prvi uz korištenje te metodike izrađeni list OPK bio je Zagreb 1, Samobor 2 i 4 autora P. Kovačevića i sur. 1964. god., a u Sloveniji je projekt startao iste godine, listom Samobor 1.

Poslije starta, pod unisonim pritiskom u akademskim krugovima utjecajnih nastavno-znanstvenih djelatnika sa sveučilišta/univerziteta i fakulteta, koji su se osjetili zaobiđenim, dolazi do prilagodbe klasifikacija tala republičkim posebnostima (gajnjače u Srbiji, cimetna tla u Makedoniji, akrična tla na kršu Slovenije, buavice u Crnoj Gori…). Poslije promjena Ustava 1974. god. i decentralizacije kao procesa iznuđenih demokratskim gibanjima (*šezdesetosme i Hrvatsko proljeće*), projekt se nastavio kao interes i o trošku republika savezne države.

U Hrvatskoj je vođenje projekta preuzeo Projektni savjet pod vodstvom predstojnika Zavoda za pedologiju Fakulteta poljoprivrednih znanosti

Sveučilišta u Zagrebu. U njegovim rukama projekt ostaje dosljedno privržen jugoslavenstvu. Samo godinu dana prije završetka OPK Hrvatske, hrvatska kartografija prihvaća klasifikaciju *zemljišta* Jugoslavije, premda *zemljište* u hrvatskom jeziku ima drugačije značenje, blisko, ali ne i istovjetno engleskom terminu *land*.[4]

U ime ravnopravnosti ustanova u izradu se uključuju svi instituti i fakulteti s kadrovima koji se bave istraživanjem tla u šumarstvu i poljoprivredi:

– Fakultet poljoprivrednih znanosti, danas Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu,
– Institut za pedologiju i tehnologiju tla – Zagreb,
– Poljoprivredni fakultet Sveučilišta J. J. Strossmayer – Osijek,
– Viša poljoprivredna škola, danas Veleučilište – Križevci,
– Institut za jadranske kulture i melioracije krša – Split,
– Jugoslavenski institut za četinjače – Jastrebarsko, danas Šumarski institut – Zagreb,
– Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

To je načelo dosljedno primijenjeno pa se na listovima karte nalaze imena 26 autora, od kojih su neki surađivali kratkotrajno.[5] Nad jugoslavenstvom projekta bdije *plivajuća* klasifikacija tala Jugoslavije, koja se svako malo mijenja, a član Projektnog savjeta OPK Hrvatske je i kapetan JNA, koji na sjednice dolazi u oficirskoj sivomaslinastoj uniformi. Formalnopravno decentralizirani projekt JNA opskrbljuje aerofoto stereo-parovima snimaka s oznakama "Službena tajna – povjerljivo", čak i kada je zbog napretka tehnike satelitskih snimanja ta oznaka izgubila smisao. Iste oznake dobivaju i listovi OPK, čiji tisak obavlja Vojno-geografski institut – VGI JNA u Beogradu, jedina ustanova koja je raspolagala tehnikom za te potrebe.[6]

---

[4] *Land* – termin koji pojmovno uključuje sve dimenzije tla, biološke resurse i podzemnu vodu na i u tlu nekog prostora, dok zemljište predstavlja Zemljinu površinu, na kojoj se može naći jedan ili (ne nužno) više tipova tala s nižim jedinicama, čije se značajke mogu iskazati i reljefom (planinsko, ravničarsko…), vlasništvom (privatno, državno…), načinom korištenja (poljoprivredno, šumsko, građevinsko…) itd.

[5] Danas su živa još četiri sudionika. Neizbrisiv trag ostavio je M. Bogunović, koji je jedini sudionik posvećen Projektu od početka do kraja 1986. godine. Sudionik kojega je uključio i podržavao predsjednik Projektnog savjeta, koji nije mogao podnositi "hrvatski nacionalizam", napustio je Hrvatsku i odazvao se zovu četničke idile bratstva i jedinstva u prekodunavlju. Iracionalan postupak nikoga nije iznenadio.

[6] Oznakom "Strogo povjerljivo" sav rad na OPK izoliran je od znanstvene javnosti i njene kritičke prosudbe s trajnim posljedicama po projekt i u njega uključene autore, jer se rad autorima ne vrednuje. Tako je dolazilo do apsurda da su radovi u regionalnim monografijama tala ostali javni i vrednovani, a radovi autora iz kojih je monografija nastala isključeni od vrednovanja. Recenzija u istom krugu autora ostavljala je prostor neprimjerenim postupcima.

I s ovog vremenskog odmaka kao najveću vrijednost vidimo praksu da se ide u redoviti obilazak terena u kojemu kartografi članovima Projektnog savjeta, gostima – vrsnim znalcima iz drugih republika i svojim kolegama – kartografima prikazuju pristup radu i predstavljaju rezultate kartografskog rada u toj godini. Pred otvorenim profilima otvara se najširа rasprava o svim dvojbama. Za sve sudionike ta je rasprava dragocjeno iskustvo, a ishod su (iz) brušene spoznaje o genezi i evoluciji i vrednovanju tla *na licu mjesta*, pred profilom tla i autorima klasifikacije.

Vrijednim podatcima o petrografiji, geologiji i geomorfologiji terena ekipu je opskrbljivao *akademik Mirko Malez*, veliki zanesenjak, svojevrsni polihistor hrvatskih geoloških znanosti – geognozije, a povremeno u ulozi ministra znanosti vrhunski znalac *akademik Ivan Jurković*.

Učinci tla u ekosustavu

U pedosferi se na jedinstven način susreću, i u bezbroj oblika i stanja prepliću plinovita (zrak), tekuća (hidrosfera) sastavnica ekosustava, pretačući se sa živim svijetom (biosferom) u beziznimno sve kopnene ekosustave i tkanicu *neopisivog bogatstva i raskoši tog "divnog božjeg svijeta"*. Suštinu ekosustava čine sastavnice ekološke trijade: Tlo (pedosfera: fizika, kemija i biologija tla) – Voda (hidrosfera, hidrologija) – Zrak (atmosfera, meteorologija, geofizika). Sastavnice ekosustava pojedinačno proučavaju različite prirodne znanosti (biologija – botanika i zoologija, pedologija, geofizika – meteorologija, hidrologija i primijenjene znanosti), a njihove međusobne – uzajamne utjecaje, utjecaje na živa bića, kao i živih bića na njih proučava ekologija. Složenost ekosustava oslikava općepoznata činjenica da je svaka sastavnica (agro)-eko-sustava (tlo, voda, zrak) sama po sebi vrlo složena, da ima dnevnu (jutro, podne, večer, noć), sezonsku (proljeće, ljeto, jesen, zima) dinamiku te da se svaki djelić sekunde događaju makar i male promjene. Dakle, premda čimbenike u (agro)ekosustavu *proučavamo pojedinačno i "statički"*, oni djeluju holistički povezano u dinamičnom sustavu.

Proizvodni – utrživi učinci tla u ekosustavu

Fotosinteza i utrživi produkti uzgoja bilja

Zaprepašćujući, ali najtočniji podatci o korištenju kopnenih površina Hrvatske dobiveni "iz ptičje perspektive" obradom i izračunom iz satelitskih

snimaka, koje su obradili Kušan i sur. (2020), šumske površine su danas veće od poljoprivrednih.

Silvisfera – izvor drvne mase i kisika – pluća Hrvatske

S 2 630 742 ha površine ili 46,48% kopnene površine Hrvatske, šumarstvo je vodeći – najveći korisnik pedosfere Hrvatske – Hrvatska, nadamo se ne zadugo, postaje zemlja šuma![7] Kao supstrat za šumske vrste tlo nas opskrbljuje drvnom masom, kao sirovinom za drvoprerađivačku industriju. Fotosinteza šumskih vrsta opskrbljuje nas kisikom, kao potrošač CO_2 i izvor emisije vode putem transpiracije šumska vegetacija snažan je regulator klime i hidrološkog ciklusa, a kao izvor kisika stup aerobioze. Premda javno dobro, tzv. *opće korisne funkcije šuma*[8] se hvalevrijednim nastojanjima šumarske struke naplaćuju. Postignut je vrijedan učinak u podizanju svijesti javnosti o značaju šuma kao javnog dobra.

Agrosfera kao izvor hrane i drugih dobara (piće, odjeća, energija) Hrvatske

Prema navedenim podatcima površina agrosfere Hrvatske iznosi 2 582 823 ha ili 45,63 % kopnene površine. Kao sastavnica staništa tlo pruža prostor za klijanje, nicanje, širenje korijena i opskrbu kulturne biljke vodom, zrakom i hranjivima za proces fotosinteze u kojemu nastaje hrana, a oslobađa se kisik – temelj aerobioze na Zemlji. Korištenje tla donosi utrživa "prehrambena" (namirnice) i "neprehrambena" (*food and non-food*) dobra: globalno gledajući *95 % ukupne količine hrane* (kruh, povrće, voće, gljive, a preko stoke meso, mlijeko, jaja); *pića* (vino, pivo); *napitke* (voćni sokovi, sokovi rajčice); *energiju* (ogrjev, biodizel, alkohol); *vlakno* (pamuk, lan, konoplja); *lijek i začine* (ljekovito i začinsko bilje); *repelentno i insekticidno bilje* (buhač); *dekorativno bilje* (cvijeće, ukrasno bilje); *sirovine za prehrambenu industriju* (brašno,

[7] To je rezultat napuštanja plodnih oranica, uklanjanja poljoprivrednih kombinata i privatizacije državnog poljoprivrednog zemljišta. Dio poljoprivrednog zemljišta prepušten je šumi. Epilog: umjesto izvoza, hrana se uvozi. Što rade drugi koji su imali od nas tvrđi, realniji socijalizam i državnu zemlju? Na europskoj sceni zbog poljodjelaca upravo puca savezništvo Poljske i Ukrajine, jer, štiteći svoje poljodjelce od konkurencije, Poljska odbija uvoz jeftine ukrajinske pšenice… a Češkoj, kao zemlji s najokrupnjenijim zemljištem u EU, to je temelj gospodarske i svake druge stabilnosti… Sapienti sat!

[8] Šumarima starije škole ukazivano je na potrebu preispitivanja termina, a oni su odgovor na to pitanje prepustili mlađima. Šume su starije od čovjeka i sigurno će ga nadživjeti. Nisu tu, kao uostalom ni tlo, da bi bile "u funkciji" nekomu. Ako netko treba biti u funkciji, onda je to gospodar antropocena, čovjek – u funkciji zaštite šume.

ulje, šećer, škrob), *sirovine za tekstilnu industriju* (pamuk, lan, konoplja), *odjeću i obuću* (krzno, koža) i *užitne tvari* (alkohol, duhan, opijati – droge). *Goldewijk i sur.* (2016) iznose procjenu kako je od početka sjediteljskog života (do 2016. godine) tlo na Zemlji prehranilo 106 milijardi ljudi, koristeći za to samo 1 % ili 1,6 mld ha za oranice, a 25,2 % ili 3,3 mld ha kopnene površine za pašnjake.

Medij pohrane pitke vode

Nemjerljiva je vrijednost i značaj tla kao medija pohrane vode i opskrbe pitkom vodom. Za sada ta usluga tla ne polučuje profit, jer voda ispod tla ne pripada vlasniku tla, smatra se javnim dobrom i vlasništvom, premda je tlo na kojemu je ona deponirana koje štiti tu vodu od onečišćenja u privatnom vlasništvu. Dolazi vrijeme kada će se tako ustaljeni odnosi mijenjati. Već postoje procjene vrijednosti tla u toj ulozi.

Izvor sirovina i građevnog materijala

Osim proizvoda fotosinteze koji služe kao sirovine prerađivačkim industrijama, humusom bogat površinski sloj tla (humosfera) kao *supstrat za uzgoj bilja* prenijet iz prirode u naselja, na površine javnog zelenila, sportske (nogometne, teniske, golf) terene i plastenike ima komercijalnu – utrživu vrijednost. Jednako vrijedi i za nakupine *treseta.*

Zdravica tla, odnosno matični supstrat, kao što je *les* ili *lesne ilovače*, koriste se za *sirovine u proizvodnji cigle i crijepa* u građevinarstvu. Iz takve cigle građene su i danas čvrste utvrde Panonije; *Syrmium* u Vojvodini, *Cuccium*, *Mursa*, *Marsonia*. Osim toga, iz lesa su građene tradicionalne kuće sa "*švapskom*" arhitekturom i zidovima od nabijenog lesa, tzv. "nabijače", izuzetne izolacijske sposobnosti. Zadržale su se još u Baranji i zapadnom Srijemu, a uz kuće se *ukopavaju podrumi* kao ostave za hranu u kojima se cijele godine zadržava ujednačena temperatura.[9] Dodavanjem vode uz miješanje s pljevom pšenice i sušenjem na suncu, iz lesa se prave "sirove cigle" ili "čerpići" – jeftin građevni materijal za privremene nastambe u područjima s aridnom klimom.

Pijesak i šljunak iz supstrata su vrijedan građevni materijal, a *glina* sirovina za keramičku industriju, boksit iz crvenice za proizvodnju aluminija.

[9] …autor je odrastao u Iloku u takvoj kući, s podrumom ukopanim desetak metara ispod površine… inače, iločke "nabijače", koje agresor za velikosrpske agresije, progona i izbjeglištva iločkog pučanstva nije posve razorio i uništio, napuštene su se od vlage (i tuge) same urušile.

Sirovine u farmaceutskoj industriji

Osim ljekovitog bilja, kao sirovine u farmaceutskoj industriji koriste se vrste mikroorganizama koji žive u tlu, a njihove izlučine imaju iskoristiv učinak. *Prvi antibiotik penicilin čijim* farmaceutskim pripravkom su spašeni milijuni ljudskih života *ekstrahiran je iz gljivice tla roda Penicilium*. Izdašan izvor antibiotika u tlu je rod aktinomiceta *Streptomyces*, s oko 150 vrsta koje luče čak 80% svih dosad otkrivenih antibiotika. Iz njih se proizvodi najpoznatiji farmakološki proizvod *streptomicin*, zatim *aureomicin*, *kloromicetin*, *teramicin* i *neomicin*.

Golem je broj mikroorganizama neistražen – nekovrsna *terra incognita* ili "otvorena knjiga", a na znanosti budućnosti je utvrditi što se u toj riznici krije i što se može koristiti.

Mikrobiološki pripravci fiksatora dušika

Sposobnost mikroorganizama tla za simbiozijsku (*Rizobium sp.*) i nesimbiozijsku (*Azotobacter sp.*) fiksaciju elementarnog dušika iz zraka koristi se za uzgoj mikrobioloških kultura i proizvodnju pripravaka koji se koriste za *bakterizaciju* sjemena u uzgoju leguminoza.

Regulacijski učinci tla

Posebnost je regulacijskih učinaka tla u terestričkim ekosustavima što su ti učinci mahom "opće naravi" te se ne mogu prisvojiti i/ili adresirati na vlasnika ili korisnika zemljišta.

Regulator klime

U organskoj tvari (humusu) tla tisućljećima je nakupljan ugljik, koji se oslobađa aerobnim mikrobiološkim procesima mineralizacije u obliku CO_2, a u močvarnim tlima zbog nedostatka kisika prevladavaju redukcijski procesi i vladaju anaerobni uvjeti razgradnje organske tvari pa se javlja metan CH_4, koji ima još snažniji *učinak staklenika*. Svako prozračivanje tla obradom ili ugradnjom cijevi drenaže intenzivira4 ili drugih ugljikovodika CH4 aerobni proces mineralizacije humusa i emisiju CO_2. Veća vegetacijska masa indicira veće količine njoj vezanog ugljika i intenzivnije procese fotosinteze, veću aerobiozu – oslobađanje više kisika. Na tu se činjenicu u gospodarenju tlom oslanja *zagrebačka agroekološka škola* (i autor), zalažući se za uvođenje *plodoreda* kojemu je *obvezujući okvir bilanca* CO_2. Temeljno je načelo toga plodoreda stalni pokrov usjeva i što burniji život na i u tlu. On, istina,

mineralizacijom organske tvari oslobađa veće količine CO_2, ali još veće količine troši za fotosintezu, pa je sustav barem "CO_2 neutralan", a u zrak emitira više kisika od konvencionalne poljoprivrede.

Kako su obilježje klimatskih promjena kojima svjedočimo redoviti i snažniji vjetrovi od današnjih, nužno je računati na *vjetrozaštitne pojase* zbog zaštite: od mehaničkih udara vjetra; od isušivanja tla; naselja i poljoprivrednog zemljišta od pridolaska onečišćivača s prometnica; snježnih nanosa zimi; eolske erozije tala na lesu i "oživljavanja pijesaka". Vjetrozaštita je u Panoniji poznata od srednjeg vijeka. *Za očekivati je kako će se u tu svrhu u panonski krajobraz vratiti* jablan (*Populus nigra* var. Pyramidalis), ukras i potisnuta vrsta vjetrozaštitnog pojasa.

Medij biotransformacije organskog ugljika

S humosferom i masom korijena, tlo utječe na ukupnu količinu ugljika i produkciju CO_2 i drugih plinova (metan, NO_x) koji uzrokuju učinak staklenika, kao *regulator klime*, a kao potrošač CO_2 za fotosintezu oslobađajući kisik O_2 tlo je *izvor aerobioze*.

Prirodni detoksikator onečišćivača

Zbog položaja "između" litosfere i atmosfere, kontakta s hidrosferom i antroposferom, odnosno biosferom, *tlo je prijemnik (akceptor), sakupljač (akumulator) i izmjenjivač (transformator)* tvari emitiranih iz tih sfera; onih koje padaju otopljene u vodi kao kisele kiše ili suha depozicija – prašina te koje se unose hotimice, kao sredstva za zaštitu bilja ili mineralna gnojiva, a štetne su po zdravlje konzumenta hrane uzgojene na tlima onečišćenim tim tvarima. Popis onečišćivača tla dug je i otvoren, jer u njih spadaju gotovo sve sintetizirane tvari i one koje se za različite potrebe neprekidno sintetiziraju. Na prvom mjestu su to: *teške kovine* – As, (Ba), Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Pt, Se, Sb, U, (V), Zn itd.; *perzistentni organski spojevi* – policiklički aromatski ugljikovodici (PAH), *ostatci pesticida* korištenih za zaštitu bilja, *poliklorirani i polibromirani furani i dioksini, petrokemikalije*; nafta i derivati, *mineralna vlakna* – azbest, *hlapljivi organski spojevi*: benzen, ksilen, toluen, klorirani ugljikohidrati i dr.; *radionukleidi:* cezij i stroncij; *ratna sredstva*: eksplozivi i mine, a od živih *patogeni organizmi*: antraks i prioni. Tlo je *transformator tih tvari*, jer ih putem mikrobiološkog kompleksa brže ili sporije *razgradnjom transformira u* fiziološki *bezopasne oblike*.

Neki procesi "detoksikacije" iznimno su spori: za čišćenje olova iz tla emitiranog iz aditiva benzinu, u stotinjak godina antropocena Zemlji će trebati

oko 9 000 godina. Za nekoliko desetljeća pogodovanja "limenim ljubimcima" posljedice će snositi oko 300 naraštaja istog Homo sapiensa koji je to smislio!

Redovitom konzumacijom hrane iz uzgoja na nečistom tlu narušava se zdravlje konzumenata i polučuju mutageni, kancerogeni i teratogeni (deformacija zametka) učinci.

Prirodni razgrađivač posliježetvenih i šumskih ostataka

Tlo je univerzalni izmjenjivač (transformator) – razgrađivač organskih tvari posliježetvenih ostataka mikroorganizmima tla na obrađenim tlima, koje transformira u hranjivi i trajni humus uz povećanje plodnosti, jednako i mase lišća listopadnih vrsta i iglica četinjača na šumskim tlima u šumskim ekosustavima. Sve tvari koje u njega prispiju tlo veže/zadržava u svojoj masi i postupno izlaže mikrobiološkoj razgradnji, transformaciji i sintezi u nove spojeve.

Univerzalni pročistač (filter) za vodu

Zahvaljujući ponajprije koloidnom kompleksu u kojemu prevladavaju humus i glina tlo je univerzalni prirodni pročistač (filter) oborinske vode, koja se prolazeći kroz tlo oslobađa nečisti i nakuplja kao pitka podzemna voda.

Regulator hidrološkog ciklusa

Tlo prima i u svojoj masi veže oborinsku vodu i u toj je ulozi snažan regulator hidrološkog ciklusa i klime. Infiltracijom tlo prima i veže dio oborinske vode u količini većoj od količine vode u svim rijekama na Zemlji, koju drži u tlu silama dovoljnim da se odupre gravitaciji i ne oteče u dublje slojeve, a opet manjim od sisajuće snage korijena biljke. Primjerice, svaki dan vegetacijskog rasta kukuruz razvija 100.000 novih korijenovih dlačica duljine 4,8 km (na 1 mm duljine korijena kukuruza čak 422 korijenove dlačice) pomoću kojih prima tu vodu iz tla.

Tlo kao medij biološke raznolikosti

Tlo je medij genetskog bogatstva i biološke raznolikosti, pričuva gena i temelj *globalne biološke raznolikosti.* Višestruko je više života ispod površine nego na površini tla. Oranični sloj plodnog tla u sadrži oko 25 t/ha živih bića, među njima je čitav niz korisnih. Stanje i raširenost prirodnog raslinja pokazuje pravilnost i zavisnost o zemljopisnoj širini i nadmorskoj visini ili (horizontalnu i vertikalnu) klimazonalnost.

Prostorni učinci tla

Čimbenik namjene i korištenja prostora

Tlo je snažan, odlučan čimbenik namjene i korištenja prostora u prošlosti i danas, jer je na površini prostor namijenjen poljoprivredi, industriji, urbanizmu – stanovanju, prometnicama i drugoj infrastrukturi, rekreaciji, gospodarenju otpadom, a ispod površine strujovodima i cjevovodima.

Medij odlaganja i razgradnje otpada

Tlo je neizbježan medij odlaganja nebiološkog (industrijskog), a razgradnje i detoksikacije biološkog otpada. Ta mu je uloga nemjerljivo važna, a okolišno, gospodarski i socijalno izuzetno osjetljiva. Izbor tla za odlaganje otpada zbog toga je vrlo stručno i osjetljivo pitanje.

Emotivno-estetski, kulturni i teološki učinci tla

Oblikovanje krajobraza

Prirodni, eolskim putem oblikovani geomorfološki oblici – krajobrazi, u koje je čovjek "utisnuo" poruke, čitljive upućenim stručnjacima (teže čitljive obrazovanim laicima a nečitljive neobrazovanim), svima su podjednaki *emocionalni – memorijski temelj* osjećaju pripadnosti zavičaju i domoljublja. Panonija je naseljena od paleolitika, plodna tla su privedena kulturi, prevladava živopisni kulturni krajobraz, s prostranim oranicama, livadama, pašnjacima i trajnim nasadima – vinogradima, zbog čega ostavlja dojam prefinjenog *šlingeraja*. Čovjek Dinarida je u suhoziđe oko plodnog tla (zaštita krškog tla od erozije vjetrom i vodom) i kamenoziđe utisnuo originalni trag svoje upornosti i postojanosti tom u krajobrazu.

Konzerviranje i arhiviranje arheoloških ostataka

U svojoj masi tlo konzervira arheološke artefakte kao svjedočanstva o naseljenosti i kulturama koje su od brončanog doba do danas ostavile trag u svakom kutku Lijepe Naše od Iloka preko "europskog Jerihona" – Cibalije, Marsonije i *Valis aurea*, uzobaljem od Pulske arene do arheološkog blaga Dubrovnika.

Drugi tragovi (geološki, paleontološki i pedološki) svjedoče prirodnu prošlost, najčešće drugačiju od današnjih prilika. Od Iloka, u svim usjecima

lesa Šarengrada, Mohova, Opatovca do Vukovara u žutoj masi lesa tamnije ili smeđe vodoravne trake do 1 m širine svjedoče paleotlo, nastalo u jednom od međulednih razdoblja (interglacijala) kvartara, kada se formirao i bujao život, a zatim je prekriven novim lesom. Naredna po redu naslaga, ne baš široka, svega nekoliko cm, svjedočit će o svim našim dostignućima, tegobama i ratovima, riječju – o nama.

Teološko-religijski motiv

Kao lovac, čovjek je ravnodušan prema tlu lovišta, sklonost nomada prema tlu traje dok mu stoka (po)pase travu, a tek ga ratar – orač prihvaća, omeđuje i doživljava kao svoje, obrađuje, polaže sjeme i s njega ubire plodine. Tlo i njegovi darovi duboko uronjeni u svijest *Homo sapiensa* našli su mjesto u molitvama, meditacijama, slavljima, ritualima, ponašanju i zakonima brojnih kultura i religija. Jakob navodi da je *plug pokrenuo povijest više od svih grandioznih izuma čovjeka*. Grčka mitologija oranje vidi kao čin ljubavi prema tlu – ženi, a monogamni brak se sklapao na plugu, kao simbolu vjernosti.

Sveobuhvatnu, nadahnutu obradu biblijske teologije tla u Hrvatskoj izvrsno i nahnuto pokriva teolog tla doc. dr. sc. Đ. Pardon (2014, 2016). Uvijek iznova nas svojim djelima na tu temu obraduje ukazujući kako III poglavlje Knjige postanka navodi riječi što se ponavljaju u obredu na ispraćaju umrlih: *Sjeti se, spomeni i zapamti Čovječe! Prah si i u prah ćeš se vratiti…* koje podsjećaju žive sljedbenike na porijeklo čovjeka iz tla i sudbinsku vezanost za tlo. Riječi su zapisane daleko prije nego je utvrđen sastav tijela koji čine tvari iz lanca koji polazi iz tla. Knjiga postanka i Sveto Pismo svjedoče da je tlo – "zemlja" jedna od najvažnijih tema Božje objave i iskustva vjere Izraela: "Tlo je dar, kušnja i zadaća… temeljna sastavnica biblijske vjere, zbog svoje važnosti u teološkom premišljanju odnosa Bog – Zemlja – Čovjek, nudi se suvremenoj Crkvi kao transtemporalna tema kojom se može utažiti glad i žeđ suvremenoga čovjeka za ukorijenošću, smještenošću u prostor, sa zemljom kao mjestom življenja kršćanske vjere…"

Drevni je običaj Crkve koji potječe iz starog Rima, u zemljoradničkim vjerničkim zajednicama o blagdanu Sv. Marka 25. travnja moliti za blagoslov polja i usjeva.

Katolička je crkva preuzela to štovanje i ophod i dala mu kršćanski pečat, a od 510. g. slavi ga kao blagdan Sv. Marka, aleksandrijskog biskupa, pisca Evanđelja i zaštitnika polja, vinograda i usjeva. Slične vrijednosti dijeli i pravoslavna crkva i druge religije juga Europe.

Gospodarenje tlom je gospodarenje životom!

Sumirajući učinke tla u ekosustavu koje zadiru u sve pore života, očito je kako se poslanje tloznanosti iz poljoprivrede i šumarstva, gdje je ponikla, pomiče u smjeru primijenjenih životnih znanosti – *applied life sciences*.[10] Novi izazovi su pred novim naraštajima!

Kako je tlo privatno dobro, zaštićeno zakonom, gospodareći tlom, vlasnik zemljišta poljoprivrednik, šumar… gospodari i upravlja (i našim) životom. Zbog toga nikada nije dovoljno naglasiti kako je od izuzetnog značaja da se tlo – zemljište nalazi u rukama onih koji znaju gospodariti tim blagom kao baštinom 266 naraštaja koji su od početka sedentarnog života živjeli na hrvatskim prostorima od Iloka do Konavala, a odgovornost za donošenje odluka ključnih za vlasničke odnose i gospodarenje tlom kao transnaraštajnim dobrom valja dijeliti i s pažnjom na naraštaje koji tek dolaze.

Zbog svega rečenog zaključimo:

Suvremena država mora imati bazu podataka o tlima dovoljno bogatu podatcima da bi mogla odgovarati potrebama neophodnim za socijalno, gospodarski i okolišno održivo gospodarenje tlom! … i izvršavati svoje obaveze kao član međunarodne zajednice – EU i globalno.

Što preostaje do završetka projekta OKT Hrvatske?

Održivo gospodarenje tlom nema alternative, a preduvjet za njegovo osmišljavanje i "držanje u poželjnim gabaritima" jesu pouzdani, znanstveno čvrsto utemeljeni podatci o značajkama tla i njihovu rasporedu na prostoru države prikazani na kartama tla.

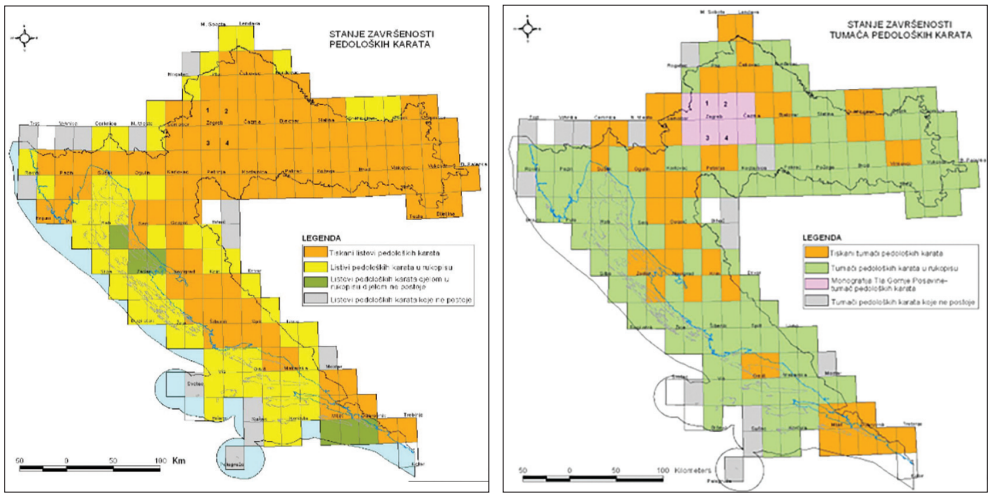
Znanstvenici poljoprivrede i šumarstva koji su izveli projekt OPK Hrvatske od početka su bili fokusirani na značajke tla važne za prehrambenu sigurnost (*food security*) naroda Jugoslavije/Hrvatske i kondiciju šume, a tek su novijega datuma znanja o mjestu i nabrojanim učincima tla u ekosustavu, prikupljana u vrijeme trajanja Projekta.

[10] Globalna kretanja inicirana su nominacijom dva najstarija i neprijeporno najuglednija sveučilišta poljoprivrede i srodnih znanosti (šumarstvo, prehrambena tehnologija… i dr.) u Beču (BOKU) i Pragu, u sveučilišta primijenjenih životnih znanosti (*applied life sciences*), što su slijedila i druga europska i svjetska sveučilišta, a tradicionalna Udruga europskih poljoprivrednih sveučilišta – ICA (*Interuniversity Conference of Agricultural universities of Europe*) od 1. siječnja 2023. godine prerasla je u Europsku ligu za životne znanosti – *Euroleague for Life Sciences* – ELLS… To je do sada ostalo bez utjecaje na stanje u nas, zabavljenih oko nicanja novih (sve)učilišta, koja imaju prostor, opremu, kao niti jedno u osnivanju do sada, potporu nadležnih struktura, riječju: sve osim – polaznika.

U procijepu između vazdanedostatnih sredstava i rastućih potreba, odlučili su se za mjerilo 1:50 000, tzv. *semidetaljnu pedološku kartu* – s jedne strane nedovoljno detaljnu za neke važnije potrebe koje zahtijevaju karte krupnijeg mjerila, a s druge strane (pre)bogatu za *osnovne potrebe* – osnovnu pedološku kartu. Tako smo se našli u situaciji da su potrebe za detaljnim i sve sofisticiranijim informacijama što ih daju karte krupnijeg mjerila kao što je 1:25 000 ili 1:5 000 sve više rasle, a i dalje rastu.

Osnovna pedološka karta – OPK 1:50 000 zbrzano je, premda nedovršena, privedena kraju, ali (još) nije završena.

Za potrebe ovoga rada S. Husnjak izradio je prikaz stanja završenosti dva lista pedoloških karata i tumača za te listove.[11]



Pregled tiskanih listova karta i tumača Osnovne pedološke karte hrvatske 1:50 000 (autor: S. Husnjak)

Overview of printed sheets of maps and interpreters Basic pedological maps of Croatia 1:50,000 (autor: S. Husnjak)

Fokusiranost OPK potrebama poljoprivrede oslikava stanje tiske karata (smeđa boja) kojih je najviše u Panonskoj, slijedi Gorska, najmanje u Jadranskoj regiji. Velik je broj listova karata ostao u rukopisu (žuta boja), a rubni, granični dijelovi (zelena boja) ostali su nepokriveni. Tumači (zelena boja) su uglavnom ostali u rukopisu i prevladavaju.

[11] Zahvaljujem kolegi Husnjaku – redovitom članu Akademije poljoprivrednih znanosti (Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet – Zavod za pedologiju, u kojemu je deponirana dokumentacija OPK Hrvatske), koji je i ovoga puta, ne prvi i jedini put, spremno izašao u susret našoj molbi, visprenom izradom priloženih prikaza.

Dvojba je što i kako dalje?

Jer, zbog dugog trajanja i *niza promjena u hodu* podatci, napose nazivi pedosistematskih jedinica su anakroni – zastarjeli. U njima se danas može snaći samo uži krug specijalista, a potreba je da se broj korisnika iz stručnog kruga proširi na druge struke, a karta prilagodi tim potrebama.

Stoga je pred hrvatskim tloznanstvenicima danas dvojaka zadaća: s jedne strane modernizirati OPK, kako bi se (is)koristila – (spasila) i modernizirala baza, zapravo bogata riznica već prikupljenih informacija o tlu, a s druge otvoriti put utemeljenju suvremenih baza podataka za izradu modernih, namjenskih karata krupnog mjerila. To je dug naraštaja prema tlu – najvećem blagu hrvatskog naroda i temelju domovine, kako je tlo nazvao naš veliki učitelj akademik Gračanin (1942).

Za potpuni završetak Projekta i izradu **Osnovne pedološke karte tala Hrvatske (OKT RH) 1:50 000** prema tim zamislima ostalo je još izraditi:

- Novo – suvremenom jeziku primjereno nazivlje genetskih horizonata i pedosistematskih jedinica i razvrstavanje (klasifikaciju) tala usklađenu s *World Reference Base for Soil Resources* (*WRB*). Ovu, neprijeporno po značaju prvu zadaću mogu izvršiti samo vodeći tloznanstvenici u poljoprivredi i šumarstvu – u Hrvatskoj su to S. Husnjak i N. Pernar (Sveučilište u Zagrebu, Agronomski i Šumarski fakultet) sa suradnicima po izboru.
- Karte rubnih, graničnih dijelova RH prema drugim državama – dijelove listova: Trst 4, Vrhnika 3 i 4, Novo Mesto 4 i Rogatec 4, prema Sloveniji; Bihać 4 i Mostar 1, prema BiH, a Sušac 1 i 3, Biševo 1 i Rovinj 3 u Jadranskoj Hrvatskoj.
- Osnovna karta tala (OKT) Hrvatske, tako da se na modernu topografsku podlogu Hrvatske koju koristi GIS prenese sadržaj svih listova OPK Hrvatske, s preciznim unosom i lokalitetom glavnih, analiziranih profila tla, koristeći u legendi suvremeno nazivlje iz klasifikacije tala.
- Nove tumače za sve listove, a u njih prvenstveno unijeti precizan lokalitet glavnih profila označenih u zemljovidu, sa svim analitičnim podatcima.
- Izraditi monografiju Tla Jadranske Hrvatske (s otocima), zatim monografiju Tla središnje Hrvatske, i u konačnici, objedinjavajuću monografiju Tla Hrvatske.
- Dakako, ostale države imaju svoje posebnosti prema kojima će prema vlastitim potrebama same odrediti prioritete i redoslijed izvedbe.

Zaključci

Šest desetljeća proteklo je od početka projekta koji je u dvadesetdvogodišnjem razdoblju 1964. – 1986. završio kao prikaz distribucije tala hrvatske pedosfere pod nazivom Osnovna pedološka karta Hrvatske 1:50 000. Raščlanjujući izvedbu toga projekta s iskustvom sudionika u njemu od 1971. do 1986. izdvajamo zaključke:

– Projekt je od početka do okončanja s dubokim razlozima fokusiran na značajke i vrednovanje pedosfere – tla kao supstrata za uzgoj bilja u poljoprivredi i kondiciju prirodnih šumskih vrsta i sastojina. Za više od dva desetljeća njegova trajanja, tloznanosti su doživjele korjenite promjene i nekoliko klasifikacija tala korištenih u projektu. Kako su listovi karte tiskani svake godine trajanja projekta, nazivlje istih pedosistematskih jedinica na kraju drugačije je od onoga na početku projekta, što, napose korisnicima izvan uže struke, otežava korištenje. Zbog toga je prvi preduvjet završetka projekta jedinstveno nazivlje i oznaka genetskih horizonata i pedosistematskih jedinica.
– Godinama poslije, tlo se u prirodoslovlju nalazi u ulozi člana ekološke trijade tlo – voda – zrak, s brojnim učincima u terestričkim ekosustavima, među kojima je agroekosustav, premda najvažniji, ipak samo jedan od brojnih. Pod pritiskom okolišnih problema neproizvodni (*non food*) učinci, napose ekološko-regulacijski (regulator klime, hidrološkog ciklusa, biološke raznolikosti). prostorni (optimalni način korištenja). ali i emotivno-estetski (krajobraz, ishodište domoljublja), kulturni (arheološka svjedočanstva) i spiritualni – teološki učinci tla izbijaju u prvi plan kao oslonac održivog gospodarenja tlom.
– *Održivo gospodarenje tlom* kao nacionalnim blagom u privatnom vlasništvu kao temelj suvremenog *gospodarski* (rad uz profit), *socijalno* (cijene proizvoda tržišno prihvatljive svim socijalnim slojevima) i *okolišno* (bez ugroze okoliša – tla, vode i bioraznolikosti) *održivog razvoja današnjice, nema alternative.*
– Održivo gospodarenje tlom nezamislivo je bez zemljovida tala primjerenog mjerila ili *baze podataka o tlu* iz kojih se računalnim putem mogu izraditi takvi, namjenski zemljovidi.
– Predlaže se nastavak i završetak projekta, kako bi se od izdašne riznice podataka iz OPK stvorila Hrvatska baza podataka pristupačna najširem krugu korisnika tla *kao najvećeg blaga hrvatskog naroda*.

– Kako tlo ne poznaje granice država, problemi pravilnog – socijalnog, gospodarskog (ekonomskog) i okolišnog (ekološkog) gospodarenja tlom za neku državu ne prestaju na njenoj granici, razumljiva je potreba da svaka država prikuplja svoju bazu podataka, spremnu za korištenje u interesu koji prelazi granice te države. U tom smislu, države u kojima je šezdesetih godina proteklog stoljeća počeo zajednički projekt pedološke karte bivše države imaju svoje obveze, koje su po značaju iznad aktualnih odnosa među njima.

Ovaj rad će ispuniti očekivanja autora ukoliko, ponajprije u akademskom krugu, otvori široku raspravu o pokrenutim pitanjima, napose raspravu agroekoloških struka u članstvu Akademije poljoprivrednih znanosti, ali i izvan njega, a zaključci te rasprave nađu put do donositelja odluka, sve kao odgovor na narasle potrebe različitih korisnika. A ne manje važno: i kao nekovrsni dug velikanima prirodoslovlja s čijih smo ramena sagledavali i širili obzorja spoznaje o tlu.

Vrijednim držimo da se slične inicijative prošire i na druge države s kojima je projekt najprije i počeo, napose one koje se nalaze pred uključivanjem u europsku zajednicu naroda – EU, koja za pitanja tla ima svoj Institut i Europski ured za tlo.

Sukladno poslanju, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti spremna je, putem svog, za ta pitanja nadležnog Znanstvenog vijeća za poljoprivredu i šumarstvo, otvoriti prostor raspravi na tu, bespogovorno važnu temu.

Literatura

Adam, M., Bašić, F., Bašić, I., Bogunović, M., Čolak, A., Kalinić, M., Karavidović, P., Kovačević, P., Martinović, J., Mayer, B., Miloš, B., Paraker, R., Pavlić, V., Perković, J., Radman, B., Rastovski, P., Racz, Z., Šalinović, I., Šimunić, I., Škorić, A., Šmanjak, I., Tomaš, I., Vidaček, Ž., Vranković, A., Žic, M. (1964–1986): Osnovna pedološka karta Hrvatske 1:50 000, Jastrebarsko, Križevci, Osijek, Split, Zagreb.

Bašić, F., Butorac, A., Vidaček, Ž., Racz, Z., Ostojić, Z., Bertić, B. (1993): Program zaštite tala Hrvatske – Inventarizacija stanja – Trajno motrenje – Informacijski sustav, SZ-AFZ, Zavod za OPB, Zagreb.

Bašić, F. (1994): Klasifikacija oštećenja tala Hrvatske, Agronomski glasnik, 3–4, Zagreb, 291-310.

Bašić, F., (2006): Višenamjensko obilježje i uloga tla kao temelj održivog gospodarenja u svijetlu pridruživanja Hrvatske Europskoj uniji, Savjetovanje CROSS Sustavsko mišljenje i proces integracije Hrvatske u Europsku uniju, Zagreb, 26.

Bašić, F. i sur. (2006): II, III i IV nacionalno izvješće RH prema Okvirnoj konvenciji UN o promjeni klime (UNFCCC), Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, Zagreb.

Bašić, F. (2009): Oštećenja i tehnologije zaštite tala Hrvatske – otvorena pitanja, u: Tehnologije zbrinjavanja otpada i zaštite tla. Zbornik radova znanstvenog skupa Akademije tehničkih znanosti Hrvatske i Hrvatskog tloznanstvenog društva, Akademija tehničkih znanosti Hrvatske (ur. Bašić, F., Salopek, B., Vrsalović-Presečki, A., Findrik, Z., Anić-Vučinić, A., Husnjak, S., Kovačić, D., Kučar-Dragičević, S., Stošić, Ž., Šikić, Z., Vađić, V.), Zadar, 179-203.

Bašić, F. (2013): Soil resources of Croatia, u: Soil resources of Europe, II edition (ur. Jones, R. J. A., Houškova, B., Bullock, P., Montanarella, L.) European Soil Bureau Research Report No. 9, EUR 20559 EN, (2005), Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 89-96.

Bašić, F. (2013): The Soils of Croatia, World Soil Book Series, International Union of Soil Sciences, (ur. Hartemink, A. E.), Springer Verlag, Dordrecht, Heidelberg, New York, London.

Bašić, F., Jones, A. (2015): Soils of Croatia in the strategy of soil protection of EU, Regarding of international year of soils – 2015, u: 50th Croatian and 10th International Symposium of Agriculture, University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Zagreb, 9-20.

Bašić, F. (2014): Tlo kao ključni član ekološke trijade, u: Prvi naučno-stručni skup sa međunarodnim učešćem "5. juni – svjetski dan zaštite okoliša", Zbornik radova, Univerzitet u Bihaću, Biotehnički fakultet, Bihać, 28-39.

Bašić, F. (2014): Regionalizacija hrvatske poljoprivrede u zajedničkoj poljoprivrednoj politici EU, Civitas Chrisiensis – Radovi Zavoda HAZU za znanstveno istraživački i umjetnički rad Koprivničko-križevačke županije, 1, Križevci, 143-176.

Bašić, F. (2016): Uloge tla koje treba obuhvatiti pravnom zaštitom, u: Okrugli stol Pravna zaštita tla, Modernizacija prava, knj. 30 (ur. akademik J. Barbić), Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Znanstveno vijeće za državnu upravu, pravosuđe i vladavinu prava, Zagreb, 19-53.

Bašić, F., Tomić, F. (2014): Poljoprivreda kao razvojni potencijal hrvatskog gospodarstva, u: Znanstveni skup Razvojni potencijali hrvatskog gospodarstva, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 121-153.

Bašić, F. (2017): (Croatian, World) Soils – Between Food and Non-Food Functions and Ownership Relations, Biomed J Sci & Tech Res., 1 (2), 271-272.

Bašić, F. (2017): Soil Science in Face of New Challenges: Quo Vadis Soil Science?, Food Science and Nutrition Technology, 2 (3), 000126.

Bašić, F. (2018): Mijo Kišpatić – Homo universalis hrvatskog prirodoslovlja – utemeljitelj tloznanosti jugoistoka Europe – od Zemljoznanstva do životvornih znanosti – mjesto Kišpatića u povijesti tloznanosti, u: Perivoj hrvatskih velikana: rondel učenika gimnazija u Osijeku, Mursa aeterna V, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Zavod za znanstveni i umjetnički rad u Osijeku, Družba Braća Hrvatskog zmaja, zmajski stol u Osijeku, Zagreb, Osijek, 174-185.

Bašić, F., Kisić, I., Bašić, I. (2018): Erozija tla vodom kao smjernica održivog gospodarenja tlom na kršu Južnojadranske poljoprivredne podregije Hrvatske, u: Zbornik radova Simpozij Poljoprivreda i šumarstvo na kršu mediteransko-submediteranskog istočnojadranskog područja – stanje i perspektive, Sarajevo, 5. juna/lipnja 2018. godine (ur. Šarić, T., Beus, V.), Posebna izdanja, knj. CLXXVI, Odjeljenje prirodnih i matematičkih nauka, knj. 27, ANUBiH, Sarajevo, 17-41.

Bašić, F., Kisić, I., Mesić, M., Turšić, I., Zgorelec, Ž., Perčin, A., Šestak, I., Bilandžija, D., Bogunović, I. (2019): Stanje i posebnosti gospodarenja pjeskovitim tlima središnje

Podravine, u: Znanstveni skup "Đurđevački pijesci: geneza, stanje i perspektive" (ur. F. Tomić, D. Feletar, F. Bašić, I. Peklić, A. Zrnić), Zavod za znanstvenoistraživački i umjetnički rad Koprivničko-križevačke županije u Križevcima, Znanstveno vijeće za poljoprivredu i šumarstvo Hrvatske akademije, Znanstveno vijeće za zaštitu prirode Hrvatske akademije, Zagreb – Križevci, 311-368.

Bašić, F. (2023): Osnovna pedološka karta Hrvatske – šezdeset godina poslije: Tragom tla iz poljoprivrede i šumarstva u primijenjene životne znanosti, pregledni rad (review article) | Zbornik akademije poljoprivrednih znanosti, 3, Zagreb, 23-34.

Bogunović, M., Vidaček, Ž., Racz, Z., Husnjak, S., Sraka, M. (1997): Namjenska pedološka karta Republike Hrvatske i njezina uporaba, Agronomski glasnik, 5–6, 363-399.

Goldewijk, K. K., Beusen, A., Doelman, J., Stehfest, E. (2016): New anthropogenic land use estimates for the Holocene, Earth Syst. Sci. Data Discuss., doi: 10.5194/essd-2016-58.

Gračanin, M. (1942): Tla Hrvatske, u: Dugački, Z. Zemljopis Hrvatske, Matica hrvatska, Zagreb, 340-382.

Gračanin, M. (1946): Pedologija I dio – Geneza tla, Školska knjiga, Zagreb.

Gračanin, M. (1947): Pedologija II dio – Fiziografija tala, Školska knjiga, Zagreb.

Gračanin, M. (1951): Pedologija III dio – Sistematika tala, Školska knjiga, Zagreb.

Halamić, J., Miko, S. (ur) (2009): Geokemijski atlas R H, Hrvatski geološki institut, Zagreb.

Hengl, T., Husnjak, S. (2006): Evaluating Adequacy and Usability of Soil Maps in Croatia, Soil Sci. Soc. Am. J., 70, 920-929.

Husnjak, S., Vidaček, Ž., Bogunović, M., Sraka, M., Bensa, A., Vrhovec, D. (2005): Zemljišni resursi Hrvatske i pogodnost tla za navodnjavanje, Agronomski fakultet Zagreb, Zavod za pedologiju.

Husnjak, S., Kušan, V. (2005): Geo-information for Sustainable management of land resources in Croatia, International Cartographic Conference, La Coruna, Spain. Published on CD.

Husnjak, S. (2007): Poljoprivredna tla Hrvatske i potreba za melioracijskim mjerama, u: Melioracijske mjere u svrhu unapređenja ruralnog prostora s težištem na Nacionalni projekt navodnjavanja, HAZU, Zagreb, 21-37.

Husnjak, S. (2008): Pedogeografija, skripta, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.

Husnjak, S., Rubinić, V., Vrbek, B., Špoljar, A. (2010): Važnost, načela i pravila svjetske referentne osnovice za tlo (WRB) s primjerima korištenja u Hrvatskoj, Agronomski glasnik, 63, 5–6, 347-365.

Husnjak, S. (2014): Sistematika tala Hrvatske, Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb.

Jugo, B., Kovačević, P., Kurtagić, M., Mihalić, V., Hranilović, J. (1952): Ekološki uvjeti poljoprivredne proizvodnje Istočne Slavonije i Baranje, Zagreb.

Kisić, I. (1992): Karakteristike zemljišnih kombinacija i njihova bonitetna vrijednost na području Srednje Podravine, magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.

Kišpatić, M. (1877): Zemljoznanstvo obzirom na šumarstvo i gospodarstvo, Troškom Kraljevske Hrvatske zemaljske vlade, Zagreb.

Kovačević, P., Kurtagić, M., Mihalić, V., Hranilović, J. (1956): Tla Međimurja, Poljoprivredni nakladni zavod.

Kovačević, P., Kalinić, M., Pavlić, V., Bogunović, M. (1972): Tla Gornje Posavine. Monografija, Institut za pedologiju i tehnologiju tla, Zagreb.

Kušan, V. i sur. (2020): Karta poljoprivrednog i šumskog zemljišta Republike Hrvatske mjerila 1:50.000. Oikon d.o.o. – Institut za primijenjenu ekologiju, Zagreb.

Martinović, J. (1997): Tloznanstvo u zaštiti okoliša: priručnik za inženjere, Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša, Pokret prijatelja prirode "Lijepa naša", Zagreb.

Martinović, J. (2000): Tla u Hrvatskoj. Monografija, Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša, Zagreb.

Martinović, J. (2003): Gospodarenje šumskim tlima u Hrvatskoj, Šumarski institut, Jastrebarsko.

Mayer, B. (1992): Šumska tla Republike Hrvatske pri kraju XX. stoljeća, u: Šume u Hrvatskoj, Šumarski fakultet Zagreb, JP "HŠ", Zagreb, 19-32.

Mesić, H., Bakšić, D., Bašić, F., Čidić, A., Durn, G., Husnjak, S., Kisić, I., Klaić, D., Komesarović, B., Mesić, M., Miko, S., Mileusnić, M., Nakić, Z., Pernar, N., Pilaš, I., Romić, D., Vrbek, B., Zgorelec, Ž. (2008): Program trajnog motrenja tala Hrvatske, Projekt: Izrada programa trajnog motrenja tala Hrvatske s pilot projektom, Life Third Countries, LIFE05 TCY/CRO/000105, Agencija za zaštitu okoliša. Zagreb.

Mihalić, V. (1976): Poljoprivreda kao korisnik prostora, Sveučilište u Zagrebu, Poljoprivredni fakultet, Zagreb.

Müller, Ch., Holenstein, J., Herzog, U., Bašić, F., Aichberger, K., Gruber, A., Juritsch, G., Goller, H, Bendova, H., Hudnik, V., Hodnik, A., Huber, W., Nemeth, T., Scherer, J. (1994): Bodendauerbeo-bachtungsflächen, Emphelung einer abgestimmten Vorgehenweise der Unterarbeitsgruppe "Boden-dauerbeobachtungsflächen" der gemeinsame Arbeitsgruppe "Bodenschutz", ArGe Alp, Alpen-Adria und Donauländer, Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, München.

Pardon, Đ. (2014): Zemlja – dar, kušnja i zadaća, biblijska teologija zemlje, G. konc., Zagreb.

Pardon, Đ. (2016): Biblijska teologija zemlje – potka enciklike *Laudato si'*, Diacovensia, teološki prilozi, 24 (1), 13-43.

Pernar, N. (2017): Tlo, nastanak, značajke i gospodarenje, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb.

Pernar, N., Bakšić, D., Perković, I. (2013): Terenska i laboratorijska istraživanja tla, priručnik za uzorkovanje i analizu, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatske šume, Zagreb.

Racz, Z. (1980): Meliorativna pedologija I dio, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Zagreb.

Racz, Z. (1981): Meliorativna pedologija II dio, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Zagreb.

Redžepović, S. (1996): Simbiotska fiksacija dušika u funkciji održivog razvoja poljoprivrede, u: Prvi hrvatski kongres mikrobiologa s međunarodnim sudjelovanjem, Knjiga sažetaka, Opatija, 128.

Šandor, F. (1914): Tloznanstvo I (Općena nauka o tlu), Klub hrvatskih šumarskih akademičara.

Šandor, F. (1915): Tloznanstvo II (Nauka o stojbini), Klub hrvatskih šumarskih akademičara.

Škorić, A., Anić, J., Bašić, F., Bašić, I., Beštak, T., Bišof, R., Bogunović, M., Cestar, D., Čižek, J., Dekanić, I., Kovačević, J., Licul, R., Malez, M., Martinović, J., Mihalić, V., Miljković, I., Pavlek, P., Pelcer, Z., Racz, Z., Srebrenović, D., Šalinović, I., Šilješ, I., Takšić, A., Vidaček, Ž. (1977): Tla Slavonije i Baranje, regionalna monografija OPK Hrvatske, Posebna izdanja, knjiga 1, Projektni savjet pedološke karte Hrvatske.

Škorić, A. (1977): Tipovi naših tala, Sveučilište u Zagrebu, Sveučilišna naklada Liber, Zagreb.

Škorić, A., Mihajlo, A., Bašić, F., Bogunović, M., Cestar, D., Martinović, J., Mayer, B., Miloš, B., Vidaček, Ž. (1987): Pedosfera Istre, regionalna monografija OPK Hrvatske, Posebna izdanja, knjiga 2, Projektni savjet pedološke karte Hrvatske.

Škorić, A., Bogunović, M., Martinović, J., Pelcer, Z., Racz, Z., Vidaček, Ž. (2003): Tla Gorske Hrvatske, regionalna monografija OPK Hrvatske, Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja.

Špoljar, A. (2015): Pedologija, Visoko gospodarsko učilište, Križevci.

Tomić, F., Bašić, F., Husnjak, S. (2016): Navodnjavanje – mjera opstanka i održivog razvoja poljoprivrede na prostoru Novigrada, u: Novigrad nekad i sad (ur. Kaštela, S.), Sveučilište u Zadru, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Matica hrvatska, Općina Novigrad, Zadar, 130-143.

Tomić, F., Bašić, F., Husnjak, S., Mustać, I. (2018): Smjernice primjene navodnjavanja na području Pobosuća, u: Rijeka Bosut i Pobosuće u prošlosti, sadašnjosti i budućnosti, zbornik radova sa znanstvenoga skupa održanog u Vinkovcima 16. listopada 2014., Posebna izdanja, knj. XXIX, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Centar za znanstveni rad u Vinkovcima, Zagreb, Vinkovci, 191-211.

Vidaček, Ž. (1998): Gospodarenje melioracijskim sustavima odvodnje i natapanja, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatsko društvo za odvodnju i navodnjavanje, Zagreb.

Vidaček, Ž., Bogunović, M., Husnjak, S., Sraka, M., Bensa, A. (2008): Hydropedological map of the Republic of Croatia, Agriculturae Conspectus Scientificus, 73 (2), 67-74.

Vrbek, B., Pernar, N. (2001): Status and prospects of soil science development in Croatia, Plenary paper, Summaries of IX Congress of Croatian Society of Soil Science, Brijuni, 5-17.

Wilson, E. O. (2009): Stvorenje – poziv na spas života na Zemlji, Jesenski i Turk, Zagreb.

Winiwalter, V. (2015): Soils and history, Solution under foots, special edition of Task force Soil matters, on behalf of International Union of Soil Sciences, Catena Verlag, GeoEcology Essays, 130-134.

Zgorelec, Ž., Bašić, F., Jurišić, A., Kisić, I., Mesić, M., Šestak, I., Bilandžija, D. (2012): Kemija u istraživanju tla, IX. susret mladih kemijskih inženjera, Knjiga sažetaka, Zagreb, 39.

xxx (1975): Izrada Osnovne pedološke karte na koncu 1975., Projektni savjet za izradu Osnovne pedološke karte SRH, Zagreb.

xxx (1977): Temeljna problematika poljoprivrednog zemljišta kao dobra od općeg interesa, referati savjetovanja, Republički sekretarijat za poljoprivredu prehrambenu industriju i šumarstvo, Poljoprivredni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Privredna komora SR Hrvatske, Zagreb.

General pedology map 1:50,000 decades later – for contemporary needs to supplement and complete the project

Summary: Six decades have passed since the beginning of the project, which in the long, 22-year period 1964–1986 ended as inventory of the Croatian pedosphere under the name Basic Soil Map BSM of Croatia 1:50,000. From the beginning to the end, for the deep reasons the project was primary focused on the characterization and evaluation of soil as a substrate for the cultivation of plants in agriculture and the condition of natural forest species and habitats. In more than two decades of duration of project, soil science has undergone radical changes and several soil classifications have been used in the project. As the map single sheets are printed every year of the project, the name of the same pedosystematic units at the end is different from the one at the beginning of the project, which makes it difficult to use, especially for users outside the narrow profession. For this reason, the first prerequisite for the completion of the project is a unique nomenclature and designation of genetic horizons and pedosystematic units. Therefore, it is necessary to finish the project.

There is no alternative to the sustainable management of soil as a national treasure in private ownership as the basis of modern economic (work with profit), social (product prices acceptable to all social strata) and environmental (without endangering the environment – soil, water and biodiversity) sustainable development. Sustainable soil management is not possible without soil maps of an appropriate scale or/and a soil database from which such dedicated maps can be created by computer.

As participant in the project my proposal is to continue and complete the project, in order to create a Croatian database accessible to the widest range of users of the soil as the greatest treasure of the Croatian nation from the generous treasure trove of data from the OPK.

This paper will meet expectations if open a broad discussion on the issues raised in the academic circle, especially of agroecological professions within the membership of the Academy of Agricultural Sciences, but also outside it, and the conclusions of this discussion find their way to the decision-makers. All of described as a response and an irrevocable debt to the greats of Croatian natural history from whose shoulders we viewed and expanded the horizons of knowledge.

In accordance with its mission, the Croatian Academy of Sciences and Arts is ready, through its competent Scientific Council for Agriculture and Forestry, to open for discussion and contribute to realization of these ideas.

DOI: 10.5644/PI2024.211.02
Originalni naučni članak

Model za procjenu indeksa staništa (*site index*) za jednodobne nenjegovane zasade bijelog bora (*Pinus sylvestris* L.) na karbonatnim supstratima u Bosni i Hercegovini

Besim Balić
Univerzitet u Sarajevu, Šumarski fakultet
E-mail: b.balic@sfsa.unsa.ba

Aida Ibrahimspahić
Univerzitet u Sarajevu, Šumarski fakultet

Samir Fetić
Uprava za gazdovanje šumama i lovištem, Pljevlja, Crna Gora

Apstrakt: U radu je predstavljen postupak izbora najpogodnijeg numeričkog modela za utvrđivanje indeksa staništa (SI – *site index*) kao apsolutne mjere proizvodnog potencijala (boniteta) staništa jednodobnih nenjegovanih sastojina bijelog bora na karbonatnim supstratima u BiH. Objekat istraživanja su predstavljale jednodobne nenjegovane sastojine bijelog bora različitih taksacionih i stanišnih karakteristika. Metodom privremenih oglednih parcela prikupljeno je više općih i taksacionih podataka, a zatim su njihovom obradom i analizom utvrđeni najvažniji strukturni i proizvodni parametri sastojina odvojeno po relativnim visinskim bonitetnim klasama staništa (RB). Za utvrđivanje numeričkog modela za procjenu indeksa staništa (SI) primijenjene su metode korelacione i regresione analize, a za predstavljanje veličina osnovnih taksacionih elemenata prema veličinama SI grafička metoda. U cilju predstavljanja veličina osnovnih taksacionih elemenata po utvrđenim SI klasama uspostavljena je korelaciona veza između SI_{50} (pri starosti od 50 godina) i postojećih relativnih bonitetnih klasa (RB) jednodobnih sastojina bijelog bora. Ova veza je poslužila za izradu proizvodne diferencijacije staništa jednodobnih sastojina bijelog bora na karbonatnim susptratima u BiH koja omogućava prikaz veličina osnovnih taksacionih elemenata ovih sastojina zavisno od starosti i SI_{50}. Poređenjem utvrđenih rezultata istraživanja s odgovarajućim rezultatima drugih autora zaključeno je da su jednodobne sastojine bijelog bora u BiH srednje produktivne.

Ključne riječi: *Site index*, jednodobne nenjegovane sastojine, bijeli bor, proizvodna diferencijacija staništa

1. Uvod

Kao rezultat sporadičnog pošumljavanja neobraslog dijela površina šumskog zemljišta, danas su u BiH prisutne značajne površine jednodobnih šumskih

zasada smrče, bijelog i crnog bora različite starosti. Pretpostavlja se da je njihova ukupna površina u 1985. godini iznosila oko 150.000 hektara (Pavlič, 1999). Prema preliminarnim rezultatima Druge nacionalne inventure šuma u BiH (2006–2009), procijenjena površina jednodobnih šuma iznosila je 157.300 hektara. U okviru jednodobnih sastojina, zasadi bijelog bora zauzimaju značajne površine s tendencijom njihovog daljeg povećanja, što je bilo tada i predviđeno Dugoročnim programom razvoja šumarstva (1988–2000). Poznato je da se provedenim taksacionim premjerima snimaju i prikupljaju skoro svi podaci kao i u visokim šumama s prirodnom obnovom. Za obračun drvne zalihe i zapreminskog prirasta koristi se metod uređajnih tarifa koje su konstruisane za visoke prirodne šume bijelog bora (Drinić et al., 1990). Za primjenu ovih tablica jedna od ulaznih veličina je bonitetni razred staništa koji se procjenjuje na bazi visinske krivulje sastojina. Poznato je, također, da se krivulje visina u jednodobnim sastojinama sa starošću pomjeraju "prema gore" i "udesno" te predstavljaju "krive stanja" (Banković i Pantić, 2006; Pranjić i Lukić, 1995). Iz tih razloga dolazi se do pogrešne ocjene boniteta staništa, što se konačno odražava i na pogrešno utvrđenu veličinu drvne zalihe i zapreminskog prirasta. Za objektivniju procjenu proizvodnog potencijala (boniteta) staništa u jednodobnim sastojinama, kao apsolutna mjera boniteta koristi se indeks staništa – *Site index*. On zapravo predstavlja prosječnu visinu stabala neke jednodobne sastojine u odnosu na neku referentnu starost sastojine (najčešće *u 50. ili 100. godini). S*toga će i problem ovih istraživanja biti iznalaženje numeričkog modela za procjenu stanišnog indeksa – *Site index*, kao apsolutne mjere za procjenu boniteta staništa nenjegovanih šumskih zasada bijelog bora u BiH. Za ove sastojine već su provedena istraživanja modela rasta i prirasta (Balić, 2003b; 2020; Balić et al., 2019; Fetić, 2014) pri čemu je (između ostalog) utvrđena dispozicija visinskih boniteta na bazi gornjih[1] i srednjih sastojinskih visina te dat prikaz veličina zapremine i zapreminskog prirasta po bonitetnim razredima staništa kao relativnoj mjeri boniteta. Ovi *će* objavljeni rezultati biti od značaja za uspostavljanje veze između relativnih i apsolutne mjere boniteta.

[1] Prema Krameru (1964), najpovoljnija visina za bonitiranje staništa je tzv. Vajzeova (Weise) gornja visina koja predstavlja visinu srednjeg stabla po temeljnici 20% najdebljih stabala jedne sastojine. Dakle, ona predstavlja visinu srednjeg stabla po temeljnici jednog relativno uvijek istog, ali apsolutno različitog broja najdebljih stabala jedne sastojine.

2. Materijal i metode istraživanja

Kao primarna naučna građa za izradu ovog rada poslužili su podaci premjera prikupljeni na 77 oglednih ploha postavljenih širom Bosne unutar jednodobnih nenjegovanih šumskih zasada bijelog bora različite starosti u intervalu od 10 do 54 godine. Izbor sastojina za postavljanje privremenih oglednih ploha, kao i prikupljanje potrebnih podataka na njima, izvršen je po odgovarajućoj, već objavljenoj metodici (Pavlič, 1999).

Osnovni podaci za izradu ovog rada prikupljeni su na privremenim oglednim plohama koje su bile kružnog oblika fiksnog radijusa, čija je površina zavisila od starosti sastojine. U priloženoj tabeli prikazani su površine i radijusi oglednih ploha u zavisnosti od starosti sastojina.

Tabela 1. Površine i radijusi oglednih ploha u zavisnosti od starosti sastojina
Table 1. Areas and radii of experimental plots depending on the age of the stands

Starost sastojine (godine) *Age of the stand (years)*	Radijus primjerne plohe (m) *Radius of a sample plot (m)*	Površina primjerne plohe (ha) *Area of a sample plot (ha)*	Starost sastojine (godine) *Age of the stand (years)*	Radijus primjerne plohe (m) *Radius of a sample plot (m)*	Površina primjerne plohe (ha) *Area of a sample plot (ha)*
10–15	4,0	0,0050	66–75	12,5	0,0491
16–25	5,0	0,0079	76–85	14,5	0,0661
26–35	6,5	0,0133	86–95	16,5	0,0855
36–45	7,5	0,0177	96–105	18,0	0,1018
46–55	9,5	0,0284	106–115	19,5	0,1195
56–65	10,5	0,0346	116 i više	21,0	0,1385

Pored podataka prikupljenih na privremenim oglednim plohama, kao osnovni materijal koji je poslužio za izradu ovog rada korišteni su već utvrđeni regresioni modeli za procjenu osnovnih taksacionih elemenata jednodobnih nenjegovanih sastojina bijelog bora koji su obrađeni u okviru magistarskog rada (Balić, 2003a), a djelimično publikovani u radovima Balić et al., 2019; Balić, 2020. Iz ovih radova preuzeti su svi osnovni podaci o istraživanim sastojinama koji će u narednim poglavljima biti predstavljeni u sažetoj formi.

3. Rezultati istraživanja s diskusijom

Apsolutni visinski bonitet – indeks staništa (engl. *Site Index*, u daljem tekstu *SI*) pokazuje koliku visinu sastojina određene vrste drveća postiže pri nekoj određenoj starosti (Lockow, 2004). Očigledna prednost *SI* ogleda se u mogućnosti poređenja jednodobnih sastojina jedne te iste vrste drveća i iste starosti u pogledu veličina njihovih proizvodnih parametara starosti (Lockow, 2022). Osnovu za bonitiranje u jednodobnim sastojinama čini modeliranje njihovog visinskog razvoja tokom starosti. Takva krivulja koja izražava prirodno variranje visina sa starošću pokazuje jedan sigmoidan tok. Adekvatna simulacija visinskog razvoja postiže se primjenom troparametrijskog asimptotskog modela rasta. Kao najviše korišten matematički model spominje se *Chapman-Richardova* funkcija (Clutter et al., 1983; Gadow, 1992; Lee, 1993) koja ima sljedeći oblik:

$$H_0 = a\left(1 - e^{-b \cdot t}\right)^c \tag{1}$$

u kojoj su:
H_0 – gornja, ili bilo koja druga srednja visina sastojine (m),
t – starost sastojine (godina),
a, b, c – parametri modela do čijih se veličina dolazi izravnanjem empirijskih podataka i
e – baza prirodnog logaritma (Eulerov broj).

Ovu funkciju preporučuju mnogi autori kao najpovoljniju upravo u izravnanju visina s obzirom na starost čistih jednodobnih šumskih sastojina (Clutter et al., 1983; Gadow, 1992; Jansen i Martin, 1996; Rojo i Montero, 1996, Lockow, 2022). Parametar a označava asimptotsku vrijednost visine stabala (teoretski maksimalna visina stabala) i ima istu jedinicu mjere kao i zavisno promjenjiva veličina H_0. Parametar b skalira apscisu (osu na koju je naneseno vrijeme), dok parametri a i b zajedno određuju oblik – formu krive rasta, tj. njenu orijentaciju u odnosu na osu x (Gadow, 2000).

SI, kao apsolutna mjera visinskog boniteta, može se izračunati ako se u prethodnoj formuli umjesto t uvrsti neka referentna starost (najčešće 50 ili 100 godina).

Za apsolutni visinski bonitet pri starosti od 50 godina (SI_{50}), model bi imao sljedeći oblik:

$$SI_{50} = a\left(1 - e^{-b \cdot 50}\right)^c \tag{2}$$

Da bi se proveo postupak za izračunavanje *SI*, potrebno je prvo za svaku jedinicu uzorka (privremenu primjernu površinu) izračunati veličine za srednje i gornje visine sastojina za različite starosti. Za potrebe izračunavanja ovih veličina iz uzorka su izbačena sva ona stabla koja ne mogu objektivno predstavljati visinske predstavnike sastojina.

3.1. Kreiranje modela za procjenu indeksa staništa (SI)

Kako su za svaku oglednu parcelu utvrđene veličine gornjih visina, a na bazi utvrđene bonitetne dispozicije i veličina relativnog boniteta (*RB*), moglo se pristupiti daljim analizama.

Na osnovu korelacione veze između gornje visine (H_o) i starosti (t) koja se može iskazati kao $H_o=f(t)$, analogno se može pretpostaviti i zavisnost veličina *SI* i starosti u 50. godini u obliku $SI=f(t=50)$. Za prosječni relativni bonitet ove relacije se mogu kvantificirati uvrštavanjem izračunatih parametara u funkciju koja je korištena kao matematički model za izravnanje gornjih visina u zavisnosti od starosti sastojine, pri čemu je dobijen izraz sljedećeg oblika:

$$H_o = 26{,}7301\left(1-e^{-0{,}0334232t}\right)^{1{,}45621};\ R^2= 0{,}849;\ R = 0{,}92;\ S_{ey} = 1{,}645\ m \quad (3)$$

Ova funkcija je posebno pogodna za utvrđivanje bonitetnog indeksa (*Site index – SI*) koji predstavlja apsolutnu veličinu srednje visine dominantnih i kodominantnih stabala koju postiže neka sastojina u odgovarajućoj starosti (25, 50. ili 100. godini).

U praksi se prilikom utvrđivanja pripadnosti sastojine određenom bonitetnom razredu kao ulazne veličine koriste visina sastojine i njena starost. Da bi se na osnovu poznavanja visine i starosti mogao utvrditi apsolutni visinski bonitet, izvedena je sljedeća formula za izračunavanje SI_{50} koja se dobije rješavanjem parametra a u jednačini (1) i njegovom supstitucijom u jednačini (2):

$$SI_{50} = H_0 \cdot \left[\frac{1-e^{-b\cdot 50}}{1-e^{-b\cdot t}}\right]^c \quad (4)$$

U obrnutom slučaju, kroz jednostavno preformulisanje jednačine (4) moguće je za unaprijed datu vrijednost apsolutnog boniteta procijeniti razvoj gornje, ili bilo koje druge srednje visine tokom starosti sastojine, a samim tim i utvrditi bonitetnu dispoziciju (Gadow, 2000). Takva relacija između gornje visine (H_o) i SI_{50} u konačnom je obliku data sljedećim izrazom:

$$H_0 = \frac{SI_{50}}{\left[\frac{1 - e^{-b \cdot 50}}{1 - e^{-b \cdot t}}\right]^c} \tag{5}$$

Uvrštavanjem utvrđenih vrijednosti za parametre *b* i *c* i vrijednosti varijable starosti sastojina u domenu variranja (t[0 – 50]) izvedene su konačne formule koje predstavljaju modele za procjenu *Site indexa* (SI_{50}) za neku starost sastojine ako je za tu istu starost poznata veličina gornje visine (H_o) u metrima koji u konačnom obliku glasi:

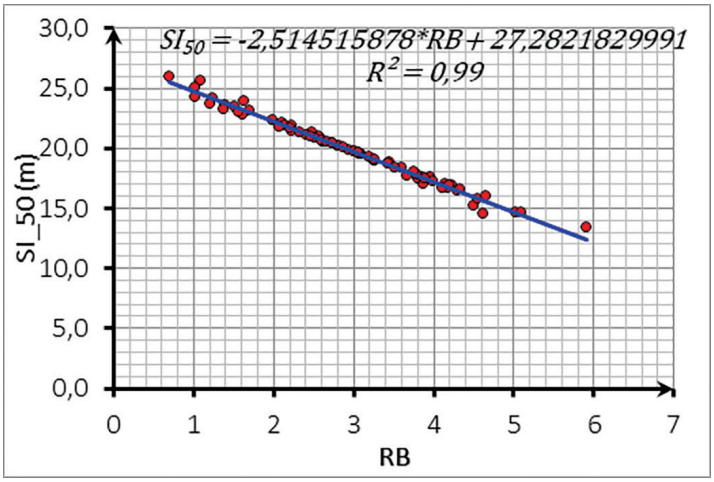
$$SI = H_0 \cdot \left[\frac{1-e^{-0,0334308 \cdot 50}}{1-e^{-0,03343082 \cdot t}}\right]^{1,4562002} \tag{6}$$

kao i model za procjenu razvoja gornje visine (H_o) pri zadatim veličinama za SI_{50} za različite starosti sastojine koji u konačnom obliku glasi:

$$H_0 = \frac{SI}{\left[\frac{1-e^{-0,03343082 \cdot 50}}{1-e^{-0,03343082 \cdot t}}\right]^{1,4562002}} \tag{7}$$

3.2. Analiza korelacione veze između relativnog boniteta i indeksa staništa

Da bi se uopšte moglo pristupiti korištenju utvrđenih modela, neophodno je ustanoviti vezu između relativne bonitetne klase (*RB*) i *Site Indexa* (SI_{50}). Na bazi ranijih istraživanja (Balić, 2003b) za svaku od oglednih parcela utvrđena je veličina relativne bonitetne klase (*RB*), a na bazi utvrđene veličine gornje visine (H_0) za datu plohu i poznate starosti primjenom modela (6) izvršen je obračun SI_{50}. Tako utvrđene veličine (parovi podataka *RB* i SI_{50}) za svaku od 77 ploha unesene su na grafikon i dobijeni oblak rasturanja podataka je izravnat linearnom vezom ($SI_{50} = f(RB)$). Grafički prikaz utvrđene linearne korelacione veze s veličinama parametara koji ukazuju na kvalitet izravnanja i jačinu veze predstavljen je na sljedećem grafikonu.



Grafikon 1. Linearna korelaciona zavisnost između *Site Indexa* u 50. godini (SI_{50}) i relativne bonitetne klase (*RB*) jednodobnih sastojina bijelog bora

Graph 1. Linear correlation dependence between the Site Index in the 50th year (SI_{50}) and the relative bonity class (RB) of even-aged white pine stands

S grafikona je uočljiva obrnuta proporcionalnost, odnosno prisustvo negativne korelacione veze, što je i razumljivo ako se imaju u vidu skale kojim su predstavljene korelirane veličine. Naime brojem "1" za osu *x* koja predstavlja relativni bonitet dat je iskaz za najbolja staništa, dok je broj "5" iskaz za najlošija staništa. S druge strane, veća vrijednost za SI_{50} podrazumijeva i bolju produktivnost staništa.

Veza između relativnog boniteta (*RB*) i *Site Indexa* u 50 godini (SI_{50}) izrazito je jaka, skoro funkcionalna, a veličina koeficijenta determinacije govori nam da se promjena SI_{50} u 99% objašnjava variranjem relativnog boniteta (*RB*).

Analitički izraz korelacione veze između *Site Indexa* u 50. godini (SI_{50}) i relativnog boniteta (*RB*) može se iskazati sljedećim linearnim modelom:

$$SI_{50} = -2{,}514515878 \cdot \mathrm{RB} + 27{,}2822 \qquad (8)$$

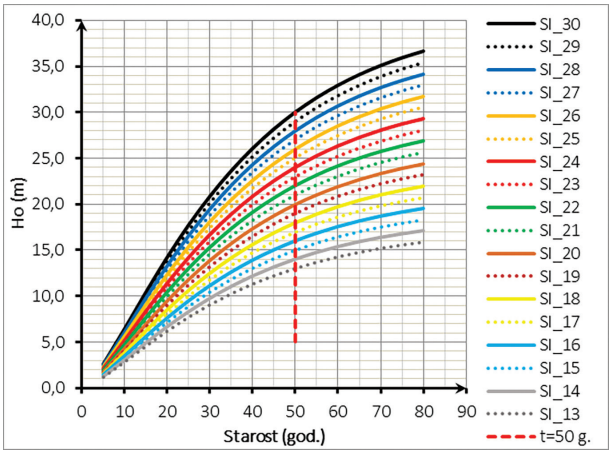
Na osnovu ove formule izračunate su vrijednosti za SI_{50} u domenu variranja relativnog boniteta od 0,5 do 5,5 i to za svaki deseti dio relativnog boniteta. Ove relacije između relativnog boniteta i veličine SI_{50} predstavljene su u tabeli 2.

Tabela 2. Veza između relativnih (RB) i apsolutnih (SI_{50}) bonitetnih klasa
Table 2. Relationship between relative (RB) and absolute (SI_{50}) bonity classes

RB	SI_{50} (m)	RB	SI_{50} (m)
0,5	**26,0**	**3**	**19,7**
0,6	25,8	3,1	19,5
0,7	25,5	3,2	19,2
0,8	25,3	3,3	19,0
0,9	25,0	3,4	18,7
1	**24,8**	**3,5**	**18,5**
1,1	24,5	3,6	18,2
1,2	24,3	3,7	18,0
1,3	24,0	3,8	17,7
1,4	23,8	3,9	17,5
1,5	**23,5**	**4**	**17,2**
1,6	23,3	4,1	17,0
1,7	23,0	4,2	16,7
1,8	22,8	4,3	16,5
1,9	22,5	4,4	16,2
2	**22,3**	**4,5**	**16,0**
2,1	22,0	4,6	15,7
2,2	21,8	4,7	15,5
2,3	21,5	4,8	15,2
2,4	21,2	4,9	15,0
2,5	**21,0**	**5**	**14,7**
2,6	20,7	5,1	14,5
2,7	20,5	5,2	14,2
2,8	20,2	5,3	14,0
2,9	20,0	5,4	13,7
3	**19,7**	**5,5**	**13,5**

3.3.1. Analiza zavisnosti gornje sastojinske visine od starosti sastojina i indeksa staništa (SI_{50})

Primjenom modela (7) izračunate su veličine gornjih visina u zavisnosti od starosti sastojine za različite vrijednosti SI_{50}. Razvoj gornje visine u zavisnosti od starosti i indeksa staništa koji je predstavljen veličinom gornje visine u 50. godini starosti, kao referentnoj, predstavljen je na sljedećem grafikonu.

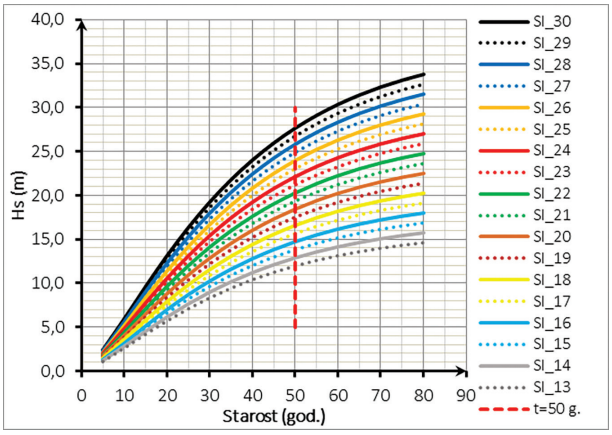


Grafikon 2. Razvoj gornje visine u zavisnosti od SI i starosti sastojine
Graph 2. Development of the upper height depending on the SI and the age of the stand

S grafikona se uočava sigmoidan tok krivulja razvoja gornjih visina sastojine u zavisnosti od starosti sastojine. Povećanjem starosti raste i gornja visina, što je i logično. Kod mlađih sastojina apsolutna razlika u gornjim visinama je manja, dok je kod starijih sastojina ta razlika veća.

3.3.2. Analiza zavisnosti srednje sastojinske visine od starosti sastojina i indeksa staništa (SI_{50})

Na analogan način utvrđen je i razvoj srednje sastojinske visine (H_s) tokom starosti sastojine pri različitim veličinama SI_{50}, što je predstavljeno na sljedećem grafikonu:



Grafikon 3. Razvoj srednje visine u zavisnosti od SI_{50} i starosti sastojine
Graph 3. Development of the mean height depending on the SI and the age of the stand

S grafikona se uočava da je s povećanjem starosti i *SI* apsolutna razlika između srednjih visina veća i izrazitija. Ova je zakonitost sasvim logična, jer sastojine boljih stanišnih uslova omogućuju intenzivniji rast stabala, čime ona postižu, između ostalog, i veće visine, a sa starošću se ta razlika više uočava.

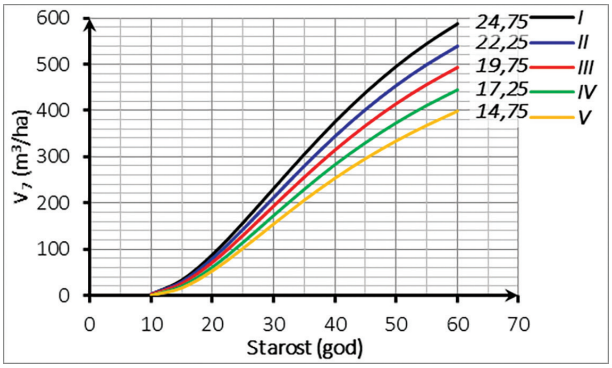
3.3.3. Prikaz proizvodne diferencijacije staništa jednodobnih sastojina bijelog bora na bazi indeksa staništa (SI_{50})

Da bi se mogla izvršiti predstava proizvodne diferencijacije staništa preko indeksa staništa (SI_{50}), što zapravo predstavlja i cilj ovog istraživanja, potrebno je utvrditi veličine osnovnih taksacionih elemenata sastojina u zavisnosti od starosti, i to za bonitetne razrede iskazane indeksima od I do V (I, II, III, IV i V) za koje je veza sa SI_{50} iskazana na 0,25. dijelu metra. U nastavku su dati grafički prikazi zavisnosti analiziranih taksacionih elemenata od starosti sastojine i indeksa staništa, i to u domenu variranja SI_{50} od 14 do 26 m. Također je moguće u sažetoj formi za svaku numeričku vrijednost SI_{50} dati tabelarni prikaz osnovnih taksacionih elemenata jednodobnih sastojina po stepenima starosti, što zapravo predstavlja tablice taksacionih elemenata jednodobnih sastojina na karbonatnim supstratima u BiH. Ipak, zbog obimnosti takva predstava će biti prikazana samo u grafičkoj formi, i to za najvažnije taksacione elemente sastojina kao što su: zapremina, tekući i prosječni zapreminski prirast iskazani u krupnoj drvnoj masi.

3.3.4. Analiza zavisnosti zapremine krupnog drveta sastojine od starosti sastojina i indeksa staništa (SI_{50})

Zavisnost veličine zapremine krupnog drveta od boniteta staništa iskazanog pomoću relativnih i apsolutnih mjera i starosti jednodobnih nenjegovanih sastojina bijelog bora predstavljena je na grafikonu 4.

S grafikona se može konstatovati sigmoidan oblik krivulja, pri čemu sastojine na boljim bonitetima postižu veću zapreminu krupnog drveta u odnosu na sastojine lošijih boniteta. Ova razlika u zapremini krupnog drveta izmedu sastojina različitih boniteta sa starošću se povećava. To je sasvim logično jer sastojine koje se nalaze na boljim staništima omogućuju intenzivniji rast u debljinu i visinu, što u konačnici vodi većoj zapremini krupnog drveta (V_7).

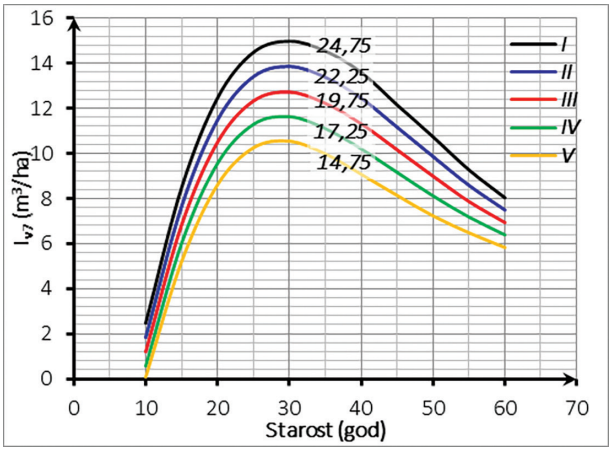


Grafikon 4. Zavisnost zapremine krupne drvne mase od starosti i boniteta staništa jednodobnih sastojina bijelog bora

Graph 4. Dependence of the volume of large wood on the age and bonity of the habitat of even-aged white pine stands

3.3.5. Analiza zavisnosti tekućeg zapreminskog prirasta krupnog drveta sastojine od starosti sastojina i indeksa staništa (SI_{50})

Model razvoja veličine tekućeg zapreminskog prirasta u zavisnosti od starosti i boniteta staništa iskazanog pomoću relativnih i apsolutnih mjera predstavljen je na sljedećem grafikonu:



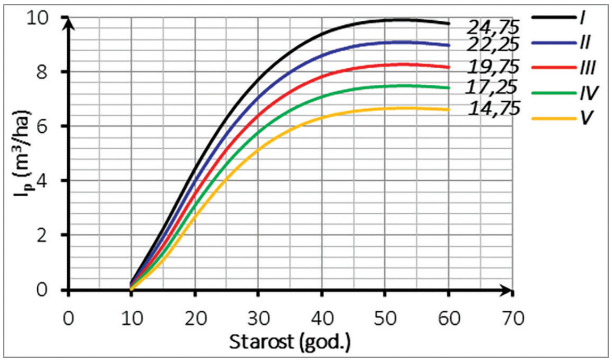
Grafikon 5. Zavisnost tekućeg zapreminskog prirasta krupnog drveta od starosti i boniteta staništa jednodobnih sastojina bijelog bora

Graph 5. Dependence of the current volumetric increment of large wood on the age and bonity of the habitat of even-aged white pine stands

S grafikona se jasno uočava da veličina tekućeg zapreminskog prirasta sastojine raste do određene starosti, kad nastupa njegova kulminacija (oko 30. godine), nakon koje sa starošću njegova veličina postepeno opada. Također se može konstatirati da sastojine boljih boniteta imaju veći I_{v7} nego sastojine lošijih boniteta. Ova razlika u I_{v7} između sastojina različitih boniteta sa starošću se smanjuje, jer je opšte poznato da sa starošću dolazi do smanjenja prirasta.

3.3.6. Analiza zavisnosti prosječnog dobnog zapreminskog prirasta krupnog drveta sastojine od starosti sastojina i indeksa staništa (SI_{50})

Na kraju je prikazana i zavisnost između prosječnog dobnog zapreminskog prirasta i starosti satojine za različite bonitetne razrede staništa. Grafička predstava ove zavisnosti data je na sljedećem grafikonu. Na sličan način mogu se izvesti konstatacije u vezi s oblikom i tokom krivulja, kao i za tekući zapreminski prirast, s tom razlikom što se vrijeme kulminacija prosječnog zapreminskog prirasta dešava nešto kasnije, oko 55. godine, nakon čega veličina prirasta postepeno opada.



Grafikon 6. Zavisnost prosječnog dobnog zapreminskog prirasta krupnog drveta od starosti i boniteta staništa jednodobnih sastojina bijelog bora

Graph 6. Dependence of the average age volume increment of large wood on the age and bonity of the habitat of even-age white pine stands

Na boljim bonitetima sastojine postižu veće vrijednosti prosječnog dobnog zapreminskog prirasta (I_p) nego na lošim bonitetima. Ova razlika u I_p između sastojina različitih boniteta sa starošću se postepeno povećava, i to do momenta kulminacije, nakon čega te razlike sa starošću postaju sve manje.

3.4. Poređenje rezultata s drugim istraživanjima

Radi sticanja uvida u odnose između izravnatih (najvjerovatnijih) veličina istraživanih taksacionih elemenata sastojina i veličina (podataka) koje daju strane prinosne tablice, izvršeno je poređenje na bazi indeksiranih veličina. Indeksi su izračunati tako što je veličina taksacionog elementa iz stranih tablica podijeljena s odgovarajućim podatkom istraživanih sastojina bijelog bora u Bosni (za odgovarajuću starost i bonitet) i taj količnik pomnožen sa 100. Time je postignuto da indeksi imaju (za sve komparirane podatke iz tablica) iste baze. Na taj način se može donijeti približna ocjena o produktivnosti istraživanih sastojina, kao i ocjena opravdanosti njihovog postojanja i budućeg osnivanja. Za poređenje su uzeti podaci koji se odnose na najbolja, osrednja i najlošija staništa bijelog bora iz prinosnih tablica: Wiedemann: I, III i V klasa prinosa; Gehrhardt: I, III i V klasa prinosa i Lembcke et al.: MEN 28, MEN 20 i MEN 12 (srednji nivo prinosa, potpuni obrast, a indeksi 28, 20 i 12 se odnose na veličine gornjih visina u 100. godini).

Za potrebe ovih analiza izdvojene su i tabelarno predstavljene indeksirane veličine samo za zapreminu i prosječni dobni zapreminski prirast sastojina po pojedinim stepenima starosti kao najvažnije taksacione elemente sastojina.

Tabela 3. Poređenje zapremine sastojine po hektaru
Table 3. Comparison of the volume of the stand per hectare

Starost (godina) *Age (year)*	Indeksi zapremine – *Indexes of volume*								
	Wiedemann			Gehrhardt			Lembcke et al.		
	I	III	V	I	III	V	MEN28	MEN20	MEN12
25	62	22					115		
30	68	34		72	45	–	104	61	
35	71	40	6				99	62	
40	73	43	11	65	46	17	97	62	
45	75	46	15				96	64	
50	77	49	18	61	45	21	97	66	26
55	79	51	21				98	68	29
60	81	53	24	60	46	24	100	70	31

Tabela 4. Poređenje prosječnog dobnog zapreminskog prirasta sastojine po hektaru
Table 4. Comparison of the average age volume increment of the stand per hectare

Starost (godina) *Age (year)*	Indeksi prosječnog dobnog zapreminskog prirasta – *Indexes of the average age volume increment*								
	Wiedemann			Gehrhardt			Lembcke et al.		
	I	III	V	I	III	V	MEN28	MEN20	MEN12
25	63	23					115		
30	68	34		91	51		104	61	
35	72	40	5				99	62	
40	73	43	11	90	56	19	96	62	
45	76	47	15				96	64	
50	76	48	18	91	59	24	97	65	25
55	78	51	21				99	68	28
60	81	54	23	95	62	29	100	69	32

Najveće razlike između poređenih taksacionih elemenata ispoljile su se upravo u zapreminama sastojina, i to na najlošijim stanišnim uslovima, a naročito u mlađim dobima sastojina.

Prosječni dobni zapreminski prirast krupnog drveta jednodobnih sastojina bijelog bora u Bosni je u svim kompariranim slučajevima znatno veći u odnosu na tablične podatke. Te razlike se smanjuju sa starošću i s poboljšanjem stanišnih uslova.

Imajući u vidu veličine izravnatih taksacionih elemenata sastojina bijelog bora u Bosni do kojih se došlo, može se konstatirati da se postojeći zasadi odlikuju vrlo visokom produktivnošću te da je njihovo prisustvo sasvim opravdano. Visoka produktivnost je najvjerovatnije posljedica povoljnih uslova staništa na kojima su podignuti ovi zasadi.

4. Zaključci

Jedan od glavnih ciljeva ovog istraživanja bio je da se konsultujući veći broj naučnih izvora i metoda ukaže na problem bonitiranja kod jednodobnih sastojina bijelog bora u BiH i da se pronađe pouzdan postupak – numerički model za procjenu stanišnog indexa – *Site index* kao pouzdanije mjere za iskazivanje apsolutne veličine boniteta staništa. Naime, za obračun drvne zalihe koristi se metod uređajnih tarifa koje su konstruisane za visoke prirodne šume bijelog bora. Da bi se primijenile ove tablice, jedna od ulaznih veličina je bonitetni razred staništa koji se procjenjuje na bazi visinske krivulje sastojina.

Poznato je da se krivulje visina u jednodobnim sastojinama sa starošću pomjeraju "prema gore" i "udesno" te predstavljaju "krivulje stanja". Upravo iz tih razloga se dolazi do pogrešne ocjene boniteta staništa, što direktno utiče na pogrešno utvrđivanje veličine drvne mase. U tome se ogleda značaj ovog istraživanja, jer je utvrđeni *Site index* apsolutna mjera bonitiranja i pomoću njega je procjena boniteta znatno objektivnija. Kao neka referentna starost za koju se utvrđuje srednja sastojinska visina u ovim istraživanjima je uzeta starost od 50 godina. Za utvrđivanje apsolutnog visinskog boniteta pri starosti od 50 godina (SI_{50}) ako je za datu jednodobnu sastojinu poznata veličina gornje visine u metrima pri starosti u 50. godini, utvrđen je sljedeći model:

$$SI_{50} = H_0 \cdot \left[\frac{1 - e^{-0{,}0334308 \cdot 50}}{1 - e^{-0{,}03343082 \cdot t}}\right]^{1{,}4562002}$$

Za procjenu razvoja gornje visine H_0 pri zadatim veličinama za SI_{50} za različite starosti sastojine razvijen je model sljedećeg oblika:

$$H_0 = \frac{SI_{50}}{\left[\frac{1-e^{-0{,}03343082 \cdot 50}}{1-e^{-0{,}03343082 \cdot t}}\right]^{1{,}4562002}}.$$

U radu je utvrđena izrazito jaka korelaciona veza između relativnog boniteta (*RB*) i *Site Indexa* u 50 godini (SI_{50}) koja je iskazana sljedećim modelom na osnovu kojeg se može pouzdano utvrditi veličina SI_{50} ako je poznata veličina relativnog boniteta: $SI_{50} = -2{,}514515878 \cdot RB + 27{,}2822$. Primjenom ove formule izračunate su vrijednosti za SI_{50} u domenu variranja relativnog boniteta od 0,5 do 5,5 i to za svaki deseti dio relativnog boniteta.

Na osnovu navedenih modela i veza između gornje sastojinske visine (H_0) i *Site indexa* u 50. godini (SI_{50}) utvrđena je diferencijacija sastojina u pogledu veličina najvažnijih proizvodnih pokazatelja sa širinom pojasa variranja za H_o od 1 m. Rezultati ove diferencijacije su predstavljeni u grafičkoj i tabelarnoj formi.

Poređenjem utvrđenih rezultata istraživanja s odgovarajućim rezultatima istraživanja drugih autora koji su se bavili sličnim problemom može se zaključiti da su jednodobne sastojine bijelog bora u BiH srednje produktivne. Poređenja su se vršila sa sastojinama u kojima su se pravovremeno provodile mjere njege i prorede, za razliku od naših jednodobnih sastojina u kojima su ove mjere izostale i predstavljaju nenjegovane jednodobne sastojine.

Poređenjem utvrđenih rezultata istraživanja s podacima odgovarajućih stranih prinosnih tablica, kao i s rezultatima istraživanja drugih autora koji su se bavili istim ili sličnim problemom, može se zaključiti da su jednodobne sastojine bijelog bora u Bosni visoko produktivne; njihovo postojanje je sasvim opravdano i ubuduće im treba posvetiti puno više pažnje. Visoka produktivnost ovih sastojina najvjerovatnije je uslovljena stanišnim uslovima koji odgovaraju bijelom boru kao i izostankom proreda koje je trebalo u prošlosti provoditi. Ipak, za donošenje preciznijih zaključaka o veličini produkcije ovih sastojina potrebno je istražiti i kvalitetnu strukturu prinosa, što nije bio zadatak ovih istraživanja. Bijeli bor se pokazao kao izvanredna vrsta za pošumljavanje ogoljelih šumskih površina te za rekonstrukciju degradiranih šuma.

Literatura

Balić, B. (2003a): Model rasta i prirasta jednodobnih nenjegovanih šumskih zasada bijelog bora (*Pinus sylvestris* L.) na karbonatnim supstratima u Bosni, magistarski rad, Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu.

Balić, B. (2003b): Bonitiranje jednodobnih zasada bijelog bora (*Pinus sylvestris* L.) na karbonatnim supstratima u Bosni, u: Zbornik radova Šumarstvo i hortikultura. Prvi Simpozij poljoprivrede, veterinarstva i šumarstva, Neum, 14. – 17. maj 2003. godine, Šumarski fakultet, Sarajevo.

Balić, B., Višnjić, Ć., Ibrahimspahić, A., Hadžiabdić, V. (2019): Regression model for assessment of large timber volume of even-aged not-tended forest plantations of Scots pine on carbonate substrates in B&H, Works of the Faculty of Forestry University of Sarajevo, 49 (1/1), 20-33.

Balić, B. (2020): Regresioni model za procjenu zapremine krupnog drveta jednodobnih nenjegovanih šumskih zasada bijelog bora na karbonatnim supstratima u BiH, Naše šume, XVII (56–57), UŠIT FBiH, 22-32.

Banković, S., Pantić, D. (2006): Dendrometrija. Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu.

Clutter, J. L., Forstn, J. C., Pineaar, L. V., Brister, G. H., Bailey, R. L. (1983): Timber menagement: A quantitative aproach. John Wiley, New York.

Drinić, P., Matić, V., Pavlić, J., Prolić, N., Stojanović, O., Vukmirović, V., Koprivica, M. (1990): Tablice taksacionih elemenata visokih i izdanačkih šuma u Bosni i Hercegovini, Šumarski fakultet, Sarajevo.

Fetić, S. (2014): Model utvrđivanja indeksa staništa (Site index) i osnovnih sastojinskih veličina za jednodobne nenjegovane zasade crnog bora na karbonatnim supstratima u BiH, završni rad II ciklusa studija, Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu.

Gadow, K. v. (1992): Ein Wachstums- und Ertragsmodell für die Fortschreibung von Bestandesparametern, u: Preuhsler, T., Röhre, H., Utschig, H., Bachmann, M. (ur.): Festschrift zum 65. Geburstag von Prof. Franz; Lehrstuhl f. Waldwacstumskunde, Universität München, 75-83.

Gadow, K. v. (2000): Waldwachstum. Beilage zur Vorlesung für das Sommersemester 2000, Institut für Forsteinrichtung und Ertragskunde, Göttingen.

Gehrhardt, E. (1921): Hilfstafeln für die Forsteinrichtung, Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.

Jansen, M., Martin, G. (1996): Anwendung des Bestandessimulationsmodells TREEDYN3 auf die Fichten-Versuchfläche Solling Fl. Berichte d. Forschungszentrums Waldökosysteme d. Universität Göttingen, Reihe B, 45, 1-79.

Kramer, H. (1964): Bonitierungsmaßstäbe in der Forstwirtschaft FHW, 8-12.

Kramer, H. (1961): Die Verwendung der Oberhöhe in der Forsteinrichtung, Allg. Forst- u. Jagdztg., 132 (5), 122-129.

Kramer, H. (1959): Die Oberhöhe als Bestandesmerkmal, Allg. Forst- u. Jagdztg.,130 (10), 241-255.

Kramer, H. (1988): Waldwachstumslehre, Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin.

Lee, W. K. (1993): Wachstums- und Ertragsmodelle für Pinus densiflora in der Kangwon-Provinz, Korea, Dissertation, Institut für Forsteinrichtung und Ertragskunde, Göttingen.

Lembcke, G., Knapp, E., Dittmar, O. (2000): Ertragstafel für die Kiefer (*Pinus sylvestris* L.) in nordostdeutschen Tiefland, Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung, Landesforstanstalt Eberswalde.

Lockow, K.-W. (2022): Waldbestandsmessung – Stichprobenverfahren – Wachstumsmodellierung, Springer-Verlag GmbH, DE. https://doi.org/10.1007/978-3-662-63061-7.

Lockow, K.-W. (2004): Die erste Ertragstafel für Bergahorn im nordostdeutschen Tiefland, Beitr. Forstwirschaft und Landschaftsökol, 38 (3), 121-130.

Pavlič, J. (1999): Metodika premjera i registrovanja podataka u jednodobnim šumskim zasadima smrče (*Picea abies* Karst.), bijelog bora (*Pinus sylvestris* L) i crnog bora (*Pinus nigra* Arn.) u Bosni i Hercegovini, Radovi Šumarskog fakulteta u Sarajevu, XXIX (1), Sarajevo, 31-60.

Pranjić, A., Lukić, N. (1995): Izmjera šuma, Šumarski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.

Rojo, A., Montero, G. (1996): El pino Silvestre en la Sierra de Guadarrama, Ministerio de Agriculture, Pesca y Alimentacion, Madrid.

Skovsgaard, J. P., Vanclay, J. K. (2008): Forest site productivity: a review of the evolution of dendrometric concepts for even-aged stands, Forestry, 81 (1), 13-31.

Wiedemann, E. (1943): Ertragstafel für die Baumart Kiefer (mäßige und starke Durchforstung), u: Schober, R. (ur.) (1995): Ertragstafeln wichtiger Baumarten bei verschiedener Durchforstung, 4. Aufl., J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main, 98-105.

Model for assessing the habitat index (Site index) for even-age untended stands of white pine (*Pinus sylvestris* L.) on carbonate substrates in Bosnia and Herzegovina

Summary: The paper presents the procedure for choosing the most suitable numerical model for determining the habitat index (*Site index – SI*) as an absolute measure of the production potential (quality) of habitats of even-age untended white pine stands on carbonate substrates in Bosnia and Herzegovina.

Based on previous research (Balić, 2003b; 2020; Balić et al., 2019), the production differentiation of habitats into five height production classes was carried out, and the most important sizes of the basic taxation elements of these stands were determined, depending on the age and bonity classes of the habitat, as a relative measures of productivity of habitats of stands. Nevertheless, for the evaluation of the productive capacity of the habitat of an even-age stand of some trees and their comparison in terms of productivity, the so-called habitat index or Site index as an absolute measure of bonity classes.

It represents the average height of an even-age stand at a specific (reference) age. For the purposes of this paper, the Site index was determined at the age of 50.

By applying the methods of correlation and regression analysis, a model for assessing the Site index (SI_{50}) was established, which reads:.

On the basis of this relationship, values for SI_{50} were calculated in the domain of varying relative class of productivity from 0.5 to 5.5, for every tenth part of relative class of productivity. These relationships between relative class of bonity and SI_{50} size are tabulated.

In order to present the sizes of the basic taxation elements according to the established SI classes, was established a linear correlation between SI_{50} (at the age of 50 years) and the existing relative class of bonity (RB) of even-aged white pine stands in the following form: $SI_{50} = -2{,}514515878 \cdot RB + 27{,}2822$. This relationship was used to create a production differentiation of habitats of even-age white pine stands on carbonate substrata in Bosnia and Herzegovina, which enables the presentation of the sizes of the basic taxa elements of these stands depending on age and SI_{50}.

By comparing the determined research results with the corresponding results of other authors, it was concluded that even-aged white pine stands in BiH are highly productive.

DOI: 10.5644/PI2024.211.03
Pregledni članak

Uzgojne mjere u funkciji preventivne zaštite šuma u uslovima otopljavanja klimata

Zoran Govedar
Akademija nauka i umjetnosti Republike Srpske, Banja Luka
E-mail: zoran.govedar@sf.unibl.org

Apstrakt: Uzgojne mjere obnavljanja i njege šuma povećavaju otpornost šumskih ekosistema na negativne uticaje faktora biotičke i abiotičke prirode. Otopljavanje klimata uzrokuje opadanje vitalnosti i stabilnosti šuma te povećava mogućnost pojave bolesti i štetočina. U cilju unapređenja zdravstvenog stanja šuma razvijen je koncept integralne zaštite šuma koji podrazumijeva jedinstvo uzgojnih i zaštitnih mjera koje mogu biti dugoročne (preventivne) i kratkoročne (represivne). Dugoročni i stalni monitoring pojedinih vrsta i sastojina omogućava preduzimanje mjera gajenja šuma kojima se preventivno smanjuju ili anuliraju potrebe za primjenom represivnih mjera zaštite šuma. To se u uslovima klimatskih promjena postiže modifikacijom uzgojnotehničkih mjera u praksi, selektivnim uklanjanjem visokorizičnih sastojina, prilagođavanjem bioekoloških osobina vrsta uslovima staništa, odnosno gajenjem drveća i njihovih varijeteta ili formi otpornih na otopljavanje klimata. Kao posljedica uzgojnih mjera nastaju strukturni oblici sastojina sa različitim stepenom prilagođenosti klimatskim promjenama. Tokom realizacije odgovarajućih sistema gazdovanja raznodobne, odnosno prebirne šume fluktuiraju u povoljnijem rasponu strukture nego jednodobne sastojine, što predstavlja veće potencijalne ekološke koristi od raznodobnih šuma. Zbog toga je savremeni koncept adaptivnog gazdovanja šumama u cilju realizacije željenih efekata upravljanja oslonjen na prirodi blisko gajenje šuma kojim se u uslovima ugrožavajućih faktora, rizika i neizvjesnosti nastoje obezbijediti strukturno raznodobne sastojine, prirodna regeneracija i mješoviti sastav sa autohtonim vrstama drveća.

Ključne riječi: uzgojne mjere, zaštita šuma, klimatske promjene, prirodi blisko gajenje šuma, adaptivno gazdovanje šumama

Uvod

Rizici gazdovanja šumama nastaju kao posljedica nestabilnosti biocenoze i staništa, a uzrokovani su negativnim uticajima biotičkih (štetočine i bolesti), abiotičkih (požari, suše, olujni vjetrovi i dr.) i antropogenog faktora. Postavljane su mnoge hipoteze u pokušajima da se objasne uzroci propadanja šuma (oko 170), ali pet uzroka koji djeluju međusobno interaktivno i kompleksno u prvi plan stavljaju patogene gljive, štetne insekte, vazdušne

polutante, uticaj klime i neodgovarajuće gazdovanje (Smith, 1990). Početkom XXI vijeka sve više se kao globalan problem za šumske ekosisteme ističu klimatske promjene uglavnom kao posljedica otopljavanja klimata (Seidl et al., 2017). Istraživanja pokazuju da postoji trend globalnog zagrijavanja u Evropi koji se ogleda u povećanju prosječne temperature vazduha za 0,8°C u poređenju sa vrijednostima iz 1900. godine (Hansen et al., 2006). Najčešće se kao ključni razlog otopljavanja klimata ističe emisija gasova koji izazivaju "efekte staklene bašte". Povećanje sadržaja CO_2 u atmosferi smatra se jednim od najznačajnih uzročnika ove pojave. Prema trećem dvogodišnjem izvještaju o emisijama gasova sa efektom staklene bašte u BiH (UNDP, 2022) emisija CO_{2ekv} po stanovniku u BiH godišnje iznosi 5,18 tona, što je malo više od polovine evropskog prosjeka (9,93 tone/stanov./god). Postoje različiti stavovi u vezi povećanja učešća CO_2 u atmosferi (Chen et al., 2024). Postepeni porast sadržaja od 0,034 do 0,05% utiče pozitivno na produktivnost ("gnojidba ugljenikom"), a ako je sadržaj veći od 0,05%, to dovodi do fiziološkog slabljenja, smanjenja vitalnosti i opadanja produktivnosti. Prema četvrtom nacionalnom izvještaju o klimatskim promjenama u Bosni i Hercegovini (BiH) za scenario konstantnog porasta gasova staklene bašte (RCP8.5), po kome se trend povećanja emisija nastavlja stopom kao do sada, promjena srednje dnevne temperature za blisku budućnost (do 2035. godine) kreće se od 0,5 do 1,5°C. Međutim, prema istom scenariju za period 2081–2100. godine porast temperature vazduha mogao bi iznositi 2,5 do 5,0°C, a promjene bi bile naročito izražene u planinskim predjelima u kojima se upravo nalaze privredno najznačajnije šume. Dakle, šume mogu biti izložene različitim scenarijima, ali svakako da bi se prema scenariju kojim se predviđa smanjenje površina pod šumama, što je između ostalog i posljedica sušenja šuma, smanjio prosječni godišnji kapacitet skladištenja CO_2. Dugoročnost biološke produkcije kao jedna od specifičnosti u šumarstvu dodatno usložnjava kontinuitet primjene uzgojnih mjera tokom produkcionog perioda, u okviru kojeg se mogu pojaviti različiti scenariji klimatskih promjena. Jasna je potreba prilagođavanja gazdovanja uz neminovnu toleranciju na veoma spore reakcije, odnosno efekte uzgojnih mjera u šumskim ekosistema. Naime, zbog svojih relativno sporih stopa prirodne adaptacije, šumski ekosistemi su posebno osjetljivi na ekstremne klimatske događaje (Allen et al., 2010). Glavni problem je taj što se klimatske promjene odvijaju znatno brže nego što se očekivalo (Koskela et al., 2007), odnosno mnogo brže nego što šumske sastojine reaguju na uzgojne mjere. Brzina klimatskih promjena može nadjačati potencijal stvaranja novih rekombinovanih vrsta koje su bolje prilagođene otopljavanju klimata. Zbog

toga je uzgojnim mjerama, regulisanjem konkurentskih i kompeticijskih odnosa u sastojinama, moguće uticati na fenotipsku plastičnost koja predstavlja bolji evolucijski mehanizam za suočavanje s novim klimatskim uslovima. Većina klimatskih modela predviđa velike promjene u okviru areala šuma sa posebnim ugrožavanjem vrsta sa malim arealima, pri čemu problem predstavlja ograničenje mnogih vrsta drveća klimatskim ekstremima. To se posebno odražava na vrste sa uskom ekološkom valencom. Pretpostavlja se da porast temparature vazduha za oko 3,0°C ostavlja na šumsku vegetaciju sličnu posljedicu kao pomjeranje visinskog pojasa vegetacije za 500 m nadmorske visine. Kao rezultat globalnih klimatskih promjena u narednih 50–100 godina u Evropi pretpostavlja se da mogu biti učestali veoma oštri i nestabilni vremenski uslovi, a u BiH će biti najviše ugrožena kserotermna i kontinentalna područja (Popov et al., 2019). Intenzivne i sve učestalije pojave naročito početkom XXI vijeka (ekstremno visoke temperature, suša, olujni vjetrovi, poplave i požari), ističu se kao prirodni poremećaji nastali kao posljedica promjene klime (Kirilenko i Sedjo, 2007; Moore i Allard, 2008; Seidl et al., 2017; Brack, 2019). Ove pojave u šumama dovode do gradacije štetočina, bolesti, uzrokuju fiziološki stres drveća i smanjenje vitalnosti, pojavu klizišta, nastaju štete od snijega i vjetra. Za šumarstvo je problematično što se smanjuje primarna biološka produkcija šuma koja čak može pretvoriti šumske ekosisteme umjesto sekvestratora u velike izvore ugljenika (Ziemblinska et al., 2018). Tokom gazdovanja šumama negativni antropogeni uticaji često dovode do degradacije i devastacije šuma, krčenja šuma, bespravnih aktivnosti, izazivanja požara i dr. Kao posljedica ovih pojava šumski ekosistemi gube na vitalnosti, a rizici i neizvjesnosti u gazdovanju šumama postaju sve veći. U okviru gazdovanja šumama uzgojne mjere prirodnog i vještačkog obnavljanja, njega šuma i šumske melioracije predstavljaju jedan od najvažnijih načina da se negativni uticaji ublaže ili potpuno izbjegnu. Takve uzgojne mjere uz pravilnu, dosljednu i blagovremenu primjenu imaju preventivnu ulogu i značaj za poboljšanje vitalnosti i stabilnosti šuma, sprečavanje pojave bolesti, štetočina i požara. Pariski sporazum, pored sprovođenja mjera za mitigaciju (ublažavanje) klimatskih promjena, naglašava važnost adaptacije (prilagođavanja) na klimatske promjene, naročito za nerazvijene zemlje i zemlje u razvoju, radi obezbjeđivanja održivog razvoja i ublažavanja negativnih posljedica uticaja klimatskih promjena na prirodne resurse.

Ugroženost šuma kao posljedica otopljavanja klimata

Kao posljedica otopljavanja klimata navode se brojni faktori biotičke i abiotičke prirode koji ugrožavaju šumske ekosisteme. Jačina ovih uticaja zavisi od stanja sastojina, uslova staništa, stepena klimatskih promjena i vrsta drveća koje grade sastojine. Većina autora ističe sušu kao odlučujući uzrok u procesu propadanja šuma koja nastaje kao posljedica kombinovanog djelovanja velikog broja faktora (rizici integrisanog gazdovanja šumama): otopljavanje klimata, nedostatak padavina u vegetacionom periodu, neadekvatna primjena sistema gazdovanja, izloženost štetnim gasovima, uticaj parazitske mikroflore itd. U velikim dijelovima Evrope, od 2015. godine javljaju se sve češći periodi suše, koji se nalaze u interakciji s drugim štetnim faktorima kao što su požar, zaraza potkornjacima ili gljivične bolesti. Suša se karakteriše beskišnim periodom, povišenom temperaturom vazduha i pojačanim deficitom zasićenosti vazduha vodom. To izaziva pojačanu evapotranspiraciju, zbog čega dolazi do dehidratacije i pregrijavanja biljaka, što ima za posljedicu njihovo oštećenje, smanjenje produktivnosti, a u nekim slučajevima i smrt biljke (Kojić, 1988). U ranoj fazi djelovanja sušnog stresora simptomi su latentni, ali u kasnijim fazama dolazi do funkcionalnih i morfoloških promjena, sa jasnim manifestacijama promjena fenotipa i simptomi oboljenja se jasno uočavaju. U cilju adaptacije šuma na stres uzrokovan sušom potrebno je uzgojnim mjerama razviti otpornost na ekstremno visoke temperature i na nedostatak vode. Drveće ove osobine razvija tokom filogeneze (porijeklo i evolucija vrste) i adaptacijom (prilagođavanjem) tokom ontogeneze. Od suše uglavnom stradaju vrste drveća koje imaju plitak korijen, i to u doba mladika pa sve do letvenjaka, čak i u zoni svog prirodnog rasprostranjenja (Karadžić, 2007). Posebno štetne posljedice dugotrajnih suša izazivaju njima izazvani šumski požari i snižavanje nivoa podzemnih voda, a to dovodi do stvaranja aridnih i subaridnih područja, ugrožavanja biodiverziteta i opadanja produktivnosti. Velika suša tokom 2018–2020. godine imala je ozbiljne posljedice na šume u srednjoj Evropi (Senf i Seidl, 2021). Posljedice su se ogledale u defolijaciji i opadaju prirasta bukve, što se dovodi u vezu sa stresom usljed visokih temperatura (suša) i degradacijom sklopa sastojina (Mathes et al., 2024). Zabilježen je mortalitet drveća od 14 miliona kubnih metara, pri čemu se veliki udio pripisuje evropskoj bukvi (*Fagus sylvatica* L.) (BMEL, 2021). Odumiranje bukve u Evropi je veoma relevantno, jer je trenutno najrasprostranjenija vrsta listopadnog drveća u Evropi. U bliskoj budućnosti bukva će dobiti još veću važnost jer je učešće starih sastojina bukve veliko, pa je njen značaj u procesu

regeneracije znatno veći nego drugih, privredno i ekološki značajnih vrsta drveća (FE, 2020). Takvo stanje implicira potrebu prilagođavanja ekstremnim klimatskim pojavama kroz primjenu uzgojnih mjera obnavljanja i njege šuma. Kako bi se ublažili efekti suše na preostalo drveće u srednjedobnim i zrelim sastojinama predlažu se jači proredni zahvati, odnosno veći intenziteti zahvata (Sankey i Tatum, 2022), jer se tako smanjuje ukupna transpiracija i konkurencija među stablima, što povećava dostupnost vode u zemljištu i poboljšava razvoj korijena bukve (Gavinet et al., 2019). Međutim, mogu se pojaviti i štetni efekti zbog promjene režima svjetlosti usljed narušavanja sklopa sastojina, zakorovljavanja i smanjenja dostupnosti vode, a to može neutralizovati pozitivne efekte proreda (Bosela et al., 2021). Osim toga, jake prorede smanjuju strukturnu složenost i mogu dovesti do većih ekstremnih temperatura i opadanja vlažnosti zemljišta (Thom et al., 2020), a praktična zapažanja pokazuju da su ponekad jako prorijeđene sastojine zahvaćene značajnim oštećenjima kao što je "upala kore" (Govedar, 2011). Prirodno obnavljanje bukve moguće je u manjim grupama bez značajnog ugrožavanja kapaciteta mikroklime za zaštitu od ekstremnih vremenskih pojava kao što je suša. Utvrđeno je da grupe veličine oko 625 m^2 (tj. veličina inicijalnih podmladnih jezgara slična veličini kod grupimično-prebirnog gazdovanja u srednjoj Evropi) nije dovoljno velika da ugrozi regeneraciju šuma u kojima dominira bukva čak i pod uticajem suše (Thom et al., 2023). Sadnice bukve hercegovačke provenijencije (Posušje) u BiH pokazuju znatno veću otpornost na sušu u poređenju sa ostalim provenijencijama (Ivojević et al., 2012). U pogledu otpornosti na ekstremna staništa, evropska bukva kalabrijskog porijekla (Italija) otpornija je na mraz i kasnije cvjeta od srednjoevropske bukve (Višnjić i Dohrenbusch, 2004). Takođe, cvjetanje zavisi od nadmorske visine pa na svakih 122 m visinske razlike cvjetanje kasni za jedan dan (Brinar, 1963). Veliki dio bukovih šuma u Republici Srpskoj i BiH su sekundarnog karaktera (Stefanović et al., 1983; Beus, 1984) nastale negativnim antropogenim uticajima zbog kojih su iščezle četinarske vrste jela (*Abies alba* Mill.) i smrča (*Picea abies* Karst.). Rekultivacija ovih šuma treba biti u skladu sa njihovim stanišnim uslovima, sindinamskim stanjem i sastojinskim prilikama (Beus, 2017). U cilju postepenog stvaranja primarnih mješovitih šuma potrebno je vršiti reintrodukciju smrče i jele podržavanjem njihove prirodne regeneracije kao i podsijavanjem i podsađivanjem u sastojinama bukve sekundarnog karaktera.

Sušenje podmlatka i mladika jele na Grmeču (Čelić kosa) u sastojinama kitnjaka, graba i bukve, uzrokovano je izrazitom sušom tokom vegetacionog perioda 2003. godine, a kao posljedica došlo je do pojave jelinog granara

(*Pityophtorus micrographus* L.) i gljive *Armillaria spp*. (Керен et al., 2011). Posljedice su izrazite zbog termofilnog karaktera sastojina, naročito na kamenitim i južno eksponiranim mjestima, gdje su mlada stabalca potpuno suva. Kod pošumljavanja je naročito značajno poznavati razlike u otpornosti provenijencija vrsta prema suši i otopljavanju klimata. Sadnja i favoriziranje vrsta drveća i njihovih provenijencija tolerantnih na sušu je glavna mjera uzgoja šuma za ublažavanje budućih šteta. Za vrijeme sušnih perioda, posebno četinarske sastojine treba redovno kontrolisati (monitoring), kako bi se blagovremeno započele uzgojne i zaštitne mjere. S obzirom na opasnost od suše, jesenjoj sadnji, koja omogućava stabilizaciju i prilagođavanje korijena tokom jeseni i zime, treba dati prednost u odnosu na proljetnu sadnju.

Klima se može smatrati iznenadnim faktorom prvog stepena koji krči put za dolazak drugih faktora koji dovode do propadanja hrastova (Karadžić, 2007). Najveći uticaj na propadanje kitnjakovih šuma imaju klimatske promjene, a zatim patogeni organizmi i defolijatori (Oszako, 2000). Uticaj otopljavanja klimata ogleda se kod kitnjakovih šuma kao dodatni faktor koji povećava rizike i češću pojavu akutnih oblika sušenja. Uzrok sušenja evropskih hrastova nije samo parazitskog porijekla već je rezultat djelovanja čitavog kompleksa faktora koji se mogu svrstati u tri kategorije: početni predisponirajući faktori koji djeluju u dužem periodu vremena i koji dovode do fiziološkog slabljenja stabala (klimatske promjene, uslovi staništa, aerozagađenja, genotip, starost stabala), faktori koji direktno djeluju na propadanje stabala (defolijatori, pepelnica, traheomikoze, oštećenja od mraza) i faktori koji se javljaju u završnoj fazi sušenja i neposredno dovode do smrti stabala (potkornjaci, drvenari, paraziti u kruni i na korijenu). Poseban značaj u propadanju hrastovih šuma imaju i klimatske promjene. Ovakve vremenske karakteristike, favorizuju razvoj mnogih štetnih insekata (kao što su defolijatori) i parazitnih gljiva (npr. pepelnice hrasta, gljiva prouzrokovača truleži korijena i sl.). Visoke proljećne temperature su povoljne za razvoj štetnih insekata, dok visoke temperature u junu i julu favorizuju pepelnicu. U uslovima povećanog intenziteta osvijetljenosti (15.000 do 30.000 Lx, rijedak i prekinut sklop) u sastojini hrasta kitnjaka na serpentinitskoj geološkoj podlozi sa dominacijom rankera i distričnih kambisola dolazi do zakorovljavanja vrijeskom *Calluna vugaris* i intenzivne pojave hrastove pepelnice (*Microsphaera alphitoides* Griff. et Maubl) koje dovode do otežanog ili potpunog izostajanja prirodnog obnavljanja (Говедар, 2006; Babić et al., 2021). Ponik hrasta lužnjaka je veoma osjetljiv na pepelnicu, lako strada i ima znatno smanjenu mogućnost preživljavanja (Liović, 2011). Poluparazitna cvjetnica hrastova žuta imela (*Loranthus europeus*

Jacq.) utiče na fiziološko slabljenje stabla hrasta, i to prije svega lužnjaka, a u manjem stepenu i kitnjaka (Karadžić, 2007). Kao uzrok pojave žute imele na kitnjaku navode se nepravilni sistemi gazdovanja koji nisu u skladu sa bioekološkim osobinama hrasta kitnjaka. Odstupanje od primjene sistema zasnovanih na oplodnim sječama uticalo je na stvaranje raznodobnih, dvospratnih sastojina. Gornji sprat obično čine stabla većih dimenzija čije krune se nalaze pod većim intenzitetom osvijetljenosti i na tim stablima su razvijeniji grmovi i veća je brojnost imele (Ilić, 2010). Ipak sušenje kitnjakovih šuma rezultat je ulančavajućih faktora među kojima se nijedan faktor ne može izdvajati kao odlučujući (Siwkcki i Ufnalski, 2007).

Nakon jakih suša i beskišnih vegetacionih perioda na relativno velikim površinama ne reaguje svaka zajednica na isti način jer je njihova osjetljivost različita. Na planini Ozren u Republici Srpskoj sušenjem je zahvaćeno preko 1.000 ha šuma hrasta kitnjaka (*Quercus petraea* Matt. Liebl.). Ove šume tipološki pripadaju visokim šumama hrasta kitnjaka i mješovitim šumama kitnjaka i crnog bora (*Pinus nigra* Arn.) na plitkim (mjestimično dubokim) eutričnim smeđim i distričnim zemljištima na serpentinima i peridotitima. Kumulativni trend porasta temperature vazduha za period 1961–2018. godine prema podacima meteorološke stanice Doboj iznosio je u prosjeku 1,6^{o}C, a sinusoidan tok linije sa dva perioda intenzivnog opadanja širine godova (1961–1980. i 2010–2018) poklapa se sa periodima intenzivnijeg porasta temperature vazduha u vegetacionom periodu (Govedar i Medarević, 2020). Osnovne uzgojne mjere protiv sušenja kitnjakovih šuma su mjere u cilju formiranja novih sastojina (prirodno obnavljanje i vještačko podizanje nove šume) i mjere poboljšanja stanja postojećih šuma (njega mladih sastojina i melioracija izdanačkih i visokih degradiranih šuma) (Стојановић и Крстић, 1992). Mlade sastojine kitnjaka koje se danas osnivaju vještački ili nastaju nakon prirodne regeneracije obično imaju produkcioni period koji se vremenski preklapa sa scenarijima klimatskih promjena od 2070. do 2100. godine i biće izložene drastičnim rizicima koji ih očekuju tokom života. U kitnjakovim sastojinama je neophodno sačuvati potpun sklop sastojine jer u slučajevima prekinutog i nepotpunog sklopa intenzivira se pojava suhovrhosti i akutnih oblika sušenja cijelih stabala tokom samo jedne vegetacione sezone (Говедар и Кутић, 2008).

Sušenje četinarskih šuma posebno je izraženo u planinskim regionima. Potkornjaci su čak i u XVII vijeku uzrokovali masovno sušenje četinara u centralnoj Evropi (Staack, 1985), a u prošlom vijeku tridesetih, pedesetih i osamdesetih godina intenzivno sušenje zahvatilo je Evropu, a uzrokovano je takođe velikim gradacijama potkornjaka. Sušenje smrče usljed gradacije

osmozubog smrčinog potkornjaka *Ips typographus* i šestozubog smrčinog potkornjaka *Pityogenes chalcographus* na području BiH, prisutno je na cijelom području gdje dolazi ova vrsta drveća od prirode ili u vještački osnovanim sastojinama. U prirodnim šumama, gdje je smrča u svom ekološkom optimumu, krajem prošlog i na početku XXI vijeka po intenzitetu sušenja i stepenu ugroženosti u Republici Srpskoj mogu se izdvojiti područja Visočnik, Romanija, Sjemeć, Vitoroga, Uvala (Potoci) (Stanivuković et al., 2017) i centralne Bosne (Usčuplić i Dautbašić, 1998; Zahirović et al., 2014). Gradacije su nastajale znatno češće (svakih 6–10 godina) na različitim lokalitetima, zahvatajući relativno velike površine (nekoliko desetina hiljada hektara), što je u korelaciji sa učestalošću pojave sušnih i toplih vegetacionih perioda. Najznačajniji uzročnici koji su se mogli definisati na terenu su: abiotički (sušne i veoma tople godine) i biotički (prisustvo fitopatogenih gljiva koje slabe korjenov sistem, traheomikoza, kao i prenamnoženje potkornjaka). U stvaranju preduslova za gradaciju potkornjaka učestvovalo je više faktora, ali uglavnom razvoj gljive (*Heterobasidion parviporum* Niemalä & Korhonen) i zanemarivanje šumskog reda nakon sječa. Pored toga, zemljišta u sastojinama zahvaćenim gradacijom uglavnom su plitka na krečnjačkoj podlozi (kalkomelanosol i kalkokambisol) i u uslovima veoma toplih godina sa malo padavina kakve su bile 2000. i 2003. godina, dodatno su stvoreni preduslovi za veću suvoću staništa. U cilju preventivnih uzgojnih mjera zaštite sastojina smrče koje se nalaze na "osjetljivim" staništima potrebno je što preciznije definisati način provođenja doznake stabala za sječu, što se smatra najdelikatnijim uzgajivačkim zadatkom kod izvođenja uzgojno-sanitarnih sječa. Kriterijumi za doznaku stabala definisani su na osnovu jasno izraženih spoljnih simptoma patoloških promjena i oštećenja. Određene faze u razvoju bolesti (sušenje) manifestuju se tipičnim promjenama u kruni stabala. Ovi kriterijumi se zasnivaju na metodi za ocjenjivanje zdravstvenog stanja pojedinačnih stabala, odnosno defolijacije, osipanja četina, opadanja kore, curenja smole i dr. Osnovna ideja za definisanje ove metode je opšte prihvaćena kod većine naučnih i stručnih radnika u oblasti šumarstva, a koncipirana je za praćenje zdravstvenog stanja sušenja i umiranja šuma u Evropi (*International Co-operatative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests*, ICPF). Stvaranje uslova za održavanje stabala u dobroj kondiciji i redukcija populacija potkornjaka predstavljaju cilj kojem treba težiti pri realizaciji uzgojnih i zaštitnih mjera. U cilju preventivne zaštite potrebno je uzgojnim mjerama formirati mješovite sastojine sa lišćarima (bukva, gorski javor, bijeli jasen) grupimične strukture. Naročito su značajne mjere uspostavljanja i kontrole

šumskog reda nakon sječa, koranje stabala i kontrola klopki (Zahirović et al., 2014). U toku sanitarnih sječa potrebno je ukloniti sva suva stabla napadnuta potkornjakom, kao i stabla koja se nalaze u neposrednoj blizini zaraženih jezgara (ivični pojas širine oko ½ srednje sastojinske visine), naročito ako pokazuju simptome napada potkornjacima kao što je npr. promjena boje četina i curenje smole niz koru stabala. Tokom sanacije vrše se obično čiste sječe kružnog, eliptičnog ili nepravilno izduženog oblika, što ukazuje na potrebu i mogućnost prilagođavanja uzgojnih zahvata skupinasto-prebirnom sistemu gazdovanja koji se najčešće propisuje u operativnim planovima gazdovanja, naročito ako u sastavu sastojina učestvuje i jela. Površine predstavljaju inicijalna podmladna jezgra čiji prečnik je različit i zavisi od intenziteta i trajanja napada potkornjaka (Говедар et al., 2008). U toku prirodne obnove potrebno je prvo obezbijediti uspješnu obnovu ekološki osjetljivije jele, a zatim pristupiti obnavljanju smrče. Ako se radi o zrelim jednodobnim sastojinama smrče, proces obnavljanja moguće je vršiti ivičnim sječama zatvorenog ili progalnog tipa u zavisnosti od sastava i ciljnog omjera smjese. Pored smrče, sušenje jele na više lokaliteta u Republici Srpskoj uzrokovano je razgrađenim sklopom sastojina (prekomjerne sječe u prošlosti), bijelom imelom (*Viscum album* L. subsp. *Abietis*) i gljivama truležnicama (*Armillaria sp.* i *Heterobasidion abietinum*) na fiziološki oslabljelim stablima koje dovode do truljenja debla i korijena i na kraju sušenja stabala. Svakako da ova stabla naseljavaju i potkornjaci, čime se veličina šteta znatno povećava. Karakteristična je pojava bijele imele na jeli naročito u slučajevima degradacije sklopa u sastojinama prebirne strukture (Usčuplić, 1992). Njena pojava može uzrokovati opadanje prirasta čak i preko 50% u odnosu na zdrava stabla, što zavisi od boniteta staništa s obzirom na jelu (Klepac, 1955; Usčuplić et al., 2007). Naime, što su uslovi staništa lošiji, smanjenje zapreminskog prirasta je veće. Osnovni način uzgajanja u pojasu šuma jele ugroženih imelom zbog, između ostalog, i prisustva drozda imelaša (*Turdus viscivorus*) je stablimično prebirni sistem gazdovanja i veće učešće bukve u omjeru smjese sastojina. Što je veća zasjenjenost kruna stabala, manji je indeks zaraženosti (Mujezinović et al., 2018), a takvi uslovi se postižu u potpunom i gustom obrastu u sastojinama prebirne strukture.

Suzbijanje gljiva truležnica je vrlo teško i komplikovano zbog jakih antropogenih uticaja, čime je narušena prirodna ravnoteža u šumama. U okviru preventivnih mjera gajenja preporučuje se forsiranje prirodne obnove ili vještačko pošumljavanje sadnicama iz sjemena lokalne provenijencije. Međutim, potrebno je sprovoditi i dodatne mjere u zavisnosti od uzroka:

sušenje stabala, hronično slabljenje ili trulež pridanka debla. Prvi tip zahtijeva sječu oboljelih stabala, dok se kod druga dva tipa uzgojnim mjerama može održavati tolerantan intenzitet bolesti. Kod dva posljednja tipa odnos između patogena i biljke može se izmijeniti pod uticajem drugih stresnih faktora tako da naknadno dolazi do sušenja stabala koja odmah treba posjeći. Inače, borba protiv svih gljiva truležnica korjenovog sistema je veoma teška, jer mnoga pitanja nisu dovoljno razjašnjena u vezi s biologijom i patogenezom tih gljiva, kao i uticajem mnogobrojnih faktora na pojavu, intenzitet i štete pa nije moguće dati pouzdana uputstva za suzbijanje. Za zaštitu stabala je najvažnije da se spriječi ulazak gljive u zemljište i ostatke drveta poslije sječe, gdje se ona lako održava i odakle ju je veoma teško ukloniti. Borbu protiv ovih gljiva olakšava saznanje da one najlakše prodiru preko panjeva i ozljeda na stablima, pa je potrebno spriječiti prodor spora preko panjeva, a naročito oštećenja koja nastaju u pridanku stabala tokom sječe i izvoza šumskih drvnih sortimenata. Postupci mjera zaštite koje stoje na raspolaganju uključuju izvođenje redovnih sanitarnih sječa u toku ljeta kada rasijavanje bazidiospora nije obilno, uspostava šumskog reda i zaštita svježe posječenih panjeva hemijskim sredstvima ili biološkim preparatima koji sprječavaju naseljavanje panjeva gljivom ili djeluju inhibitorno na rast patogena (Табаковић-Тошић, 2023). Primjena biopreparata je manje efikasna od hemijskih u područjima sa ekstremnim klimatskim karakteristikama, što može predstavljati problem u slučaju razvoja scenarija intenzivnog otopljavanja klimata.

Olujni vjetrovi su među najštetnijim prirodnim opasnostima u Evropi, sa oko pet milijardi EUR procijenjenih godišnjih gubitaka u Evropskoj uniji (FE, 2020). Usljed jakih vjetrova nastalo je više od polovine šteta u evropskim šumama, a očekuje se da trend globalnog negativnog uticaja olujnih vjetrova bude u porastu sa trendom klimatskih promjena (Schlyter et al., 2006; Bender et al., 2010; Knutson et al., 2010; Lakatos and Mirtchev, 2014; Seidl et al., 2014).

Najveće štete nastaju u područjima sa niskim vazdušnim pritiskom tokom jesenjih i zimskih mjeseci (Martínez-Alvarado et al., 2012). Katastrofalne štete u šumama srednje Evrope nastale su 1990. godine (Schönenberg 2002; Schönenberg et al., 2002), te 1999. godine u Francuskoj, Njemačkoj i Švajcarskoj od olujnog vjetra "Lotar", kada je uništeno 165 miliona kubika drveta (Angst et al., 2004). Tokom 2005. godine u Švedskoj vjetar "Gurdun" uništio je 75 miliona kubika, a 2007. godine u Njemačkoj i Češkoj vjetar "Kiril" uništio je 49 miliona kubika. Vjetrovi "Klaus" i "Ksintija", tokom 2009. i 2010. godine, u Francuskoj i Španiji oštetili su 45 miliona kubika

(Gardiner et al., 2010), a 2018. godine u Italiji vjetar "Vaia" oštetio je 8,5 miliona kubika. Za jugoistočnu Evropu karakteristično je da olujni vjetrovi u šumskim kompleksima stvaraju mozaik oštećenja sklopa sastojina sa pojedinačnim zaostalim stablima koja nisu prelomljena ili izvaljena (Nagel i Diaci, 2011). Tokom posljednje dvije decenije prema podacima Federalnog hidrometeorološkog zavoda BiH i Republičkog hidrometeorološkog zavoda Republike Srpske utvrđen je trend porasta intenziteta i frekvencije olujnih udara vjetra u Bosni i Hercegovini koji su zabilježeni na Bjelašnici (60 m/s ili 216 km/h), zatim na području Hercegovine (Mostar i Trebinje), te sjevernim dijelovima Bosne i Hercegovine sa brzinom preko 30 m/s. Na planini Lisina kod Ribnika 2017. godine usljed "pijavice, trombe" izvaljeno je i prelomljeno preko 10.000 m^3, zatim 2019. godine na planini Sjemeć uništeno je čak oko 50.000 m^3, a iste godine na planinama Visočnik i Romanija 35.000 m^3 drvne zapremine. U vegetacijskom pojasu šuma bukve i jele sa smrčom, na području šumske uprave "Oštrelj" Drinić na lokalitetima Kozila i Vrletina od vjetra je oštećeno 633,94 m^3 drvne zapremine. Pri međusobnom poređenju veći procenat izvala se javlja kod obične smrče (74%), dok je kod jele veći procenat preloma (41%) (Lakić, 2020).

Ove pojave ukazuju na to da je potrebno povećati otpornost šuma na negativne olujne vjetrove (otvaranje komunikacija, regulisanje sastava šuma, izgradnja vjetrobranih šumskih pojaseva, gajenje mješovitih raznodobnih sastojina, primjena kombinovanih metoda obnavljanja šuma i dr.). Za područja ugrožena vjetrom potrebno je u toku sječa prirodne regeneracije ostavljati vjetrobrane pojaseve (Matić, 1969) i posebnu pažnju posvećivati prostornom uređenju sastojina, naročito u brdsko-planinskim područjima kod izrade projekata za izvođenje radova (Doležal, 1981). U nepovoljnim uslovima na većim nadmorskim visinama i područjima sa učestalim jakim udarima vjetra na području Švarcvalda primjenjuje se Eberhardova kombinovana sječa sa sječinama u obliku klina (Eberhard, 1922). Formiraju se uske a dugačke sječine i sastojine se obnavljaju sa dugim opštim podmladnim razdobljem kako bi starosna i vertikalna struktura sastojinama omogućila veću otpornost na vjetar. Veća zaliha tankog drveća (10–29 cm) doprinijela je većoj otpornosti šumskih sastojina, dok veća zastupljenost debelih stabala ($d \geq 50$) uzrokuje veću osjetljivost na vjetar (Klopčič et al., 2009). Struktura prebirnih sastojina sa stepenastim, prebirnim sklopom i dominantno većim učešćem tanjih stabala do 30 cm debljine smanjuje rizik od oštećenja izazvanih vjetrom. Povećanjem učešća bukve do 20% u sastojinama sa smrčom značajno se smanjila ugroženost od vjetra, a čiste sastojine smrče su 2,7–3,8 puta manje otporne na jake

vjetrove od čistih bukovih sastojina (Schütz et al., 2006). Također, odgovarajući način gazdovanja jednodobnim šumama (npr. izbor vrsta otpornih na jake vjetrove, njega mladih sastojina, vrsta i intenzitet proredne sječe, dužina ophodnje, vrijeme i dinamika sjekova, vjetrobrani pojasevi i dr.) mogu povećati otpornost sastojina na negativni uticaj vjetra. Veoma često se kao mjera otpornosti sastojina na destruktivno djelovanje vjetra koristi koeficijent vitkosti (Kv = H/D) stabala (Abetz, 1976; Burschl i Huss, 1997). Koeficijent vitkosti je rezultat (efekat, derivat) vertikalne strukture sastojine, njene starosti, odnosno visine i gustine, kao i primjene šumskouzgojnih tretmana. Smatra se da visoke vrijednosti Kv (veće od 100) ukazuju na nestabilne sastojine koje lako stradaju od vjetra. Za područje Njemačke smatra se faktor vitkosti od cca. 80 kao povoljan za smrču (Abetz, 1987), a predlažu se sljedeće vrijednosti: za četinare vrlo nestabilna (H/D > 100), nestabilna (H/D 80–100), stabilna (H/D < 80), soliterna stabla (H/D < 45) (Burschl i Huss, 1997). Međutim, korišćenje samo ovog pokazatelja u pogledu otpornosti na vjetar nije dovoljno pouzdano (Oliveira, 1987; Schütz et al., 2006). Sigurnije uzgojne prakse koje se preporučuju kao preventiva za otpornost na vjetar su gajenje raznodobnih, mješovitih sastojina sa intenzivnim mjerama njege, a u zapuštenim nenjegovanim sastojinama češći i umjereni zahvati proredama. Najvažnija profilaktička mjera za izbjegavanje oštećenja od vjetra je izbor vrsta drveća i provenijencija koje su prilagođene uslovima staništa. Na područjima sa visokim rizikom, osjetljive vrste kao što je smrča treba izbjegavati ili miješati u malom udjelu. Sastojine lišćara i mješovitih četinarsko-lišćarskih vrsta manje su osjetljive od čistih četinarskih sastojina. Ipak, osjetljivost sastojine se određuje od trenutka nastanka sastojine i naknadno modifikuje vremenskim rasporedom i intenzitetom njege tokom juvenilnih faza i prorjeđivanjem sve do zrelih sastojina. Mala početna gustina sadnje kod pošumljavanja (1.500 do 2.500 sadnica po hektaru), kao i rana i redovna njega (srednjeg do visokog intenziteta), dovode do razvoja stabala sa dobro razvijenim korjenovim sistemom, manjim stepenom vitkosti i koja pokazuju manju osjetljivost na oštećenja od vjetra. Na lokacijama s visokim rizikom od oštećenja vjetrom, skraćenje ophodnje može biti opcija za ublažavanje šteta. Stabilne, dobro strukturirane ivice šuma štite sastojine od vjetra i drugih klimatskih stresora. Raznodobne šume otpornije su na oštećenja od oluja jer sadrže mlada stabla ispod krošnje starih stabala koja ubrzavaju oporavak šuma. U visokim sastojinama sa prirodnom obnovom, naročito ako su prebirne strukture, godovi su u početku rasta stabala veoma uski jer se stabla nalaze u uslovima duboke zasjene, a kasnije, kada stabla dostignu povoljniji položaj, godovi su širi, a

debljinski prirast je sve veći. To se odražava na mikrofibrilni ugao koji je definisan kao ugao između ose ćelije i celuloznih mikrofibrila (Neagu et al., 2006). Smanjenje tog ugla sa starenjem stabala ima uobičajen trend jer je najveći u prvim, najstarijim godovima i smanjuje se u godovima udaljenijim od srži (Lindstrom, 1997), što takođe povećava otpornost stabla na savijanje i prelom. U klasičnom sistemu površinski i starosno uređenih sastojina (*age-class sistem*) sastojine različite starosti su raspoređene u odnosu na preovlađujući smjer vjetra, tako da mlađe sastojine dovode do blagog podizanja vazdušnih masa i na taj način pružaju zaštitu starijim sastojinama. Posebno su osjetljive šumske kulture u kojima ranije nisu provođene mjere njege i kod kojih je visok koeficijent vitkosti stabala. Kao preventivne šumskouzgojne mjere njege potrebno je vršiti rane i česte proredne zahvate sa umjerenom jačinom zahvata. Unatoč blagotvornom djelovanju na stabilnost šuma na duži rok, prorede odmah nakon intervencija dovode do smanjenja otpornosti sastojina na vjetar (i snijeg). Ovaj destabilizirajući efekat traje nekoliko godina i to je izraženiji što je sastojina bila gušća i veće sastojinske visine prije prorjeđivanja. U borovim i smrčevim kulturama koje su najčešće nenjegovane, sa visokim koeficijenotm vitkosti (oko 100), u našim uslovima potrebne su hitne mjere njege proredama (najčešće mješovite prorede) sa umjerenom jačinom zahvata (do 20% po zapremini) i prorednim intervalom 5–8 godina u zavisnosti od starosti sastojina (Говедар et al., 2013).

Uzgojne mjere kao preventiva zaštite i adaptacije šuma na klimatske promjene

U cilju unapređenja zdravstvenog stanja šuma razvijen je koncept integralne zaštite šuma koji podrazumijeva jedinstvo uzgojnih i zaštitnih mjera koje mogu biti dugoročne (preventivne) i kratkoročne (represivne). Preventivne uzgojne mjere u praksi, između ostalog, primjenjuju se da zaštite biljke od izazivača šteta prilagođavanjem uslova rasta i razvoja u sastojini ekološkim osobinama drveća u cilju odvraćanja štetnog agensa ili sprječavanja njegovog razvoja. U planskom smislu ove mjere podrazumijevaju utvrđivanje prioriteta uzgojnih aktivnosti za prevenciju sušenja i šteta u šumi. Jedan od eventualnih problema primjene ovih mjera je taj što bi se te mjere trebale praktično provoditi znatno češće u istim sastojinama, naročito onih vrsta drveća koje su više ugrožene, nego što je to definisano postojećim planskim dokumentima. Uzgojni efekti su najuticajniji kada se primjenjuju nekoliko

godina prije pojave zdravstvenih problema. Preventivne uzgojne mjere su najbolje sredstvo za sprječavanje pojave sušenja šuma (Gottschalk, 1987) i one predpostavljaju dobro zdravstveno stanje šuma. Pred uzgajanje šuma postavlja se veoma težak zadatak, jer se na osnovu sadašnjeg stanja i projekcija neizvjesnih događaja i rizika u budućnosti očekuju pozitivni efekti za usluge koje pružaju šumski ekosistemi. Promocija raznolikosti na svim nivoima ekosistema olakšava efikasne procese samoregulacije u šumskim ekosistemima, npr. stvaranjem niša za prirodne neprijatelje insekata štetočina i gljivičnih patogena. Mjere za prevenciju od šteta, koje su u skladu sa savremenim konceptima uzgajanja šuma, uključuju: izbor vrsta drveća prilagođenih uslovima pojedinih lokaliteta prema ekološkim karakteristikama vrste (statički pristup), razmatranje promjenjivosti klime u procjeni rizika za izbor vrsta drveća (dinamički pristup), uvažavanje rizika za različite štetne faktore, korišćenje ekotipova i provenijencija vrsta drveća koje su primjerene za vještačku regeneraciju (usklađenost odnosa stanište – vrsta), osnivanje i promociju mješovitih sastojina sa vrstama različitih bioekoloških osobina, podržavanje raznolikosti u pogledu genotipova, starosti i strukture sastojine, prirodnu regeneraciju šuma, njegu sastojina, pošumljavanje, blagovremeno (konsignacija "slučajnih užitaka") provođenje uzgojno-sanitarnih sječa kako bi se spriječilo izbijanje sekundarnih insekata štetočina, diversifikaciju šumskih sastojina, ivica šuma, slojeva žbunja i prizemne flore i povećanje učešća mrtvog drveta kao specifičnog mikrohabitata. Da bi se smanjio uticaj početnih predisponirajućih faktora kakvi se dovode u vezu sa otopljavanjem klimata, najveći značaj imaju mjere kojima se preventivno obezbjeđuje veća adaptibilnost šuma primjenom njege šuma, šumskih melioracija i prirodne regeneracije. Prema usvojenim strateškim dokumentima od strane Evropske komisije za Evropsku uniju, kao što je Strategija razvoja šumarstva Evropske unije, pored osnovnog načela koje se odnosi na održivi razvoj i multifunkcionalnost kao stratešku orijentaciju, ističe se potreba adaptacije i jačanja kapaciteta šuma prema klimatskim promjenama (EC 2013).

Postoje najmanje tri faktora klimatskih promjena na koje drveće mora da se prilagodi: povećanje temperature, povećanje koncentracije ugljen-dioksida i povećanje depozicije nitrata. Neki faktori koji su takođe važni i utiču na drveće, odnosno šumsku granicu, nisu dovoljno razjašnjeni, kao što je smanjena solarna radijacija zbog veće oblačnosti ili prisustva aerosola (Stanhill i Cohen, 2001).

Značajne probleme u šumarstvu predstavljaju spora i relativno mala mogućnost prilagođavanja ekosistema novim uslovima usljed klimatskih

promjena koje su veoma dinamične i brze, a produkcioni period u šumarstvu je dugotrajan, kao i nedostatak preciznih informacija o stepenu ugroženosti pojedinih šumskih zajednica (Говедар et al., 2023). Mnogobrojni rizici u upravljanju šumama mogu biti indukovani otopljavanjem klimata. Zbog toga je važna veza između principa adaptacije šuma na klimatske promjene i šumskouzgojnih mjera (Tabela 1). Za upravljanje šumama od suštinskog značaja je smanjenje osjetljivosti šuma i povećanje njihove stabilnosti, a to u gajenju šuma, u prvom redu, uključuje izbor vrsta otpornih na zagrijavanje i sušu, korišćenje sadnog materijala različitih provenijencija, sadnju vrsta drveća prilagođenih očekivanim klimatskim uslovima, kao i potpomognutu prirodnu obnovu prilagođene vrste ili varijeteta.

Tabela 1. Principi adaptacije na klimatske promjene i uzgojna praksa (prilagođeno prema Wilhere, 2002)
Table 1. Principles of adaptation to climate change and breeding practice (adapted according to Wilhere, 2002)

Uzgojne prakse	Principi					
	1	2	3	4	5	6
Prebirna sječa uključujući principe transformacije		x		x	x	
Sječe obnavljanja šuma	x	x	x			x
Dugačka opšta podmladna razdoblja		x	x	x	x	
Obnavljanje sjemenskim stablima pričuvcima	x	x	x			
Prirodno podmlađivanje	x	x	x			
Vještačko obnavljanje	x			(x)		
Uvođenje provenijencija iste vrste			x	(x)		
Njega šuma	x	x		x		
Prorede	(x)	x		x		x
Smanjenje šteta prilikom izvođenja sječa				(x)		
Skraćenje ophodnje				x	x	x
Kontrola uticaja divljači na obnavljanje šuma	x	x				

1 – Povećanje diverziteta, 2 – Uvećanje strukturnog diverziteta, 3 – Održavanje i uvećanje genetskih varijacija unutar drvenastih vrsta, 4 – Povećanje otpornosti pojedinačnih stabala na biotički i abiotički stres, 5 – Zamjena visoko rizičnih sastojina, 6 – Zadržavanje zapremine na nižem nivou (ili ne), x – Uzgojna praksa čijom primjenom može u potpunosti da se sprovede princip, (x) – Uzgojna praksa čijom primjenom može djelimično da se sprovede princip.

Praktične uzgojne mjere utiču preventivno na povećanje otpornosti šuma i na ostvarivanje principa adaptacije šuma, a najveći uticaj imaju sječe

prirodnog obnavljanja šuma, mjere njege (prorede) i duga opšta podmladna razdoblja kod jednodobnih šuma ili kod primjene skupinastog sistema gazdovanja (Говедар et al., 2023). Strateške mogućnosti za gajenje šuma podrazumijevaju mapiranje osjetljivosti staništa i sastojina na klimatske promjene, prilagođavanje sastava sastojina i izbor odgovarajućih uzgojnih sistema kao odgovor na trenutne ili očekivane klimatske promjene sa ciljem smanjenja štete, odnosno iskorišćavanja prednosti (IPCC, 2001). Takav pristup u šumarstvu na globalnom nivou uticao je na uvođenje koncepta "klimatski pametnog šumarstva" (*Climate-Smart Forestry*, CSF) koje promoviše mjere za povećanje ukupne šumovitosti, izbjegavanje krčenja šuma, adaptaciju upravljanja šumama radi povećanja otpornosti šuma na klimatske promjene i upotrebu drveta za izradu raznih proizvoda koji skladište ugljenik ili da drvo kao izvor energije zamjenjuje fosilna goriva i tako sprječava invazivnu emisiju gasova koji izazivaju "efekte staklene bašte" (Temperli et al., 2022). Zbog toga će se u šumama u budućnosti i njihovom brojnom populacijom morati provoditi proaktivne uzgojne mjere u cilju njihove zaštite s obzirom na predviđene prijetnje klimatskim promjenama koje uzrokuju nove rizike i neizvjesnosti (Maciver i Wheaton, 2005). U suštini, posebno značajne mjere za adaptaciju šuma predstavljaju preventivne uzgojne mjere koje podrazumijevaju pasivne i aktivne mjere prilagođavanja (Bolte et al., 2009).

Pasivne mjere se odnose na očuvanje postojećih šumskih ekosistema, a zasnovane su na pretpostavci da će negativni uticaji biti mali i da će šume vršiti dinamičku samoregulaciju prilagođavanja i povećanja otpornosti ekosistema pred klimatskim promjenama. Ovaj način prilagođavanja šuma koristi prirodnu, inherentnu otpornost i sukcesiju procesa šumskih ekosistema i podrazumijeva male intenzitete provođenja tradicionalnih uzgojnih mjera ili čak njihov prestanak. Kao primjer ističu se prašume kao prirodno i spontano razvijani šumski ekosistemi koje u tom smislu imaju poseban značaj za praćenje i analizu razvoja pasivnih metoda adaptacije šuma. Struktura, dinamika razvoja i prirodne zakonitosti prašuma koriste se kao referentni pokazatelji za gazdovanje privrednim šumama (Говедар, 2022). Prašume kontinuirano vjekovima apsorbuju CO_2 u produkciji biomase (Luyssaert et al., 2008; Körner, 2017), ali nije jasno da li će se ponor ugljenika smanjiti ili čak zaustaviti kada prašume uđu u stabilno stanje sekvestracije ugljenika u biomasi i gubitka ugljenika zbog razgradnje mrtvih ostataka drveta i organske materije u zemljištu (Desai et al., 2005; Pukkala, 2018). Nastojanja na pretvaranju privrednih šuma u netaknute stare šume sa ciljem povećanja površina šuma različitih režima zaštite radi ublažavanja klimatskih promjena idu u pravcu

primjene pasivne adaptacije. Takođe, nakon šteta nastalih usljed negativnih abiotičkih i biotičkih faktora, sastojine se prepuštaju prirodnim procesima sukcesije i regeneracije, što može imati različite posljedice. Kasne sukcesijske vrste su uglavnom favorizovane u dominantnim sistemima uzgoja šuma u srednjoj Evropi, čime se ograničava mogućnost da rane sukcesijske vrste drveća tolerantne na stres razviju otpornije šume (Bolte et al., 2014). Takve pojave mogu izazvati dileme u pogledu sanacije površina napadnutih potkornjacima, naročito u čistim jednodobnim sastojinama smrče. Naime, nakon prepuštanja spontanoj prirodnoj regeneraciji, u zavisnosti od veličine i oblika sanirane površine, javlja se različit stepen zakorovljenosti ili pojava neželjenih vrsta drveća, a na uspjeh prirodnog obnavljanja utiče izloženost ivica saniranih površina novonastalim mikroklimatskim uslovima (Говедар et al., 2008). Prepuštanje prirodnom procesu sukcesije i regeneracije usloviće nastanak sastojine sa dominacijom vrsta drveća (npr. smrča) čija perspektiva u budućnosti usljed otopljavanja klimata može biti ugrožena.

Aktivne mjere gazdovanja ili planirana adaptacija podrazumijeva redefinisanje šumarskih ciljeva i praksi uzgajanja šuma imajući u vidu rizike i neizvjesnosti naročito u kontekstu velikih uticaja klimatskih promjena (Bernier i Schoene, 2009). One između ostalog podrazumijevaju mjere koje se primjenjuju u sastojinama građenim od vrsta sa izraženom klimatskom tolerancijom, u sastojinama sa namjenski izraženom funkcijom i visokim rizikom od ugrožavajućih faktora biotičke i abiotičke prirode. Aktivno adaptivno gazdovanje šumama podrazumijeva blagovremenu primjenu uzgojnih mjera prirodnog obnavljanja šuma, prorede, promjenu sastava sastojina, pošumljavanje i unošenje alternativnih vrsta u cilju formiranja strukture sastojina koje su najotpornije na negativne rizike. Najčešće se kao mjere borbe u aktivnoj i preventivnoj zaštiti šuma primjenjuju uzgojno-sanitarne mjere. Primjenom ovih mjera čine se pokušaji da se predvidi populacija izazivača štete i njeno trajanje. One mogu biti neefikasne prema agresivnim ili virulentnim štetnim agensima, rasprostranjenim populacijama i udaljenim izvorima infekcija kao što su u slučajevima holandske bolesti (*Ophiostoma novo-ulmi*) (Lazarev, 2006). U okviru ovih mjera značajne su sanitarne sječe kao ekonomski atraktivniji način zaštite, ali one obično gube na uzgojnom značaju jer se svode samo na uklanjanje već suvih i oboljelih stabala. Preventivni uzgojni značaj za zaštitu sastojina lišćarskih vrsta podrazumijevale bi aktivnosti njihovog spašavanja prije početka umiranja. Kod četinara stanje mora biti sanirano odmah nakon sušenja stabala jer do pogoršanja dolazi zbog pojave gljiva koje dovode do promjene obojenosti drveta. Aktivna adaptacija zasnovana

na uzgoju prirodnih šuma i provođenju mjera prirodnog obnavljanja daje niz prednosti u pogledu očuvanja genetskog potencijala i raznolikosti, koji su veoma značajni za borbu protiv otopljavanja klimata. Ove promjene utiču na promjenu faktora šumske ekoklime režima svjetlosti, toplote i vlažnosti, a velike genetske varijacije u sastojinama i uzgojne mjere omogućavaju lakše prilagođavanje na nove klimatske uslove. Porast prosječne temperature vazduha utiče na produžavanje trajanja vegetacionog perioda. Utvrđeno je da u prirodnim uslovima na planinskom lancu Jure bukva (*Fagus sylvatica* L.) pokazuje veću otpornost na porast temperature nego smrča (*Picea abies* L. Karst). Naime, smrča ranije zatvara stome čak i dok još u zemljištu ima dovoljno vode kako bi spriječila hidrički stres, za razliku od bukve kojoj je potrebno više vremena da zatvori stomine otvore, što joj omogućava da i dalje apsorbuje CO_2 i nastavi s rastom. To bukvi daje prednost u pogledu prilagođavanja toplijim klimatskim uslovima u odnosu na smrču (Sanginés de Cárcer et al., 2018). Ovaj pristup je predložen u oblastima sa većom vjerovatnoćom uticaja klimatskih promjena i izloženosti klimatskim ekstremima. U uslovima očuvanog genetskog potencijala i šumskih staništa potrebno je primjenjivati aktivno adaptivno gazdovanje šumama sa strategijom povećanja i očuvanja genetičkog diverziteta, gajenjem mješovitih i raznodobnih šuma autohtonih vrsta drveća. Uticaji promjena klime biće manji ako je šuma po sastavu i strukturi raznovrsnija prema uticaju tradicionalne ekološke teorije "raznolikost rađa stabilnost" (Bodin i Wiman, 2007). Aktivno upravljanje ima prednost nad pasivnim zbog toga što je monitoring integrisan u upravljački proces i donošenje odluka zasnovano je na prilagođavanju planova promjenama na osnovu rezultata kontrole. Primjenom biomonitoringa ostvaruje se izvjesna sigurnost kod tumačenja složenog i nedovoljno poznatog problema propadanja šuma, a sve to u cilju valjanog određivanja uzgojnih i zaštitnih mjera, posebno kada se radi o prevenciji i adaptaciji šuma na nove uslove.

Prirodi blisko gajenje šuma u kontekstu adaptacije šuma na klimatske promjene

Prirodi blisko gajenje šuma (*Close to nature Silviculture*, CNS) predstavlja uzgojne aktivnosti ograničene prirodnim procesima, gdje se prirodni stanišni potencijal nastoji optimalno koristiti za očuvanje biodiverziteta, genetske varijabilnosti, trajno održivog razvoja šuma, prirodnosti i povećanja produktivnosti šuma. Istorijski, ovaj koncept potiče od Alfreda Melera (Alfred Möller;

1860–1922), profesora na Šumarskoj akademiji iz Ebersvalda, koji 1921. godine opisuje "vječnu, trajnu šumu" (*Dauerwald*) i smatra da ona predstavlja alternativu konvencionalnom osnivanju jednodobnih četinarskih monokultura u Njemačkoj. Kasnije je, kao opcija ovim monokulturama, promovisana potreba za povećanjem mješovitosti sastava i neujednačenom, raznodobnom strukturom sastojina (Mlinsek, 1994). Međutim, tokom razvoja ovog koncepta uočeno je da šumskouzgojne prakse zasnovane na uspostavljanju "vječne šume" ne treba da budu nametnute, već uzgoj šuma treba da bude zasnovan na prirodnim procesima u razvoju šuma (Leibundgut, 1982; Schütz, 2002; Diaci, 2006).

Drevni koncept prebirnog gazdovanja mješovitim šumama karakteriše kontinuirani šumski pokrivač, neposredna blizina različitih vrsta drveća, različite starosti i neujednačena strukturna izgrađenost. Ovaj koncept najčešće se ističe kao uspješan u Švajcarskoj, Njemačkoj i Sloveniji (Guldin et al., 2017). Međutim, Bosna i Hercegovina se nedovoljno ističe ili čak zapostavlja u pogledu prebirnog gazdovanja pa time i prirodi bliskog gajenja šuma naročito u pogledu njihove dugoročne primjene prvenstveno u šumama bukve i jele sa smrčom. Uostalom, u BiH se nalaze veoma očuvane sastojine bukve i jele sa smrčom, prebirne ili veoma bliske prebirnoj strukturi, koje mogu biti primjer najvažnijih osobina tih sastojina u Evropi (Govedar, 2005; O'Hara et al., 2018). Iako prebirno gazdovanje ima velike prednosti, koje se sastoje u dugoročnoj i ravnomjernoj sposobnosti šume da obavlja sve funkcije zasnovane na biološkoj racionalizaciji ili "prirodnoj automatizaciji" (što je čini apsolutno jedinstvenom), strukturu prebirne šumske sastojine veoma je teško postići i održati na duže vrijeme u praksi (Schütz, 2002). Ideja o prebirnoj šumi odigrala je izuzetnu ulogu u razvoju prirodi bliskog gajenja šuma i stopila se sa istorijom modernog šumarstva. Prebirna šuma postala je uzor gazdovanja šumama i danas smo svjedoci izuzetnog interesovanja za prebirni sistem gazdovanja i njegov proizvod (prebirnu šumu), kao vrhunac gajenja šuma bliskog prirodi (Saniga i Vencurik, 2007). Cilj prirodi bliskog gajenja šuma je reformisati tradicionalni način gazdovanja tako da ono oponaša prirodne procese u šumi, razvija prirodne šumske strukture, prati njihovu dinamiku i osigura ekološku stabilnost, a da pri tome ne ugrožava funkcije šumskih ekosistema, odnosno da se obezbijedi njihov održivi razvoj. Ipak ovaj pristup može imati određene implikacije u pogledu regeneracije vrsta drveća lokalnih provenijencija jer se tako kompromituje "potpomognuta migracija" (Bolte et al., 2014), pa se u kontekstu klimatskih promjena nameće ključno pitanje: Koliko su metode uzgoja šuma bliskog prirodi kompatibilne

sa principima prilagođavanja tim promjenama? Brojni rezultati istraživanja pokazuju da je grupimično-prebirni sistem u okviru CNS najfleksibilniji sistem u svjetlu prilagođavanja šuma klimatskim promjenama (Brang et al., 2014). Ipak, kod primjene CNS postoje nedostaci u pogledu uklanjanja visokorizičnih sastojina, razvoja genetičkog varijabiliteta i biodiverziteta, što se može prevazići ukoliko bi CNS više forsirao heliofite i alohtone vrste. Ovim bi se u okviru CNS koristilo u većoj mjeri vještačko obnavljanje, specifične metode njege šuma i unošenje vrsta sa većim potencijalom adaptacije. CNS uključuje ne samo prebirno gazdovanje već i gazdovanje sistemima zasnovanim na nejednoličnim oplodnim sječama (*Femelschlag*). Naime, prihvaćeni koncept CNS ne znači sam po sebi šumskouzgojni sistem, već obuhvata niz sistema, koji slijede određene principe, npr. izbjegavanje čiste sječe i preferiranje prirodne regeneracije zrelih sastojina, favoriziranje sječe pojedinačnih stabala i koncentracija na razvoj pojedinačnih stabala radi optimalne vrijednosti drveta. Težnja je da konačna struktura sastojine u praksi izgleda slično onoj koju dobijamo prebirnim gazdovanjem, odnosno pridržavanje principa "prirodne šume na svom prirodnom mjestu" (Hofmann i Jenssen, 1999). Prebirni sistem gazdovanja naročito u mješovitim sastojinama omogućava strukturnu heterogenost pa je distribucija rizika usljed otopljavanja klimata u toku gazdovanja smanjena. Ipak, takvim gazdovanjem kao tradicionalnim u našim uslovima, možemo se sresti sa potrebom zamjene visoko produktivnih, ali ranjivih stabla jedne vrste drveća sa vrstom koja je tolerantnija na buduće klimatske uslove, što može implicirati neželjene ekonomske posljedice za sektor šumarstva.

U okviru CNS u srednjoj Evropi koristi se tzv. transformacija, u prvom redu sastava, i prilagođavanje strukturnih oblika, naročito vještački osnovanih sastojina smrče i borova. To je uzrokovano brojnim poremećajima tih sastojina koje su intenzivno osnivane u cilju većeg prinosa i ekonomske dobiti u odnosu na lišćarske šume. Zanemarivanjem uzgojnih mjera i lošim odnosom vrsta – stanište sastojine stradaju od vjetra i snijega, zbog čega se razvila potreba za transformacijom takvih šuma u mješovite sastojine najčešće sa autohtonim lišćarima. Ovaj pristup razvoju mješovitih i raznodobnih šuma afirmiše se kroz alternativne uzgojne metode i mjere koje su u skladu sa potrebama za adaptivnim upravljanjem i rizicima uzrokovanim, primarno otopljavanjem klimata, a zatim degradacijom šuma i zemljišta i pojavom štetočina i bolesti. Transformacija čistih sastojina u pogledu sastava vrsta podrazumijeva, između ostalog, najčešće unošenje vještačkim putem drugih vrsta, ali i prirodni proces obnavljanja u vještački osnovanim ugroženim sastojinama autohtonih

i alohtonih vrsta drveća. Jednostavna supstitucija u vještački osnovanim sastojinama smrče daje slabije rezultate nego supstitucija na progalama i pod zastorom kruna (Tijardović, 2015). Zbog toga je, u slučaju nesigurnosti u postupku transformacije sastava takvih šuma, preporučljivo u startu osnivanje sastojina četinara sa lišćarima (smrče sa bukvom, jelom ili crnog bora sa hrastom kitnjakom), kao i osnivanje tzv. pretkultura koje treba da pomognu u pripremi staništa za nove vrste. U cilju prilagođavanja strukturne izgrađenosti tokom transformacije sastojina, njega sastojina ima ključnu ulogu, ali i pozitivan uticaj na opštu stabilnost, kao i na razgradnju organskih materija u zemljištu. U kulturama smrče dobri rezultati mogu se postići podsijavanjem sjemena bukve ili sadnjom sadnica u uslovima polurazložene šumske prostirke, a u kulturama alohtonih vrsta, kao što su npr. evropski ariš (*Larix decicua* Mill.) ili duglazija (*Pseudotsuga mensiessi* (Mirb.)), prirodno se naseljavaju u podstojnu etažu autohtoni lišćari bukva, hrast kitnjak, lipa, trešnja i dr. Nekada prirodna obnova nije poželjna u slučaju pojave novih jedinki iz izbojaka tzv. agresivnih vrsta sa velikom izbojnom snagom, kada se vrsta nekontrolisano širi. U slučajevima kvalitetnih čistih jednodobnih sastojina na boljim bonitetima staništa za glavnu vrstu drveća koja se evidentno uspješno obnavlja, transformacija strukturnog oblika može biti veoma uspješna mjerama prirodnog obnavljanja pri kraju ophodnje. Cilj transformacije sastava šuma podrazumijeva selekciju kroz odgovarajuće mjere njege i prorede (prethodni prinos u jednodobnim šumama) najrazvijenijih i kvalitetnih stabala budućnosti i treba da omogući optimalan razvoj i obnavljanje šuma u smislu zadovoljavanja ciljeva gazdovanja. Efekti transformacije sastojina uočavaju se nakon dužeg vremena kroz proces tzv. "konceptualnog modela razvoja šuma" i izražene faze transformacije kroz obogaćivanje vrstama (mješovitost sastojina), promjenu strukture i formiranje gustog i kontinuiranog sklopa (Gärtner i Reif, 2004). Ako se transformacija provodi sistematski uz kontrolu, posebno ekološki monitoring može biti efikasno sredstvo za stvaranje visoko stabilnih sastojina (Andreassen i Øyen, 2002). U procesu transformacije sastojina veliki uticaj ima odnos i reakcija različitih vrsta prema primarnom uzroku poremećaja u šumama, odnosno klimatskim promjenama. Porast temperature vazduha kod hrasta kitnjaka i hrasta lužnjaka poboljšava otpornost sjemena na stres i povećava klijavost (Rossi, 2015). Lužnjak u uslovima kontinentalne klime ima širok spektar tolerancije na negativne uticaje faktora abiotičke prirode (Cooper et al., 2019). Smrča ima "epigenetsko pamćenje" prema dužini dana i temperaturi, naslijeđeno od roditelja (Caignard et al., 2017), a rast duglazije prati pozitivne klimatske promjene na većim nadmorskim visinama

i geografskim širinama (Bigler et al., 2018). U mnogim državama Centralne Evrope u XX vijeku (kao i na našem prostoru), na staništima lišćara, vještački i zamjenom vrsta osnovane su sastojine četinara. Glavni razlozi bili su visoka tolerancija smrče (*Picea abies* L. (Karst.)) i bijelog bora (*Pinus silvestris* L.) te njihova sposobnost da dobro uspijevaju na degradiranom zemljištu koje je često nastajalo zbog prekomjerne eksploatacije šuma (Hasel, 1985). Drugi razlog bila je ekonomska korist od četinarskog drveta, tj. veće stope rasta i proizvodnja vrednijeg drveta. Međutim, osnovni problem upravljanja i gazdovanja takvim šumama u kasnijim fazama razvoja (srednjedobne sastojine) je njihova velika ugroženost negativnim uticajima faktora biotičke i abiotičke prirode i njihova potencijalna nestabilnost, jer su četinari na tim staništima introdukovani. Isticanjem zahtjeva za višenamjenskim upravljanjem i gazdovanjem šuma i zbog sve većeg pritiska da se diverzifikuju funkcije šuma, javljala se ideja da se takve šume transformišu u prirodniji oblik. Tako je krajnji cilj ekološki orijentisane transformacije čistih i jednodobnih sastojina smrče u Njemačkoj bio obnova planinske šume, sa grupimičnom smjesom 30–60% jele, 20–60% smrče i 10–50% evropske bukve, kako bi šuma dobila mozaičnu strukturu po sastavu vrsta, različite starosti (Kenk i Guehne, 2001). Efekti transformacije primjenom uzgojnih mjera proreda uz izbor stabala budućnosti u tim šumama, ogledaju se u opadanju zastupljenosti acidofilnih mahovina i vaskularnih biljaka i povećanju učešća vrsta kojima je potrebno umjereno bazno snabdijevanje. Završna faza i uspjeh transformacije ogleda se u gustom neprekidnom šumskom obrastu (*Continuous Cover Forestry*, CCF) i na osnovu prizemne flore koja je karakteristična za mješovite četinarsko-lišćarske šume (Gärtner i Reif, 2004). Slični efekti transformacije utvrđeni su i kod čistih bukovih šuma, čak i raznodobnih sastojina, koji pokazuju da se funkcija zaštite zemljišta na strmim terenima smanjuje u starijim razvojnim fazama uporedo sa opadanjem prirasta stabala i korijenovog sistema, uz prisutnu težnju razvijanja jednospratne strukture (Schütz, 2001). Nedostatak mješovitosti sa drugim vrstama drveća umanjuje efekat zaštite u poređenju sa optimalnom mješovitom strukturom šuma, npr. bukve sa jelom i smrčom i ostalim lišćarima. Različiti oblici raznodobne strukture bukovih šuma u smjesi sa četinarima obezbjeđuju visok nivo intercepcije (zadržavanje vode), transpiracije, naročito kod četinara na početku vegetacionog perioda, kada lišćari nemaju formirane asimilacione organe, i putem infiltracije, odnosno zadržavanja vode u mrtvoj prostirci.

U šumama zaštićenih prirodnih dobara u cilju očuvanja, unapređenja stanja i obnavljanja, u posljednjoj deceniji promovisan je koncept “aktivne

zaštite", čime se omogućava definisanje i određivanje "privremenog optimalnog stanja", a predstavlja preduzimanje odgovarajućih uzgojnih zahvata u cilju usmjeravanja procesa u pozitivnom smjeru, odnosno dozvoljava strogo kontrolisano usmjeravanje pozitivne sukcesije vegetacije ka poboljšanju stanja, tzv. antropogeno potpomognuta spontana sukcesija (Govedar i Krstić, 2016). Ovaj pristup je karakterističan i za šume posebne namjene u kojima bez aktivno provođenih uzgojnih mjera u planinskim šumama neće biti moguće ispuniti zaštitnu ulogu na održiv način (Motta i Haudemand, 2000).

Zaključak

Prema raznim scenarijima klimatskih promjena možemo očekivati da će postojeći šumski ekosistemi biti izloženi otopljavanju klimata sa brojnim ugrožavajućim faktorima. Otopljavanje klimata predstavlja primarni faktor koji postepeno generiše uslove za pojavu suše, gradaciju štetnih insekata, pojavu bolesti i nastanak šumskih požara, što dovodi do destabilizacije i propadanja šumskih ekosistema. Uzgojnim mjerama mogu se stvoriti otpornije šume, kao odgovor na potencijalne rizike usljed klimatskih promjena, pri čemu bi trebalo težiti kreiranju mješovitih, raznodobnih, višespratnih i strukturno heterogenih šuma građenih od autohtonih vrsta drveća. Ove mjere se odnose na očuvanje specifičnih mikrohabitata, promovisanje autohtonih vrsta drveća, kao i alohtonih vrsta prilagođenih staništu, promovisanje prirodne regeneracije, stalnu njegu šuma, prebirno gazdovanje i unapređenje strukturne heterogenosti sastojine, promovisanje mješovitih šuma i genetske raznovrsnosti, izbjegavanje naglih i intenzivnih zahvata (sječa) u gazdovanju šumama. Dugotrajno tradicionalno prebirno gazdovanje, očuvana prirodnost visokih šuma (bukve i jele sa smrčom) sa prirodnom obnovom i prirodni, spontano razvijani šumski ekosistemi (prašume) u Bosni i Hercegovini predstavljaju komparativnu prednost u daljem razvoju prirodi bliskog gajenja šuma. Primjenom biomonitoringa ostvaruje se izvjesna sigurnost kod tumačenja složenog i nedovoljno poznatog problema propadanja šuma, a sve to u cilju valjanog određivanja uzgojnih i zaštitnih mjera, posebno kada se radi o prevenciji i adaptaciji šuma na nove uslove. Mnogi potencijalni problemi u zaštiti šuma mogu biti umanjeni ili spriječeni ako se multidisciplinarno planiraju mjere za gazdovanje šumama. Preventivne mjere su uglavnom sadržane u šumskouzgojnim mjerama i podrazumijevaju prethodne aktivnosti i provođenje šumskouzgojnih zahvata koji sprječavaju propadanje šuma. Prilikom vještačkog obnavljanja šuma neophodno je posvetiti pažnju pravilnom izboru vrste drveća, sjemena i sadnica

s obzirom na uslove staništa. Ipak najznačajnija uzgojna mjera predohrane jeste blagovremeno provođenje odgovarajućih mjera njege šuma. Njegom šuma, naročito niskim proredama, uklanjaju se stabla i dijelovi stabala koji mogu predstavljati potencijalni izvor prenamnoženja insekata ili pojavu bolesti. Osnovni principi preventivnih uzgojnih mjera podrazumijevaju postepeno prilagođavanje novim uslovima u cilju adaptacije šuma na razne ugrožavajuće faktore, rizike i neizvjesnosti u gazdovanju šumama kroz koncept prirodi bliskog gajenja šuma.

Literatura

Abetz, P. (1976): Beiträge zum Baumwachstum. Der h/d-Wert – mehr als ein Schlankheitsgrad, Forst-u. Holzwirt, 31 (19), 389-393.

Abetz, P. (1987): Why the crop tree aligned thinning system (ZB-Df) increases the stability and productivity of stands, u: Knutell, H. (ur.) Development of thinning systems to reduce stand damages. Proceedings of IUFRO Group S1.05–05, June 1987, Sweden, Department of Operational Efficiency, Faculty of Forestry, Swedish Unversity of Agricultural Sciences, Garpenberg, 35-42.

Allen, C. D., Macalady, A. K., Chenchouni, H., Bachelet, D., McDowell, N., Vennetier, M., Kitzberger, T., Rigling, A., Breshears, D. D., (Ted) Hogg, E. H., Gonzalez, P., Fensham, R., Zhang, Z., Castro, J., Demidova, N., Lim, J-H., Allard, G., Running, S. W., Semerci, A., Cobb, N. (2010): A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests, Forest Ecology and Management, 259 (4), 660-684.

Andreassen, K., Øyen, B. H. (2002): Economic consequences of three silvicultural methods in uneven-aged mature coastal spruce forests of central Norway, Forestry, 75, 483-488.

Angst, C., Bürgi, A., Duelli, P., Egli, S., Heiniger, U., Hindenlang, K., Kuhn, M., Lässig, R., Lüscher, P., Moser, B., Nobis, M., Polomski, J., Reich, T., Wermelinger, B., Wohlgemuth, T. (2004): Waldentwicklung nach Windwurf in tieferen Lagen der Schweiz 2003–2004: Schlussbericht eines Projektes im Rahmen des Programms Lothar Evaluations und Grundlagenprojekte, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf, Switzerland.

Babić, V., Govedar, Z., Galić, Z., Milenković, M., Vukin, M., Stajić, S., Kanjevac, B. (2021): Effect of the light regime on natural regeneration of sessile oak (*Quercus petraea* Matt. Leibl.) Forest in Fruška Gora National park, Serbia, Fresenius Environmental Bulletin, 30 (07A/2021), 8834-8842.

Bender, M. A., Knutson, T. R., Tuleya, R. E., Sirutis, J. J., Vecchi, G. A., Garner, S. T., Held, I. M. (2010): Modeled Impact of Anthropogenic Warming on the Frequency of Intense Atlantic Hurricanes, Science, 327, 454-458.

Bernier, P., Schoene, D. (2009): Adapting forests and their management to climate change: An overview, Unasylva, 60, 5-11.

Beus, V. (2017): Rekultivacija sekundarnih šuma bukve, u: Simpozij Unapređenje poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede u kraškim, brdskim i planinskim područjima – racionalno korištenje i zaštita, Sarajevo, 23. juna/lipnja 2016. Zbornik radova, Posebna

izdanja, knj. CLXIX, Odjeljenje prirodnih i matematičkih nauka, knj. 26, ANUBiH, Sarajevo, 139-146.

Beus, V. (1984): Vertikalno raščlanjenje šuma u svjetlu odnosa realne i primarne vegetacije u Jugoslaviji, Radovi, knj. LXXVI, Odjeljenje prirodnih i matematičkih nauka, knj. 23, ANUBiH, Sarajevo, 23-32.

Bigler, C., Bugmann, H. (2018): Climate-induced shifts in leaf unfolding and frost risk of European trees and shrubs, Scientific Reports, 8 (9865), 1-11.

BMEL (2021): Waldbericht der Bundesregierung 2021: BMEL Bonn. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/waldbericht2021.pdf?__blob=publicationFile&v=11.

Bodin, P., Wiman, B. (2007): The usefulness of stability concepts in forest management when coping with increasing climate uncertainties, Forest Ecology and Management, 242, 541-552.

Bolte, A., Ammer, Ch., Löf, M., Madsen, P., Nabuurs, G. J., Schall, P., Spathelf, P., Rock, J. (2009): Adaptive forest management in central Europe: climate change impacts, strategies and integrative concept, Scandinavian Journal of Forest Research, 24, 473-482.

Bolte, A., Spathelf, P., van der Maaten, E. (2014): Forest adaptation and Close-to-Nature Silviculture (CNS) – coherence or contradiction? IUFRO Conference 2014, Birmensdorf, June 16–19.

Bosela, M., Stefancik, I., Marcis, P., Rubio-Cuadrado, A., Lukac, M. (2021): Thinning decreases above-ground biomass increment in central European beech tree resistance to climate events, Agricultural and Forest Meteorology, 306, 108441.

Brack, D. (2019): Forests and Climate Change, Background study prepared for the fourteenth session of the United Nations Forum on Forests, Forests and SDG, 13, 2-56.

Brang, P., Spathelf, P., Larsen, J. B., Bauhus, J., Bončina, A., Chauvin, C., Drössler, L., Garcia-Güemes, C., Heiri, C., Kerr, G., Lexer, M. J., Mason, B., Mohren, F., Mühlethaler, U., Nocentini, S., Svoboda, M. (2014): Suitability of close-to-nature silviculture for adapting temperate European forests to climate change, Forestry, 87, 492-503.

Brinar, M. (1963): O razvojnom ritmu različitih bukovih provenijenc ekotipov, Gozdarski vestnik, 21 (3–4), 65-90.

Burschl, P., Huss, J. (1997): Grundriss des Waldbaus [Outline of Silviculture]. Verlag Parey Buchverlag, Berlin.

Caignard, T., Kremer, A., Firmat, C., Nicolas, M., Venner, S., Delzon, S. (2017): Increasing spring temperatures favor oak seed production in temperate areas, Sci Rep, 7, 8555.

Chen, Z., Wang, W., Forzieri, G., Cescatti, A. (2024): Transition from positive to negative indirect CO2 effects on the vegetation carbon uptake, Nature Communications, 15, 1500.

Cooper, H. F., Grady, K. C., Cowan, J. A., Best, R. J., Allan, G. J., Whitham, T. G. (2019): Genotypic variation in phenological plasticity: Reciprocal common gardens reveal adaptive responses to warmer springs but not to fall frost, Glob Chang Biol, 25, 187-200.

Desai, A., Bolstad, P. V., Cook, B. D., Davis, K. J., Carey, E. V. (2005): Comparing net ecosystem exchange of carbon dioxide between an old-growth and mature forest in the upper Midwest, USA, Agricultural and Forest Meteorology, 128 (1–2), 33-55.

Diaci, J. (2006): Nature-based silviculture in Slovenia: origins, development and future trends. (Eds.) Diaci, J. Nature based silviculture in central Europe, Studia Forestalia Slovenica, 126, 119-132.

Doležal, B. (1981): Prostorno uređivanje šuma u brdsko-planinskim uslovima Evrope, Jugoslovenski poljoprivredno šumarski centar, Služba Šumske proizvodnje, Beograd.

Eberhard, J. (1922): Der Schirmkeilschlag und die Langenbrander Wirtschaft, Fw. Cbl., 66, 103-109.

European Commission (2013): A New EU Forest Strategy: for forests and the forest-based sector, u: Commission E (ed) COM (2013) 659 final, Brussels, 1-17.

FE (2020): State of Europe's Forests, Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe – FOREST EUROPE, Liaison Unit Bratislava.

Gardiner, B., Blennow, K., Carnus, J.-M., Fleischer, P., Ingemarson, F., Landmann, G., Lindner, M., Marzano, M., Nicoll, B., Orazio, C., Peyron, J.-L., Reviron, M.-P., Schelhaas, M. J., Schuck, A., Spielmann, M., Usbeck, T. (2010): Destructive Storms in European Forests: Past and Forthcoming Impacts, European Forest Institute, Atlantic European Regional Office – EFIATLANTIC, Final report to European Commission – DG Environment.

Gärtner, S., Reif, A. (2004): The impact of forest transformation on stand structure and ground vegetation in the southern Black Forest, Germany, Plant Soil, 264, 35-51.

Gavinet, J., Ourcival, J. M., Limousin, J. M. (2019): Rainfall exclusion and thinning can alter the relationships between forest functioning and drought, New Phytologist, 223, 1267-1279.

Gottschalk, K. W. (1987): Prevention: the silvicultural alternative, u: Fosbroke, S., Hicks, Jr., R. R. (ur.) Proceedings, coping with the gypsy moth in the new frontier, 1987 August 4–6, Morgantown, WV, WVU Books, Morgantown, WV, 93-104.

Govedar, Z. (2005): Načini prirodnog obnavljanja mješovitih šuma jele i smrče (*Abieti Piceetum illyricum*) na području zapadnog dijela Republike Srpske, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet.

Govedar, Z. (2011): Gajenje šuma – ekološke osnove, Šumarski fakutet u Banjoj Luci.

Govedar, Z., Krstić, M. (2016): Gajenje šuma posebne namjene, Šumarski fakultet u Banjoj Luci.

Govedar, Z., Medarević, M. (2020): Adaptive forest management: Case study of sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Leibl.) forests in the Ozren mountain of the Republic of Srpska, Lesnoy Zhurnal, 3, 93-105.

Guldin, J. M., Bragg, D. C., Zingg, A. (2017): Plentern mit Kiefern – Ergebnisse aus den USA, Schweizerische Zeitschrift fur Forstwesen, 168 (2), 75-83.

Hansen, J., Sato, M., Ruedy, R., Lo, K., Lea, D. W., Medina-Elizade, M. (2006): Global temperature change, Proc Natl Acad Sci, 103, 14288-14293.

Hasel, K. (1985): Forstgeschichte. Ein Grundriß für Studium und Praxis, Paul Paray, Hamburg.

Hofmann, G., Jenssen, M. (1999): Quantifizierung der Naturnähe als Planungsgrundlage für praktische Waldumbaumaßnahmen, AFZ/Der Wald, 54, 575-578.

Ilić, N. (2010): Parazitske cvjetnice, Naše šume, 18–19, Sarajevo, 3-10.

IPCC (2001): Climate Change 2001: Synthesis Report. A Contribution of Working Groups I, II and III to the Third Assessment Report of the Integovernmental Panel on Climate Change (ur. Watson, R. T., the Core Writing Team), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, New York, NY, USA.

Ives, J. D., Messerli, B., Spiess, E. (1997): Mountains of the world: A global priority, u: Ives, J. D., Messerli, B. (ur.) Mountains of the World: A Global Priority, Parthenon, Carnforth.

Ivojević, S., Višnjić, Ć., Mekić, F. (2012): Drought-resistance of various provenances of beech (*Fagus sylvatica* L.) from parts of its natural range in Bosnia and Herzegovina, Works of the Faculty of Forestry University of Sarajevo, 1, 19-28.

Karadžić, D. (2007): Klimatske promene i njihov potencijalni uticaj na prouzrokovače bolesti šumskog drveća i žbunja [Climate Change and Its Potential Impact on Pathogens of Forest Trees and Shrubs], u: Šume i promena klime: Zbornik radova [Forests and Climate Change: Proceedings] (ur. Kadović, R., Medarević, M.), Univerzitet u Beogradu, Beograd.

Kenk, G., Guehne, S. (2001): Management of transformation in Central Europe, Forest Ecology and Management, 151 (1–3), 107-119.

Kirilenko, A. P., Sedjo, R. A. (2007): Climate change impacts on forestry, PNAS, 104 (50), 19697-19702.

Klepac, D. (1955): Utjecaj imele na prirast jelovih šuma, Šumarski list, 79, 231-243.

Klopčič, M., Poljanec, A., Gartner, A., Bončina, A. (2009): Factors related to natural disturbances in mountain Norway spruce (*Picea abies*) forests in the Julian Alps, Ecoscience, 16 (1), 48-57.

Knutson, T. R., McBride, J. L., Chan, J., Emanuel, K., Holland, G., Landsea, C., Held, I., Kossin, J. P., Srivastava, A. K., Sugi, M. (2010): Tropical cyclones and climate change, Nat Geosci, 3, 157-163.

Kojić, B. (1988): Šumarska ekoklimatogija sa osnovama fizike atmosfere, Šumarski fakultet u Beogradu.

Körner, Ch. (2017): A matter of tree longevity, Science, 355, 130-131.

Koskela, J., Buck, A., Teissier, Du Cros, E. (2007): Climate change and forest genetic diversity: implications for sustainable forest management in Europe, Biodiversity International, Rome, Italy.

Lakatos, F., Mirtchev, S. (2014): Glavne šumske štetočine na vrstama drveća od privrednog značaja u jugoistočnoj Evropi, Organizacija za hranu i poljoprivredu Ujedinjenih nacija.

Lakić, B. (2020): Uticaj vjetra na oštećenja jele i smrče u šumi bukve sa jelom i smrčom, Naše šume, 60–61, 40-46.

Lazarev, V. (2006): Primena mera zaštite u oboljelim objektima, Glasnik Šumarskog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci, 5, 37-63.

Leibundgut, H. (1982): Europäischer Urwälder der Bergstrufe: dargestellt für Forstleute, Naturwissenschafter und Freunde des Waldes, P. Haupt, Bern.

Lindstrom, H. (1997): Fiber Length, Tracheid Diameter, and Latewood percentage in Norway Spruce: Development from Pith Outward, Wood and Fiber Science, Special issue SE-750(07), 21-34.

Liović, B. (2011): Utjecaj pepelnice (*Microsphaera alphitoides* Griff. et Maubl.) na rast i preživljenje hrastova ponika, *Šumarski list, 135* (13), 122-129.

Luyssaert, S., Schulze, E. D., Börner, A. et al. (2008): Old-growth forests as global carbon sinks, Nature, 455, 213-215.

Maciver, D., Wheaton, E. (2005): Tomorrow's Forests: Adapting to A Changing Climate, Climatic Change, 70, 273-282.

Martínez-Alvarado, O., Gray, S. L., Catto, J. L., Clark, P. A. (2012): Sting jets in intense winter North-Atlantic windstorms, Environmental Research Letters, 7 (2), 1-8.

Mathes, T., Seidel, D., Klemmt, H. J., Thom, D., Annighöfer, P. (2024): The effect of forest structure on drought stress in beech forests (*Fagus sylvatica* L.), Forest Ecology and Management, 554, 121667.

Matić, V. (1969): Uređivanje šuma II dio, Šumarski fakultet, Sarajevo.

Mlinsek, D. (1994): Der naturnahe Waldbau – Sein kognitiver Weg – Eine Herausforderung, Der Dauerwald, 10, 35-43.

Moore, B., Allard, G. (2008): Climate change impacts on forest health, Forestry Department Food and Agriculture Organization of the United Nations, Working Paper FBS/34E FAO, Rome, Italy.

Motta, R., Haudemand, J. C. (2000): Protective Forests and Silvicultural Stability: An Example of Planning in the Aosta Valley, Mountain Research and Development, 20 (2), 180-187.

Mujezinović, O., Treštić, T., Margaletić, J., Dautbašić, M., Zahirović, K., Ivojević, S., Brkić, H. (2018): Utjecaj imele (*Viscum album* L.) na debljinski prirast stabala jele (*Abies alba* Mill.) u Bosni i Hercegovini, Naše šume, 50–51, 34-40.

Nagel, T., Diaci, J. (2011): Intermediate wind disturbance in an old-growth beech-fir forest in southeastern Slovenia, Canadian Journal of Forest Research, 6 (3), 629-638.

Neagu, R. C., Gamstedt, E. K., Bardage, S. L., Lindstrom, M. (2006): Ultrastructural features affecting mechanical properties of wood fibres, Wood Material Science and Engineering, 1 (3), 146-170.

O'Hara, K. L., Bončina, A., Diaci, J., Anic, I., Boydak, M., Curovic, M., Govedar, Z., Grigoriadis, N., Ivojevic, S., Keren, S., Kola, H., Kostov, G., Medarevic, M., Metaj, M., Nicolescu, N. V., Raifailov, G., Stancioiu, P. T., Velkovski, N. (2018): Culture and Silviculture: Origins and Evolution of Silviculture in Southeast Europe, International Forestry Review, 20 (1), 130-143.

Oliveira, A. M. (1987): The H/D ratio in maritime pine (*Pinus pinaster*) stands, u: Ek, A. R., Shifley, S. R., Burk, T. E. (ur.) Proceedings of the IUFRO conference Vol. 2 Forest growth modelling and prediction, 23–27 August 1987, Minneapolis, International Union of Forest Research Organizations, Vienna, 881-888.

Oszako, T. (2000): Oak Declines in Europe's Forest – History, Causes and Hypothesis, Recent Advances on Oak Health in Europe, Selected Papers from a Conference Held in Warsaw, November 22–24, 1999, Forest Research Institute, Warsaw, 11-40.

Popov, A., Gnjato, S., Trbić, G. (2019): Efekti promjena izazvanih ekstremnim klimatskim prilikama na ključne sektore u Bosni i Hercegovini i mogućnosti prilagođavanja. Prilagođavanje na klimatske promjene u istočnoj Evropi: Upravljanje rizicima i jačanje otpornosti na klimatske promjene / Effects of Changes in Extreme Climate Events on Key Sectors in Bosnia and Herzegovina and Adaptation Options, u: Leal Filho, W., Trbić, G., Filipović, D. Climate Change Adaptation in Eastern Europe: Managing Risks and Building Resilience to Climate Change, Springer Nature.

Pukkala, T. (2018): Carbon forestry is surprising. For. Ecosyst., 5, 11.

Quine, C. P., Coutts, M. P., Gardiner, B. A., Pyatt, D. G. (1995): Forests and Wind: Management to Minimise Damage, Bulletin 114, HMSO, London.

Rossi, S. (2015): Local adaptations and climate change: Converging sensitivity of bud break in black spruce provenances, Int J Biometeorol, 59, 827-835.

Sanginés de Cárcer, P., Vitasse, Y., Peñuelas, J., Jassey, V. E. J., Buttler, A., Signarbieux, C. (2018): Vapor-pressure deficit and extreme climatic variables limit tree growth, Glob Chang Biol., 24 (3), 1108-1122.

Saniga, M., Vencurik, J. (2007): Dynamics of structure and regeneration processes of the forests in various phases of the conversion to a selection forest in forest management unit Korytnica, Vydavatelstvo Technickej univerzity, Zvolen, Slovakia.

Sankey, T., Tatum, J. (2022): Thinning increases forest resiliency during unprecedented drought, Scientific Reports, 12 (1), 9041.

Schlyter, P., Stjernquist, I., Bärring, L., Jönsson, A. M., Nilsson, C. (2006): Assessment of the Impacts of Climate Change and Weather Extremes on Boreal Forests in Northern Europe, Focusing on Norway Spruce, Climate Research, 31 (1), 75-84.

Schönenberg, W., Fischer, A., Innes, J. L. (2002): Vivian's Legacy in Switzerland – Impact of Windthrow on Forest Dynamics, Special Issue of Forest Snow and Landscape Research, 77, 1-2.

Schönenberger, W. (2002): Windthrow research after the 1990 storm Vivian in Switzerland: objectives, study sites, and projects, Forest Snow Landscape Research, 77, 9-16.

Schütz, J. P. (2001): Opportunities and strategies of transforming regular forests to irregular forests, Forest Ecology and Management, 151, 87-94.

Schütz, J. P. (2002): Die Plenterung und ihre unterschiedlichen Formen, u: Skript zu Vorlesung Waldbau II und Waldbau IV, ETH Zentrum, Zürich, Switzerland.

Schütz, J. P., Götz, M., Schmid, W., Mandallaz, D. (2006): Vulnerability of spruce (*Picea abies*) and beech (*Fagus sylvatica*) forest stands to storms and consequences for silviculture, European Journal of Forest Research, 125, 291-302.

Schütz, J. P. (1999): Close-to-nature silviculture: Is this concept compatible with species diversity?, Forestry, 72, 359-366.

Seidl, R., Schelhaas, M. J., Rammer, W., Verkerk, P. J. (2014): Increasing forest disturbances in Europe and their impact on carbon storage, Nat Clim Change, 4, 806-810.

Seidl, R., Thom, D., Kautz, M., Martin-Benito, D., Peltoniemi, M., Vacchiano, G., Wild, J., Ascoli, D., Petr, M., Honkaniemi, J., Lexer, M. J., Trotsiuk, V., Mairota, P., Svoboda, M., Fabrika, M., Nagel, T. A., Reyer, C. P. O. (2017): Forest disturbances under climate change, Nat Clim Change, 7, 395-402.

Senf, C., Seidl, R. (2021): Persistent impacts of the 2018 drought on forest disturbance regimes in Europe, Biogeosciences, 18 (18), 5223-5230.

Siwkcki, R., Ufnalski, K. (2007): Review of oak stand decline with special reference to the role of drought in Poland, European Journal of Forest Pathology, 28, 99-112.

Smith, W. H. (1990): Air Pollution and Forests, Springer-Verlag, New York.

Staack, J. (1985): From trap tree to trap – the historical development of bark beetle control, Forst und Holzwirt, 40 (2), 27-31.

Stanhill, G., Cohen, S. (2001): Global Dimming: A Review of the Evidence for a Widespread and Significant Reduction in Global Radiation with Discussion of Its Probable Causes and Possible Agricultural Consequences, Agricultural and Forest Meteorology, 107, 255-278.

Stanivuković, Z., Karadžić, D., Marčeta, D., Kapović Solomun, M., Govedar, Z., Ćoralić, S. (2017): Istraživanje uzroka sušenja šuma na području Republike Srpske. Izvještaj za projekat, Šumarski fakultet u Banjoj Luci.

Stefanović, V., Beus, V., Burlica, Č., Dizdarević, H., Vukorep, I. (1983): Ekološko-vegetacijska rejonizacija Bosne i Hercegovine, Posebna izdanja, br. 17, Šumarski fakultet u Sarajevu, Sarajevo.

Temperli, C., Santopuoli, G., Bottero, A., Barbeito, I., Alberdi, I., Condés, S., Tognetti, R. (2022): National Forest Inventory data to evaluate Climate-Smart Forestry, u: Tognetti, R., Smith, M., Panzacchi, P. (ur.), Climate-Smart Forestry in mountain regions, Managing forest ecosystems, Vol. 40, Springer Cham, 107-139.

Thom, D., Ammer, C., Annighöfer, P., Aszalós, R., Dittrich, S., Hagge, J., Keeton, W. S., Kovacs, B., Krautkrämer, O., Müller, J., Oheimb G., Seidl, R. (2023): Regeneration

in European beech forests after drought: the effects of microclimate, deadwood and browsing, Eur J Forest Res, 142, 259-273.

Thom, D., Sommerfeld, A., Sebald, J., Hagge, J., Müller, J., Seidl, R. (2020): Effects of disturbance patterns and deadwood on the microclimate in European beech forests, Agricultural and Forest Meteorology, 291, 108066.

Tijardović, M. (2015): Supstitucija kultura obične smreke (Picea abies /L./ Karst.) u Republici Hrvatskoj, Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije.

Tognetti, R., Smith, M., Panzacchi, P. (ur.) (2022): Climate Smart Forestry in Moutain Regions, Managing Forest Ecosystems, Vol. 40, Springer Cham.

UNDP (2022): Treći dvogodišnji izvještaj Bosne i Hercegovine o emisiji gasova sa efektom staklene bašte, Federalni hidrometeorološki zavod BiH, Republički hidrometeorološki zavod Republike Srpske.

Usčuplić, M. (1992): Uticaj sistema gazdovanja na pojavu imele *Viscum album* L.. Glasnik Šumarskog fakulteta, 74 (1), Beograd, 7-18.

Usčuplić, M., Dautbašić, M., Treštić, T., Selman, E., Mujezinović, O., Nišić, T., Jokanović, B. (2007): Bolesti i štetnici obične jele (*Abies alba* Mill.) u Bosni i Hercegovini, Društvo za zaštitu bilja u Bosni i Hercegovini, Sarajevo.

Usčuplić, M., Dautbašić, M. (1998): Bolesti i štetočine koje ugrožavaju šumske ekosisteme u Bosni i Hercegovini, Radovi Šumarskog fakulteta Univerziteta u Sarajevu, 28, 19-26.

Višnjić, Ć., Dohrenbusch, A. (2004): Frostresistenz und Phänolgie europäischer Buchenprovenienzen (*Fagus sylvatica* L.), Allg. Forst-u. J.- Ztg., Jg., 175 (6), 101-108.

Wilhere, G. F. (2002): Adaptive Management in Habitat Conservation Plans, Conserv Biol., 16 (1), 20-29.

Zahirović, K., Dautbašić, M., Mujezinović, O. (2014): Sušenje sastojina smrče uslijed djelovanja potkornjaka u centralnoj Bosni, Naše šume, XIII (36–37), 4-13.

Ziemblinska, K., Urbaniak, M., Merbold, L., Black, T. A., Jagodzinski, A. M., Herbst, M., Qiu, C., Olejnik, J. (2018): The carbon balance of a Scots pine forest following severe windthrow: Comparison of reforestation techniques, Agricultural and Forest Meteorology, 260–261, 216-228.

Говедар, З., Медаревић, М., Крстић, М., Пржуљ, Н. (2023): Адаптивно управљање шумама, у: Говедар, З., Матаруга, М., Пржуљ, Н. (ур.) Одрживи развој и управљање шумским екосистемима, Монографија LI, Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, 809-849.

Говедар, З. (2006): Утицај склопа и режима свјетлости на природно обнављање храста китњака на подручју Челинца, Шумарство, 3, 99-108.

Говедар, З. (2022): Структурне карактеристике и развојне фазе прашума у Републици Српској, Шумарство, 3–4, УШИТ Србије, 103-124.

Говедар, З., Крстић, М., Керен, С., Бјелановић, И. (2013): Утицај мјешовитих прореда на елементе структуре вјештачки подигнутих састојина смрче (*Picea abies* L.) на подручју западног дијела Републике Српске, Шумарство, 1–2, 33-46.

Говедар, З., Кутић, А. (2008): Узгојни захвати у мјешовитој састојини китњака и граба (*Querco – carpinetum illyricum*) са правом својине на подручју Старчевице – Бања Лука, Шумарство, 1–2, Београд, 27-41.

Говедар, З., Станивуковић, З., Злокапа, Б. (2008): Природно обнављање мјешовите састојине смрче и јеле (*Abieti-Piceetum*) оштећене од смрчиног поткорњака на подручју Кнежева, Шумарство, 3, 53-64.

Керен, С., Станивуковић, З., Говедар, З. (2011): Здравствено стање подмлатка и младика јеле у појасу букових шума на планини Грмеч – ГЈ "Челић коса", Шумарство, 1–2, 43-54.

Стојановић, Љ., Крстић, М. (1992): Проблеми гајења шума са аспекта сушења храста китњака, у: Округли сто Епидемијско сушење храста китњака у североисточној Србији : проблеми одржавања и обнављања угрожених шума, Национални парк "Ђердап", Доњи Милановац, 25-42.

Табаковић-Тошић, М. (2023): Принципи и стратегије биолошког сузбијања штетних шумских организама, у: Говедар, З., Матаруга, М., Пржуљ, Н. (ур.) Одрживи развој и управљање шумским екосистемима, Монографија LI, Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, 195-219.

Silviculture in the function of preventive protection of forest in conditions of climate change

Summary: Climate warming is the primary factor that gradually generates conditions for the emergence of various factors that lead to the destabilization and deterioration of forest ecosystems. Drought, gradations of insects, fires and stormy winds are the most common factors threatening forests in Bosnia and Herzegovina. In order to improve the health condition of forests, the concept of integral protection of forests was developed, which implies the unity of cultivation and protective measures that can be long-term (preventive) and short-term (repressive). Preventive measures are mainly of a breeding nature with expected long-term effects and include previous activities and the implementation of silvicultural interventions that reduce or prevent the deterioration of forests. In conditions of climate change, this is achieved by modifying silviculture treatments in practice, selective removal of high-risk stands, adaptation of bioecological properties of species to habitat conditions, i.e. growing trees and their varieties or forms resistant to climate warming. As a response to potential risks, it is necessary to create more resilient forests, as a response to potential risks due to climate change, whereby efforts should be made to create mixed, multi-age and structurally heterogeneous forests built from autochthonous tree species. That is why the modern concept of adaptive forest management in order to achieve the desired management effects is based on close to nature silviculture. It implies silviculture activities limited by natural processes, where the natural habitat potential is optimally used to preserve biodiversity, genetic variability, permanently sustainable development of forests, naturalness and increase forest productivity. Close to nature silviculture includes not only selective management, but also management with systems based on non-uniform fertilization cuttings (*Femelschlag*). For the successful implementation of preventive breeding measures for forest protection, systemic biomonitoring is needed, which provides a certain degree of certainty when interpreting the complex and insufficiently known problem of forest degradation, especially when it comes to the adaptation of forests to new, changed climatic conditions. The most important silviculture treatments of pre-nutrition is the timely implementation is tending of stands. Forest management removes trees and parts of trees that can represent a potential source of insect overgrowth or the occurrence of diseases, and stands are gradually formed with an optimal structure that best suits the tree species that build stands in a certain habitat. Many potential problems in forest protection can be reduced or prevented if multidisciplinary planning of forest management is used. Long-term traditional selective management, preserved naturalness and natural, spontaneously developed forest ecosystems (old-growth forests) in Bosnia and Herzegovina represent a comparative advantage in the further development of preventive silviculture treatments for forest protection.

DOI: 10.5644/PI2024.211.04
Stručni članak

Prilagođavanje klimatskim promjenama i zaštita šuma u Bosni i Hercegovini

Željko Majstorović
Udruženje meteorologa u BiH
E-mail: zmajstor.majstor@gmail.com

Apstrakt: Razmatranje tema u oblastima života i ekonomije koje zavise od vremenskih uvjeta u današnje vrijeme je nemoguće bez argumenata koji su vezani za klimatske promjene i prilagodbu na njih, jer one sve više utječu na promjenu uvjeta u kojima se ove djelatnosti odvijaju. Trendovi globalnog zagrijavanja dosežu cifru od 1,25°C za 100 godina, što praktično znači pomjeranje izotermi za više od 200 metara u visinu, što u uvjetima brdsko-planinskog područja nije zanemarljivo. To znači i pomjeranje datuma vegetacionih perioda i područja vegetacije i biodiverziteta. Istovremeno, ekstremi meteoroloških parametara svih vrsta, prije svega poplave i suše, otežavaju uvjete za rast i razvoj biljaka i smanjuju zalihe vode u podzemlju, te otežavaju vodosnabdijevanje. Klimatske promjene traju i procesi se ubrzavaju. U svijetu već dugo postoji svijest o tome i preduzimaju se mjere adaptacije i mitigacije. Tu je, svakako, važna i uloga meteorologije kao struke u praćenju i prognozi vremenskih i klimatskih uvjeta, ali i naučne i stručne elaboracije u različitim oblastima primijenjene meteorologije te pisanja odgovarajućih studija.
Nažalost, stalno smanjivanje kadrovske osnove (broja ljudi) uvjetovalo je da se znanja i vještine u ovoj oblasti u odnosu na stanje od prije 1991. godine postepeno zaboravljaju, pa je neophodna kadrovska obnova. Tu posebno komplicira situaciju činjenica da se u našoj zemlji ni na univerzitetu, ni u srednjoj školi ne obrazuju kadrovi ovog profila. Slična situacija je i u svim oblastima geofizičkih znanosti.

Ključne riječi: klimatske promjene, temperature, oborine, ekstremi

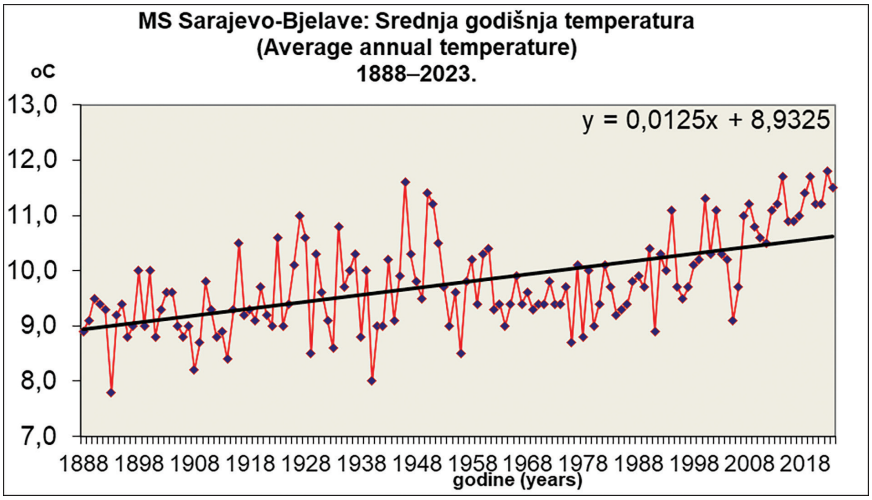
Uvod

Naučnici širom svijeta su zabrinuti povodom promjena klimatskih uvjeta na području čitave planete. Klima je odlučujući ekološki faktor od kojeg zavise uvjeti života na cijelom svijetu. Posebno se to odnosi na rasprostranjenost vegetacije. Bez obzira na to šta su uzroci klimatskih promjena, činjenica je da one traju i da je to globalni proces. U ovom radu je dat kratak pregled osnovnih klimatskih parametara i njihovih promjena na području Bosne i Hercegovine i mogući utjecaji na biljni svijet. Prilagođavanje ovim promjenama potrebno

je u svim sferama života, posebno u poljoprivredi i šumarstvu, što će biti predmet razmatranja u ovom radu.

Klimatske promjene, ublažavanje i prilagođavanje

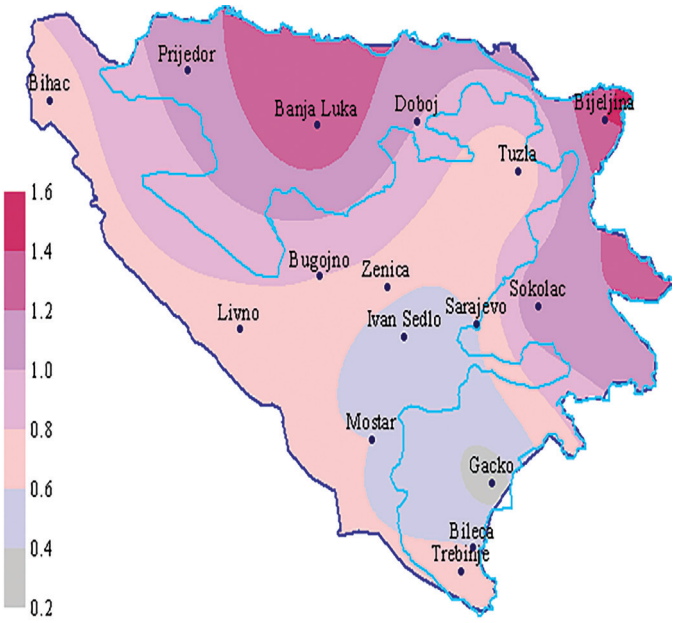
Povećanje srednje godišnje temperature na teritoriji BiH za posljednjih 100 godina iznosilo je oko 0,6°C početkom ovog milenija. Međutim, trend povećanja temperature ubrzava. Primjer Sarajevskog stogodišnjeg niza to najbolje pokazuje (Graf 1). Pridruženi linearni trend zaključno sa 2023. godinom iznosi približno 1,25°C za posljednjih sto godina, što je više za oko 0,65°C u odnosu na 2000. godinu. Ovi trendovi su različiti za pojedina godišnja doba. Najveći trend povećanja pokazuju ljeto i zima.



Grafikon 1. Srednje godišnje temperature u Sarajevu u peroidu 1888–2023. g.
Graph 1. Average annual temperature in Sarajevo 1888–2023

Imajući u vidu geografski položaj BiH, kao i činjenicu da ni dosadašnje promjene nisu bile tako dramatične kao u nekim drugim dijelovima svijeta, te istraživanja naših podataka i trendova zabilježenih na meteorološkim stanicama u BiH, za preliminarna razmatranja u okviru ovog izvještaja, ekspertna grupa za izradu Prvog nacionalnog izvještaja (Ekspertna grupa 2007) izabrala je scenario B2. To znači umjerenu procjenu povećanja srednje temperature za nešto više od dva stepena Celzijusa u narednom stoljeću, te analognu promjenu i ostalih klimatskih parametara. Kako sada stvari stoje, ova vrijednost će biti dostignuta znatno prije. Trebalo bi, ipak, naglasiti da BiH, posebno njen

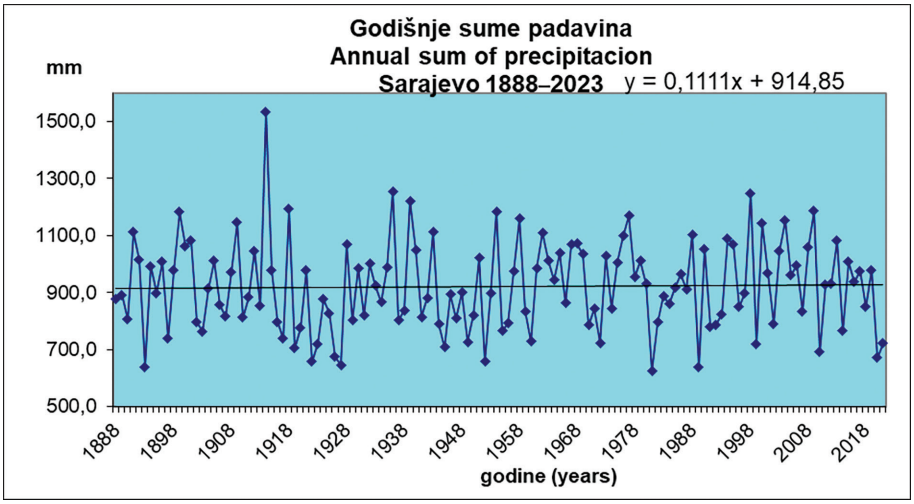
mediteranski dio, predstavlja najugroženiju oblast u pogledu klimatskih promjena u Evropi. O tome govore i karte (Karta 1. i 2) koje prikazuju prostorni raspored promjene srednjih temperatura i oborina na teritoriji BiH, poredeći niz 1999–2008. sa referentnim nizom 1961–1990. godina.



Karta 1. Povećanje prosječne godišnje temperature u dekadi 1999–2008. u poređenju sa referentnim periodom 1961–1990. u BiH izraženo u °C.
Map 1. Increase average annual temperature in decade 1999–2008 in comparison with 1961–1990 in °C

Treba naglasiti da se u skladu s ovim očekuje i sve veća učestalost vremenskih ekstrema svih vrsta uslijed povećanja količine energije u atmosferi te sve dinamičnijih promjena unutar nje.

Količina oborina, zavisno od kraja u BiH, pokazuje minimalne promjene u prethodnih 100 godina od najviše +/– 5 %, (Grafikon 2. i Karta 2), s tim što je u središnjem planinskom pojasu prisutan trend povećanja količina oborina, dok je u jugozapadnom, sjevernom i sjeveroistočnom dijelu zemlje prisutan trend smanjenja, ali postoji različit trend po sezonama. Sarajevski stogodišnji niz (Grafikon 2) pokazuje povećanje od 11 mm za sto godina (u odnosu na prosjek od 932 mm (1961–1990). To predstavlja povećanje od oko 1,3%, no poređenje sa 2000. godinom (32 mm za sto godina) pokazuje usporavanje ovog trenda.



Grafikon 2. Godišnje sume oborina 1888–2023. godine
Graph 2. Annual sum of precipitation 1888–2023

Najveći dio BiH pokazuje negativan trend tokom proljeća i ljeta, dok je zabilježen porast kišnih oborina tokom jeseni i zime (Majstorović et al., 2008). Poseban problem u vezi sa ovim trendom predstavlja trend opadanja snježnog pokrivača u zimskom periodu, što smanjuje akumulaciju vode u planinskom dijelu zemlje. Sve to ukazuje na ozbiljan deficit vode u proljetnoj i ljetnoj sezoni, koji se već sada osjeća. Dekada 1999–2008. pokazuje značajan ljetnji deficit kiše u Republici Srpskoj (Trebinje 18,4%; Bileća 14,7%; Gacko 12,6%; Prijedor 11,7%; Bijeljina 6,2% itd.) (Karta 2).

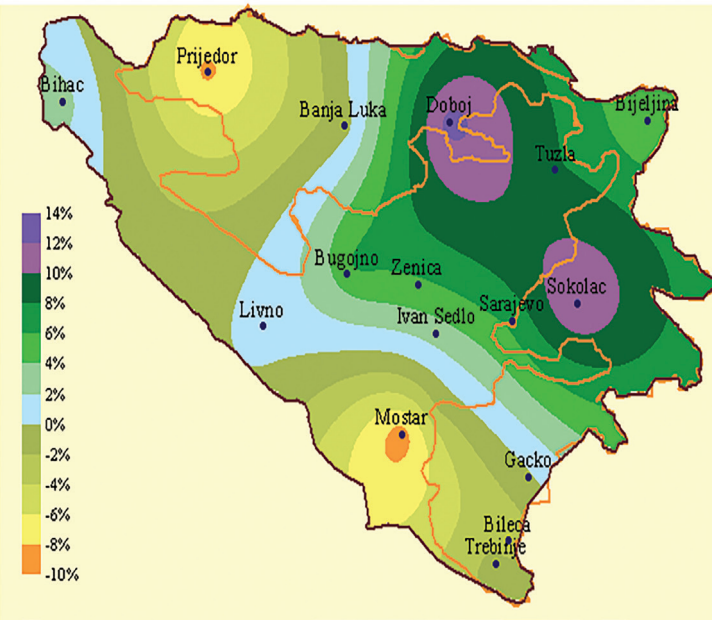
Osim toga, postoji godišnji deficit kišnih oborina u jugoistočnom dijelu FBiH (Mostar – 9,1%) i suficit u centralnom planinskom dijelu (Sarajevo 6,5%, Tuzla 8,2%; vidi Kartu 2). Što se toga tiče, postoji posebna zabrinutost za trend snježnog pokrivača koji opada u zimskom periodu, što smanjuje akumulaciju vode u planinskim dijelovima. Ovi podaci ukazuju na ozbiljan deficit vode u proljetnim i ljetnim sezonama, što se već osjeti (Ekspertna grupa, 2009).

Uočena je sve veća promjenljivost vremena u svim sezonama i ona uključuje brze izmjene kraćih perioda (pet dana i više) ekstremno hladnih i toplih vremenskih uvjeta, tzv. toplih i hladnih valova i perioda sa ekstremno velikim kišnim oborinama, kao i sušama. Te izmjene su često praćene i jakim vjetrovima, premda se mora napomenuti da su vrijednosti brzina vjetra još uvijek manje nego u drugim dijelovima svijeta, kao i štete koje izazivaju. Ovako povećane oscilacije temperature i kišnih oborina dovode do povećanja intenziteta i učestalosti vremenskih nepogoda praćenih pljuskom kiše, nerijetko i

gradom. Uočena je izuzetna promjenljivost vremena u kratkim vremenskim intervalima i na malom prostoru, te pogoršanje biometeoroloških prilika, kao i evidentne posljedice na poljoprivredu, šumarstvo, vodoprivredu, elektroprivredu i ljudsko zdravlje.

Zbog ovih faktora, očekuje se da će se trajanje suhih perioda, učestalost poplava, bujica, klizišta i intenzitet erozije tla povećati tokom sljedećeg stoljeća. Osim toga, očekuje se više pojava grada, oluja, munja i maksimalne brzine vjetra, koji mogu predstavljati prijetnje svim oblicima ljudske aktivnosti.

U posljednjoj dekadi u centralnoj planinskoj zoni postoji trend povećanja količina kišnih oborina na godišnjem nivou, dok u jugozapadnim i sjeverozapadnim dijelovima države postoji trend pada (isključujući krajnji dio zapada – oblast oko Bihaća). U središnjem dijelu BiH, naročito u oblasti oko Doboja i Sokoca, postoji izrazito povećanje u količinama kiša (do 13%) (Karta 2).



Karta 2. Prostorna distribucija godišnjeg suficita/deficita količina kišnih oborina u posljednjoj dekadi (1999–2008) u poređenju sa referentnim periodom (1961–1990) u BiH
Map 2. Space distribution of annual deficit/surplus precipitation in decade 1999–2008 in comparison with 1961–1990) in BiH

Istraživanja provedena 2013. godine pokazuju pravu suštinu trenda oborina i temperature. Naime, porast temperature dovodi i do povećanja potencijalne evapotranspiracije pa, i pored minimalnog porasta suma oborina, imamo povećanje deficita vlažnosti, tj. porast sušnog trenda. To najbolje prikazuje

Tabela 1, gdje su dati rezultati za četiri meteorološke stanice iz raznih dijelova BiH. Naime, kada se napravi razlika perioda 1961–1990. i perioda 2001–2012, vidi se da, osim u dva slučaja, svi mjeseci u toku vegetacionog perioda pokazuju opadanje indeksa P/PET, tj. porast sušnog trenda. Na donjoj tabeli su prikazane mjesečne vrijednosti indeksa P/PET (oborine / potencijalna evapotranspiracija). Vrijednosti ovog indeksa manje od 1 znače da je potencijalna evapotranspiracija prevazišla sumu oborina, tj. da potencijalni gubici vode uslijed isparavanja prevazilaze količinu oborina na tom području (Tabela 1). Iako su polja obojena žutom i narandžastom bojom u porastu u periodu 2001–2012, čini se da situacija nije kritična. Međutim, kada se napravi razlika između ova dva perioda, vidi se da, zapravo, indeksi u gotovo svim poljima opadaju, tj. da je u toku generalni porast deficita oborina, tj. porast sušnog trenda.

Tabela 1. Prosječan mjesečni deficit oborina P/PET za četiri grada u BiH tokom vegetacione sezone za periode 1961–1990. i 2001–2012. te razlika koja ilustruje povećanje sušnog trenda

Table 1. Average monthly deficit of precipitation P/PET for four town in B&H for period 2001–2012 and 1961–1990, and difference which shows increase of drought trend

1961-1990

	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Bihać	2,18	1,29	0,95	0,82	0,96	1,42
Gradačac	1,35	0,99	0,82	0,65	0,63	0,80
Sarajevo	1,50	1,01	0,83	0,70	0,54	1,36
Mostar	2,21	0,88	0,59	0,28	0,41	1,43

2001-2012

	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Bihać	1,79	1,13	0,78	0,51	0,73	2,00
Gradačac	1,17	0,74	0,86	0,48	0,42	0,89
Sarajevo	1,31	0,93	0,70	0,61	0,46	1,31
Mostar	1,87	0,73	0,47	0,26	0,34	1,33

DIFFERENCE

	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Bihać	0,39	0,16	0,16	0,31	0,23	-0,58
Gradačac	0,18	0,25	-0,04	0,16	0,21	-0,09
Sarajevo	0,19	0,08	0,13	0,09	0,09	0,06
Mostar	0,35	0,15	0,12	0,02	0,07	0,10

Legenda

suphumidna zona 0,50<P/PET<0,65

semiaridna zona 0,20<P/PET<0,50

(Napomena: crvenom bojom u tabeli Difference obilježena su polja sa pozitivnom razlikom, tj. ona pokazuju opadanje indeksa P/PET, odnosno porast sušnog trenda u periodu 2001–2012. u odnosu na period 1961–1990)

Zaključak

Od svih ekstrema klimatoloških parametara na teritoriji BiH najrazorniji utjecaj imaju poplave i suše. One imaju razorno djejstvo na poljoprivredu ugroženih područja, vodne bilanse, građevinske objekte, uzrokuju eroziju tla, šumske požare i dr. Na sume oborina i režim oborina zasad čovjek ne može utjecati. Ali, može primjenjivati mjere prilagođavanja, kao i mjere ublažavanja posljedica koje nastaju tim povodom. Što se tiče riječnih tokova, treba intenzivirati mjere regulacije. I ublažavanje i prilagodba od ključne su važnosti za šume i širi sektor korištenja zemljišta, ukazujući na potrebu razumijevanja veze između to dvoje. To dvoje dijeli slične ciljeve, što pruža osnovu za njihovo usklađivanje. Primjena sinergije prilagodbe i ublažavanja u provedbi projekata i programa može imati višestruke koristi.

Svi ovi podaci, a posebno ubrzavanje trendova, ukazuju na ozbiljne probleme u godinama i decenijama koje dolaze.

Kada je riječ o šumskom fondu to znači promjenu uvjeta rasta i života biljnog pokrivača, što ima za posljedicu:

– veću podložnost štetočinama i biljnim bolestima,
– sve veću učestalost šumskih požara i nastalih šteta,
– povećanje opožarenih površina i sve veće erozije tla i nastanak klizišta.

S tim u vezi potrebno je:

– pojačati monitoring šumskog fonda,
– pojačati mjere zaštite od štetočina i biljnih bolesti,
– pojačati mjere protivpožarne zaštite šuma (ev. nabavka kanadera),
– provoditi sanitarnu sječu gdje god je to moguće,
– povećati sadnju na goletima i opožarenim područjima, vodeći računa o novim uvjetima nastalim klimatskim promjenama (povećanje temperature od 1,2°C znači pomjeranje izotermi za 200 m uvis).

Literatura

Ekspertna grupa (2009): Klimatska varijabilnost i procjena ekstremnih događaja, u: Prvi nacionalni izvještaj Bosne i Hercegovine u skladu sa Okvirnom konvencijom Ujedinjenih nacija o klimatskim promjenama, Banja Luka, 58-65.

Leonard, S., Locatelli, B., Murdiyarso, D., Martius, Ch., Quina, M., Baral, H. (2016): A match made in Paris: Adaptation-mitigation synergies in the land sector, CIFOR Infobrief No. 137, Center for International Forestry Research (CIFOR), Bogor, Indonesia.

Majstorović, Ž. (2015): Promjena režima padavina u Bosni i Hercegovini i uticaj na različite oblasti života i ekonomiju u našoj zemlji, u: Zbornik radova. Simpozij Upravljanje rizicima od poplava i ublažavanje njihovih štetnih posljedica, Sarajevo, 4. juni/lipanj 2015. godine, Posebna izdanja CLXI, Odjeljenje prirodnih i matematičkih nauka 25, ANUBiH, Sarajevo.

Majstorović, Ž. (2016): Klimatske promjene i prilagodba u sferi zaštite vodnog fonda u BiH, u: Prvi BiH kongres o vodama, zbornik radova, Sarajevo, Bosna i Hercegovina, 27.–28. oktobar 2016, Udruženje konsultanata inženjera Bosne i Hercegovine, Sarajevo.

Majstorović, Ž. i dr. (2008): Ekstremni događaji i varijabilnost vremenskih prilika u Bosni i Hercegovini u posljednjih deset godina sa posebnim pregledom 2007. godine, Uticaji i izazovi klimatskih promjena na životnu sredinu, Sofija.

Majstorović, Ž. i dr. (2008a): Agrometeorološki i biometeorološki uslovi u Bosni i Hercegovini u posljednjih deset godina / Agrometeorological and biometeorological conditions in Bosnia and Herzegovina in last ten years, Radionica: Potrebe i prioriteti za istraživanjem i obrazovanjem u biotehnologiji primijenjenoj na nadolazeće okolišne izazove u zemljama jugoistočne Evrope, Novi Sad, Srbija, 8–10 juli, 2008.

Pariški sporazum o klimatskim promjenama, april 2016.

Reflection of global climatic changes on territory of Bosnia and Herzegovina, Konferencija Međunarodne unije za geodeziju i geofiziku (IUGG), Peruđa 2007.

Spasova, D., Trbić, G., Majstorović, Ž. (2007): Studija procjene uticaja klimatskih promjena na poljoprivredu i razvoj strategije adaptacije u Bosni i Hercegovini, Vlada Republike Srpske, Ministarstvo za prostorno uređenje, građevinarstvo i ekologiju, Regionalni centar za životnu sredinu, Banja Luka.

Vijeće ministara Bosne i Hercegovine (2013): Strategija prilagođavanja na klimatske promjene i niskoemisionog razvoja za Bosnu i Hercegovinu. https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/ba/CC-LAT-publish-on-WEB.pdf.

Adaptation to climate changes and protection of forests in Bosnia and Herzegovina

Summary: Climate change is a global phenomenon and the mean temperature of the entire planet Earth is constantly rising. Moreover, this process is constantly accelerating. While at the beginning of this millennium the increase amounted to 0.6°C per hundred years, now this increase amounts to over 1°C. The example of the Sarajevo hundred-year series shows that these processes take place in and in BiH. As for precipitation, we have stagnation or a slight increase in the amount of precipitation, which is comforting, however, there is a change in the precipitation regime that is a consequence of increasingly frequent weather extremes, primarily floods and droughts. The Paris Agreement assumes three types of action regarding climate change. The first is the prevention of climate change, the second is mitigation, and the third is adaptation to climate change. Our country does not have major obligations regarding the prevention of climate change, because it does not have large emissions of greenhouse gases, but as far as mitigation and adaptation is concerned, it can only gain there, because adaptation first of all implies a service to oneself. Namely, when it comes to forests, the consequences are more than obvious and are the result of extreme temperatures and changes in the precipitation regime, which affects the conditions of growth and health of the forest fund. All these data, especially accelerating trends, point to serious problems in the years and decades to come. When it comes to the forest fund, this means a change in the conditions of growth and life of the plant cover, which has the following consequences: greater susceptibility to plant pests and other plant diseases; the increasing frequency of forest fires and resulting damages; increase in burned areas and consequences in the form of increasing soil erosion and the occurrence of landslides. In this regard, it is necessary: strengthen the monitoring of the forest fund; strengthen pest protection measures; strengthen forest fire protection measures (possible procurement of Canadians airplanes); carry out sanitary logging wherever possible; to organize the planting of saplings on bare and burnt areas, taking into account the new conditions created by climate change (a temperature increase of 1.2°C means a shift of the isotherm by 200 m upwards).

DOI: 10.5644/PI2024.211.05
Pregledni članak

Zapadna granica ilirske fitogeografske provincije

Sead Vojniković
Univerzitet u Sarajevu, Šumarski fakultet
E-mail: svojnikovic70@gmail.com

Apstrakt: Prvu analizu ilirske vegetacije dao je G. Beck-Mannagetta 1901. godine. Sljedeći rad koji definira ilirsko područje objavljuje L. Adamović 1907. godine. Prema ovom autoru ilirska zona manje-više prati područje središnjih Dinarida – Dinarskih Alpa. Ovaj je autor podijelio ilirsku zonu na bosansku, hercegovačko-crnogorsku i srpsku podzonu.
Pojam ilirskog floralnog elementa uvodi G. Beck-Mannagetta (1901) za označavanje svih biljnih svojti koje su u svojoj rasprostranjenosti u potpunosti ograničene ili locirane po svom središtu s ilirskim državama, bez obzira na vegetacijske oblike kojima pripadaju. Geografski, ovo odgovara Dinarskim Alpama te bi sa klimatskog gledišta to trebali biti uglavnom termofilni i heliofilni elementi, čak i kada su razvijeni u planinskom pojasu. Ove vrste, čak i kada se nalaze pod utjecajem planinske klime Dinarskih Alpa, još uvijek se nalaze pod snažnim (i izraženim) utjecajem mediteranske klime (Trinajstić, 1992).
Ilirsko područje zapravo obuhvata dijelove Slovenije, Hrvatske, Bosne i Hercegovine i Crne Gore. Fukarek (1978) spominje centralnu, tzv. "corr" zonu ilirske provincije, koja pokriva prostor između rijeka Kupe, Korane, Une, Sane i Vrbasa (Slovenija, Hrvatska i Bosna).
Međutim, pored centralne zone, Fukarek, slično kao Adamović (1907), širi ilirski prostor opisuje kao kompleksno područje koje se može podijeliti na: sjeverno (slovensko-hrvatsko), centralno (bosansko) i južno (Hercegovina – Crna Gora). Sličnu početnu poziciju kasnije ima Mayer (1986), koji daje mapu za Balkansko poluostrvo. Na spomenutoj globalno preglednoj karti vidljivo je da "klasično ilirsko područje" ne obuhvata područje pokriveno planinskim grebenom Alpa. Ovo područje, nazvano Alpe, potpuno je izvučeno iz ilirskog područja. Ako analiziramo detaljnu kartu zapadnog područja ilirske provincije koju su dali Wraber (1960) za Sloveniju i Fukarek (1980) za bivšu Jugoslaviju, vidljivo je da po njihovom shvatanju zapadna granica Ilirske provincije završava u Sloveniji i ne ulazi u Austriju. Analizirajući Wraberovu mapu iz 1960. godine, Fukarek 1978. navodi da se u to vrijeme pod naziv *Fagion illyricum*, a sada *Aremonio-Fagion*, uključuje: dinarski, preddinarski, predalpski i djelimično pretpanonski sektor u Sloveniji. Možemo izjednačiti područje Dinarida (Dinarskih Alpa) u geografskom smislu sa fitogeografskim područjem ilirske provincije. Međutim, suprotno navedenom, moderna shvaćanja uključuju i dio južnih Alpa – Koruška u Austriji – u ilirsku fitogeografsku provinciju (Annon. 2006, 2013). Postavlja se pitanje gdje je zapadna granica ilirske fitogeografske provincije?

Ključne riječi: ilirska fitogeografska provincija, zapadna granica, ilirske vrste

Uvod

Prvu analizu ilirske vegetacije dao je G. Beck-Mannagetta 1901. godine. Sljedeći rad koji definiše područje Ilira uradio je L. Adamović 1907. Prema

Adamoviću, ilirska zona iz 1907. godine manje-više prati područje središnjih Dinarskih Alpa. Ilirsku zonu podijelio je na bosansku, hercegovačko-crnogorsku i srpsku podzonu. Pojam ilirskog floralnog elementa uvodi G. Beck-Mannagetta (1901) za označavanje svih biljnih taksona koji se u svojoj distribuciji javljaju u cijelosti ili smješteni sa svojim središtem u tzv. ilirskim zemljama, bez obzira na vegetacijske oblike kojima pripadaju.



Karta 1. Prva karta ilirske provincije (G. Beck-Mannagetta 1901)

Map 1. The first map of the Illyrian province (G. Beck-Mannagetta 1901)



Karta 2. Ilirska provincija prema Adamoviću (1907)

Map 2. Illyrian province according to Adamović (1907)

Geografski, ovo područje odgovara Dinarskim Alpama. Sa fitoklimatskog gledišta unutar bi trebali biti uglavnom termofilni i heliofilni elementi, čak i kada su razvijeni u planinskom pojasu, jer je planinska klima Dinarskih Alpa pod jakim (i izrazitim) utjecajem Mediterana (Trinajstić, 1992).

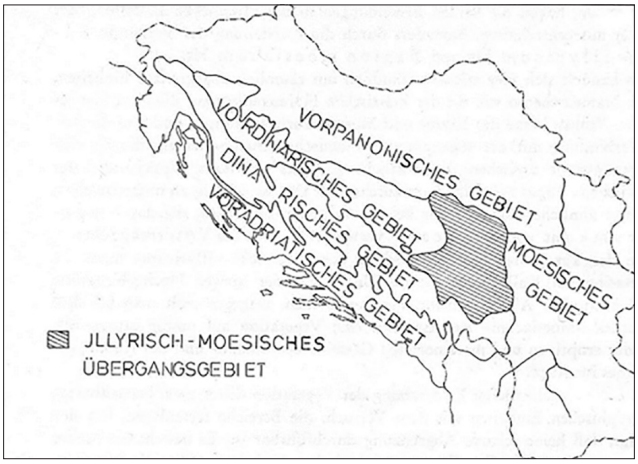
Navedena istraživanja značajna su za razumijevanje početne pozicije prvih istraživača balkanske flore i vegetacije, koji su zapravo definisali da ilirska florogeografska provincija pokriva planinski sistem Dinarskih Alpa. Ovo područje u širem smislu zapravo pokriva dijelove Slovenije, Hrvatske, Bosne i Hercegovine, Srbije i Crne Gore. Fukarek (1979) spominje centralnu, tzv. "corr" zonu Ilirske provincije, koja obuhvata prostor između rijeka Kupe, Korane, Une, Sane i Vrbasa (Slovenija, Hrvatska i Bosna).

Međutim, pored centralne zone, Fukarek, slično kao Adamović, širi ilirski prostor opisuje kao kompleksno područje koje se može podijeliti na: sjeverno (Slovenija – Hrvatska), centralno (bosanski) i južno (Hercegovina – Crna Gora). Sličnu početnu poziciju kasnije ima Mayer (1986), koji daje mapu Balkanskog poluostrva. Na spomenutoj globalno preglednoj karti vidljivo je

da "klasično ilirsko područje" ne uključuje područje koje pokriva alpski planinski greben. Ovo područje, nazvano alpsko, potpuno je izdvojeno iz ilirskog područja. Međutim, novije reference u ilirsko fitogeografsko područje uključuju i dio južnih Alpa u Koruškoj, Austrija (Annon. 2006, 2013).

Ilirska fitogeografska provincija – stanje

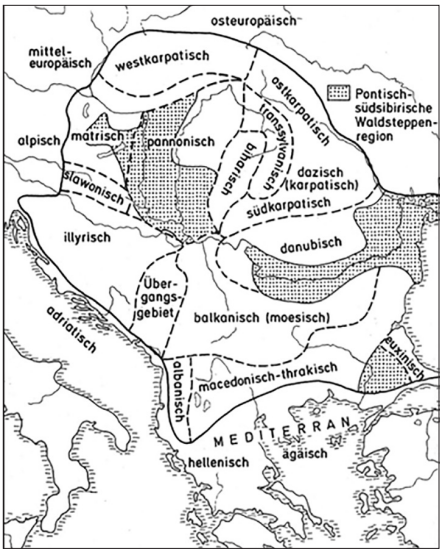
Ako analiziramo detaljnu kartu zapadnog područja ilirske provincije koju je dao Wraber (1960) za Sloveniju i Fukarek (1980) za bivšu Jugoslaviju, vidljivo je da se prema njihovom shvatanju dalja zapadna granica ilirske pokrajine završava u Sloveniji i ne ulazi u Austriju. Analizirajući Wraberovu kartu iz 1960. godine, Fukarek 1978. navodi da, u to vrijeme pod nazivom *Fagion illyricum*, a danas pod nazivom *Aremonio-Fagion*, uključuje: dinarski, preddinarski, predalpski i djelomično pretpanonski sektor u Sloveniji. Alpski sektor nalazi se uz slovensko-austrijsku granicu i dalje u Austriji (prema Mayer 1986), a odvojen je od ilirske fitogeografske provincije i ilirskih bukovih šuma.



Karta 3. Rasprostranjenje ilirske provincije i prelazno ilirsko-mezijske oblasti (Fukarek, 1979)
Map 3. Distribution of the Illyrian province and the transitional Illyrian-Mesian region (Fukarek, 1979)

U klasičnoj knjizi koja analizira vegetaciju jugoistočne Evrope *Vegetation Südosteuropas* (Horvat et al. 1974) detaljno je opisana granica ilirske provincije, poimenično navodeći lokacije do kojih se ona prostire: "Tolminska kotlina u dolini Soče (Isonzo) preko planina oko Cerknog, Idrije i Škofje

Loke, te sliv Save između Kranja i Ljubljane, nastavlja se dolinom Save prema Zidanom mostu (Kum, Veliko Kozje), u donju savinjsku dolinu u dolinu rijeke Dravinje (Konjiška gora, Boč) i dolinu rijeke Sotle (Macelj).”



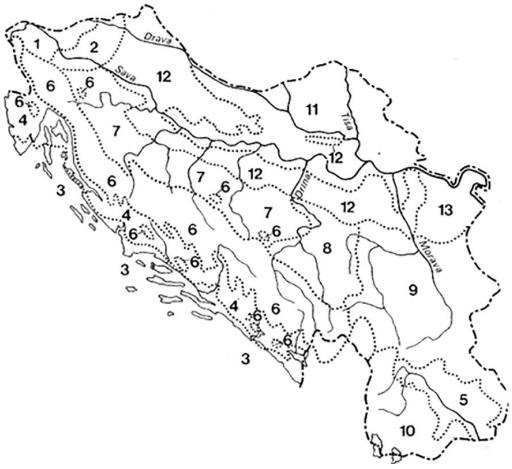
Karta 4. Rasprostranjenje ilirske provincije i prelaza ilirsko-mezijskog područja (Mayer, 1986)

Map 4. Distribution of the Illyrian province and the transition of the Illyrian-Mesian region (Mayer, 1986)



Karta 5. Rasprostranjenje ilirske provincije (Horvat et al. 1974)

Map 5. The distribution of the Illyrian province (Horvat et al. 1974)



PRIRODNA VEGETACIJSKA PODRUČJA JUGOSLAVIJE (po P. Fukareku)

Srednjoevropska regija
Alpska provincija (jugoistočnoalpska potprovincija)
1. Istočnoalpsko područje
2. Predalpsko područje (slovenski sektor)

Mediteranska regija, Eumediteranska podregija
Cirkumjadranska provincija
3. Istočnojadransko područje (vazda zelenih šuma)

Submediteranska regija
Submediteranska provincija
4. Ilirskojadransko područje
5. Egejsko područje (područje rijeke Vardara)

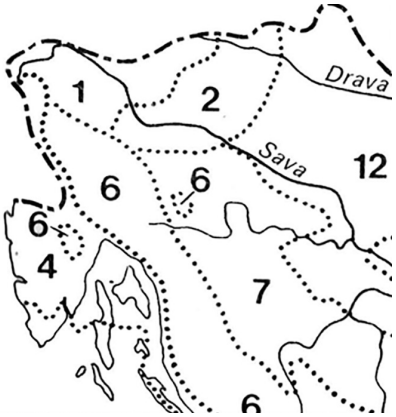
Ilirska provincija
6. Dinarsko područje
7. Preddinarsko područje

Mezijska provincija
8. Ilirsko-mezijsko područje
9. Mezijsko područje (Balkansko-rodopsko područje)
10. Albansko područje (Šarsko-pindsko područje)

Pontsko-južnosibirska regija
11. Panonsko područje
12. Pretpanonsko područje
13. Pretkarpatsko područje

Karta 6. Fitogeografska područja u Jugoslaviji (Fukarek, 1980)

Map 6. Phytogeographic areas in Yugoslavia (Fukarek, 1980)



Karta 7. Isječak karte 6. za Sloveniju (Fukarek, 1980)

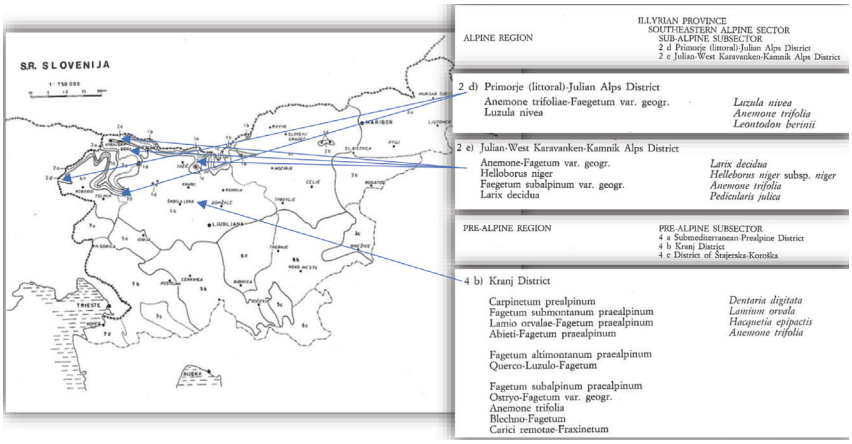
Map 7. Cut of map 6. for Slovenia (Fukarek, 1980)



Karta 8. Fitogeografska područja Slovenije (Wraber, 1960)

Map 8. Phytogeographic areas of Slovenia (Wraber, 1960)

Nasuprot stanovištima Horvata et al. (1974), Mayera (1986) i Fukareka (1979), slovenski autori Zupančič et al. (1987), Zupančič et Žagar (1995), Zupančič i Vreš (2018) navode da u Sloveniji u okviru ilirske provincije postoji alpski region, fitogeografska jedinica koja je definisana u Sloveniji i koja obuhvata jugoistočnoalpski sektor, sa subalpskim podsektorom i zapadnim julijsko-karavansko-kamniškim alpskim distriktom (oznaka na karti 2e), te prealpski sektor, sa jugoistočnoalpskim sektorom – prealpskim podsektorom te kranjskim distriktom i štajerskim i koruškim distriktom (oznaka na karti 4b).

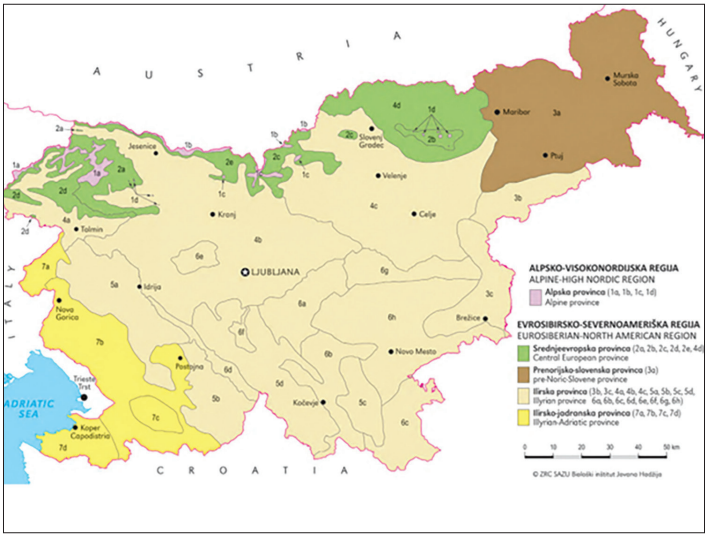


Karta 9. Rasprostranjenje ilirske provincije i prelazno ilirsko-mezijske oblasti (Fukarek, 1979)

Map 9. Distribution of the Illyrian province and the transitional Illyrian-Mesian region (Fukarek, 1979)

U novim istraživanjima Surina (2002) na osnovu istraživanja konstatira da postoje tri skupine bukovih šuma: jedna koja pokriva Dinaride od Albanije do Slovenije (ilirska provincija – zajednica *Omphalodo-Fagetum*), druga koja se jasno izdvaja i obuhvata centralnoevropske sintaksone i treća koja predstavlja predalpske jelo-bukove šume Slovenije (koja je u biti intermedijarna), a koju Surina ipak svrstava u ilirsku zajednicu *Aremonio-Fagion*.

Na osnovu dosadašnjih izlaganja može se zaključiti da ne postoji jedinstven stav gdje se tačno nalazi granica ilirske fitogeografske provincije u Sloveniji, odnosno njena zapadna granica. Slovenski autori ilirsku provinciju "rastežu" u alpski i prealpski region, dok su Fukarek (1980), Mayer (1986) i Horvat et al. (1974) malo suzdržaniji i ograničavaju je na Dinarsko područje. Može se postaviti logičko pitanje gdje tačno završava ilirska provincija: na kraju Dinarida, u Prealpama ili Alpama?



Karta 10. Fitogeografska podjela Slovenije (Zupančič et Vreš, 2018)
Map 10. Phytogeographical division of Slovenia (Zupančič et Vreš, 2018)

Ilirska fitogeografska provincija – ilirske vrste?

Da bismo mogli pojmiti različita shvatanja koja se javljaju, moramo naglasiti da postoje i razlike u konceptu, pristupu definisanju fitogeografske provincije. Jedno je konceptualno, čisto fitogeografsko-klimatogeno, čiji su nositelji: Tregubov, Fukarek, Stefanović, Žagar i donekle i Puncer kao Fukarekov učenik. Drugi je floristički koncept koji slijedi većina slovenskih fitocenologa.

Faktički, postoje razlike u shvatanju fitogeografske provincije na osnovu pojave – areala ilirskih vrsta.

Da bismo bolje razumjeli navedenu konstataciju, citirajmo Stefanovića (1986): "Pored tipične ilirske bukove šume, u Sloveniji je opisana posebna fitocenoza *Anemone trifolii-Fagetum* (Aich.) Treg. na Karavanki, Kamniškim Alpama i Julijskim Alpama, koja čini prelaz između ilirske bukove i srednjoevropskih bukovih šuma. Iako pokazuje još uske veze sa ilirskom šumom, u njoj se postepeno gube endemni ilirski elementi, a u sastavu se ističu: *Cardamine penthaphyllos*, *Anemone trifolia*, *Anemone hepatica*, *Lathyrus ohraceus*, *Cyclamen europaeum*, *Helleborus niger* i druge. Do sada je opisano nekoliko subasocijacija, od kojih najveći značaj ima subasocijacija s arišem (*Anemone trifolii-Fagetum laricetosum* Treg.) jer gradi poseban visinski pojas između 1200 i 1500 m." Jasno je uočljivo da on ovu zajednicu tretira kao prelaznu, odnosno kao netipičnu ilirsku. Slično navodi Horvat još 1950. kad kaže da se u bukovoj šumi u Sloveniji posebno ističe *Cardamine pentaphyllos* (koje nema u Hrvatskoj), odnosno *Anemone trifolia* i *Lathyrus ochraceus* (koje su u Hrvatskoj rijetke), te konstatuje: "S druge strane nema u slovenskoj bukovoj šumi mnogih značajnih vrsta hrvatske bukove šume. Te se vrste prema Sloveniji postepeno gube, a neke su rašireneprr. sve do Bohora, pa je zato teško napraviti razgraničenje obiju asocijacija." Sa druge strane npr. Marinček et al. 1992 jasno svrstavaju *Anemone trifolii-Fagetum* u ilirsku zajednicu *Aremonio-Fagetum*.

Možemo postaviti ne samo retoričko pitanje šta su to "ilirske vrste"? Na ovo se pitanje često i različito odgovaralo: npr. Borhidi 1963, Horvat et al. 1974, Fukarek 1979, Zupančič 1987, Trinajstić 1992. i 1997, Stefanović 1986, Zupančič i Vreš 2018, Vukelić 2012.

U sljedećoj tabeli napravljena je usporedba javljanja "ilirskih vrsta" prema državama – regionima.

Tabela 1. Usporedba javljanja "ilirskih vrsta" prema državama – regionima
Table 1. Comparison of occurrence of "Illyrian species" according to countries – regions

	Source: The Euro+Med PlantBase – the information resource for Euro-Mediterranean plant diversity (http://ww2.bgbm.org/EuroPlusMed/query.asp) – Europe	Oberdorfer / Njemačka	Thommen / Švicarska	Nikolić https://hirc.botanic.hr/fcd/Hrvatska
Species	Country – Region			
Anemone trifolia	Au(A) Ct Fe Ga(F) Hs(S) Hu It Lu Sl	X	X	√
Astrantia major	Ab(A) Al Au(A L) BH Bu Cg Cs Ct Ga(F) Ge He Hs(A S) Hu It La Lt Mk Mo Po Rf(CS) Rm Sk Sl Sr Uk(U)	(o)pralp	√	√

	Source: The Euro+Med PlantBase – the information resource for Euro-Mediterranean plant diversity (http://ww2.bgbm.org/EuroPlusMed/query.asp) – Europe	Oberdorfer / Njemačka	Thommen / Švicarska	Nikolić https://hirc.botanic.hr/fcd/Hrvatska
Astrantia major subsp. illyrica	Ab(A) Al Au(A L) BH Bu Cg Cs Ct Ga(F) Ge He Hs(A S) Hu It La Lt Mk Mo Po Rf(CS) Rm Sk Sl Sr Uk(U)	(o)pralp	√	√
Cardamine enneaphyllos	Al Au(A) BH Cg Cs Ct Ge Hu It Mk Po Rm Sk Sl Sr	opralp	√	√
Cardamine kitaibelii	BH Ct He It Sl	X	√	√
Cardamine savensis (C. waldsteini)	Au(A) BH Cg Ct Hu Sl	X	X	√
Cardamine trifolia	Au(A) BH Cs Ct Ga(F) Ge He Hu It No Po-Rm Sk Sl-Uk [Br]	opralp	√	√
Helleborus dumetorum subsp. atrorubens	?BH Ct Sl SM Sr	X	X	√
Helleborus niger subsp. macranthus	Ct-Gr He It	opralp	√	√
Cyclamen purpurascens	Au(A)-Bu-Co Cs Ct Ga(F) Ge He Hu It-LS Sl Sr	opralp	√	√
Epimedium alpinum	Al Au(A) BH Bu Cg Ct It Sl Sr	opralp	√	√
Hacquetia epipactis	Au(A) Cs Ct It Po Sk Sl	X	X	√
Homogyne sylvestris	Au(A)-BH ?Cg Ct It ?Rm Sl	X	X	√
Knautia drymeia	Al Au(A) Bu Cs Ct Ge Gr He Hu It Rm Sk Sl Sr	osmed	√	√
Lamium orvala	Au Hu It Ju	opralp	√	√
Lathyrus ochraceus	Au(A) Ga(F) Ge He Hs(S) It Ju	opralp	√	√
Omphalodes verna	Al Au(A) Ct dGr It Rm Sl	opralp-smed	√	√
Saxifraga rotundifolia	AE(G) Al Au(A) BH Bu Cg Co Cr Ct Ga(F) Ge Gr He Hs(A S) It Mk Rm Sa Si(S) Sk Sl Sr Tu(A)	pralp	√	√
Vicia oroboides	Au(A) Hu It Ju	opralp	X	√

	Source: The Euro+Med PlantBase – the information resource for Euro-Mediterranean plant diversity (http://ww2.bgbm.org/EuroPlusMed/query.asp) – Europe	Oberdorfer / Njemačka	Thommen / Švicarska	Nikolić https://hirc.botanic.hr/fcd/Hrvatska
Aremonia agrimonoides	Al Au(A) BH Bu Cg Cs Ct Ge Gr Hu It Mk Rm Si(S) Sk Sl Sr Tu(A E) Uk(U)	osmed	√	√
Calamintha grandiflora	Ag Al Au Bu Co Cr Ga Gr He Hs It Ju Ma Rm Si Tcs Tu(A E)	X	√	√
Saxifraga cuneifolia	Au(A) BH Ct Ga(F) He Hs(S) It Rm Sl [cPo]	pralp	√	√
Cruciata glabra	Al Ar Au(A) Bu By Co Cs Ct Es Ga(F) Gg Gr He Hs(S) Hu It Lt Lu Mo Po Rf(C E NW) Rm Sa Si(S) Sk Sl Sr Uk	smed	X	√

Objašnjenje kodova – Code – Region: AE – East Aegean Islands; AE(G) – Greek East Aegean Islands; Ab – Azerbaijan; Ab(A) – Azerbaijan; Ar – Armenia; Al – Albania; Au – Austria with Liechtenstein; Au(A) – Austria; Au(L) – Liechtenstein; Be(B) – Belgium; BH – Bosnia and Herzegovina; Br – Great Britain; Bu – Bulgaria; Cg – Montenegro; Co – Corse; Cs – Czech Republic; Ct – Croatia; Da – Denmark with Bornholm; Fe – Finland with Ahvenanmaa; Ga – France; Ga(F) – France; Ge – Germany; Gg – Georgia; Gr – Greece; He – Switzerland; Hs – Spain; Hs(A) – Andorra; Hs(S) – Spain; Hu – Hungary; It – Italy; Ju – Former Jugoslavia; La – Latvia; Lt – Lithuania; Lu – Portugal; Mk – The former Jugoslav Republic of Makedonija; Mo – Moldova; No – Norway; Po – Poland; Rf – The Russian Federation; Rf(C) – Central European Russia; Rf(CS) – North Caucasus; Rf(NW) – Northwest European Russia; Rm – Romania; Sa – Sardegna; Si – Sicily with Malta; Si(S) – Sicily; Sk – Slovakia; Sl – Slovenia; Sr – Serbia including Kosovo and Vojvodina; Su – Sweden; Tcs – Transcaucasia (Azerbaijan, Armenia, and Georgia); Tu – Turkey; Tu(A) – Asiatic Turkey; Uk – Ukraine. Uk(U) – Ukraine.

Simbol : (o)pralp – (istočni) predalpski; opralp – istočni predalpski; (o)smed – (istočni) submediteran; pralp – predalpski; osmed – istočni submediteran.

Simbol : √ – pojavljuje se; X – ne pojavljuje se.

Iz Tabele 1. se vidi da baš nije jednoznačno definisano šta je to ilirska vrsta. Deduktivna analiza Tabele 1. ukazuje na to da se može zaključiti da je zapravo samo nekoliko vrsta uže ograničeno na ilirski fitogeografski prostor npr.: *Cardamine kitaibelii*; *Cardamine savensis* (C. waldsteini); *Helleborus dumetorum* subsp. Atrorubens; *Helleborus niger* subsp. Macranthus; *Hacquetia epipactis*; *Homogyne sylvestris*; *Vicia oroboides*. Ostale vrste koje je Borhidi (1963) naveo kao ilirske zapravo predstavljaju vrste šireg evropskog opsega. Još je nejasnije ako uzmemo stav Zupančiča et al. 1987, koji kao karakteristične vrste ilirske provincije za jugoistočnoalpski sektor – subalpski podsektor te zapadni julijsko-karavansko-kamniški alpski distrikt navode: *Larix decidua*, *Heleborus niger* ssp. niger, *Anemone trifoliia*, *Pedicularis julica*, a za prealpski sektor, koji obuhvata jugoistočnoalpski sektor – prealpski podsektor, te kranjski i štajerski i koruški distrikt: *Dentaria digitata*, *Lamium orvala*, *Hacquetia epipatis*, *Anemone trifolia*, *Galium rotundifolium*.

Kritički stav u shvatanju ilirskih vrsta bukovih šuma imao je Fukarek (1978), koji navodi: "većina ilirskih vrsta u Bosni prodiru u pritoku rijeke Une i ne obuhvataju šume srednjih i južnih Dinarida". On smatra da se ilirska

provincija mora podijeliti na nekoliko sektora, i to: slovensko-hrvatski sektor (misli na Dinaride), središnji dinarski sektor za koji smatra da se mogu izdvojiti, prije kao karakteristične vrste zajednica nego diferencijalne vrste sektora: *Astrantia elatior*, *Evoniumus latifolia*, *Daphne laureola*, *Lonicera alpigena* i *Rhamnus fallax*. Krajnji je hercegovačko-crnogorski sektor. Na karti br. 6. Fukarek (1980) u ilirsku provinciju svrstava isključivo dinarsko i preddinarsko područje.

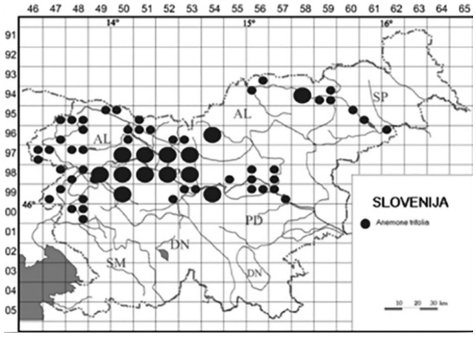
Možemo postaviti pitanje šta je starije, kokoš ili jaje – odnosno da li pojava vrste definiše prostor (provinciju) ili provincija definiše fitogeografsku pripadnost vrste? Uzmimo npr. vrstu *Anemone trifolia* koju većina slovenskih istraživača tretira kao ilirsku, jer je pozicioniraju u ilirsku zajednicu bukovih šuma *Aremonio-Fagetum* kao karakterističnu vrstu *Anemono trifolii-Fagetum*.

Prostorom je ova vrsta većinski vezana za Alpe i Prealpe Slovenije, Austrije i Njemačke, a javlja se i u Andori, Mađarskoj, Italiji, Portugalu. Vrlo rijetko je nalazimo u Hrvatskoj i ne nalazimo je u BiH. Dakle, je li ova vrsta ilirska ili alpska? Da li areal javljanja ove vrste kao takav definiše areal ilirske provincije, ili pak areal ilirske provincije definiše fitogeografski položaj ove vrste? S gledišta starog shvatanja ilirske provincije koja obuhvata Dinaride, *Anemone trifolia* nije ilirska vrsta, niti pripada ilirskoj fitogeografskoj provinciji. Na osnovu analize areala možemo potpuno obrnuto postaviti tezu da je *Anemone trifolia* alpska vrsta (dominira u Alpama i Prealpama) koja prodire prema Dinaridima i njen areal prestaje u ilirskoj provinciji kada počinju dominirati ilirski klimatski utjecaji.



Karta 11. Rasprostranjenje vrste *A. Trifolia* u području (Pre)Alpa (Trinajstić, 1997)

Map 11. Distribution of the species A. trifolia *in the area of the (pre)Alps (Trinajstić, 1997)*



Karta 12. Rasprostranjenje *A. trifolia* u Sloveniji (Surina, 2002)

Map 12. Distribution of A. trifolia *in Slovenia (Surina, 2002)*

Slično je shvatanje da je *Larix decidua* alpsko-ilirska vrsta, ali je i odgovor sličan. U krajnjoj liniji svrstati vrstu *Larix decidua* (krajnji jugoistočni areal je u slovenskim Alpama) u ilirsku vrstu ima smisla koliko i npr. *Pinus heldreichii*, *Acer heldreichii* ili *Corylus colurna* (krajnji areal za sve tri vrste je u jugoistočnim Dinaridima u BiH).

Upravo je ovakvo kompleksno shvatanje iznjedrilo i različito shvatanje sintaksonomskog položaja važne zajednice za (Pre)Alpe: *Anemono trifolii-Fagetum* Tregubov 1962.

Tabela 2. Komparativna analiza pripadnosti fitocenoze *Anemono trifolii-Fagetum* Tregubov 1962 odgovarajućoj svezi prema različitim autorima

Table 2. Comparative analysis of the belonging of the phytocenosis Anemono trifolii-Fagetum *Tregubov 1962 to the appropriate association according to different authors*

Autori/ Author(s)	Tregubov (Zukrigl 1988)	Smole (1988)	Marincek et al. (1992)	Willner (2002)	Willner i Grabherr (2007)	Bončina et al. (2021)
Sveza/ Alliance	*Fagion medioeuropaeum*	*Fagion illyricum (Aremonio-Fagion)*	*Aremonio-Fagion*	*Asperulo-Fagion*	*Fagion sylvaticae*	*Aremonio-Fagion*
Podsveza/ Suballiance			*Lamio orvalae-Fagenion*	*Lonicero-Fagenion*	*Lonicero-Fagenion*	

Uočljivo je da postoje dva shvatanja pripadnosti ove fitocenoze različitim zajednicama: slovenski, koji je svrstava u ilirsku zajednicu bukovih šuma *Aremonio-Fagion*, i austrijski, koji je svrstava u srednjeevropsku zajednicu bukovih šuma *Fagion sylvaticae*.

Nadalje se postavlja pitanje da li sam prodor ilirskih vrsta znači pripadnost ilirskoj provinciji? Ako je odgovor pozitivan, pitanje je na koji se broj vrsta to odnosi? Je li to jedna, dvije, tri ili više ilirskih vrsta? Ili pak pojedine vrste imaju veću specifičnu težinu – važnost pa je dovoljno pojavljivanje jedne ilirske vrste da cijelo područje proglasimo ilirskim? Stupar et al. (2022) kod analize prelazne balkansko-panonske zone *Aremonio-Fagiona* i *Fagion sylvaticae* postavljaju granicu dvjema ilirskim vrstama. Ovo zapravo znači da dvije i manje ilirskih vrsta određuje pripadnost zajednici *Fagion sylvaticae*, a tri i više zajednici *Aremonio-Fagion*. Po ovom načelu veći dio Srbije i većina dijelova sjeverne Bosne i Hercegovine i sjeverne Hrvatske smješteni su u umjereni *Fagion sylvaticae*. S druge strane, područja Slovenije i SZ Hrvatske dodijeljene su uglavnom zajednici *Aremonio-Fagion*. Ovi autori dalje zaključuju da se karakteristične vrste sa užom ilirskom rasprostranjenošću, kao što su: *Lamium orvala*, *Omphalodes verna*, *Hacquetia epipactis*, *Homogyne sylvestris*, *Scopolia carniolica*, *Helleborus niger* i *H. atrorubens* nikada ne pojavljuju u fitocenološkim snimcima s dvije ili manje ilirskih vrsta.

Ilirska fitogeografska provincija – ekološko-vegetacijska diferencijacija?

Također se postavlja pitanje floorističkog principa za određivanje areala određene fitogeografske provincije. Floristički princip je fitocenološki standard prema ICPN koji određuje metod i sintaksonomsku diferencijaciju biljnih zajednica. Postavlja se pitanje da li isti taj princip, bez holističkog pristupa svim segmentima ekosistema, treba primijeniti za fitogeografsku diferencijaciju? Imamo li, na kraju krajeva, kao ekolozi pravo "izbaciti" stanište iz konteksta razumijevanja fitogeografije? Nije li veza vrsta – stanište osnovni postulat ekologije?

Fitogeografska podjela nije dio Braun-Blanquet sistema, nije dio sinsistematskih jedinca i kategorizacije. Fitogeografska podjela nije sinhorologija, čemu često teže fitocenolozi. Sam naziv fitogeografska provincija sadrži u sebi prefiks *fito* – odnosi se na biljke, vegetaciju i pridjev *geografska* – odnosi se na prostor koji nosi određene ekološke karakteristike. Često se ekološke karakteristike zanemaruju i u prvi plan se stavljaju isključivo biljne vrste koje definišu fitogeografski prostor svojim javljanjem, te se taj prostor poistovjećuje s određenim sintaksonomskim kategorijama. Da li je to baš tako, odnosno mogu li se drugi ekološki i drugi parametri uzeti za diferencijaciju fitogeografskog područja? Povijest i istraživanja šumske vegetacije u BiH pokazuju da mogu i da se trebaju posmatrati šire. Ako analiziramo *Ekološko-vegetacijsku rejonizaciju BiH* (Stefanović et al. 1983), vidjećemo da se rejonizacija BiH zasniva na ovim načelima. Isti primjer može se uzeti i na nivou fitogeografske provincije.

Slično kao što je urađeno za BiH (Stefanović et al. 1983) i Košir (1975, 1994) je podijelio Sloveniju na osnovu fitoklimatske teritorije, odnosno klimatskih (i mikroklimatskih) podataka, gdje je došao do pet osnovnih klimatskih jedinica, s kojima je povezao vegetaciju. On povezuje klimatske i vegetacijske regije u fitoklimatske teritorije: submediteranska, dinarska, preddinarska, alpska i predalpska i subpanonska fitoklimatska područja, slično kao Wraber (1960). Navodeći da je napustio čisto floristički princip, Zupančič i Vreš (2018) se pitaju može li se fitoklima smatrati dijelom fitogeografskih podjela i odmah zaključuje da klimu ne možemo uvrstiti u standardnu fitogeografsku podjelu. U svojoj podjeli Košir ne dijeli alpski i predalpski prostor (nego ga objedinjuje) i predviđa izuzetno široko područje predalpske fitoklime. Također uključuje sjeverozapadni i sjeveroistočni dio središnje Slovenije u preddinarsko područje. Ovo je za Zupančiča i Vreša (2018) problematično.

Međutim, Vojniković et al. (2023) u istraživanju klime ilirskog područja BiH, Hrvatske, te cijele Slovenije i Austrije (samo Koruška) uočavaju jasne

razlike. Ovo istraživanje pokazuje da BiH i Hrvatska nesumnjivo imaju pretežno ilirsku klimu, dok Slovenija i Austrija (Koruška) odstupaju od tipične ilirske klime. Alpsko područje Slovenije po temperaturi i padavinama zimi je slično BiH i Hrvatskoj, a po ljetnim padavinama slično Austriji (Koruška). Austrija (Koruška) po svim analiziranim parametrima jasno odstupa od klimatskih karakteristika BiH i Hrvatske. Navedene klimatske studije pokazuju da alpski dio Slovenije predstavlja prijelazno ilirsko-alpsko područje, dok Austrija (Koruška) pripada alpskom fitogeografskom području. Ova tvrdnja ne isključuje da se ilirska flora ili ilirske biljne zajednice (kao sintaksoni) mogu pojaviti ekstrazonalno unutar (pre)alpskog područja.

Drugi primjer može biti raslojavanje vegetacije. Horvatić (1967) lijepo ističe da pod utjecajem maritimnog karaktera klime, smrča izbjegava topla strujanja zraka u planinama u Bosni i Hrvatskoj (tipičnoj ilirskoj provinciji) i ne pravi subalpski visinski pojas, nego njegovo mjesto zauzima bukva. S druge strane subalpsko područje Slovenskih Alpa karakterizira prisutnost ariša (*Larix decidua*). Slično navodi i Stefanović (1986), koji konstatuje da se u subalpskom pojasu u Alpama Slovenije ariš dobro razvija, dok se bukva slabije razvija. Slično navode Janković (1963), kao i Jovanović (1967), koji smatraju da je to zaseban tip zoniranja – južnoalpski (izvandinarski). Može se zaključiti da raslojavanje vegetacije također indicira fitogeografsku pripadnost.

Treći primjer koji pokazuje drugačiji karakter staništa, a odslikava se u sindinamici, jest pojava bijelog bora u sukcesiji. U širem kontekstu, Vojniković (2015) dovodi u vezu pojavnost ariša (*Larix decidua*) u Alpama i bijelog bora (*Pinus sylvestris*) u Dinaridima (kao *Piceo-Pinetum illyricuim* Stef. 1960) u kontekstu različitih pravaca sukcesije. On smatra da su Alpe mezofilnije od Dinarida i stoga pogodnije za pojavu ariša, a obrnuto je uočljivo za bijeli bor. Pojavnost bijelog bora na dolomitnim padinama alpskog područja u Sloveniji u biljnoj zajednici *Rodothamno-Pinetum sylvestris* (Rozman et al. 2020) navode Bončina i sur. (2021) i ističu da ovaj tip ne uključuje pionirsku sukcesiju sastojina bijelog bora na potencijalnim staništima bukve u Alpama, već predstavlja trajni stadij vegetacije, potvrđujući Vojnikovićevo stajalište. No, čak i u kontekstu izgradnje zajednice, Vojniković (2015) ariš shvaća kao pionirsku alpsku vrstu i pridaje mu veći značaj u pripadnosti alpskom prostoru nego pojavi ilirskih vrsta, koje se također mogu naći u alpskom prostoru.

Sve navedeno pomaže u shvatanju šta je to ilirska provincija, uključujući i floru. Odnosno, tek uključujući sve faktore: ekološke (klimu, geološku podlogu, tlo i orografiju), vegetacijske (raslojavanje vegetacije, sindinamiku

vegetacije) i florističke može se opredijeliti za obuhvat koji zauzima određena fitogeografska provincija.

Na kraju i ne manje važno, postavlja se pitanje šta je to granica u vegetaciji? Ako razmatramo koncept vegetacijskog kontinuuma, kako navode Pedrotti (2013) i Krebs (2001), kao i prema Gleason (1926; 1939), Whittaker (1962), McIntosh (1967), Austin i Smith (1989), postavlja se retoričko pitanje *granice zajednice*. Prema ovim autorima, biljne zajednice postepeno se mijenjaju u zavisnosti od okolinskih uslova i vrste se distribuiraju u kontinuitetu duž takvih ekoloških gradijenata. Sličan koncept možemo razmatrati i za granice flornogeografskih provincija. Zapravo, i u jednom i u drugom slučaju možemo tvrditi da su jasne granice vrlo rijetke i najčešće predstavljaju vrlo široke ekotone (u slučaju provincija) i uske ekotone (u slučaju biljnih zajednica) gdje se vrste smjenjuju kako se mijenjaju ekološki uvjeti.

Zaključci

Od početka XX vijeka smatra se da ilirska fitogeografska provincija obuhvata sljedeće države: Crnu Goru, BiH, Hrvatsku i Sloveniju, a od prve dekade XXI vijeka i JI Alpe u Austriji. Postoje karte različitih autora koji različito definišu zapadnu granicu ilirske provincije. Posebno se ističu različiti stavovi Fukareka (1980) i Zupančiča et al. (1987, 1995, 2018) o ovom pitanju. Postavlja se logičko pitanje gdje tačno završava ilirska provincija: na kraju Dinarida, u Prealpama ili Alpama? Odgovor na ovo pitanje uglavnom se tražio u arealu tzv. ilirskih vrsta. Različiti autori su dali listu ilirskih vrsta npr.: Borhidi 1963, Horvat et al. 1974, Fukarek 1978, Zupančič 1987, Zupančić i Vreš 2018, Trinajstić 1992. i 1997, Stefanović 1986, Vukelić 2012... Deduktivna analiza ukazuje na to da se može zaključiti da je zapravo samo nekoliko vrsta uže ograničeno na ilirski fitogeografski prostor, npr.: *Cardamine kitaibelii*; *Cardamine savensis* (C. waldsteini); *Helleborus dumetorum* subsp. Atrorubens; *Helleborus niger* subsp. Macranthus; *Hacquetia epipactis*; *Homogyne sylvestris*; *Vicia oroboides*.

Može se postaviti pitanje da li pojava vrste definiše prostor (provinciju) ili provincija definiše fitogeografsku pripadnost vrste? U ovom tekstu na ovo pitanje se pokušalo odgovoriti kroz pojavu vrste *Anemona trifolia*. Na osnovu analize areala možemo potpuno obrnuto postaviti tezu – da je *Anemone trifolia* alpska vrsta (dominira u Alpama i Prealpama) koja prodire prema Dinaridima i njen areal prestaje dublje u ilirskoj provinciji, kada počinju dominirati ilirski klimatski uticaji. Slično shvatanje je da je *Larix diecidua*

ilirsko-alpska vrsta, ali je i odgovor sličan, s tom razlikom da je on vezan isključivo za Alpe. U razmatranje šta je fitogeografska provincija treba uzeti sve ekološko-vegetacijske i florističke parametre koji mogu pomoći u određivanju granice područja, a ne oslanjati se isključivo na floru. Pitanje je ima li ilirske fitogeografske provincije bez ilirske klime?

Stefanovićev (1986) i Horvatov (1950) stav u vezi sa zapadnom granicom ilirske provincije je da se ilirske vrste ulaskom u alpski prostor gube, odnosno da imamo prelaze između provincija. Obrnuto važi za alpske vrste koje, kako se približavaju ilirskom prostoru, polako nestaju. Vidljivi dio odgovora može se uočiti na kartama Fukareka (3 i 6) i Mayera (4), koji na istočnoj granici ilirske provincije definišu prelazno ilirsko-mezijsko područje. Analogno, ako postoji prelazno područje na istoku ilirske provincije, slična situacija postoji i na zapadu. Na kraju krajeva, postoji prelazno područje provincija i u Sloveniji koje i Fukarek (1980) i Zupančič i Vreš (2018) nazivaju jadransko-ilirskim područjem/provincijom. Posebno treba imati na umu koncept vegetacijskog kontinuuma, što je u suštini široki prelaz – ekoton provincija. Taj prelaz predstavlja prelazno ilirsko-alpsko područje. Ovaj prelaz je difuzan, postepen, sa različitom klimom u odnosu na tipičnu ilirsku klimu. To ne isključuje ekstrazonalnu pojavu ilirskih vrsta ili biljnih zajednica, ali te pojave ne definišu jasno taj fitogeografski prostor. To prelazno ilirsko-alpsko područje počinje na kraju Dinarida u Sloveniji, a završava u vrhovima Slovenskih Alpa (obuhvata predalpsko i alpsko područje – slično kao kod Košira 1975). Sa druge strane, Dinaridi u Sloveniji su integralni dio ilirske fitogeografske provincije koji se veže na Hrvatsku, BiH i Crnu Goru.

Literatura

Adamović, L. (1907): Die pflanzengeographische Stellung und Gliederung der Balkanhalbinsel. Resultate einer im Sommer 1905 in den Balkanländern unternommenen Reise, die von der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften aus der Treitl-Stiftung subventioniert wurde. Staatsdruckerei, Wien (3. Auflage), Springer Verlag, Wien.

Annon. (2006): European forest types – Categories and types for sustainable forest management reporting and policy, European Environment Agency, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

Annon. (2013): Interpretation Manual of European Union Habitats – Eur28, European Commission, DG Environment, Nature ENV B.3.

Austin, M. P., Smith, T. M. (1989): A new model for the continuum concept, Vegetatio, 83, 35-47.

Beck, G. (1901): Die Vegetationsverhältnisse der illyrischen Länder, begreifend Sudcroatien, die Quarnero-Inseln, Dalmatien, Bosnien und die Hercegovina, Montenegro, Nordalbanien, den Sandzak Novipazar und Serbien, Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig, map supplement. Die Vegetation der Erde, vol. 4.

Bončina, A., Rozman, A., Dakskobler, I., Klopčič, M., Babij, V., Poljanec, A. (2021): Gozdni rastiščni tipi Slovenije, Biološki inštitut Jovana Hadžija ZRC SAZU, Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete, Zavod za gozdove Slovenije.

Borhidi, A. (1963): Die Zönologie des *Fagion illyricum* Verbandes. I. Allgemeiner Teil., Acta Bot. Acad. Sci. Hung., 9, 259-297.

Dzwonko, Z., Loster, S. (2000): Syntaxonomy and phytogeographical differentiation of the *Fagus* woods in the Soutwest Balkan Peninsula, Journal of Vegetation Science, 11, 667-678.

Fukarek, P. (1978): Verbreitungsgebiete einiger Charakterarten der slowenischen und kroatischen Buchenwälder und ihre Bedeutung für die regionale Gliederung des dinarischen Florengebietes, Mitteil. Ostalp.-dinar. Ges. Vegetationsk. 14, 147-157.

Fukarek, P. (1979): Die pflanzengeographische Abgrenzung des illyrischen vom moesischen Gebiet. Phytocenologia 6 (1–4), 434-438.

Fukarek, P. (1980): Geografija šuma, u: Šumarska enciklopedija I, Jugoslavenski leksikografski zavod, Zagreb.

Gleason, H. A. (1926): The Individualistic Concept of the Plant Association, Bulletin of the Torrey Botanical Club, 53 (1), 7-26.

Gleason, H. A. (1939): The Individualistic Concept of the Plant Association, American Midland Naturalist, 21 (1), 92-110.

Horvat, I. (1938): Biljnosociološka istraživanja šuma u Hrvatskoj. Glas. za šum. pokuse, 6, 127-279.

Horvat, I. (1950): Šumske zajednice Jugoslavije (Les associations forestieres en Yougoslavie), Zagreb.

Horvat, I., Glavač, V., Ellenberg, H. (1974): Vegetation Südosteuropas, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

Horvatić, S. (1967): Fitogeografske značajke i rasčlanjanje Jugoslavije, Analitička flora Jugoslavije I/1, Institut za botaniku Sveučilišta u Zagrebu.

Janković, M. M. (1963): Fitoekologija sa osnovama fitocenologije i pregledom tipova vegetacije na zemlji; Univerzitet u Beogradu, Naučna knjiga, Beograd.

Jovanović, B. (1967): Dendrologija sa osnovama fitocenologije, Univerzitet u Beogradu, Naučna knjiga, Beograd.

Košir, Ž. (1975): Rastlinstvo, u: Gregorič, V., Kalan, J., Košir, Ž.: Gozdovi na Slovenskem. Geološka in gozdnovegetacijska podoba. Ljubljana, 30-62.

Košir, Ž. (1994): Ekološke in fitocenološke razmere v gorskem in hribovitem jugozahodnem obrobju Panonije, Ministarstvo za kmetiljstvo in gozdarstvo, Zveza gošdarskih društev Slovenije, Ljubljana.

Krebs, C. J. (2001): Ecology, Benjamin Cummings, San Francisco.

Marinček, L., Mucina, L., Zupančic, Č, M., Poldini, L., Dakskobler, I., Accetto, M. (1992. [tj. 1993]): Nomenklatorische Revision der illyrischen Buchenwalder, Studia Geobotanica, 12, 121-135.

Marinček, A., Šilc, U., Čarni, A. (2013): Geographical and ecological differentiation of *Fagus forest* vegetation in SE Europe, Applied Vegetation Science, 16, 131-147.

Mayer, H. (1986): Europäische Wälder, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York.

McIntosh, R. M. (1967): The continuum concept of vegetation, Botanical Review, 33 (2), 130-187.

Oberdorfer, E. (1994): Pflanzen-soziologische Exursionsflora, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

Pedrotti, F. (2013): Plant and vegetation mapping, Geobotany Studies, Basic, Methods and Case Studies, Springer, Heidelberg, New York, Dordrecht, London.

Smole, I. (1988): Katalog gozdnih združb Slovenije, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo, Ljubljana.

Stefanović, V. (1960): Tipovi šuma bijelog bora na području krečnjaka istočne Bosne, Radovi, knj. XVI, Odjeljenje privredno-tehničkih nauka, knj. 4, Naučno društvo Bosne i Hercegovine, Sarajevo, 82-142.

Stefanović, V. (1986): Fitocenologija sa pregledom šumskih fitocenoza Jugoslavije, Svjetlost, Sarajevo.

Stefanović, V., Beus, V., Burlica, Č., Dizdarević, H., Vukorep, I. (1983): Ekološko-vegetacijska rejonizacija Bosne i Hercegovine, Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Posebna izdanja fakulteta, br. 17, Sarajevo.

Stupar, V., Milanović, Đ., Škvorc, Z., Čarni, A. (2022): Delimitation of *Aremonio-Fagion* and *Fagion sylvaticae* in transitional zone between NW Balkan Peninsula and Pannonian Plain, u: Hrivnák, R., Slezák, M. (ur.) Plant communities in changing environment 2022, 30th Conference of the European Vegetation Survey, 9 – 13 May, Bratislava, Slovakia, 18.

Surina, B. (2002): Phytogeographical differentiation in the Dinaric fir-beech forest (*Omphalodo-Fagetum* s. lat.) of the western part of the Illyrian floral province, Acta Bot. Croat., 61 (2), 145-178.

Thommen, E. (1973): Taschenatlas der Schweizer Flora, Birkhauser Verlag, Basel, Stuttgart.

Trinajstić, I. (1992): A contribution to the phytogeographical classification of the Illyrian floral element, Acta Bot. Croat., 51, 135-142.

Trinajstić, I. (1997): Phytogeographical analysis of the illyricoid floral geoelement, Acta Biologica Slovenica, 41 (2/3), 77-85.

Vojniković, S. (2015): Determining the illyrian origin forest communities of beech forests Karawanke-Karinthian alps (Austria), Works of the Faculty of Forestry University of Sarajevo, 2, 1-24.

Vojniković, S., Balić, B., Višnjić, C. Neumann, M. (2023): Climate Characteristics of the Illyrian Phytogeographic Area; SEEFOR (in press).

Vukelić, J. (2012): *Šumska vegetacija Hrvatske*, Šumarski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, DZZP, Zagreb.

Willner, W. (2002): Syntaxonomische Revision der südmitteleuropäischen Buchenwälder, Phytocoenologia, 32 (3), 337-453.

Willner, W., Grabherr, G. (2007): Die Wälder und Gebüsche Österreichs, Elsevier, München.

Whittaker, H. (1962): Classification of natural communities; Bot. rev. 28 (1).

Wraber, M. (1960): Fitosociološka razčlenitev gozdne vegetacije v Sloveniji, u: Lazar, J. (ur.) Ad annum Horti botanici Labacensis solemnem, Univerza v Ljubljani, Ljubljana, 49-96.

Zukrigl, K. (1988): Die Montanen Buchenwälder der Österreischen südalpen (Karawanken und Karnische Alpen), Sauteria, 4, 11-16.

Zupančič, M., Marinček, L., Seliškar, A., Puncer, I. (1987): Considerations on the phytogeographyc division of Slovenia, Biogeographia, XIII, 89-98.

Zupančič, M., Žagar, V. (1995): New Views about the phytogeographic division of Slovenia, I, Razprave IV razreda SAZU, 36 (1), 3-30.

Zupančič, M., Vreš, B. (2018): Phythogeographic analysis of Slovenia, Folia Biologica et Geologica, 59/2, 159-211.

The western border of the Illyrian phytogeographical province

Summary: Since the beginning of the 20th century, the Illyrian phytogeographical province has been considered to include the following countries: Montenegro, BIH, Croatia and Slovenia, and since the first decade of the 21st century, the SE Alps in Austria. There are maps by different authors that define the western border of the Illyrian province in different ways. The different views of Fukarek (1980) and Zupancic et al. (1987, 1995, 2018) on this issue are especially emphasized. A logical question arises where exactly the Illyrian province ends: at the end of the Dinarides, in the pre-Alps or the Alps? The answer to this question was mainly sought in the area of the so-called "Illyrian" species. Different authors gave a list of Illyrian species, for example: Borhidi 1963, Horvat et al. 1974, Fukarek 1978, Zupančič et al. 1987, 1995, 2018… The deductive analysis indicates that it can be concluded that actually only a few species are limited to the Illyrian phytogeographic area, for example: *Cardamine kitaibelii*, *Cardamine savensis* (C. waldsteini), *Helleborus dumetorum* subsp. Atrorubens, *Helleborus niger* subsp. Macranthus; *Hacquetia epipactis*, *Homogyne sylvestris*, *Vicia oroboides*.

The question can be asked, does the appearance of a species define the space (province) or does the province define the phytogeographic affiliation of the species? In this text, an attempt was made to answer this question through the appearance of the species *Anemona trifolia*. Based on the area analysis, we can completely reverse the thesis that *Anemone trifolia* is an Alpine species (dominant in the Alps and pre-Alps) that penetrates towards the Dinarides and its spread stops deeper in the Illyrian province when the Illyrian climatic influences begin to dominate. A similar understanding is that *Larix diecidua* is an Illyrian species, but the answer is similar with the difference that it is related exclusively to the Alps. In considering what a phytogeographical province is, all ecological-vegetational and floristic parameters that can help in determining the border of the sub-region should be taken into account, and not rely exclusively on the flora.

Stefanović's (1986) and Horvat's (1950) position regarding the western border of the Illyrian province is that Illyrian species are lost when they enter the alpine area, that is, we have transitions between provinces. The opposite is true for alpine species that are slowly disappearing as they approach the Illyrian area. The visible part of the objection can be seen on the maps of Fukarek no. 3, 6 and 7 and Mayer no. 4 which on the eastern border of the Illyrian province define the transitional Illyrian-Mesian area. Analogously, if there is a transitional area in the east of the province, a similar situation exists in the west. In particular, the concept of the vegetation continuum should be kept in mind, which is, in essence, a wide transition-ecotone province. That crossing represents the transitional Illyrian-Alpine area. This transition is diffuse, gradual, with a different climate compared to the typical Illyrian climate. The above does not exclude the extrazonal occurrence of Illyrian species or plant communities, but these occurrences do not clearly define that phytogeographic space. This transitional Illyrian-Alpine area begins at the end of the Dinarides in Slovenia and ends in the peaks of the Slovenian Alps. On the other hand, the Dinarides in Slovenia are an integral part of the Illyrian phytogeographical province, which is connected to Croatia, BIH and Montenegro.

DOI: 10.5644/PI2024.211.06
Prethodno saopštenje

Struktura pionirskih sastojina poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl) pre i posle aktuelnog odumiranja. Studija slučaja na trajnim oglednim površinama u Posavini i Podunavlju (Srbija)

Martin Bobinac
Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet
E-mail: martin.bobinac@sfb.bg.ac.rs

Siniša Andrašev
Univerzitet u Novom Sadu, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu

Apstrakt: Na trajnim oglednim površinama u prirodno formiranim sastojinama poljskog jasena na površinama nekadašnjih barskih staništa u Posavini, na području Srema na humogleju, i u Podunavlju, na području Monoštorskog rita na fluvijalno-humusnom zemljištu, proučena je struktura pre i posle aktuelnog odumiranja poljskog jasena. Na području Srema ogledna površina (OP-1) je formirana krajem 1996. godine u sastojini staroj oko 20 godina i prikazana je njena struktura krajem 1996. i 2020. godine, a na području Monoštorskog rita ogledna površina (OP-2) je formirana krajem 2004. godine u sastojini staroj oko 38 godina i prikazana je njena struktura krajem 2004. i 2017. godine. Do osnivanja oglednih površina u sastojinama nisu vršene mere nege, a na oglednim površinama sprovođene su eksperimentalne selektivne prorede. Na OP-1 sprovedene su dve prorede, prva krajem 1996. godine, a druga krajem 2006. godine, a na OP-2 sprovedena je selektivna proreda krajem 2004. godine. Na osnovu procene biološkog položaja stabala, stepena stešnjenosti i stepena osutosti krošnje u 2017. i 2020. godini konstatovana je nepravilna izgrađenost sastojina i odumiranje poljskog jasena, što je primarno posledica izostanka adekvatne nege u periodu opredeljućem za njihov pravilan razvoj i višegodišnjeg sinergističkog delovanja nepovoljnih abiotičkih i biotičkih faktora na pogoršavanju uslova za njihov razvoj.
Devitalizacija i odumiranje poljskog jasena u istraživanim sastojinama do 2017. i 2020. godine, sa daljom progresijom smanjenja vitalnosti, odvija se u uslovima izražene konkurencije i biološkog diferenciranja jasenovih stabala. Na OP-1 u 2020. godini 65,4% jasenovih stabala je imalo međustojeći i podstojni položaj, a u okviru 34,6% nadstojnih stabala 34,7% je imalo jednostrano, a 52,8% višestrano stešnjenu krošnju. Na sastojinskom nivou konstatovano je 23,6% suvih i 9,6% odumirućih, a samo 14,9% neoštećenih stabala poljskog jasena. Na OP-2 u 2017. godini 45,9% jasenovih stabala imalo je međustojeći i podstojni položaj, a u okviru 54,1% nadstojnih stabala 30,6% je imalo jednostranu, a 57,6% višestrano stešnjenu krošnju. Na sastojinskom nivou konstatovano je 26,8% suvih i 4,5% odumirućih, a 51,6% neoštećenih stabala poljskog jasena.

Ključne reči: *Fraxinus angustifolia* Vahl, monodominantne šume, trajni ogledi, struktura sastojina, odumiranje stabala

Uvod

Monodominantne šume poljskog jasena široko su rasprostranjene u aluvijalnoj ravni reke Save, u prostranim mikrodepresijama na glejnim zemljištima, na području ravnog Srema (Srbija). U procesu zarastanja stajaćih voda opisana je inicijalna zajednica poljskog jasena i barske ive na eugleju (*Salici cinereae – Fraxinetum angustifoliae* Jovanović et Tomić 1979), a sledeći stadij je tipična zajednica poljskog jasena sa retkoklasom oštricom (*Carici remotae – Fraxinetum angustifoliae* Jovanović et Tomić 1979) na humogleju (Tomić et al., 2001). Dodirno, sa navedenim monodominantnim šumama poljskog jasena, na višim terenima poljski jasen je zastupljen u higrofilnim lužnjakovim šumama i mezofilnim šumama lužnjaka i graba, gde na pojedinim staništima ima veoma povoljne uslove za rast (Jović et al., 1989/90; Tomić, 2010, prema Bobinac, 2011). Na području ravnog Srema, na obrasloj površini 38.273 hektara, monodominantne šume poljskog jasena zastupljene su na 3,6%, a mešovite šume lužnjaka i poljskog jasena i šume lužnjaka, poljskog jasena i graba zastupljene su na 58,0% površine (Ivanišević i Knežević, 2008).

Na osnovu fragmentarnih istraživanja, u bačkom Podunavlju navedeni opisani niz inicijalnih zajednica poljskog jasena u ravnom Sremu najpribližnije karakteriše i ekološke uslove za nastanak prirodnih sastojina poljskog jasena u procesu zarastanja vlažnih mikrodepresija posle promene hidroloških uslova staništa. Na istraženim bioekološkima transektima u zaštićenom području od plavljenja u Monoštorskom ritu posle izgradnje odbrambenog nasipa od poplava u blizini korita Dunava 1965. godine, u procesu zarastanja vlažnih mikrodepresija na fluvijalno-humusnim zemljištima, stvoreni su povoljni ekološki uslovi za nastanak i razvoj prirodnih sastojina poljskog jasena, na staništima od inicijalne zajednice poljskog jasena i barske ive (*Salici cinereae – Fraxinetum angustifoliae* Jovanović et Tomić 1979) do prelaznih faza u formiranju terminalne zajednice lužnjaka i poljskog jasena (*Fraxineto – Ulmetum effusae* Slav. 1952), (Bobinac et al., 2007; Kusturin, 2017). Na višim hidrografskim položajima od vlažnih depresija poljski jasen je imao povoljne uslove za rast i postizao je visine i 45 m u sastojinama starim oko 100 godina (Bobinac i Andrašev, 2008). Posle izgradnje odbrambenog nasipa 1965. godine i izmene hidrološkog režima u zaštićenom delu od plavljenja, u okruženju starih sastojina fragmentarno su formirane visokoproduktivne mlade sastojine poljskog jasena na površinama nekadašnjih vlažnih barskih staništa, odnosno nižim hidrografskim položajima. Iz razloga opredeljivanja prostora gornjeg Podunavlja za gajenje euroameričkih topola i intenzivno

gazdovanje sa visokom divljači zanemarivani su aspekti gazdovanja sa sastojinama lužnjaka i poljskog jasena, koji su po svojoj suštini trebali korespondirati sa zakonomernostima recentne sukcesije usled poslednje izmene hidrološkog režima. Usled navedenih razloga i primenjivane čiste seče u procesu gazdovanja sa sastojinama euroameričkih topola na širem prostoru gornjeg Podunavlja, sastojine poljskog jasena danas su očuvane samo u fragmentima (Vukelić i Baričević, 2004; Bobinac i Andrašev, 2008). Na području Specijalnog rezervata prirode "Gornje Podunavlje" sastojine poljskog jasena su zastupljene na manje od 2% obrasle površine (188,43 ha) i pretežno su skoncentrisane na području Monoštorskog rita (Kusturin, 2017).

Iz rezultata inicijalnih istraživanja na trajnim oglednim površinama u higrofilnim šumama poljskog jasena na području ravnog Srema (Bobinac et al., 1997) i na području Monoštorskog rita (Bobinac et al., 2007) proističe da je promena hidrološkog režima u bliskoj prošlosti rezultirala obrastanjem neplodnih barskih površina poljskim jasenom i formiranjem produktivnih sastojina. Danas je u sastojinama na tim staništima, usled daljih promena hidrološkog režima i delovanja nepovoljnih abiotičkih i biotičkih faktora, pogoršano zdravstveno stanje poljskog jasena, a često je izraženo i njegovo masovno odumiranje. Pogoršanje zdravstvenog stanja i pojava masovnog odumiranja poljskog jasena koincidira sa pojavom nove bolesti koju uzrokuje gljiva *Hymenoscyphus fraxineus* ((T. Kowalski), Boral, Queloz & Hosoya). Na području Srbije potvrđeno je prisustvo *Hymenoscyphus fraxineus* 2016. godine (Marković et al., 2016; Keča et al., 2017), a u najbližem okruženju istraživanih sastojina: na području Hrvatske na belom jasenu 2009, a na poljskom jasenu 2011. godine (Barić et al., 2012), u Bosni i Hercegovini na belom jasenu 2009. (Stanivuković et al., 2014), a u Mađarskoj 2007. (Szabó, 2008).

Sprovedenim multidisciplinarnim istraživanjima u sastojinama poljskog jasena na području Hrvatske i prikazanim rezultatima u posebnim poglavljima dve monografske publikacije (Oršanić, 2020; Anić, 2022) ukazuje se na to da je poljski jasen najugroženija vrsta drveća u R. Hrvatskoj i da odumiranje uzrokuje kompleks faktora, među kojima se ističe i značaj elemenata strukture sastojina. Na osnovu analize podataka iz Šumskih osnova konstatovano je veće odumiranje stabala poljskog jasena na barskim staništima u odnosu na staništa na višim hidrografskim položajima, kao i da se intenzitet odumiranja povećava sa povećanjem pojedinih strukturnih elemenata (broj stabala, temeljnica, zapremina, obrast) u sastojinama na pojedinim područjima (Ugarković i Pleša, 2017; Ugarković i Oršanić, 2020; Seletković et al., 2022).

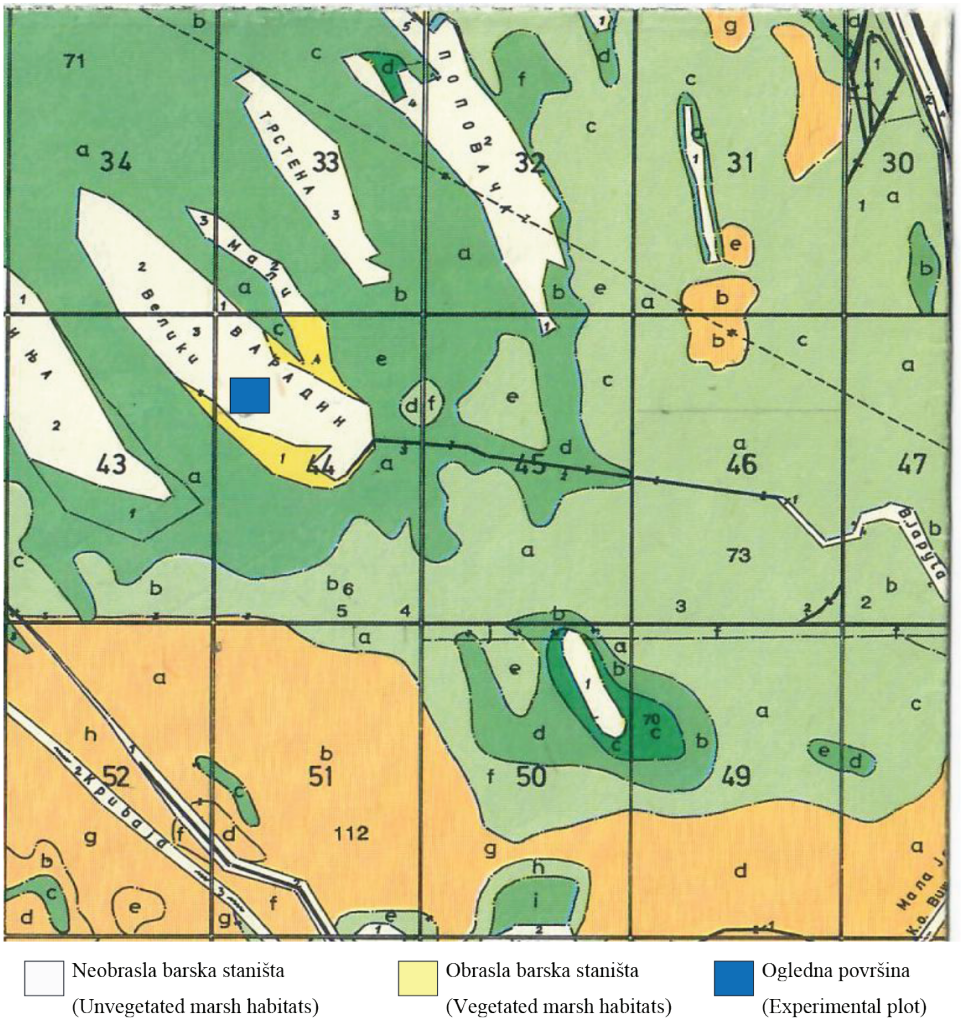
U dosadašnjim istraživanjima nedostaju uporedni podaci o zdravstvenom stanju poljskog jasena sa trajnih oglednih površina u različito negovanim sastojinama, odnosno nedostaju podaci na osnovu kojih bi se mogao definisati značaj mera nege na intenzitet odumiranja. Cilj rada je da se na osnovu raspoloživih podataka premera na trajnim oglednim površinama u prirodno formiranim sastojinama poljskog jasena na površinama nekadašnjih barskih staništa, odnosno na suboptimalnim staništima za poljski jasen u Posavini i Podunavlju (Srbija), ukaže na strukturu sastojina pre i posle aktuelnog odumiranja poljskog jasena, kao okvir u kome se, usled izostanka adekvatne nege u kritičnoj fazi razvoja i delovanja nepovoljnih abiotičkih i biotičkih faktora, posebno nove bolesti *Hymenoscyphus fraxineus* ((T. Kowalski), Boral, Queloz & Hosoya), manifestuje odumiranje poljskog jasena.

2. Materijal i metod

2.1. Objekat istraživanja

U Posavini, u ravnom Sremu, trajna ogledna površina (OP-1) je osnovana krajem 1996. godine u prirodnoj sastojini poljskog jasena u području zaštićenom od plavljenja, na površini nekadašnje vlažne mikrodepresije (barskom staništu) u GJ "Varadin-Županja", odeljenje 44 (Bobinac et al., 1997). Stanište karakteriše zajednica poljskog jasena sa retkoklasom oštricom (*Carici remotae – Fraxinetum angustifoliae* Jovanović et Tomić 1979) na humogleju (Tomić et al., 2001). Do osnivanja ogledne površine u sastojini nisu vršene mere nege, a na oglednoj površini sprovođene su eksperimentalne selektivne prorede, prva krajem 1996. godine, a druga krajem 2006. godine. Prostorni raspored nekadašnjih barskih staništa iz perioda sprovedenih tipoloških istraživanja 1978–1980. godine na kojima su danas prirodne sastojine poljskog jasena i položaj ogledne površine prikazani su na slici 1.

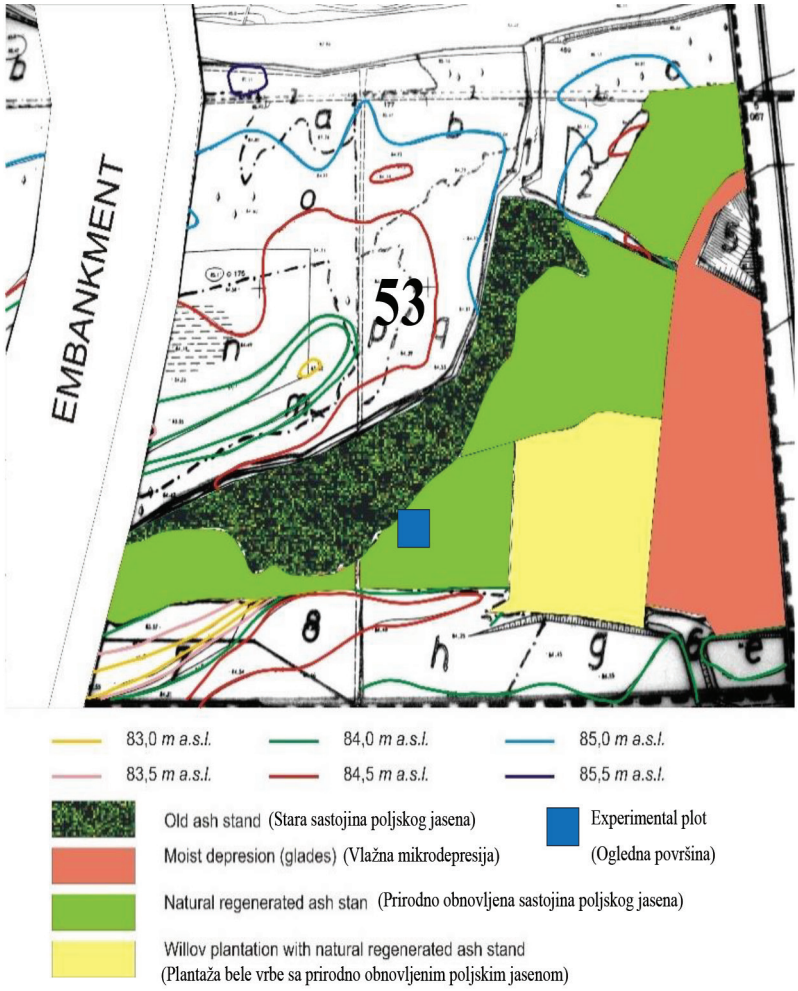
U bačkom Podunavlju, trajna ogledna površina (OP-2) osnovana je krajem 2004. godine u prirodnoj sastojini poljskog jasena na površini nekadašnje vlažne mikrodepresije u GJ "Monoštorske šume", odeljenju 53k. Sastojina je formirana u procesu zarastanja vlažne mikrodepresije na fluvijalno-humusnom zemljištu u zaštićenom području od plavljenja posle izgradnje odbrambenog nasipa od poplava u blizini korita Dunava 1965. godine (Bobinac et al., 2007). Sastojina je na prelaznom staništu između inicijalne zajednice poljskog jasena i barske ive (*Salici cinereae – Fraxinetum angustifoliae* Jovanović et Tomić 1979) i terminalne zajednice lužnjaka i poljskog jasena (*Fraxineto-Ulmetum effusae*



Slika 1. Ogledna površina OP-1 u prirodno formiranoj sastojini poljskog jasena na površini vlažne mikrodepresije u GJ "Varadin-Županja", odeljenje 44 (Izvor: Jović et al., 1994a)

Figure 1. Experimental plot OP-1 in a naturally formed narrow-leaved ash stand on the area of a wet depression in the MU "Varadin-Županja", department 44 (Source: Jović et al., 1994a)

Slav. 1952). Starost sastojine, krajem 2004. godine, iznosila je oko 38 godina i do osnivanja ogledne površine u sastojini nisu vršene mere nege. Na oglednoj površini sprovedena je eksperimentalna selektivna proreda krajem 2004. godine (Bobinac i Andrašev, 2008). Položaj ogledne površine i prostorni raspored sastojina poljskog jasena na različitim hidrografskim položajima prikazan je na slici 2.



Slika 2. Ogledna površina OP-2 u prirodno formiranoj sastojini poljskog jasena na površini vlažne mikrodepresije. Monoštorski rit – Kazuk – Hampo, odeljenje 53 (Izvor: Bobinac et al., 2007)

Figure 2. Experimental plot OP-2 in a naturally formed narrow-leaved ash stand on the area of a wet depression. Monoštor's marshland – Kazuk – Hampo, department 53 (Source: Bobinac et al., 2007)

U periodu od osnivanja oglednih površina i sprovođenja mera nege nije zapaženo masovno odumiranje stabala poljskog jasena. Međutim, u sastojinama su bili vidljivi aspekti devitalizacije, uzrokovani izostankom mera nege i delovanjem nepovoljnih egzogenih faktora (defolijacija). Izgled sastojine (OP-2) u 2008. godini, četiri godine posle prve prorede u starosti 38 godina, i u 2018. godini prikazan je na slici 3.



Slika 3. Izgled prirodno formirane sastojine poljskog jasena na OP-2: 2008. godine, četiri godine posle prve prorede u starosti 38 godina (levo) i 2018. godine (desno), Kazuk, 53 k (Foto: M. Bobinac)

Figure 3. Appearance of a naturally formed narrow-leaved ash stand on OP-2: 2008, four years after the first thinning at the age of 38 (left) and 2018 (right), Kazuk, 53 k (Photo: M. Bobinac)

2.2 Metod rada

Na osnovu broja godova na panju posečenog uzorka stabala utvrđena je starost sastojina, na OP-1 krajem 1996. godine 20–25 godina,[1] a na OP-2 krajem 2004. godine 38 godina.

Na trajnim oglednim površinama, na OP-1 krajem 2017. godine, a na OP-2 krajem 2020. godine, u starosti sastojina oko 50 godina, svim dubećim stablima su izmerena dva unakrsna prsna prečnika, sa tačnošću od 1 mm, a za konstrukciju visinske krive premerene su visine na uzorku stabala poljskog jasena visinomerom Blume Leiss i Vertex III (Haglöf, Sweden), u kome su bile zastupljene sve debljinske kategorije stabala. Prilikom premera stablima je procenjen biološki položaj, stepen stešnjenosti i stepen osutosti krošnje. Procena stabala po biološkom položaju i stepenu stešnjenosti krošnje izvršena je na osnovu trostepene klasifikacije (modifikovana klasifikacija po Assmann, 1970):

[1] U radu Bobinac et al. 1997. navodi se starost sastojine 1996. godine – 15 (18) godina.

- Biološki položaj (BP): 1 – nadstojno stablo (po Kraftu (1884) 1. i 2. kategorija), 2 – međustojeće stablo (po Kraftu (1884) 3. kategorija), 3 – podstojno stablo (po Kraftu (1884) 4. i 5. kategorija);
- Stepen stešnjenosti krošnje (SK): 1 – slobodno stojeća krošnja, bez dodirivanja sa krošnjama susednih stabala ili je dodirivanje u zoni krošnje svetlosti do 25% obima krošnje; 2 – jednostrano stešnjena, odnosno redukovana krošnja – dodirivanje sa krošnjama susednih stabala u zoni krošnje svetlosti 25–50% obima krošnje; 3 – višestrano stešnjena krošnja – dodirivanje sa krošnjama susednih stabala u zoni svetlosti preko 50% obima krošnje;
- Suvim stablima biološki položaj i stepen stešnjenosti krošnje procenjen je hipotetički, na osnovu karakteristika živih stabala sličnih dimenzija i biološkog položaja.

Sredinom vegetacionog perioda 2017. i 2020. godine je procenjen stepen osutosti krošnji (OK) svim stablima u odnosu na lokalno referentno stablo prema metodologiji koja se koristi u okviru programa ICP Forests (Eichhorn et al., 2020). Osutost krošnje je prikazana po zbirnim stepenima (Tabela 1).

Tabela 1. Stepeni osutosti krošnji poljskog jasena
Table 1. Degrees of canopy absence of narrow-leaved ash

Stepen osutosti krošnje *Degrees of canopy absence*	0	1	2a	2b	3a	3b	4
Defoliacija (%) *Leaf loss (%)*	0–10	11–25	26–40	41–60	61–80	81–99	100

Stepeni osutosti krošnje svih stabala poljskog jasena i posebno nadstojnih stabala na oglednim površinama u daljoj analizi svrstani su u tri grupe: 1 – neoštećena stabla (stepen osutosti 0–25%), 2 – značajno oštećena (stepen osutosti 26–80%) i 3 – odumiruća i suva stabla (stepen osutosti 81–100%).

Na osnovu Michailoffe funkcije ($h=ae^{-b/d}+1,30$) konstruisana je visinska kriva (Michailoff, 1943), a za određivanje zapremine stabala (V) korišćene su zapreminske tablice za poljski jasen, čiji je analitički oblik: $V = 0,552246 \cdot (0,01 \cdot d_{1,3})^{1,9493268} \cdot h^{0,8714008}$ (Pantić, 1996), pri čemu je h – visina stabla (m), a, b – parametri funkcije, e – baza prirodnog logaritma (e = 2,71) i $d_{1,3}$ – prsni prečnik stabla (cm).

Zapremina suvih stabala i drugih vrsta drveća je aproksimativno određena na osnovu premerenog prečnika i očitane visine iz visinske krive za poljski

jasen. Srednja sastojinska visina je utvrđena pomoću Lorajeve funkcije $Hl = (g_1 \cdot h_1 + g_2 \cdot h_2 + ... + g_i \cdot h_i)/G$, gde je $g_{1,2,...,i}$ – temeljnica stabala u debljinskim razredima, $h_{1,2 ... i}$ – srednja visina stabala debljinskih razreda očitana sa visinske krive, a G – ukupna temeljnica sastojine.

Za definisanje indikatora stabilnosti stabala i sastojina korišćen je stepen vitkosti kao količnik visine stabla i prsnog prečnika stabala po temeljnici (h_L/d_g).

Sve analize su izvršene u *R* programskom jeziku (ver. 4.0.0, R Core Team, 2022).

3. Rezultati

3.1 Osnovni elementi strukture sastojina

Na OP-1, krajem 1996. godine, u starosti sastojine oko 20 godina, evidentirano je ukupno 3807 stabala po hektaru, u okviru kojih je bilo 3596 stabala poljskog jasena sa srednjim prečnikom po temeljnici 7,7 cm i srednjom visinom po Loraju 9,1 m. Krajem 2020. godine, u starosti sastojine oko 50 godina, evidentirano je ukupno 2115 stabala po hektaru, u okviru kojih je 2000 stabala poljskog jasena po hektaru, sa srednjim prečnikom po temeljnici 14,0 cm i srednjom visinom po Loraju 17,0 m. U strukturi sastojine 1996. godine i 2020. godine poljski jasen ima učešće po broju stabala, temeljnici i zapremini oko 95% i karakteriše strukturu sastojine. Stepen vitkosti stabala poljskog jasena u posmatranim starostima bio je u rasponu 1,08–1,13 (Tabela 2).

Tabela 2. Osnovi elementi rasta na trajnoj oglednoj površini OP-1 u 1996. i 2020. godini
Table 2. Basic elements of growth on the experimental plot OP-1 in 1996 and 2020

	Premer 1996. godine *Measurement in 1996*						Premer 2020. godine *Measurement in 2020*					
Kolektiv *Collective*	*N* $[ha^{-1}]$	*G* $[m^2 \cdot ha^{-1}]$	*V* $[m^3 \cdot ha^{-1}]$	d_g [cm]	h_L [m]	h_L/d_g	*N* $[ha^{-1}]$	*G* $[m^2 \cdot ha^{-1}]$	*V* $[m^3 \cdot ha^{-1}]$	d_g [cm]	h_L [m]	h_L/d_g
Ukupno stanje *Total*	3807	17,79	96,8	7,7	9,1	1,13	2115	32,37	292,2	14,0	16,9	1,08
Fraxinus angustifolia	3596	16,74	90,9	7,7	9,1	1,13	2000	30,93	280,0	14,0	17,0	1,08
Ulmus carpinifolia	154	0,85	4,9	8,4			58	0,44	2,9	9,8		
Quercus robur	38	0,15	0,8	7,1			38	0,75	7,1	15,8		
Pyrus comunis	19	0,05	0,2	5,7			19	0,25	2,1	13,0		

Na OP-2, krajem 2004. godine, u starosti sastojine oko 38 godina, evidentirano je ukupno 745 stabala poljskog jasena sa srednjim prečnikom po temeljnici 24,1 cm i srednjom visinom po Loraju 25,8 m. Krajem 2017. godine, u starosti sastojine oko 50 godina, evidentirana su ukupno 483 stabla poljskog jasena po hektaru, sa srednjim prečnikom po temeljnici 29,8 cm i srednjom visinom po Loraju 29,6 m. Stepen vitkosti stabala poljskog jasena u posmatranim starostima bio je u rasponu 1,05–1,12 (Tabela 3).

Tabela 3. Osnovi elementi rasta na trajnoj oglednoj površini OP-2 u 2004. i 2017.
Table 3. Basic elements of growth on the experimental plot OP-2 in 2004 and 2017

	Premer 2004. godine *Measurement in 2004*						Premer 2017. godine *Measurement in 2017*					
Kolektiv *Collective*	N $[ha^{-1}]$	G $[m^2 \cdot ha^{-1}]$	V $[m^3 \cdot ha^{-1}]$	d_g [cm]	h_L [m]	h_L/d_g	N $[ha^{-1}]$	G $[m^2 \cdot ha^{-1}]$	V $[m^3 \cdot ha^{-1}]$	d_g [cm]	h_L [m]	h_L/d_g
Fraxinus angustifolia	745	34,0	433,3	24,1	25,8	1,12	483	33,70	480,5	29,8	29,6	1,05

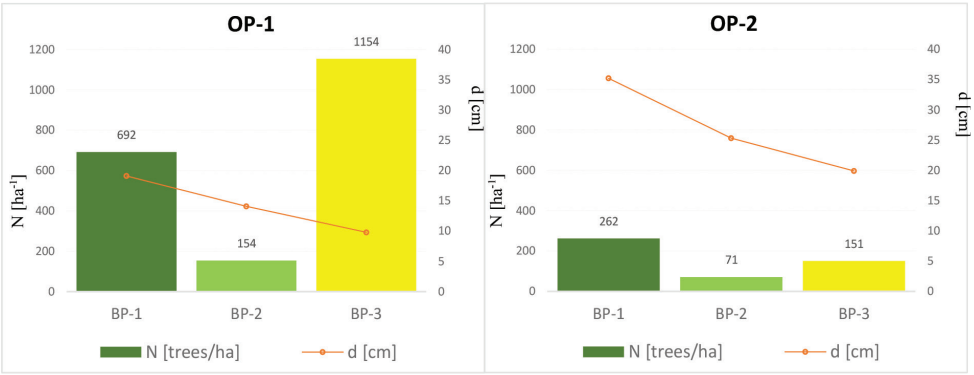
3.2 Karakteristike strukture sastojina prema biološkom položaju, stepenu stešnjenosti krošnje i stepenu osutosti krošnje u 2017. i 2020. godini

Na OP-1, krajem 2020. godine, u okviru stabala poljskog jasena nadstojna stabla (BP-1) imaju učešće 34,6% po broju stabala, 64,1% po temeljnici i 71,4% po zapremini, a podstojna stabla (BP-3) imaju učešće 57,7% po broju stabala, 28,2% po temeljnici i 21,3% po zapremini. Učešće međustojećih stabala (BP-2) iznosilo je oko 8% po navedenim elementima. Srednji prečnik stabala različitog biološkog položaja bio je u rasponu 9,8–19,1 cm, a stepen vitkosti 1,02–1,12. Na OP-2, krajem 2017. godine, nadstojna stabla (BP-1) imaju učešće 54,1% po broju stabala, 75,4% po temeljnici i 77,3% po zapremini, a podstojna stabla (BP-3) imaju učešće 31,2% po broju stabala, 14,0% po temeljnici i 12,5% po zapremini. Učešće međustojećih stabala (BP2) iznosilo je 14,6% po broju stabala i oko 10% po temeljnici i zapremini. Srednji prečnik stabala različitog biološkog položaja bio je u rasponu 19,9–35,2 cm, a stepen vitkosti 0,90–1,28. Najmanji srednji prečnik i najveći stepen vitkosti imaju podstojna stabla na oglednim površinama (Tabela 4, Grafikon 1).

Tabela 4. Elementi rasta stabala poljskog jasena različitog biološkog položaja na trajnim oglednim površinama OP-1 u 2020. godini i OP-2 u 2017. godini

Table 4. Growth elements of narrow-leaved ash trees of different biological position on permanent experimental plots OP-1 in 2020 and OP-2 in 2017

	OP-1						OP-2					
Kolektiv *Collective*	N $[ha^{-1}]$	G $[m^2 \cdot ha^{-1}]$	V $[m^3 \cdot ha^{-1}]$	d_g [cm]	h_L [m]	h_L/d_g	*N* $[ha^{-1}]$	*G* $[m^2 \cdot ha^{-1}]$	*V* $[m^3 \cdot ha^{-1}]$	d_g [cm]	h_L [m]	h_L/d_g
BP-1	692	19,82	199,9	19,1	19,3	1,02	262	25,42	371,6	35,2	30,7	0,90
BP-2	154	2,39	20,5	14,1	15,8	1,11	71	3,57	48,9	25,3	27,9	1,11
BP-3	1154	8,72	59,5	9,8	12,0	1,12	151	4,71	60,0	19,9	25,4	1,28



Grafikon 1. Broj stabala različitog biološkog položaja po hektaru i njihov srednji prsni prečnik

Graph 1. Number of trees of different biological position per hectare and their mean breast height diameter

Na OP-1, u skladu sa učešćem podstojnih i međustojećih stabala, veliki broj stabala u sastojini ima nerazvijenu krošnju. Učešće stabala poljskog jasena u sastojini sa jednostrano (SK-2) i višestrano stešnjenom i nerazvijenom krošnjom (SK-3) iznosi 95,7% po broju stabala, 88,9% po temeljnici i 86,7% po zapremini, a u okviru nadstojnih stabala njihovo učešće iznosi 87,5% po broju stabala, 82,7% po temeljnici i 81,4% po zapremini. Učešće stabala u sastojini sa slobodno stojećom krošnjom (SK-1) iznosi 4,3% po broju stabala, 11,1% po temeljnici i 13,3% po zapremini u sastojini, a u okviru nadstojnih stabala njihovo učešće iznosi 12,5% po broju stabala, 17,3% po temeljnici i 18,6% po zapremini. Srednji prečnik stabala različitog stepena stešnjenosti krošnji u sastojini bio je u rasponu 12,2–22,5 cm, a stepen vitkosti 0,95–1,11. Srednji prečnik nadstojnih stabala različitog stepena stešnjenosti krošnji bio je u rasponu 17,1–22,5 cm, a stepen vitkosti 0,95–1,07. U sastojini i u okviru

nadstojnih stabala najmanji srednji prečnik i najveći stepen vitkosti imaju stabla sa višestrano stešnjenom i nerazvijenom krošnjom (Tabela 5, Grafikon 2).

Na OP-2, učešće stabala poljskog jasena u sastojini sa jednostrano i višestrano stešnjenom i nerazvijenom krošnjom iznosi 93,5% po broju stabala, 87,4% po temeljnici i 86,8% po zapremini, a u okviru nadstojnih stabala njihovo učešće iznosi 88,2% po broju stabala, 62,8% temeljnici i 64,2% po zapremini. Učešće stabala u sastojini sa slobodno stojećom krošnjom iznosi 6,4% po broju stabala, 12,6% po temeljnici i 13,2% po zapremini, a u okviru nadstojnih stabala njihovo učešće iznosi 11,8% po broju stabala, 12,6% po temeljnici i 13,2% po zapremini. Srednji prečnik stabala različitog stepena stešnjenosti krošnji u sastojini bio je u rasponu 26,4–41,9 cm, a stepen vitkosti 0,76–1,12. Srednji prečnik nadstojnih stabala različitog stepena stešnjenosti krošnji bio je u rasponu 31,9–41,9 cm, a stepen vitkosti 0,76–0,96. U sastojini i u okviru nadstojnih stabala najmanji srednji prečnik i najveći stepen vitkosti imaju stabla sa višestrano stešnjenom i nerazvijenom krošnjom (Tabela 6, Grafikon 2).

Tabela 5. Elementi rasta stabala poljskog jasena različitog stepena stešnjenosti krošnji na OP-1 u 2020. godini

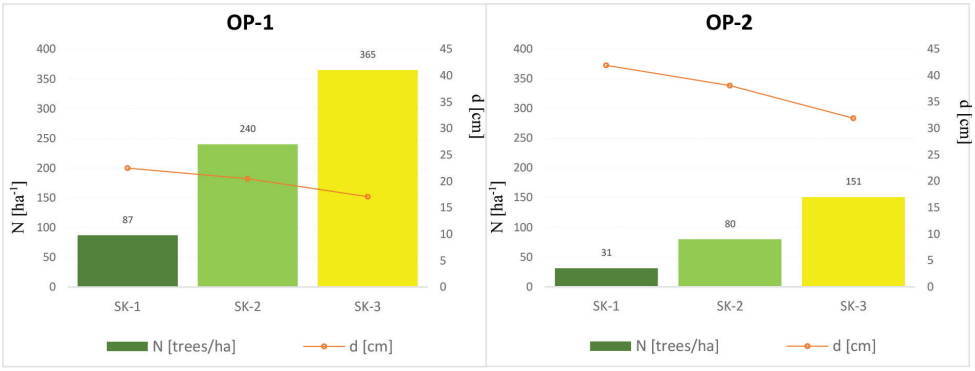
Table 5. Growth elements of narrow-leaved ash trees with different degrees of crown compaction at OP-1 in 2020

	Sva stabla *All trees*						Nadstojna stabla (BP-1) *Overhead trees (BP-1)*					
Kolektiv *Collective*	N $[ha^{-1}]$	G $[m^2 \cdot ha^{-1}]$	V $[m^3 \cdot ha^{-1}]$	d_g [cm]	h_L [m]	h_L/d_g	N $[ha^{-1}]$	G $[m^2 \cdot ha^{-1}]$	V $[m^3 \cdot ha^{-1}]$	d_g [cm]	h_L [m]	h_L/d_g
SK-1	87	3,43	37,2	22,5	21,2	0,95	87	3,43	37,2	22,5	21,2	0,95
SK-2	240	7,95	80,8	20,5	19,6	0,97	240	7,95	80,8	20,5	19,6	0,97
SK-3	1673	19,54	162,0	12,2	15,2	1,11	365	8,43	81,9	17,1	18,4	1,07

Tabela 6. Elementi rasta stabala poljskog jasena različitog stepena stešnjenosti krošnji na OP-2 u 2017. godini

Table 6. Growth elements of narrow-leaved ash trees with different degrees of crown compaction at OP-2 in 2017

	Sva stabla *All trees*						Nadstojna stabla (BP-1) *Overhead trees (BP-1)*					
Kolektiv *Collective*	N $[ha^{-1}]$	G $[m^2 \cdot ha^{-1}]$	V $[m^3 \cdot ha^{-1}]$	d_g [cm]	h_L [m]	h_L/d_g	N $[ha^{-1}]$	G $[m^2 \cdot ha^{-1}]$	V $[m^3 \cdot ha^{-1}]$	d_g [cm]	h_L [m]	h_L/d_g
SK-1	31	4,25	63,3	41,9	31,6	0,76	31	4,25	63,3	41,9	31,6	0,76
SK-2	83	9,26	136,6	37,7	31,1	0,85	80	9,14	134,9	38,1	31,2	0,83
SK-3	369	20,19	280,5	26,4	28,6	1,12	151	12,03	173,3	31,9	30,0	0,96



Grafikon 2. Broj nadstojnih stabala različitog stepena stešnjenosti krošnje po hektaru i njihov srednji prsni prečnik

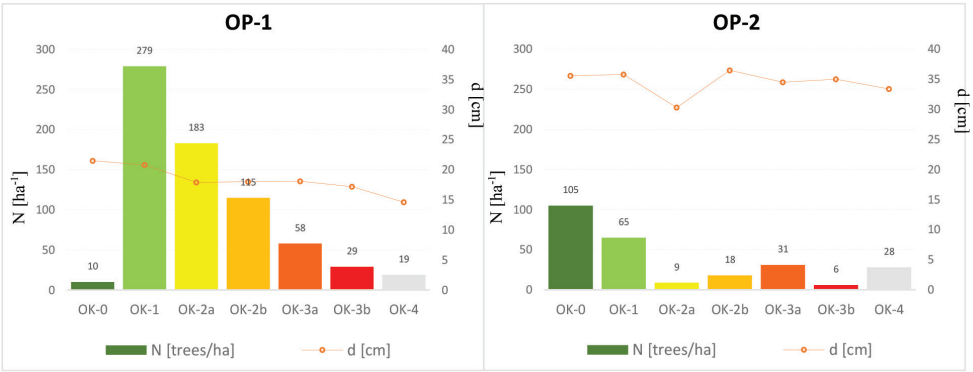
Graph 2. The number of overhanging trees of different degrees of crown compaction per hectare and their mean breast height diameter

U okviru ukupnog broja stabala poljskog jasena na OP-1, krajem 2020. godine, bilo je 23,6% suvih i 9,6% odumirućih (osutost krošnje > 80%), odnosno ukupno 33,2%, sa dvostruko manjim učešćem po temeljnici i zapremini. Učešće neoštećenih stabala (osutost krošnje do 25%) je bilo 14,9% po broju stabala, sa dvostruko većim učešćem po temeljnici i zapremini. Učešće značajno oštećenih stabala (osutost krošnje 26–80%) po broju stabala, temeljnici i zapremini bilo je oko 51%. Srednji prečnik stabala različitog stepena osutosti krošnje u sastojini bio je u rasponu 9,4–21,5 cm, a stepen vitkosti 1,04–1,10. U okviru nadstojnih stabala poljskog jasena je bilo 2,8% suvih i 4,2% odumirućih stabala, odnosno ukupno 6,9%, sa učešćem po temeljnici i zapremini oko 5%. Učešće neoštećenih i značajno oštećenih stabala bilo je približno identično. Srednji prečnik nadstojnih stabala različitog stepena osutosti krošnje u sastojini bio je u rasponu 14,6–21,5 cm, a stepen vitkosti 1,04–1,12. Manji srednji prečnik i veći stepen vitkosti, na sastojinskom nivou i u okviru nadstojnih stabala, imaju stabla izvan kategorije neoštećenih stabala, a najmanji srednji prečnik imaju suva i odumiruća stabla (Tabela 7, Grafikon 3).

Tabela 7. Elementi rasta stabala poljskog jasena različitog stepena osutosti krošnji na OP-1 u 2020. godini

Table 7. Growth elements of narrow-leaved ash trees with different degrees of crown dryness at OP-1 in 2020

	Sva stabla *All trees*						Nadstojna stable (BP-1) *Overhead trees (BP-1)*					
Kolektiv *Collective*	N $[ha^{-1}]$	G $[m^2 \cdot ha^{-1}]$	V $[m^3 \cdot ha^{-1}]$	d_g [cm]	h_L [m]	h_L/d_g	N $[ha^{-1}]$	G $[m^2 \cdot ha^{-1}]$	V $[m^3 \cdot ha^{-1}]$	d_g [cm]	h_L [m]	h_L/d_g
OK-0	10	0,35	4,0	21,5	22,4	1,04	10	0,35	4,0	21,5	22,4	1,04
OK-1	288	9,70	100,5	20,7	20,0	0,98	279	9,47	98,3	20,8	20,1	0,98
OK-2a	423	7,34	66,7	14,9	17,0	1,10	183	4,59	45,5	17,9	18,9	1,06
OK-2b	471	6,38	54,1	13,1	15,7	1,11	115	2,94	28,2	18,0	18,2	1,03
OK-3a	144	2,26	20,5	14,1	17,0	1,09	58	1,48	14,8	18,1	19,1	1,06
OK-3b	192	1,67	12,6	10,5	13,7	1,09	29	0,67	6,3	17,2	17,6	1,03
OK-4	471	3,25	21,6	9,4	11,6	1,10	19	0,32	2,9	14,6	16,5	1,12



Grafikon 3. Broj nadstojnih stabala različitog stepena osutosti krošnje po hektaru i njihov srednji prsni prečnik

Graph 3. The number of overhanging trees with different degrees of crown dryness per hectare and their mean breast height diameter

U okviru ukupnog broja stabala poljskog jasena na OP-2, krajem 2017. godine, evidentirano je 26,8% suvih i 4,5% odumirućih, odnosno ukupno 31,2%, sa učešćem po temeljnici 20,1% i zapremini 19,1%. Učešće značajno oštećenih stabala po broju stabala iznosilo je 17,2%, a po temeljnici i zapremini oko 19%. Neoštećena stabla imala su učešće 51,6% po broju stabala, a po temeljnici i zapremini oko 61%. Srednji prečnik stabala različitog stepena osutosti krošnje u sastojini bio je u rasponu 23,7–32,5 cm, a stepen vitkosti

0,97–1,19. Najmanji srednji prečnik i najveći stepen vitkosti imaju suva i odumiruća stabla. U okviru nadstojnih stabala poljskog jasena je bilo 10,6% suvih i 2,4% odumirućih, odnosno ukupno 12,9%, sa učešćem po temeljnici i zapremini oko 9%. Neoštećena stabla imala su učešće 64,7% po broju stabala, a po temeljnici i po zapremini oko 51%. Učešće značajno oštećenih stabala po broju stabala bilo je 22,4%, a po temeljnici i zapremini oko 16,5%. Srednji prečnici neoštećenih, suvih i odumirućih, kao i značajno oštećenih nadstojnih stabala su slični, što ukazuje na to da sušenje stabala i njihova umanjena vitalnost nije primarno vezana za njihov slabiji rast (Tabela 8, Grafikon 3).

Tabela 8. Elementi rasta stabala poljskog jasena različitog stepena osutosti krošnji na OP-2 u 2017. godini

Table 8. Growth elements of narrow-leaved ash trees with different degrees of crown dryness at OP-2 in 2017

	Sva stabla *All trees*						Nadstojna stable (BP-1) *Overhead trees (BP-1)*					
Kolektiv *Collective*	N *[ha^{-1}]*	G *[m^2·ha^{-1}]*	V *[m^3·ha^{-1}]*	d_g *[cm]*	h_L *[m]*	h_L/d_g	N *[ha^{-1}]*	G *[m^2·ha^{-1}]*	V *[m^3·ha^{-1}]*	d_g *[cm]*	h_L *[m]*	h_L/d_g
OK-0	148	12,23	176,8	32,5	30,2	0,97	105	10,41	152,4	35,6	30,8	0,89
OK-1	102	8,32	120,1	32,3	30,2	0,97	65	6,51	95,4	35,8	30,8	0,89
OK-2a	15	0,89	12,5	27,2	28,7	1,08	9	0,67	9,5	30,3	29,6	0,98
OK-2b	28	2,33	33,7	32,7	30,2	0,96	18	1,93	28,4	36,5	30,9	0,87
OK-3a	40	3,17	45,6	31,8	30,1	0,99	31	2,88	41,9	34,5	30,6	0,91
OK-3b	22	1,04	14,4	24,9	28,3	1,19	6	0,59	8,7	35,0	30,7	0,88
OK-4	129	5,71	77,4	23,7	27,6	1,19	28	2,42	35,2	33,4	30,4	0,93

4. Diskusija

Dobro podmlađivanje poljskog jasena na površinama nekadašnjih barskih staništa posle izmene hidroloških uslova, na području Srema na humogleju i na području Monoštorskog rita na fluvijalno-humusnom zemljištu, rezultiralo je formiranjem različito proizvodnih monodominantnih sastojina poljskog jasena u približno istoj starosti. Proučavana barska staništa mogu se smatrati suboptimalnim za poljski jasen, ali na njima poljski jasen ostvaruje različite proizvodne efekte (Tabela 1 i 2). Sastojina na humogleju (OP-1) ima manje proizvodne efekte u odnosu na sastojinu na fluvijalno-humusnom zemljištu (OP-2), što je očekivano jer se nalazi na granici sa barskom vegetacijom sa

najizraženijim hidrološkim uticajem. Sa druge strane, sastojina na OP-2 je nastala nakon trajne promene hidroloških uslova izgradnjom odbrambenog nasipa te pokazuje da je nekadašnje barsko stanište veoma povoljno za poljski jasen. Na OP-2 elementi rasta stabala i sastojine su ekvivalentni sa elementima rasta stabala i sastojina poljskog jasena na ekološki optimalnom staništu u plavnom području reke Save u ravnom Sremu (Jović et al., 1989/90; Bobinac i Vučković, 1999).

U sastojinama poljskog jasena u higrofilnim šumama je konstatovan najveći intenzitet propadanja poljskog jasena (Ugarković i Oršanić, 2020; Seletković et al., 2022). Sastojine poljskog jasena u higrofilnim šumama u ravnom Sremu pretežno nisu negovane i u izmenjenjenim hidrološkim i kontrasnim stanišnim uslovima za razvoj poljskog jasena pod uticajem klimatskih promena, u nepravilno izgrađenim i devitalizovanim, srednjedobnim, sastojinama manifestuje se njegovo odumiranje (Slika 4).



Slika 4. Izgled nepravilno izgrađene i devitalizovane srednjedobne sastojine poljskog jasena na nekadašnjem barskom staništu u ravnom Sremu. GJ "Vinična – Žeravinac – Puk", odeljenje 29 (Foto: M. Bobinac, 2022)

Figure 4. The appearance of an improperly built and devitalized middle-aged narrow-leaved ash stand in the former marsh habitat in flat Srem. GJ "Vinična – Žeravinac – Puk", department 29 (Photo: M. Bobinac, 2022)

Na pojave sušenja lužnjaka i poljskog jasena u higrofilnim šumama od 80-ih godina dvadesetog veka na području ravnog Srema ukazalo je više autora (Grbić et al., 1991; Jović et al., 1994b; Medarević et al., 2009; Bauer et al., 2013).

Na OP-1 izvršene su racionalizovane selektivne prorede, krajem 1996. i 2006. godine, pri kojima je ukupno posečeno 1317 stabala po hektaru ili 34,6% u odnosu na početni premer stabala 1996. godine. U periodu od 2007. do 2020. godine iz sastojine je usled mortaliteta izlučeno još 375 stabala, u okviru kojih je 96 stabala bresta, pa proističe da je ukupno izlučeno 1692 stabla ili 44,4% u odnosu na početni premer stabala u 1996. godini. Na OP-2 izvršena je selektivna proreda krajem 2004. godine, pri kojoj je posečeno 240 stabala po hektaru ili 32,2% u odnosu na početni premer stabala. U periodu od 2005. do 2017. godine iz sastojine su izlučena usled mortaliteta još 22 stabla, pa proističe da su ukupno izlučena 262 stabla ili 35,2% u odnosu na početni premer stabala. Prorede na oglednim površinama su bile pretežno niske, a u kasnijem periodu su izostale. Indikativno je da je posle jake prorede, sprovedene na OP-2 u 2004. godini, u narednom periodu od osam godina konstatovano izrazito diferenciranje i preslojavanje stabala u niže kategorije: oko 10% dominantnih stabala je prešlo u kategoriju međustojećih stabala, dok je 1/3 stabala sa slobodno stojećom krošnjom izgubila rang i prešla u kategoriju stabala sa jednostrano stešnjenom krošnjom. Za navedeni period od osam godina nakon prorede na OP-2 preostala stabla ostvarila su tekući zapreminski prirast 16,5 $m^3 \cdot ha^{-1} \cdot god.^{-1}$, a nadstojna (dominantna) stabla imala su u proseku 2,7 puta veći prirast temeljnice u odnosu na međustojeća stabla. Najveći prirast temeljnice po stablu imala su stabla sa slobodno stojećom krošnjom, u proseku prirast im je bio veći 2,4 puta u odnosu na prirast temeljnice svih stabala. Gubitak ranga u kategoriji stešnjenosti krošnji (SK-1 → SK-2) značio je gubitak u prirastu temeljnice po stablu za 40% (Bobinac et al., 2013). Negativne posledice biotičkih i abiotičkih faktora na debljinski prirast stabala poljskog jasena, koje su permanentno prisutne u sastojinama i na optimalnom staništu (Bobinac, 2000), su intenzivirane sa pojavom nove bolesti koju uzrokuje gljiva *Hymenoscyphus fraxineus* ((T. Kowalski), Boral, Queloz & Hosoya) i manifestuje se masovno sušenje jasenovih stabala koja nisu u stanju optimalne kondicije. Masovno sušenje jasenovih stabala posle 2015. godine se sinhronizovalo sa diskontinuitetom započete nege na OP-2 (Bobinac, 2013).

U istraživanim sastojinama, u 2017. i 2020. godini, konstatovani su procesi intenzivnog biološkog diferenciranja stabala. Na OP-1, u 2020. godini,

učešće podstojnih i međustojećih stabala je iznosilo 65,4%, a u nadstojnom delu učešće stabala sa jednostrano i višestrano razvijenom krošnjom je iznosilo 95,7%. Na OP-2, u 2017. godini, učešće podstojnih i međustojećih stabala je iznosilo 45,8%, a u nadstojnom delu učešće stabala sa jednostrano i višestrano razvijenom krošnjom je iznosilo 88,2%. Na sastojinskom nivou u obe istraživane sastojine najmanji srednji prečnik i najveći stepen vitkosti imala su podstojna stabla i stabla sa višestrano stešnjenom i nerazvijenom krošnjom. U sastojinama, u 2017. i 2020. godini, konstatovana je i narušena vitalnost (sa realnom procenom progresije) i sušenje poljskog jasena. Krajem 2020. godine, na OP-1, u okviru svih stabala poljskog jasena je bilo 23,6% suvih i 9,6% odumirućih stabala (osutost krošnje > 80%), odnosno ukupno 33,2%, a na OP-2, krajem 2017. godine, je bilo 26,8% suvih i 4,5% odumirućih, odnosno ukupno 31,2%. U okviru nadstojnih stabala poljskog jasena na OP-1 je bilo 2,8% suvih i 4,2% odumirućih stabala, odnosno ukupno 6,9%, a na OP-2 je bilo 10,6% suvih i 2,4% odumirućih, odnosno ukupno 12,9%. Suva i odumiruća stabla poljskog jasena na sastojinskom nivou na obe ogledne površine i u okviru nadstojnih stabala na OP-1 imala su manji srednji prečnik u odnosu na neoštećena i značajno oštećena stabla, što ukazuje na to da je sušenje tih stabala primarno vezano za njihov slabiji rast. Navedeni podaci su u saglasnosti sa zaključkom koji iznose Halmschlager i Kirisits (2008) te Bakys et al. (2009) – da su simptomi propadanja izraženiji na stablima jasena ispod prosečne veličine u sastojinama gustog sklopa, odnosno kod stabala slabijeg rasta. Na OP-2 između srednjih prečnika nadstojnih stabala različitog stepena osutosti krošnji ne uočavaju se veće razlike, što ukazuje na to da sušenje i umanjena vitalnost nisu primarno vezani za njihov slabiji rast. Međutim, navedeno ne može da isključi uticaj intenzivnog rasta i biološkog diferenciranja stabala u borbi za prostor za rast, u okviru u kojem je izostala adekvatna nega u kritičnoj fazi razvoja sastojine, te su potrebna dodatna istraživanja da bi se omogućila jasnija predstava o značaju mera nege na intenzitet aktuelnog odumiranja poljskog jasena.

5. Zaključci

Devitalizacija i odumiranje poljskog jasena u istraživanim sastojinama u 2017. i 2020. godini, sa realnom procenom progresije, odvija se u uslovima izražene konkurencije i biološkog diferenciranja jasenovih stabala.

Na OP-1, u 2020. godini, učešće podstojnih i međustojećih stabala je iznosilo 65,4%, a u nadstojnom delu učešće stabala sa jednostrano i višestrano

razvijenom krošnjom je iznosilo 95,7%. Na OP-2, u 2017. godini, učešće podstojnih i međustojećih stabala je iznosilo 45,8%, a u nadstojnom delu učešće stabala sa jednostrano i višestrano razvijenom krošnjom je iznosilo 88,2%.

Na OP-1, u 2020. godini, suvih i odumirućih stabala poljskog jasena je bilo ukupno 33,2%, a u okviru nadstojnih stabala 6,9%. Na OP-2, u 2017. godini, suvih i odumirućih stabala poljskog jasena je bilo ukupno 31,2%, a u okviru nadstojnih stabala 12,9%.

Suva i odumiruća stabla poljskog jasena na sastojinskom nivou na obe ogledne površine i u okviru nadstojnih stabala na OP-1 imala su manji srednji prečnik u odnosu na neoštećena i značajno oštećena stabla, što ukazuje na to da je odumiranje tih stabala primarno vezano za njihov slabiji rast.

Napomena: Istraživanje je finansiralo Ministarstvo nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije, na osnovu Ugovora o realizaciji i finansiranju naučnoistraživačkog rada NIO u 2024. godini, evidencioni broj (Ugovor br.: 451-03-65/2024-03/ 200169 od 5. 2. 2024. godine).

Literatura

Anić, I. (ur.) (2022): Poljski jasen u Hrvatskoj, Akademija šumarskih znanosti, Zagreb.

Assmann, E. (ur.) (1970): The Principles of Forest Yield Study, Studies in the Organic Production, Structure, Increment and Yield of Forest Stands, Pergamon.

Bakys, R., Vasaitis, R., Barklund, P., Thomsen, I. M., Stenlid, J. (2009): Occurence and pathogenicity of fungi in necrotic and non-symptomatic shoots of declining common ash (*Fraxinus excelsior*) in Sweden, Eur. J. Forest Res., 128 (1), 51-60.

Barić, L., Županić, M., Pernek, M., Diminić, D. (2012): Prvi nalaz patogene gljive *Chalara fraxinea* u Hrvatskoj – novog uzročnika odumiranja jasena (*Fraxinus* spp,), Šumarski list, 9–10, Zagreb, 461-469.

Bauer, A., Bobinac, M., Andrašev, S., Rončević, S. (2013): Devitalization and sanitation fellings on permanent sample plots in the stands of pedunculate oak in Morović in the period 1994 – 2011, Bulletin of the Faculty of Forestry, 107, 7-26.

Bobinac, M. (2000): Uticaj zakasnele prorede na prirast stabala budućnosti poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl), Glasnik Šumarskog fakulteta, 83, Beograd, 43-54.

Bobinac, M. (2011): Ekologija i obnova higrofilnih lužnjakovih šuma Ravnog Srema. Monografija, Hrvatski šumarski institut, Institut za Šumarstvo, Beograd, Zagreb.

Bobinac, M. (2013): Istraživanje efekata proreda u sastojinama poljskog jasena na području Specijalnog rezervata prirode "Gornje Podunavlje". Završni izveštaj po ugovoru broj: 104-401-2178/2012-05-3 Autonomne Pokrajine Vojvodine – Pokrajinskog sekretarijata za poljoprivredu, vodoprivredu i šumarstvo, Univerzitet u Beogradu – Šumarski fakultet, Beograd.

Bobinac, M., Andrašev, S. (2008): Strukturna izgrađenost i uzgojne potrebe nekih sastojina poljskog jasena na području specijalnog rezervata prirode "Gornje Podunavlje", Glasnik Šumarskog fakulteta, 97, Beograd, 79-106.

Bobinac, M., Vučković, M. (1999): Effect of some exogenous factors on the variability of diameter increment of narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl) future trees on an ecologically optimal site, Ekologija, 18 (1), Bratislava, 31-38.

Bobinac, M., Andrašev, S., Đanić, I. (2007): Example of recent succession of vegetation in the area of Monoštorski rit due to changes in hydrological conditions, u: International conference "Erosion and torrent control as a factor in sustainable river basin management", Proceedings CD, Belgrade, 7.

Bobinac, M., Andrašev, S., Vučković, M., Stajić, B. (2013): Phytosociological revitalization of hardwood broadleaved stands in SRN "Gornje Podunavlje", u: Aleksić, N. (ur.) Environmental protection of urban and suburban settlements, proceedings. XVII International Eco-Conference, 25–28th September 2013, Novi Sad, Ecological Movement of Novi Sad, Novi Sad, 213-221.

Bobinac, M., Grbić, P., Janjatović, G., Abjanović, Z. (1997): Prorede u mladim sastojinama lužnjaka i poljskog jasena na području ŠG "Sremska Mitrovica", Šumarstvo, 4–5, Beograd, 33-43.

Eichhorn, J., Roskams, P., Potočić, N., Timmermann, V., Ferretti, M., Mues, V., Szepesi, A., Durrant, D., Seletković, I., Schröck, H-W., Nevalainen, S., Bussotti, F., Garcia, P., Wulff, S. (2020): Part IV: Visual Assessment of Crown Condition and Damaging Agents. Version 2020-3, u: UNECE ICP Forests Programme Co-ordinating Centre (ur.) Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, Thünen Institute of Forest Ecosystems, Eberswalde, Germany. https://www.icp-forests.org/pdf/manual/2020/ICP_Manual_part04_2020_Crown_version_2020-3_update_06-2023.pdf.

Grbić, P., Jović, D., Medarević, M. (1991): Pojava sušenja lužnjaka na području Bosutskog basena (Gornjeg Srema), Glasnik Šumarskog fakulteta, 73, Beograd, 393-403.

Halmschlager, E., Kirisits, T. (2008): First report of the ash dieback pathogen *Chalara fraxinea* on *Fraxinus excelsior* in Austria, Plant Pathology, 57 (6), 1177.

Ivanišević, P., Knežević, M. (2008): Tipovi šuma i šumskog zemljišta na području ravnog Srema, u: 250 godina šumarstva Ravnog Srema. Monografija (ur. Tomović. Z.), Javno preduzeće "Vojvodinašume", Šumsko gazdinstvo Sremska Mitrovica, Petrovaradin, 87-118.

Jović, D., Jović, N., Jovanović, B., Tomić, Z., Banković, S., Medarević, M., Knežević, M., Grbić, P., Živanov, N., Ivanišević, P. (1994a): Tipovi šuma ravnog Srema – atlas, Geokarta, Beograd.

Jović, D., Banković, S., Medarević, M., Grbić, P. (1994b): Sušenje šuma lužnjaka i poljskog jasena u Sremskom šumskom području, u: Aerozagađenja i šumski ekosistemi, Šumarski fakultet i centar za multidisciplinarne studije, Beograd, 179-194.

Jović, N., Jović, D., Jovanović, B., Tomić, Z. (1989/90): Tipovi lužnjakovih šuma u Sremu i njihove osnovne karakteristike, Glasnik Šumarskog fakulteta, 71–72, Beograd, 19-41.

Keča, N., Kirisits, T., Menkis, A. (2017): First Report of the Invasive Ash Dieback Pathogen *Hymenoscyphus fraxineus* on *Fraxinus excelsior* and *F. angustifolia* in Serbia, Baltic Forestry, 23 (1), 56-59.

Kraft, G. (1884): Beiträge zur Lehre von den Durchforstungen Schlagstellungen und Lichtungshieben.

Kusturin, S. (2017): Poljski jasen (*Fraxinus angustifolia* Vahl) i njegove sastojine u Monoštorskom ritu, Zadužbina Andrejević, Beograd.

Marković, M., Pap, P., Pekeč, S., Galović, V., Pilipović, A., Čortan, R., Rađević, V. (2016): Monitoring gljive *Chalara fraxinea* na teritoriji AP Vojvodine tokom 2016. godine, Topola, 197–198, 111-122.

Medarević, M., Banković, S., Cvetković, Đ., Abjanović, Z. (2009): Problem sušenja šuma u Gornjem Sremu, Šumarstvo, 3–4, Beograd, 61-73.

Michailoff, I. (1943): Zahlenmässiges Verfahren für die Ausführung der Bestandeshöhenkurven, Cbl. und Thar. Forstl. Jahrbuch, 6, 273-279.

Oršanić, M. (ur.) (2020): Ekologija, obnova i zaštiata poplavnih šuma Posavine, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet.

Pantić, D. (1996): Zapreminske tablice za poljski jasen (*F. angustifolia* Vahl) u šumama Ravnog Srema, Šumarstvo, 1–2, Beograd, 58-62.

R Core Team (2018): A language and environment for statistical computing, R Foundation for Statistical Computing Vienna, Austria. http://www.R-project.org.

Seletković, I., Potočić, N., Ugarković, D., Ognjenović, M. (2022): Vitalitet i odumiranje poljskog jasena u Hrvatskoj, u: Poljski jasen u Hrvatskoj (ur. Anić, I.), Akademija šumarskih znanosti, Zagreb, 315-336.

Stanivuković, Z., Karadžić, D., Milenković, I. (2014): Prvi nalaz parazitske gljive *Nymenoscyphus fraxineus* (T. Kowalski) Baral, Queloz, Hosoya na belom jasenu u Bosni i Hercegovini, Šumarstvo, 3–4, Beograd, 19-33.

Szabó, I. (2008): First report of Chalara fraxinea aff ecting common ash in Hungary, Plant Pathology, 58 (4), 797.

Tomić, Z. (2010): Klasifikacija i dinamizam šumskih zajednica Ravnog Srema, rukopis, Beograd.

Tomić, Z., Knežević, M., Cvjetićanin, R. (2001): Higrofilne šume poljskog jasena u Sremu, u: Monografija. Naučni skup posvećen istraživanjima vodenih ekosistema i plavnih zona "Zasavica 2001.", Sremska Mitrovica, 27–30. juna 2001. godine, Prirodno-matematički fakultet, Institut za biologiju, Goransko-ekološki pokret, Novi Sad, Sremska Mitrovica, 136-144.

Vukelić, J., Baričević, D. (2004): The association of spreading elm and narrow-leaved ash (*Fraxino-Ulmetum laevis* Slav. 1952) in floodplain forests of the podravina and podunavlje, Hacquetia, 3 (1), Ljubljana, 49-60.

Ugarković, D., Pleša, K. (2017): Usporedba odumiranja stabala hrasta lužnjaka i poljskog jasena u odnosu na ekološku konstituciju vrsta, Šumarski list, 5–6, Zagreb, 227-236.

Ugarković, D., Oršanić, M. (2020): Odnos stanišnih i strukturnih čimbenika prema odumiranju stabala poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl) u Posavini, u: Ekologija, obnova i zaštiata poplavnih šuma Posavine (ur. Oršanić, M.), Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, 43-100.

Pioneer narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl) stand structure before and after the current decline. A case study based on the permanent sample plots in Posavina and Podunavlje (Serbia)

Summary: On permanent experimental plots in naturally formed narrow-leaved ash stands, on the surfaces of former marsh habitats in Posavina, in the area of Srem on humogley, and Podunavlje, in the area of Monoštorski rit on fluvial-humus soil, the stand structure before and after the current defoliation of narrow-leaved ash was studied. In the area of Srem, the experimental plot (OP-1) was formed at the end of 1996 in a stand that was about 20 years old, and its structure was shown at the end of 1996 and 2020, and in the area of Monoštorski Rit, the experimental plot (OP-2) was formed at the end of in 2004 in a stand that is about 38 years old, and its structure at the end of 2004 and 2017 is shown. Until the establishment of experimental plots in the stands, silvicultural measures weren't taken, and experimental selective thinning was carried out on the experimental plots. On OP-1, two thinnings were carried out, the first at the end of 1996, and the second at the end of 2006, during which a total of 1317 trees per hectare were cut in the form of the previous yield, and on OP-2 a selective thinning was carried out at the end of 2004 during which 240 trees per hectare were cut.
In stands of narrow-leaved ash in a wider area of spreading, the vitality of the trees was impaired due to the synergistic action of unfavourable abiotic and biotic factors and the appearance of the new disease *Hymenoscyphus fraxineus* ((T. Kowalski), Baral, Queloz & Hosoya). In the researched stands in 2017 and 2020, it was found that the stands were not properly built and the narrow-leaved ash died, which is primarily a consequence of the lack of adequate silvicultural measures in the period that determines their proper development and the multi-year synergistic effect of unfavourable abiotic and biotic factors on the deterioration of the conditions for their development.
On OP-1, at the end of 1996, a total of 3807 trees per hectare were recorded, within which there were 3596 narrow-leaved ash trees with an average quadratic diameter of 7.7 cm and an average height according to Loray of 9.1 m. At the end of 2020, and a stand age of about 50 years, a total of 2,000 narrow-leaved ash trees were recorded per hectare, of which 23.6% were dry and 9.6% were dying (absence of the canopy > 80%), and only 14, 9% are undamaged trees (absence of crown up to 25%). On OP-2, at the end of 2004, 745 narrow-leaved ash trees were recorded per hectare with an average quadratic diameter of 24.0 cm and an average height of 26.1 m according to Loray. In 2017, at a stand age of about 50 years, a total of 483 narrow-leaved ash trees were recorded, of which 26.8% were dry and 4.5% dying, and 51.6% were undamaged trees. Within the overhanging narrow-leaved ash trees on OP-1 there were 2.8% dry and 4.2% dying trees, i.e. a total of 6.9%, and on OP-2 there were 10.6% dry and 2.4% dying trees, i.e. a total of 12.9%.
The devitalization and dying out of narrow-leaved ash trees in the researched stands by 2017 and 2020, with further progression of the decrease in vitality, takes place in conditions of pronounced competition and biological differentiation of ash trees. On OP-1 in 2020, 65.4% of narrow-leaved ash trees had an inter-standing and sub-standing position, and within 34.6% of overhanging trees, 34.7% had one-sided and 52.8% ad multi-sided narrowed crowns. On OP-2 in 2017, 45.9% of narrow-leaved ash trees had an inter-standing and sub-standing

position, and within 54.1% of overhanging trees, 30.6% had one-sided and 57.6% had multi-sided narrowed crowns.

Dry and dying narrow-leaved ash trees at the stand level on both experimental plots and within the overstory trees on OP-1 had a smaller mean diameter compared to undamaged and significantly damaged trees, which indicates that the drying of those trees is primarily related to their weaker growth. On OP-2, no major differences are observed between the mean diameters of the overhanging trees with different degrees of canopy absence, which indicates that drying and reduced vitality is not primarily related to their weaker growth. However, the above cannot rule out the influence of intensive growth and biological differentiation of trees in the struggle for space for growth, within the framework of which the absence of adequate silvicultural measures in the critical phase of stand development was determined.

DOI: 10.5644/PI2024.211.07
Originalni naučni članak

Potencijalna rana selekcija provenijencija bijelog bora (*Pinus sylvestris* L.) u testu provenijencija u Bosni i Hercegovini

Mirzeta Memišević Hodžić
Univerzitet u Sarajevu, Šumarski fakultet
E-mail: mirzeta.mh@sfsa.unsa.ba

Erdal Brutus
Univerzitet u Sarajevu, Šumarski fakultet

Dalibor Ballian
Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine

Apstrakt: Bijeli bor (*Pinus sylvestris* L.) jedna je od najvažnijih i najistraženijih vrsta drveća u evropskim šumama. Cilj istraživanja je utvrditi mogućnosti povećanja proizvodnih mogućnosti i kvaliteta bijelog bora kroz ranu selekciju u testu provenijencija u Bosni i Hercegovini, a rezultati će se koristiti u svrhu što boljeg korištenja staništa pogodnih za bijeli bor.
Za potrebe ovog istraživanja 2021. godine mjerene su visine i prečnici u prsnoj visini bijelog bora u testu provenijencije u Žepču, te brojane grane u pršljenu. Test je uspostavljen 2012. godine sadnjom dvogodišnjih sadnica iz 14 evropskih provenijencija (po tri iz Austrije i Italije i po jedna iz Bosne i Hercegovine, Njemačke, Poljske, Rumunije, Slovačke, Norveške, Škotske i Ukrajine). Izračunate su i zapremine, a zatim provedena analiza varijanse i deskriptivna analiza podataka po provenijencijama. Zatim je selekcionirano pet provenijencija sa najvećim prosječnim vrijednostima istraživanih svojstava i izračunate su razlike između prosječnih vrijednosti za selekcionirane provenijencije i ukupnog prosjeka, kao i razlike između prosječnih vrijednosti za provenijenciju sa najvećim prosječnim vrijednostima i ukupnog prosjeka za sva istraživana svojstva. Podaci su obrađeni pomoću Excel 2013 i SPSS 20.0.
Analiza varijanse pokazala je statistički značajne razlike između provenijencija po svim istraživanim svojstvima. Najveći prosječan prečnik stabala starih 11 godina imala je provenijencija iz Ukrajine, a najveću prosječnu visinu i zapreminu jedna od provenijencija iz Austrije. Razlika između prosjeka pet provenijencija sa najvećim prosječnim vrijednostima i ukupnog prosjeka po svojstvu zapremine iznosila je 17,4% od ukupnog prosjeka, a razlika između provenijencije sa najvećom prosječnom zapreminom i ukupnog prosjeka iznosila je 41% od ukupnog prosjeka.
Rezultati će biti korišteni u procesima selekcije provenijencija bijelog bora sa dobrim visinskim i debljinskim prirastom.

Ključne riječi: bijeli bor /*Pinus sylvestris* L./, selekcija, test provenijencija

Uvod

U Bosni i Hercegovini bijeli bor (*Pinus sylvestris* L.) predstavlja vrstu koja je relativno široko rasprostranjena, ali u malim brojnim populacijama, o čemu izvještava Stefanović (1958), dok se samo na Romanijskom platou mogu naći veći kompleksi. U Bosni i Hercegovini bijeli bor se javlja na oko 2–3% šumskih površina, dok mu je zastupljenost u rasadničkoj proizvodnji jako velika (Ballian, 2000). Kako je drvo bijelog bora zbog svoje velike upotrebne vrijednosti našlo svoje mjesto u savremenom proizvodnom šumarstvu, koje se ne može zamisliti bez ove vrste, to je ovoj vrsti kroz povijest poklanjana velika pažnja (Pintarić, 2002). To je i glavni razlog zašto na tržištu postoji stalna potreba za visokovrijednim šumskim reprodukcionim materijalom bijelog bora, što upućuje na potrebu selekcije u cilju povećanja proizvodnosti i kvalitete ove vrijedne vrste. Naročito se velike potrebe za bijelim borom javljaju 1970-ih godina, što je bio razlog da se započnu aktivnosti na eksperimentalnoj rejonizaciji i selekciji sjemenskih objekata bijelog bora u Bosni i Hercegovini, a sa čim se u srednjoj i sjevernoj Evropi radi već desetljećima (Eriksson, 2008). Prve eksperimente sa bijelim borom u Evropi je postavio Dengler (1938), koji je proučavao populaciju bijelog bora nastalu iz slobodnog oprašivanja i došao do spoznaje da selekcija na svojstvo visine ima smisla ako se provodi u ranim fazama razvoja biljaka. Do sličnih rezultata poslije dolaze Scamoni (1950) i Patlaj (1964). Scamoni (1950) zaključuje da svojstvo zakrivljenosti debla predstavlja dominantno svojstvo i nalazi se pod visokom genetičkom kontrolom, kao i ugao insercije grana i rakljavost. Također je interesantno da broj kotiledona kod klijanaca određuje broj grana u pršljenu (Przybylski, 1972), te se selekcija na manji broj grana može provoditi u najranijoj fazi razvoja biljaka.

Intenzivne aktivnosti na masovnoj selekciji bijelog bora u Bosni i Hercegovini započele su sredinom 1980-ih godina, kada se počinje sa selekcijom najboljih sastojina (Ballian i dr., 2009). Aktivnosti na selekciji bijelog bora realizirane su u okviru projekta "Revizija postojećih i izdvajanje novih sjemenskih sastojina i proučavanje bioloških karakteristika smrče, jele, bijelog i crnog bora u funkciji proizvodnje kvalitetnog sjemena za potrebe šumarstva SRBiH" (Dizdarević et al., 1987). Prvi rezultati na nacionalnom nivou pokazuju da postoje značajne razlike između provenijencija bijelog bora u testu provenijencija u mlađoj dobi (Mikić, 1991), ali i kod starosti od 20 godina (Ballian et al., 2009). Nažalost to je bio samo nacionalni test provenijencija. Tokom 2012. godine osnovan je test provenijencija sa provenijencijama

bijelog bora iz više evropskih zemalja (Ballian et al., 2019), kako bi se pokazalo kakva je pozicija najbolje populacije iz nacionalnog testa, a što je bila provenijencija Bugojno (Prusačka rijeka) (Mikić, 1991) naspram evropskih koje su zasađene u pokusu.

Testovi provenijencija osnivaju se za dugoročna istraživanja i svaka provenijencija mora biti predstavljena potomstvom sa minimalno 20 stabala, a poželjno je da to bude sa 50 stabala (Vidaković i Krstinić, 1985). Jedan od glavnih ciljeva istraživanja jeste identificiranje, izdvajanje provenijencija koje daju najveću proizvodnu i kvalitativnu vrijednost, te dobra genetička adaptacija selekcioniranih provenijencija (individua) jer su uspješno prošle prestrojavanje populacijske strukture, kao utjecaj okoline na njihove procese prilagodbe.

Cilj istraživanja je priznatim metodama za testiranje provenijencija odrediti najbolje provenijencije za ekološke uvjete koji vladaju na istraživanom području, prema prsnom prečniku, visini, zapremnini te broju grana u pršljenu, a zatim kroz sintezu svih analiziranih svojstava dati preporuku za upotrebu najboljih provenijencija u okviru kojih će se izdvojiti najbolje individue za razvoj klonskog šumskog nasada superiornih individua, kao i eventualno podizanje klonskih sjemenskih plantaža.

Materijal i metode

Materijal

Objekt istraživanja bila su stabla bijelog bora u testu provenijencija bijelog bora Žepče. Test provenijencija osnovan je 2012. godine, sadnjom sadnica starosti 2+0 uzgojenih od sjemenskog materijala prikupljenog u deset različitih zemalja. Na ovoj plohi se nalazi 14 različitih provenijencija bijelog bora (Tabela 1). Prilikom osnivanja, sadnice su sađene u rupe dimenzija 30 x 30 cm, sa razmakom sadnje 2 x 2 m. Sadnja je izvršena pravolinijski, pri čemu je u okviru jedne provenijencije zasađeno 100 sadnica u četiri bloka – ponavljanja (Slika 1), a u svakom bloku se nalazi po 25 sadnica. Ukupan broj sadnica na plohi je 1400.

I3	SL1	I2		
N3	NJ2	P1	I1	
B1	S1	U2		R1
I2	I3	A1	A2	A3
R1	N3	NJ2	P1	I1
A3	B1	S1	U2	SL1
I1	I2	I3	A1	A2
SL1	R1	N3	NJ2	P1
A2	A3	B1	S1	U2
P1	I1	I2	I3	A1
U2	SL1	R1	N3	NJ2
A1	A2	A3	B1	S1

Legenda:	
BLOK 1	
BLOK 2	
BLOK 3	
BLOK 4	

Slika 1. Raspored provenijencija bijelog bora u testu provenijencija Žepče
Figure 1. Distribution of Scots pine provenances in the Žepče provenance test

Tabela 1. Lista istraživanih provenijencija bijelog bora u testu provenijencija Žepče
Table 1. List of investigated Scots pine provenances in the Žepče provenance test

Zemlja *Country*	Oznaka provenijencije *Label of provenance*	Lokalitet sakupljanja sjemena *Location of seed collection*	Sjeverna geografska širina *Latitude*	Istočna geografska dužina *Longitude*
Austrija	A1	Kobersdorf/Lackenbach	47°53'12"	15°31'39"
Austrija	A2	Pannholtz, Burgenland	47°07'14"	15°17'14"
Austrija	A3	Hochwolkersdorf Stift Reicheresberg	47°13'49"	14°26'12"
Bosna i Hercegovina	B1	Bugojno	44°03'00"	17°27'00"
Italija	I1	Ca Del Lupo	43°18'90"	13°27'89"
Italija	I2	Fenestrelle (TO)	45°01'47"	07°03'38"
Italija	I3	Piani – Valda (TN)	46°13'00"	11°16'00"
Njemačka	NJ2	Trippstadt	49°21'35"	07°46'29"
Poljska	P1	Raciane – Nida	53°37'00"	21°29'00"
Rumunjska	R1	Sacueni	47°21'09"	22° 5'29"
Slovačka	SL1	Hanušovce	49°01'35"	21°30'01"
Norveška	N3	Narvik	68°25'14"	17°33'10"
Škotska	S1	Shieldaig	57°36'24"	05°55'17"
Ukrajina	U2	Ivano Frankivsk	48°56'22"	24°31'52"

Test provenijencija bijelog bora Žepče nalazi se na 600 m nadmorske visine u pojasu hrastovih i bukovih šuma. U ovoj zoni se nalazi duboko kiselo-smeđe zemljište (distrični kambisol). U ovom području vlada umjerenokontinentalna klima (Federalni hidrometeorološki zavod), sa toplim ljetima i oštrim zimama. Srednja godišnja temperatura zraka iznosi 10,7°C, minimalna temperatura je izmjerena u januaru (–27,5°C), a maksimalna u augustu (39,5°C). Godišnji prosjek registriranih mrazeva je 85 dana. Prosječna godišnja visina padavina iznosi 1040 mm. Vjetrovi su česti i umjereni sa povremenim jačim intenzitetom, koji dolinom rijeke Bosne pušu u nizvodnom smjeru (Strategija razvoja općine Žepče 2011–2018).

Terenska istraživanja – prikupljanje podataka

Terenska mjerenja u testu provenijencija vršena su 2021. godine. Mjerene su visine i prečnici stabala te brojane grane u petom pršljenu odozdo. Zapremina (m^3) je izračunata po formuli:

$$V = \frac{G \times H}{3},$$

gdje je H – visina stabla, a G – temeljnica (m^2), izračunata po formuli:

$$G = \frac{d_{1,3}^2 \times \pi}{4},$$

gdje je $d_{1,30}$ – prečnik na prsnoj visini.

Statistička obrada podataka

Provedena je analiza varijanse i deskriptivna analiza podataka po provenijencijama korištenjem SPSS 20.0 programa. Zatim je selekcionirano pet provenijencija sa najvećim prosječnim vrijednostima istraživanih svojstava i izračunate su razlike između prosječnih vrijednosti za selekcionirane provenijencije i ukupnog prosjeka, kao i razlike između prosječnih vrijednosti za najbolju provenijenciju i ukupnog prosjeka za sva istraživana svojstva. Podaci su obrađeni pomoću Excel 2013.

Rezultati

Deskriptivni pokazatelji za svojstvo visine, prsnog prečnika, broja grana u pršljenu i zapremine bijelog bora po provenijencijama prikazani su u tabelama

2–5. Najviša prosječna vrijednost označena je tamnosivom, a ostale četiri najviše prosječne vrijednosti označene su svijetlosivom bojom.

Tabela 2. Deskriptivni pokazatelji za visinu stabala bijelog bora po provenijencijama
Table 2. Descriptive indicators for the height of Scots pine trees by provenances

Provenijencija *Provenance*	N	Prosjek (m) *Mean (m)*	Standardna devijacija (m) *Std. Deviation (m)*	Standardna greška (m) *Std. Error (m)*	Minimum (m)	Maximum (m)
A1	45	5,1	1,3	0,2	2,0	7,3
A2	56	4,3	1,1	0,1	2,0	6,0
A3	52	6,4	1,3	0,2	3,5	9,8
B1	46	5,2	1,9	0,3	2,0	8,5
I1	46	5,5	1,2	0,2	2,5	8,0
I2	30	4,6	1,2	0,2	2,1	6,9
I3	66	5,7	1,4	0,2	2,0	8,9
N3	57	5,3	1,4	0,2	2,0	8,1
NJ2	40	4,8	1,3	0,2	2,4	6,4
P1	55	4,9	1,3	0,2	2,0	7,0
R1	31	5,7	1,1	0,2	3,0	7,1
S1	37	5,4	0,9	0,1	3,5	6,9
SL1	43	5,0	1,2	0,2	2,5	7,4
U2	40	5,2	0,9	0,1	2,8	8,0
Prosjek *Average*	**–**	**5,2**	**1,4**	**0,1**	**2,0**	**9,8**
Prosjek pet najboljih provenijencija *Average of the five best provenances*		5,7	–	–	–	–

Najveću prosječnu visinu imala je provenijencija A3 – 6,4 m, a slijede je provenijencije I3, R1, I1 i S1, dok je najmanju prosječnu visinu imala provenijencija A2 – 4,3 m. Razlika između prosječne visine pet najboljih provenijencija i ukupnog prosjeka visina za sve provenijencije iznosti 0,5 m (9,6% od ukupnog prosjeka), a razlika između prosječne visine najbolje provenijencije (A3) i ukupnog prosjeka iznosi 1,2 m (23,1% od ukupnog prosjeka).

Tabela 3. Deskriptivni pokazatelji za prsni prečnik stabala bijelog bora po provenijencijama
Table 3. Descriptive indicators for diameter at breast height of Scots pine by provenances

Provenijencija *Provenance*	N	Prosjek (cm) *Mean (m)*	Standardna devijacija (cm) *Std. Deviation (m)*	Standardna greška (cm) *Std. Error (m)*	Minimum (cm)	Maximum (cm)
A1	45	8,8	2,2	0,3	3,0	13,0
A2	56	7,9	2,3	0,3	2,0	12,0
A3	52	9,5	2,0	0,3	5,0	13,0
B1	46	8,5	2,3	0,3	2,0	12,0
I1	46	8,2	1,9	0,3	2,5	12,0
I2	30	7,9	2,0	0,4	3,0	11,0
I3	66	8,8	2,4	0,3	0,0	13,0
N3	57	9,0	1,8	0,2	3,0	13,0
NJ2	40	7,9	2,3	0,4	3,0	12,0
P1	55	8,6	2,5	0,3	3,0	15,0
R1	31	9,3	2,2	0,4	3,0	13,0
S1	37	8,7	1,7	0,3	3,0	12,0
SL1	43	8,7	1,9	0,3	5,0	13,0
U2	40	9,3	1,7	0,3	6,0	12,0
Prosjek *Average*	**–**	**8,7**	**2,2**	**0,1**	**0,0**	**15,0**
Prosjek pet najboljih provenijencija *Average of the five best provenances*		9,2	–	–	–	–

Najveći prosječni prsni prečnik imala je provenijencija A3 – 9,5 cm, a slijede je provenijencije R1, U2, N3 i A1, dok su najmanji prosječni prsni prečnik imale provenijencije I2, A2 i NJ2. Razlika između prosječne vrijednosti prsnog prečnika pet najboljih provenijencija i ukupnog prosjeka iznosi 0,5 cm (5,7% od ukupnog prosjeka), a razlika između prosječne vrijednosti najbolje provenijencije (A3) i ukupnog prosjeka iznosi 0,8 cm (9,2% od ukupnog prosjeka).

Tabela 4. Deskriptivni pokazatelji za broj grana u pršljenu bijelog bora po provenijencijama
Table 4. Descriptive indicators for number of branches in whorls by provenances

Provenijencija *Provenance*	N	Prosjek (kom) *Mean (n)*	Standardna devijacija (kom) *Std. Deviation (n)*	Standardna greška (kom) *Std. Error (n)*	Minimum (kom)	Maximum (kom)
A1	45	6,69	1,145	0,171	4	9
A2	56	7,27	1,408	0,188	4	11
A3	52	7,96	1,868	0,259	4	14
B1	46	7,30	1,787	0,264	4	11
I1	46	6,93	2,736	0,403	4	22
I2	30	7,70	1,725	0,315	5	12
I3	66	6,68	1,899	0,234	0	13
N3	57	6,63	1,447	0,192	4	9
NJ2	40	7,43	2,099	0,332	4	12
P1	55	7,29	1,436	0,194	4	10
R1	31	6,71	1,936	0,348	4	10
S1	37	5,97	1,343	0,221	4	9
SL1	43	7,37	1,381	0,211	5	12
U2	40	7,00	1,062	0,168	4	9
Prosjek *Average*	**–**	**7,07**	**1,761**	**0,069**	**0**	**22**
Prosjek pet najboljih provenijencija *Average of the five best provenances* –		6,54	–	–	–	–

Najmanji prosječan broj grana u pršljenu imala je provenijencija iz Škotske (Shieldaig), dok je bosanskohercegovačka provenijencija sa prosjekom preko 7,3 grana u pršljenu bila među lošijim provenijencijama po ovom svojstvu. Razlika između prosjeka pet najboljih provenijencija (sa najmanjim prosječnim brojem grana u pršljenu) i ukupnog prosjeka je –0,5 (–7,6% od ukupnog prosjeka), dok je razlika između prosjeka najbolje provenijencije (S1) i ukupnog prosjeka –1,1 (–15,6% od ukupnog prosjeka).

Tabela 5. Deskriptivni pokazatelji za zapreminu stabala bijelog bora po provenijencijama
Table 5. Descriptive indicators for volume of Scots pine trees by provenances

Provenijencija *Provenance*	N	Prosjek (m^3) *Mean (m^3)*	Standardna devijacija (m^3) *Std. Deviation (m^3)*	Standardna greška (m^3) *Std. Error (m^3)*	Minimum (m^3)	Maximum (m^3)
A1	45	0,01191	0,00750	0,00112	0,00050	0,03100
A2	56	0,00837	0,00563	0,00075	0,00020	0,02260
A3	52	0,01657	0,00929	0,00129	0,00290	0,04330
B1	46	0,01163	0,00800	0,00118	0,00020	0,02830
I1	46	0,01065	0,00539	0,00079	0,00050	0,02530
I2	30	0,00848	0,00559	0,00102	0,00050	0,01930
I3	66	0,01315	0,00702	0,00086	0,00000	0,03320
N3	57	0,01255	0,00612	0,00081	0,00050	0,02650
NJ2	40	0,00937	0,00576	0,00091	0,00060	0,02000
P1	55	0,01137	0,00809	0,00109	0,00060	0,03530
R1	31	0,01422	0,00703	0,00126	0,00070	0,03100
S1	37	0,01120	0,00474	0,00078	0,00120	0,02300
SL1	43	0,01123	0,00687	0,00105	0,00250	0,03100
U2	40	0,01247	0,00531	0,00084	0,00260	0,02450
Prosjek *Average*	–	**0,01175**	**0,00706**	**0,00028**	**0,00000**	**0,04330**
Prosjek pet najboljih provenijencija *Average of the five best provenances*		0,01379				

Najveću prosječnu zapreminu ima provenijencija A3, a najmanju I2. Razlika između prosječne zapremine za pet najboljih provenijencija i ukupnog prosjeka iznosi 0,0020m^3 (17,4% od ukupnog prosjeka). Razlika između prosjeka najbolje provenijencije i ukupnog prosjeka iznosi 0,0048m^3 (41,0% od ukupnog prosjeka).

U tabeli 6 prikazani su rezultati analize varijanse za istraživana svojstva sa provenijencijama kao izvorom varijabilnosti.

Tabela 6. Rezultati analiza varijanse za istraživana svojstva
Table 6. Results of analysis of variance for the investigated traits

Svojstvo Trait	Izvor varijabilnosti *Source of variability*	Suma kvadrata *Sum of Squares*	Stepeni slobode *df*	Sredina kvadrata *Mean Square*	F	Signifikantnost *Significance*
Visina (cm) *Height (cm)*	Između grupa/*Between Groups*	171,641	13	13,203	7,991	0,000
	Unutar grupa/*Within Groups*	1040,868	630	1,652		
	Ukupno/*Total*	1212,508	643			
Prsni prečnik (cm) *Diameter at breast height (cm)*	Između grupa/*Between Groups*	158,890	13	12,222	2,714	0,001
	Unutar grupa/*Within Groups*	2837,119	630	4,503		
	Ukupno/*Total*	2996,009	643			
Broj grana u pršljenu *Number of branches in whorl*	Između grupa/*Between Groups*	146,627	13	11,279	3,846	0,000
	Unutar grupa/*Within Groups*	1847,502	630	2,933		
	Ukupno/*Total*	1994,129	643			
Zapremina (m^3) *Volume (m^3)*	Između grupa/*Between Groups*	0,003	13	0,000	4,739	0,000
	Unutar grupa/*Within Groups*	0,029	630	0,000		
	Ukupno/*Total*	0,032	643			

Rezultati analize varijanse pokazuju da postoji statistički značajna razlika između provenijencija po svim svojstvima.

U tabeli 7 prikazane su vrijednosti Pearsonovog koeficijenta korelacije za istraživana svojstva. Sivom bojom označene su statistički značajne korelacije između svojstava na nivou 0,01.

Tabela 7. Pearsonov koeficijent korelacije između svojstava
Table 7. Pearson's correlation coefficient between traits

Svojstvo *Trait*	Koeficijent korelacije *Correlation coefficient*	Visina (cm) *Height (cm)*	Prsni promjer (cm) *Diameter at breast height (cm)*	Broj grana u pršljenu *Number of branches in whorl*	Zapremina (m^3) *Volume (m^3)*
Visina (cm) *Height (cm)*	Pearson Correlation	1			
	Sig. (2-tailed)				
	N	644			
Prsni prečnik (cm) *Diameter at breast height (cm)*	Pearson Correlation	0,683**	1		
	Sig. (2-tailed)	0,000			
	N	644	644		

Svojstvo *Trait*	Koeficijent korelacije *Correlation coefficient*	Visina (cm) *Height (cm)*	Prsni promjer (cm) *Diameter at breast height (cm)*	Broj grana u pršljenu *Number of branches in whorl*	Zapremina (m^3) *Volume (m^3)*
Broj grana u pršljenu *Number of branches in whorl*	Pearson Correlation	–0,007	0,068	1	
	Sig. (2-tailed)	0,862	0,083		
	N	644	644	644	
Zapremina (m^3) *Volume (m^3)*	Pearson Correlation	0,810**	0,912**	0,059	1
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,133	
	N	644	644	644	644

Rezultati Pearsonovog koeficijenta korelacije pokazuju da su svojstvo visine i prečnika u međusobnoj pozitivnoj korelaciji, a ova svojstva su i u očekivanoj pozitivnoj korelaciji sa zapreminom.

Diskusija

U šumarskim naučnim krugovima koji se bave oplemenjivanjem šumskog drveća se kontinuirano postavlja pitanje svrsishodnosti ranih selekcija na visinski i debljinski prirast, kao i na kvalitet debla, jer u kasnijoj dobi često dolazi do sustizanja, ujednačavanja ili preticanja među provenijencijama u pitanju ovih svojstava (Pintarić, 2000). S obzirom na to da se radi o kvantitativnim svojstvima, provođenje selekcije je teže zbog aditivnog nasljeđivanja (Vidaković i Krstinić, 1985, Ballian i Kajba, 2011), ali i u tom slučaju u zavisnosti od genetske kombinacije može se očekivati dobar rezultat i poboljšanje.

U ovom radu smo se osvrnuli na provenijencije kao ciljeve naše selekcije. Kada je u pitanju izbor najboljih provenijencija, znanstvenici se dvoume između korištenja autohtonog materijala i onog koji dolazi iz udaljenih populacija. Tako se većinom daje prednost domaćim provenijencijama (Eriksson i Ekberg, 2001), koje u nekim istraživanjima pokazuju superiornost i imaju bolju životnu snagu, jer su prilagođene na lokalne uvjete.

U ovom istraživanju korištena je lokalna provenijencija iz Bugojna, koja se u ranim testiranjima na nacionalnom nivou, sa 13 populacija iz Bosne i Hercegovine i kontrolnom grupom, pokazala najboljom (Mikić, 1991), dok je u starosti 20 godina bila trećerangirana iza provenijencija Šipovo i Romanija Glasinac (koja je bila lokalna u testu provenijencija Glasinac) (Ballian et al., 2009). U ovom istraživanju provenijencija Bugojno daleko zaostaje za najboljim provenijencijama. Provenijencija Austrija 3 (Hochwolkersdorf Stift

Reicheresberg), koja raste na 1000 m nadmorske visine, pokazala je najbolji rast u visinu i debljinu, dok je ova provenijencija u testu provenijencija Kupres pokazala osrednju vrijednost (Ballian et al., 2019).

Kada su u pitanju selekcije kvantitativnih svojstava, treba se osvrnuti i na socijalni status biljaka (Pintarić, 2021) u provenijenciji, odnosno njihovo brojno stanje. Provenijencija I2 (Fenestrelle (TO)) ima samo 30 stabala koja su preživjela, ali je pokazala najslabiji prirast, te u ovom slučaju nije bio odlučujući socijalni status, već genetska struktura. S druge strane, postoje provenijencije kod kojih postoji mali broj stabala, što za posljedicu ima bolji visinski i debljinski prirast, kao što su provenijencije iz Rumunije i Italije kada su u pitanju visine, te provenijencije iz Ukrajine, Rumunije i Austrije (A2) kada je u pitanju prsni prečnik. Rezultati za visinu i prečnik se odražavaju i na zapremninu, gdje provenijencija A3 (Hochwolkersdorf Stift Reicheresberg) pokazuje najviše vrijednosti, a slijede je provenijencije iz Rumunije, Ukrajine i Italije (I3), kao i provenijencija iz Norveške (Narvik).

Brojni naučnici ukazuju na prednosti ranih selekcija kada su u pitanju kvalitativna svojstva. Interesantno je da u ovom istraživanju najmanje grana ima provenijencija iz Škotske te, ako bismo težili za poboljšanjem kvaliteta drveta, odnosno ka smanjenju broja čvorova u deblu, mogli bismo koristiti ovu provenijenciju.

Kada su u pitanju rezultati ovog istraživanja, možemo vidjeti da izborom najbolje provenijencije možemo ostvariti poboljšanje od 21,6% kada su u pitanju prosječne visine, te 10% kada su u pitanju prosječni prečnici, a s obzirom na to da se bijeli bor javlja na oko 2–3% od ukupne površine šuma u Bosni i Hercegovini (Ballian, 2000), povećanje proizvodnosti bijelog bora na ovaj način ne bi bilo zanemarivo.

Kako bijeli bor veoma rano dosegne kulminaciju visinskog i debljinskog prirasta, a samim tim i fiziološku zrelost, u narednom periodu bi trebalo raditi i na njegovoj individualnoj selekciji, jer na taj način možemo očekivati još veću genetsku dobit, odnosno poboljšanje proizvodnosti. Dosadašnji rezultati koji su dobiveni na arišu (Memišević Hodžić et al., 2023) ukazuju na ispravnost individualne selekcije koja se može provesti i u provenijencijama bijelog bora.

Zaključci

Prosječna visina bijelog bora u testu provenijencija iznosila je 5,2 m, dok je prosječna visina najbolje provenijencije (A3) iznosila 6,4 m. Najlošija

provenijencija u pitanju visinskog prirasta bila je provenijencija I2 sa prosječnom visinom 4,6 m.

Prosječan prsni prečnik bijelog bora u testu provenijencija bio je 8,7 cm, dok je prosječan prečnik najbolje provenijencije (A3) iznosio 9,5 cm. Najlošije provenijencije u pitanju prosječnog debljinskog prirasta bile su I2, te A2 i NJ2.

Najmanji prosječan broj grana u pršljenu imala je provenijencija iz Škotske, dok je bosanskohercegovačka provenijencija sa prosjekom preko 7 grana u pršljenu bila među lošijim provenijencijama po ovom svojstvu.

Razlike između prosjeka pet najboljih provenijencija i ukupnog prosjeka se kreću od 5,7% za prečnik do 17,4% za zapreminu, a razlike između prosjeka najboljih provenijencija i ukupnog prosjeka se kreću od 9,2% za prečnik do 41,0% za zapreminu, što upućuje na mogućnost postizanja poboljšanja u proizvodnosti kroz aktivnosti selekcije provenijencija.

U narednom periodu treba nastaviti mjerenja u testu provenijencija s obzirom na to da su rezultati ovog istraživanja dobijeni na osnovu mjerenja stabala u ranoj fazi uzrasta te u kasnijoj dobi može doći do preticanja provenijencija. Također je potrebno započeti sa aktivnostima na selekciji provenijencija i individua unutar provenijencija sa najvećom produktivnošću i kvalitetom.

Literatura

Ballian, D. (2000): Kvaliteta sadnog materijala u rasadničarstvu Federacije Bosne i Hercegovine, u: Seminar: Sjemensko-rasadnička proizvodnja u BiH – Aktualno stanje i perspektive, Brčko, 67-70.

Ballian, D., Lizdo, E., Bogunić, F. (2019): Analiza diferenciranosti rasta i fenologije provenijencija običnog bora (*Pinus sylvestris* L.) u pokusu provenijencija kod Kupresa (Bosna i Hercegovina), Šumarski list, 143 (1–2), 25-34.

Ballian, D., Kajba, D. (2011): Oplemenjivanje šumskog drveća i očuvanje njegove genetske raznolikosti, Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Ballian, D., Mujanović, E., Čabaravdić, A. (2009): Varijabilnosti običnog bora (*Pinus sylvestris* L.) u pokusu provenijencija Glasinac – Sokolac (Bosna i Hercegovina) / Variability of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the provenance trial Glasinac – Sokolac (Bosnia and Herzegovina), Šumarski list, CXXXIII (11–12), 577-588.

Dengler, A. (1938): Pines of foregin provenance in the second generation, Zeitschr. F. U J., 70, 150-162. For. Abs. 1, No 22.

Dizdarević, H., Prolić, N., Mekić, F., Mikić, T., Vučetić, M., Pintarić, K., Luteršek, D., Gavrilović, D., Usčuplić, M., Lazarev, V., Vukorep, I., Stefanović, V., Miloslavić, L., Vrljičak, J. (1987): Revizija postojećih i izbor novih sjemenskih sastojina na području SR BiH, Rukopis, Sarajevo.

Eriksson, G. (2008): *Pinus sylvestris* – Recent genetic research, Department of plant biology and forest Genetics, Genetic center, SLU, Uppsala, Sweden.

Eriksson, G., Ekberg, I. (2001): An Introduction to Forest Genetics, SLU Repro, Uppsala.

Memišević Hodžić, M., Sinanović, S., Ballian, D. (2023): Međuodnos svojstava rasta i kvalitete drva na pokusnoj plohi ariša / The relationship of growth characteristics and wood quality on the experimental plot of larch, Šumarski list, 11–12, 525-534. https://doi.org/10.31298/sl.147.11-12.3.

Mikić, T. (1991): Primjena metoda oplemenjivanja u podizanju intezivnih kultura šumskog drveća u cilju povećanja proizvodnje drvne mase sa kratkim produkcionim periodom. Izvještaj za period 1989–1990 u okviru D.C. VII. Sarajevo.

Patlaj, J. N. (1964): Vlijanie geograficeskogo proischoždenia semian na rost i ustojcivost sosny v kulturach severnoj lovoberežnoj casti USSR. Ukr. Sel. Choz, Ak. Kier. (Autoreferat).

Pintarić, K. (2000): 30 godina istraživanja na arišu različitih provenijencija u Bosni, Šumarski list, CXXIV (3–4), 143-156.

Pintarić, K. (2002): Šumsko-uzgojna svojstva i život važnijih vrsta šumskog drveća, Udruženje šumarskih inžinjera i tehničara Federacije Bosne i Hercegovine, Sarajevo.

Pintarić, K. (2021): Uzgajanje šuma, tehnike obnove i njege sastojina, u povodu 100 godina od rođenja Prof. dr. Konrada Pintarića (priredio, dopunio i ilustrirao Dalibor Ballian), Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti Bosne i Hercegovine, Sveučilište u Mostaru, Hrvatski leksikografski institut Bosne i Hercegovine, Mostar.

Przybylski, T. (1972): Variability of Scots pine (*Pinus silvestris* L.) of Polish provenances, Arboretum Kórnickie Rocznik XVII – 1972. https://rcin.org.pl/Content/149685/KOR001_146909.pdf.

Scamoni, A. (1950): Über die weitere Entwicklung künstlicher Kiefernkreuzungen in Eberswalde, Züchter, 20 (1/2), 39-42.

Stefanović, V. (1958): Areal prirodnog rasprostranjenja bijelog bora (*Pinus silvestris* L.) u NR Bosni i Hercegovini, Radovi Šumarskog fakulteta Univerziteta u Sarajevu, 6 (3), 147-200. https://doi.org/10.54652/rsf.1958.v6.i3.400

Strategija razvoja općine Žepče 2011–2018, Službeni glasnik općine Žepče broj: 4/09/.

Vidaković, M., Krstinić, A. (1985): Genetika i oplemenjivanje šumskog drveća, Šumarski fakultet, Zagreb.

Potential early selection of the provenances of Scots pine (*Pinus sivestris* L.) in the provenance test in Bosnia and Herzegovina

Summary: Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) is one of the most important and researched tree species in European forests. In Bosnia and Herzegovina, Scots pine is relatively widespread species but in small, numerous populations, while larger complexes of Scots pine forests can be found only on the Romanija mountain. Intensive activities on Scots pine selection in Bosnia and Herzegovina began in the mid-1980s, when the best seed stands were selected for the experimental regionalization. The goal of the research is to determine the possibilities of increasing the production possibilities and quality of Scots pine through the choice of the best provenances in the provenance test in Bosnia and Herzegovina.

For the purposes of this research, in 2021, the heights and diameters at breast height of Scots pine plants in the provenance test in Žepče were measured, and the branches in the whorls were counted. The test was established in 2012 by planting two-year-old seedlings from 14 European origins (three from Austria and Italy, one from Bosnia and Herzegovina, Germany, Poland, Romania, Slovakia, Norway, Scotland, and Ukraine). Volumes of plants were calculated. Analysis of variance and descriptive analysis by provenance was carried out. Five provenances with the highest average values of the researched traits were then selected, and the differences between the average values for the selected provenances and the overall average were calculated, as well as the differences between the average values for the best researched provenance and the overall average for all provenances. Data were processed using Excel 2013 and SPSS 26.0.

Analysis of variance showed statistically significant differences among provenances for all investigated traits. The average height of Scots pine in the provenance test was 5.2 m, while the average height for the best provenance A3 was 6.4 m. The lowest average height had provenance I2 with an average height of 4.6 m. The average diameter at breast height in the provenance test was 8.7 cm, while the average diameter of the best provenance (A3) was 9.5 cm. The lowest average diameter at breast height had provenances I2, A2, and NJ2. The provenance from Scotland had the lowest average number of branches in the whorls, while the provenance from Bosnia and Herzegovina, with an average of over 7 branches in the whorl, was among the worse provenances in this respect.

The difference between the average of the five best provenances and the overall average by volume was 17.4% of the overall average and the difference between the average of the best provenance and the overall average was 41% of the overall average.

The results will be used in the selection processes of Scots pine provenances with good height and thickness growth. In the coming period, the measurements in the provenance test should be continued along with the starting on activities on the selection of both the best provenances and the best individuals within the provenance.

DOI: 10.5644/PI2024.211.08
Stručni članak

Analiza rezultata pošumljavanja smrčom (*Picea abies* /L./ Karst.) na Zavidovićko-teslićkom području

Nijaz Humkić
Javno preduzeće Šumskoprivredno društvo Zeničko-dobojskog kantona
E-mail: nijazhumkic@gmail.com

Apstrakt: Kod vještačke obnove šuma prvi i najbitniji faktor jeste pravilan izbor vrste drveća koja će biti unesena na određeno stanište. Ako je ovaj korak učinjen ispravno, onda uz provedene ostale mjere, kao što su odabir kvalitetnog sadnog materijala, kvalitetna sadnja i stručno provedene mjere njege, konačni uspjeh neće izostati. Poznato je da su ekološki faktori primarni kada je u pitanju pojava određene vrste drveća na nekom području. S tim u vezi i izbor vrste drveća pri vještačkoj obnovi šuma limitiran je prvenstveno ekološkim faktorima staništa i ekologijom vrste koja se planira unositi na određeno područje.
Smrča je borealni florni element, u Dinaridima na južnoj granici areala, vrsta hladnijih staništa, široko se koristi pri vještačkoj obnovi šuma, pošumljavanjem i na područjima gdje se prirodno ne javlja, niti joj staništa odgovaraju.
U radu je analiziran uspjeh pošumljavanja smrčom na Zavidovićko-teslićkom području koje po ekološko-vegetacijskoj rejonizaciji Bosne i Hercegovine pripada oblasti unutrašnjih Dinarida. Ovdje se prirodno ova vrsta javlja na vrlo ograničenom prostoru, na mikroklimatski hladnijim položajima na peridotitu – serpentinitu ofiolitske zone u Bosni. Analiziran je uspjeh izvršenog pošumljavanja u jednom značajnom vremenskom periodu od 70 godina na "Krivajskom" šumskogospodarskom području, Gospodarska jedinica "Gostović".
U vremenu poslije Drugog svjetskog rata, pa i danas, u vremenskom razdoblju od 70 godina, vršeno je tzv. "očetinjavanje" listopadnih šuma, a pogotovo šuma bukve, kao i pomjeranje omjera smjese u mješovitim šumama u korist četinara. Na istraživanom području analizirani su obim, uspjeh i opravdanost ovih radova.

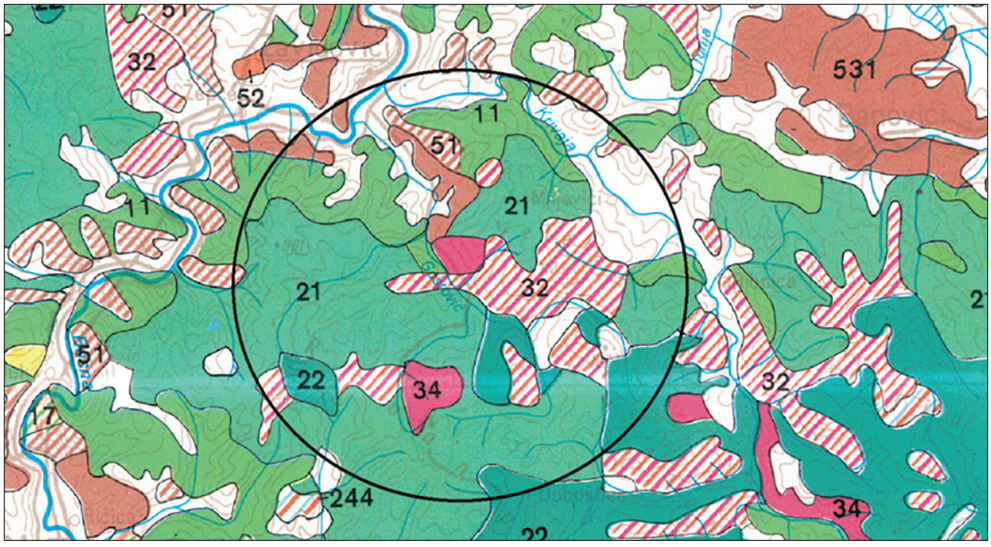
Ključne riječi: vještačka obnova šuma, smrča, ekološki faktori, uspjeh pošumljavanja, Zavidovićko-teslićko područje

Uvod

Poslije Drugog svjetskog rata, pa i danas, vršeno je tzv. "očetinjavanje" listopadnih šuma, a pogotovo šuma bukve, kao i pomjeranje omjera smjese u korist četinara u šumama bukve i jele, i to prvenstveno unosom smrče. Poznato je da je prilikom obavljanja radova vještačkog obnavljanja šuma prvi i najbitniji faktor pravilan izbor vrste drveća koja će biti unesena na određeno stanište, što je, uz odabir zdravog i kvalitetnog sadnog materijala, adekvatnu

manipulaciju njime, kao i kvalitetnu sadnju i stručno provedene mjere njege, uslov za uspjeh izvršenih radova. Izbor vrste drveća pri vještačkoj obnovi šuma limitiran je ekološkim faktorima staništa i ekologijom vrste koja se planira unositi na određeno područje.

S tim u vezi, izvršena je analiza pošumljavanja smrčom na "Krivajskom" šumskogospodarskom području, gospodarska jedinica "Gostović", koje prema ekološko-vegetacijskoj rejonizaciji Bosne i Hercegovine (Stefanović et al., 1983) pripada Zavidovićko-teslićkom području i nalazi se u geološkom smislu unutar ofiolitske zone sa znatnim uticajem matičnih supstrata, nekada, čak, odlučujućih za pojavu određenih šumskih biljnih zajednica. Za ovo područje karakteristično je pojavljivanje smrče, odnosno šuma bukve i jele sa smrčom, vezano za peridotitsko-serpentinitska zemljišta u hladnijim i višim položajima (Beus, 1984; 1987), gdje alterniraju, orografsko-edafski uslovljene, sa borovim i šumama hrasta kitnjaka, kao trajnim stadijima vegetacije (Slika 1).

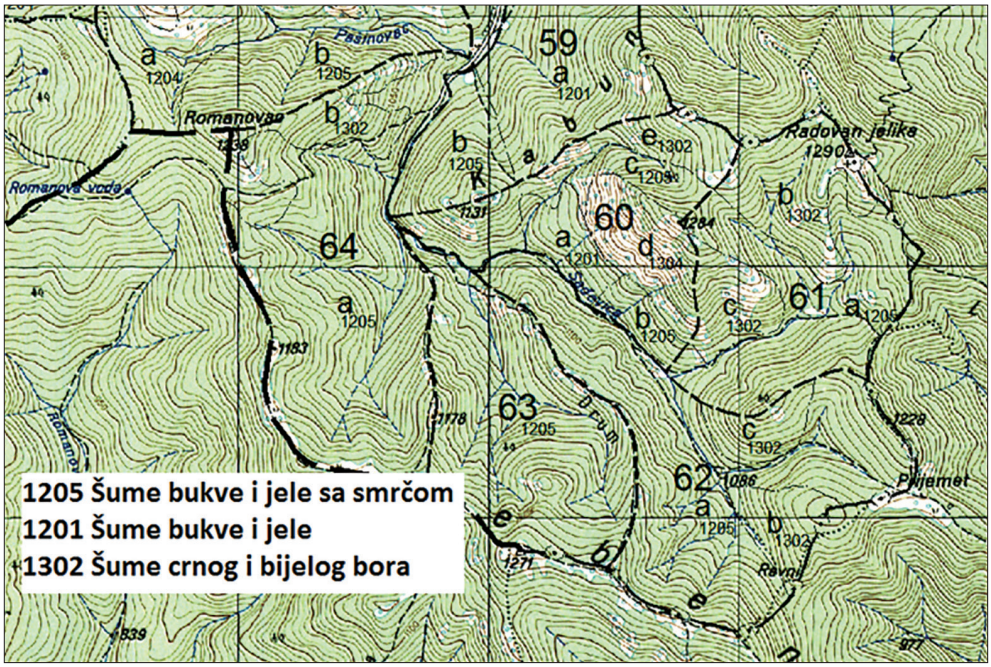


Slika 1. Prostor GJ "Gostović" na karti realne šumske vegetacije Bosne i Hercegovine (Stefanović et al., 1983); (21 šuma bukve i jele; 22 šume bukve i jele sa smrčom)

Figure 1. Area of GJ "Gostović" on the map of real forest vegetation of Bosnia and Herzegovina (Stefanović et al., 1983); (21 Forests of beech and fir; 22 Forests of beech and fir with spruce)

U istraživanom području GJ "Gostović" areal smrče je vrlo mali i ograničen u šumama bukve i jele sa smrčom, koje obuhvataju manje površine u izvorišnom slivu vodotoka Sađavica, manjem dijelu srednjeg toka vodotoka

Lužnica i na granici područja na prostoru planinskih vrhova Tvrtkovca i Bakoša.



Slika 2. Odjeli sa šumama bukve i jele sa smrčom u vrhu sliva Sađevice u GJ "Gostović"
Figure 2. Sections with beech and fir forests with spruce at the top of the Sađevica watershed in GJ "Gostović"

Na ostalim zemljištima ofiolitske zone rasprostranjene su šume bukve i jele bez smrče, koje, inače, karakteriziraju niže pripanonske predjele Dinarida (panonski klimatski utjecaji). Ovdje se, još i danas, fragmentarno ove šume nalaze na malim nadmorskim visinama (Beus, 1984).

Karakteristike područja istraživanja

Istraživanje je vršeno na prostoru GJ "Gostović" ŠGP "Krivajsko" kojim je dugi niz godina gazdovalo šumarstvo "Gostović" u sastavu IP "Krivaja", a od 2005. godine njime gazduje PJ Šumarija Zavidovići, koja je u sastavu ŠPD Zeničko-dobojskog kantona.

Gospodarska jedinica "Gostović" se nalazi sa desne strane srednjeg toka rijeke Bosne i zauzima cjelokupno slivno područje istoimene rijeke i potoka Lovnica koje se u neposrednoj blizini Zavidovića ulijevaju u rijeku Bosnu.

Teritorijalno pripada općini Zavidovići i vrlo malim dijelovima općine Žepče i općine Olovo.



Slika 3. Položaj istraživanog područja
Figure 3. Location of the researched area

Po veličini spada među najveće gospodarske jedinice u Bosni i Hercegovini sa površinom pod šumama i šumskim zemljištem od 23.601 ha. Od ukupno navedene površine, kao minirane površine vodi se 4.685,9 ha. Struktura šumskih površina prikazana je u tabeli 1.

Tabela 1. Struktura šumskih površina
Table 1. Structure of forest areas

Naziv šumske površine	Površina u ha
Visoke šume	19.821,0
Visoke degradirane šume	74,6
Šumske kulture	1.568,2
Izdanačke (vegetativne) šume	1.195,2
Šumske goleti	131,3
Površine nepodesne za pošumljavanje	811,1

Istraživano područje se nalazi u širokom visinskom dijapazonu, od oko 300 m n. v., aluvijalna ravan rijeke Gostović, do najviših planinskih vrhova (Žedni vrh 1088 m n. v., Radovan Jelika 1290 m n. v., Tajan 1297 m n. v., Tvrtkovac 1305 m n. v.). U pogledu orografsko-edafskih prilika područje karakterizira razvijen reljef i zastupljenost različitih geoloških supstrata i tipova tala (Golić, 1975). U ovom pogledu izdvajaju se sljedeće cjeline: magmatogeni kompleksi sa peridotitom – serpentinitom, sa izraženim reljefom, uski i dugi grebeni, strme padine sa dominantnim tipovima tala: ranker, eutrični kambisol, koluvijalna tla. Drugi magmatski kompleks čine gabri i dijabazi, tereni su sa blažim reljefskim formama i dominirajućim tipom tla eutrični kambisol.

Silikatne breče, pješčari i glinci, amfiboliti i amfibolitski škriljci zauzimaju velike površine, čiji su predjeli blažih reljefskih formi, sa distričnim kambisolom kao dominantnim tlom.

Zasebnu cjelinu čini eksklava jedrog krečnjaka na "ostrvskom položaju" masiva Rapte i Mašica, koji se litičasto obaraju u kanjone periodičnih vodotoka Suha i Rujnica. Vrtačaste platoe karakterizira mozaična zastupljenost tala: kalkomelanosol, kalkokambisol i luvisol. Na litičastim padinama kanjona mozaično su zastupljeni kalkomelanosol, litosol i koluvijalna tla.

Šumsku vegetaciju ovog područja odlikuju heterogene šumske zajednice na peridotitsko-serpentinitskim tlima i relativna homogenost na ostalim geološkim supstratima. Na peridotitima – serpentinitima dominantne su borove šume, šume crnog bora u ekstremnim orografsko-edafskim uslovima, šume crnog i bijelog bora na dubljim tlima te šume bijelog bora u višim predjelima, koje alterniraju sa šumama bukve i jele sa smrčom na hladnijim položajima.



Slika 4. Šume bukve i jele sa smrčom na peridotitima – serpentinitima u višim predjelima (u pozadini šume bijelog bora)

Figure 4. Beech and fir forests with spruce on peridotites-serpentinites in higher areas (in the background of the white pine forest)

Na bazičnim eruptivima, gabru i dijabazu, na dominirajućem tlu eutričnom kambisolu zastupljene su šume bukve i jele i manje površine sekundarnih šuma bukve.

Na kiselim silikatnim supstratima na dominirajućem tlu distričnom kambisolu rasprostranjene su šume bukve i jele, sekundarne šume bukve i izdanačke šume bukve i graba nastale istrebljenjem jele i ekspanzijom bukve, odnosno graba.

Vrtačaste kraške terene naseljavaju šume bukve i jele veoma bogatog florističkog sastava. Na ekstremnim orografsko-edafskim položajima kanjona vodotoka Suha i Rujnica fragmentarno su zastupljene šume crnog graba i crnog jasena sa mjestimičnim grupama crnog bora.

Metod rada

Na prostoru navedene gospodarske jedinice u velikom broju odjela je vršeno pošumljavanje smrčom. Podaci o izvršenim radovima pošumljavanja vođeni su za gospodarsku jedinicu "Gostović" u knjigama izvršenih šumskouzgojnih radova, kao i u sumarnim evidencijama za period 1948–2017. godina. Analizom svakog pojedinačnog objekta po odjelima za kompletnu gospodarsku jedinicu "Gostović", i to poređenjem podataka iz uređajnih elaborata i sastojinskih karata, kao i uvidom na terenu, utvrđen je uspjeh pošumljavanja navedenom vrstom drveća. Detaljna analiza je podrazumijevala korištenje sljedećih podataka:

Podaci iz knjiga šumsko-uzgojnih radova: Odjel u kojem je vršeno pošumljavanje, pošumljena površina, godina u kojoj su radovi izvršeni, broj utrošenih dnevnica, količina pošumljenog sadnog materijala.

Uređajni podaci: Za svaki odjel u kojem je vršeno pošumljavanje smrčom utvrđeno je iz podataka Šumskogospodarske osnove iz 2017. godine (uređajni elaborati i sastojinske karte) da li postoji evidentirana kultura ove vrste ili je smrča zastupljena u omjeru smjese.

Terenski podaci: Obilaskom odjela u kojima je vršeno pošumljavanje smrčom, kao i dodatnom konsultacijom sa osobljem sa radne jedinice, utvrđen je uspjeh pošumljavanja.

Za odjele u kojima je pošumljavanje rađeno na većim površinama (preko 10 ha) utvrđeno je, putem podataka iz tipoloških karata i sastojinskih karata, kojoj primarnoj vegetaciji su pripadale te površine.

Rezultati istraživanja

Ukupno je analizirano 126 objekata, odnosno isti toliki broj odjela na području GJ "Gostović" u kojima je vršena sadnja smrče.

Prije interpretacije dobivenih rezultata, citiramo dio analize dosadašnjeg gazdovanja koji se odnosi na izvršenje plana šumskouzgojnih radova iz ŠGO za ŠGP "Krivajsko" za period 1987–2002. godine, koji glasi: "Odrasle, odnosno starije kulture podizane su na terenima gdje nisu prethodila pedološko-tipološka istraživanja. Jedan dio kultura nastao je u vrijeme forsiranja određenih vrsta drveća, bez obzira na stanište i areal dotičnih vrsta (c. bor, smrča). Također je jedan dio kultura osnovan alohtonim vrstama drveća (duglazija, borovac, ariš) sa kojima se eksperimentisalo. Veći dio kultura (naročito mlađih) podignut je na nastalim sjecištima gdje je ostao izvjestan broj stabala

i podmlatka prethodne sastojine. U nekim kulturama djelimično se javio i prirodni podmladak vrsta drveća susjednih sastojina. Iz navedenog se može zaključiti da izvjestan dio kultura nije podignut na odgovarajućim staništima, odnosno da izbor vrsta drveća nije bio adekvatan i da većina kultura nije homogena po svom florističkom sastavu i starosti, što bi se moglo očekivati po nazivu koji im je dat."

Analizom podataka o izvršenom pošumljavanju i postignutom uspjehu uvidom u ŠGO 2017. godine, kao i terenskim obilascima i konsultacijama sa osobljem zaduženim za šumskouzgojne radove na GJ "Gostović", dobiveni su podaci prikazani u tabeli 2.

Tabela 2. Analiza pošumljavanja smrčom (*Picea abies* /L./ Karst.) na GJ "Gostović" ŠGP "Krivajsko" u periodu 1948–2017. godina

Table 2. The success of afforestation with spruce (Picea abies /L./ Karst.) at G.J. "Gostović" in the period 1948–2017

Ukupno pošumljena površina	Uspjeh pošumljavanja						Minirano	
	Izostanak uspjeha pošumljavanja		Površine sa procentom uspješnosti 20 do 50 %		Površine sa procentom uspješnosti 10 do 20 %			
ha	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
2.397,1	1.795,5	74,9	319,5	13,3	210,0	8,8	72,1	3,0

Također je dodatnom analizom utvrđeno da je u posljednjem uređajnom periodu evidentirano svega tri odsjeka koji se vode kao kultura smrče na prostoru kompletne GJ "Gostović", što samo po sebi sve govori.

Kako bi se ustanovio razlog slabog uspjeha u pošumljavanju ovom vrstom u jednom vrlo dugom vremenskom periodu u kojem su uložena golema finansijska sredstva, utvrđeno je za pošumljene površine preko 10 ha (ukupno 1.911,9 ha) kojem primarnom tipu vegetacije su pripadale kako slijedi:

– pošumljena površina na staništu šuma bukve i jele – 1.718,1 ha,
– pošumljena površina na staništu šuma bukve i jele sa smrčom – 88,2 ha,
– pošumljena površina na staništu izdanačke šume bukve i običnog graba – 45,0 ha,
– pošumljena površina na staništu mješovite šume bijelog i crnog bora (sa hrastom kitnjakom ili bez njega) – 60,6 ha.

Iz gornjeg pregleda vidljivo je da je sadnja smrče u najvećem broju slučajeva vršena unutar zajednica šuma bukve i jele, gdje ova vrsta od prirode ne dolazi.

Diskusija

Analizirajući dobivene rezultate evidentno je da je rezultat pošumljavanja smrčom na području GJ "Gostović" izostao. S obzirom na to da je analiziran jedan duži vremenski period, može se zaključiti da je sadnja ove vrste na navedenom području upitna, odnosno da se u budućem periodu treba strogo povesti računa o unosu navedene vrste na staništa ispitivanog područja. Kako se radi o jednoj od najvećih gospodarskih jedinica u Bosni i Hercegovini, gdje su zastupljeni različiti tipovi šuma i zemljišta koji reprezentiraju područje ofiolitske zone u Bosni, rezultati dobiveni ovim istraživanjem mogu se, u najvećoj mjeri, generalizovati za šira područja ofiolitske zone sa sličnim ekološkim parametrima.

Analizirajući uzroke koji su doveli do slabih ili gotovo nikakvih rezultata kada je u pitanju pošumljavanje navedenom vrstom može se zaključiti sljedeće:

- Smrča na ispitivanom području od prirode dolazi samo na vrlo malim lokalitetima na peridotitu – serpentinitu u tzv. "ekološkim nišama", gdje su klimatski i pedoklimatski uslovi relativno povoljni za ovu vrstu u mješovitim šumama bukve, jele i smrče, što je, ekološki posmatrano, primarni razlog neuspjeha u pošumljavanju, odnosno opstanka podignutih kultura.
- Analizirajući podatke o primarnom tipu vegetacije površina na kojima su podizane kulture smrče došlo se do zaključka da je to u 90% slučajeva bilo u prebornim šumama bukve i jele. Za ovo područje su karakteristične šume bukve i jele u svom optimumu. Nažalost, na ovim područjima, kao što je npr. sliv Otežnje (Ravna Gora), gdje su se nalazile velike površine pod šumama bukve i jele, one su posječene i sađena je smrča. Uspjeh u pošumljavanju je potpuno izostao i na ovim staništima se ponovo sukcesijom obnavljaju šume bukve i jele. Smrča, koja je slabo vitalna, prisutna je u tragovima.
- U prilog stanovištu da je sadnja smrče i podizanje kultura smrče na staništu šuma bukve i jele upitno, gdje smrča od prirode ne dolazi, idu i zapažanja Beusa (2016), u kojima se navodi: "Reintrodukciju smrče u sekundarne šume bukve treba vršiti u području centralnih Dinarida, koja su hladnija, gdje je areal i staništa šuma bukve i jele sa smrčom..."
- Vitalnost primarne vegetacije zajedno sa pionirskim vrstama koje se javljaju na pošumljenim površinama i činjenice da smrči ne odgovara stanište vrlo brzo dovodi do njenog zagušenja i zastarčivanja bez obzira na poduzete mjere njege.

– U nekim slučajevima smrča se čak sadila na toplim i suhim staništima pogodnim za crni i bijeli bor, koja apsolutno ne odgovaraju ovoj vrsti, pa je smrča sađena i na staništima hrasta kitnjaka, gdje nije, u konkurenciji sa kitnjakom, mogla opstati (slika 5).



Slika 5. Ostaci kulture smrče na staništu šuma hrasta kitnjaka
Figure 5. The remains of spruce culture in the habitat of the Sessile Oak forests

Zaključak

Analizom podataka o izvršenim radovima pošumljavanja smrčom na prostoru gospodarske jedinice Gostović (Zavidovićko-teslićko područje) u periodu 1948–2017.godina utvrđeno je da je uspjeh u pošumljavanju velikim dijelom izostao.

Prilikom planiranja radova vještačke obnove šuma, o činjenici koja se odnosi na izbor vrste(a) drveća mora se povesti daleko više računa uz poštivanje

zakonitosti rasprostranjenja vrsta, kao i stanišnim, sindinamskim i sastojinskim prilikama na lokalitetu gdje se vrši obnova.

Kada je u pitanju istraživano područje, kao i kompletno "Krivajsko" ŠGP, koje se nalazi unutar Zavidovićko-teslićkog područja, sadnju smrče treba svesti samo na staništa na peridotitu – serpentinitu, gdje se smrča, u mikroklimatskim i pedoklimatskim hladnijim staništima, javlja i zajedno sa bukvom i jelom gradi šume bukve i jele sa smrčom, ograničenog areala u pripanonskom prostoru Dinarida.

Literatura

Beus, V. (1984): Vertikalno raščlanjenje šuma u svjetlu odnosa realne i primarne vegetacije u Jugoslaviji, Radovi, knj. LXXVI, Odjeljenje prirodnih i matematičkih nauka, knj. 23, ANUBiH, Sarajevo, 23-32.

Beus, V. (1987): Fitocenoze bukve i jele na bazičnim i ultrabazičnim eruptivima ofiolitske zone u Bosni, doktorska disertacija, Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo.

Beus, V. (2016): Rekultivacija sekundarnih šuma bukve, u: Simpozij Unapređenje poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede u kraškim, brdskim i planinskim područjima – racionalno korištenje i zaštita, Sarajevo, 23. juna/lipnja 2016. Zbornik radova, Posebna izdanja, knj. CLXIX, Odjeljenje prirodnih i matematičkih nauka, knj. 26, ANUBiH, Sarajevo, 139-146.

Beus, V., Golić, S., Marković, Lj., Travar, J. (1975): Tipološka karta GJ "Gostović", Institut za šumarstvo, Sarajevo.

Golić, S. (1975): Komentar pedološke karte privredne jedinice "Gostović", Institut za šumarstvo, Sarajevo.

Mekić, F. (1998): Rasadnici i nasadi, Šumarski Fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo.

Stefanović, V., Beus, V., Burlica, Č., Dizdarević, H., Vukorep, I. (1983): Ekološko-vegetacijska rejonizacija Bosne i Hercegovine, Posebna izdanja, br. 17, Šumarski fakultet u Sarajevu, Sarajevo.

Šumskogospodarska osnova za "Krivajsko" ŠGP 1988. godina.

Šumskogospodarska osnova za "Krivajsko" ŠGP 2017. godina.

Knjige šumskouzgojnih radova.

Analysis of the results of reforestation with spruce (*Picea abies* /L./ Karst) in the Zavidovići-Teslić area

Summary: After the Second World War, and even today, the so-called "deforestation" of deciduous forests, especially beech forests, was carried out, as well as shifting the mixture ratio in favor of conifers in beech and fir forests, primarily by introducing spruce. It is known that when carrying out works of artificial forest restoration, the first and most important factor is the correct selection of the type of trees that will be introduced, and in addition to the selection of healthy and high-quality planting material, adequate manipulation with the same, as well as quality planting and expert care measures, is a prerequisite for success in planting culture. In this connection, an analysis of spruce afforestation was carried out in the "Krivaja", forest-economic area, economic unit "Gostović", which according to the ecological-vegetational rezoning of Bosnia and Herzegovina belongs to the Zavidović-Teslić area. For this area the appearance of spruce is characteristic, related to peridotite-serpentinite lands in colder and higher positions, while on other lands of the ophiolitic zone there are widespread beech and fir forests without spruce (Pannonian climatic influences).
The overall results achieved when it comes to raised spruce cultures on this site were analyzed area in one significant period of time in the length of over 70 years.
Spruce is a type of extremely continental climate. The species is called continental-Nordic, and its main area extends mainly in the harsh continental climate. When it comes to the examined area, i.e. the area of the GJ "Gostović", the range of this species is very small and is limited to its presence in beech and fir forests with spruce on very small areas in the so-called ecological niches where the climatic conditions are relatively favorable for this species in tops of watersheds.
In the examined area, in most cases, spruce was planted outside its range, mainly on forest areas where beech forests, i.e., beech and fir forests (without spruce), were previously scattered.
A total of 126 objects were analyzed, i.e. the same number of departments at GJ "Gostović" where spruce planting was carried out. In the period 1948–2017, a total of 2,397.1 ha of spruce were planted on the territory of the GJ "Gostović". Through a detailed analysis of the SMO from 2017, as well as field visits and consultations with the staff in charge of forestry work at the GJ "Gostović", it was established that success in afforestation was not achieved on 1,795.5 ha or 74,9% of the area. The analysis also determined that in the last planning period, only three sections were registered as spruce culture in the area of the entire GJ "Gostović", which all indicates that there was no success with afforestation with this species in the examined area.

DOI: 10.5644/PI2024.211.09
Originalni naučni članak

Fitocenološka istraživanja bukovo-jelovih šuma u jugoistočnim Alpama Austrije

Sead Vojniković
Univerzitet u Sarajevu, Šumarski fakultet
E-mail: svojnikovic70@gmail.com

Apstrakt: Područje istraživanja nalazi se na širem prostoru jugoistočnih Alpa Koruške – uključujući Karavanke u području Klagenfurt i Villach između rijeke Drave i granice sa Republikom Slovenijom i Koruških Alpa u području Villach i Hermagor između rijeke Gail i granice s Italijom. Tokom ljeta 2015. i 2023. godine na terenu je postavljeno 36 privremenih fitocenoloških oglednih ploha. Na oglednim plohama prikupljene su fitocenološke snimke standardnom Braun-Blanquet metodom (1964). Veličina ploha je 20 x 20 m (400 m^2). Parcele su postavljene u tipične stanišne i vegetacijske uslove odgovarajuće zajednice izbjegavajući vegetacijske tranzicije, sukcesije ili degradacije staništa ili različite antropogene uticaje. U fitocenološkom smislu, na ovom području je determinirana fitocenoza *Anemono trifolii-Fagetum* Tregubov 1962. Komparativna analiza pripadnosti fitocenoze *Anemono trifolii-Fagetum* Tregubov 1962 odgovarajućom svezom (podsvezom) prema različitim autorima je sljedeća: Tregubov (Zukrigl, 1988) *Fagion medioeuropaeum*, Smole (1988) *Fagion illyricum (Aremonio-Fagion)*, Willner (2002) *Asperulo-Fagion Lonicero-Fagenion*, Willner i Grabherr (2007) *Fagion sylvaticae Lonicero-Fagenion*, Bončina et al. (2021) *Aremonio-Fagion*.
Može se zaključiti da su različiti autori određivali različitu pripadnost iste asocijacije različitim svezama. Iz tabele se također može zaključiti da su austrijski autori Zukrigl, Willner, Willner i Grabherr alpsku zajednicu *Anemono trifolii-Fagetum* Tregubov 1962 svrstavali u srednjoevropske sveze bukovih šuma bogatih nutrijentima (*Asperulo-Fagion*, *Fagion medioeuropaeum*, *Fagion sylvaticae*), dok slovenski autori Smole, Bončina i dr. svrstavaju istu asocijaciju u svezu ilirskih bukovih šuma na neutralnim tlima (*Aremonio-Fagion*).

Ključne riječi: Austrija, Koruška, Južne Alpe, *Anemono trifolii-Fagetum*, *Aremonio-Fagion*, ilirske vrste, bukovo-jelove šume

Uvod

Klasifikacija evropskih bukovih i bukovo-jelovih šuma predstavlja Gordijev čvor (Willner et al., 2017). Bukove i bukovo-jelove šume čine izrazito visok udio u evropskom šumskom krajoliku (Bohn et al., 2004). U srednjoj Evropi bukove šume zauzimaju različita mjesta i imaju širok raspon nadmorske visine, dok se u južnoj Evropi, unutar granica rasprostranjenja, mogu

naći u mezofilnim planinskim područjima (Bergmeier i Dimopoulos, 2001; Dierschke i Bohn, 2004), ali i u brdskim i gorskim predjelima.

Bukove i bukove-jelove šume južnih Alpa (Kranjske Alpe i Karavanke) zauzimaju visinske pojaseve od submontanih (ispod 700–800 m) do niskih do srednjih planina (do cca. 1.300–1.400 m) do visoke planinske (cca. 1600 m) na krečnjačkoj, dolomitnoj ili kiselo silikatnoj podlozi. Šume u submontanim do visokoplaninskim područjima su ili čiste bukove šume ili mješovite šume s bukvom, jelom i smrčom. U visokoplaninskim područjima dominiraju smrča ili jela, a bukva je samo subdominantna ili primiješana (Ellmauer et al., 2021). U ovu smjesu drveća često je je uključen i ariš. Visoke planinske bukove šume zajednice *Saxifrago-Fagetum* su bukove sastojine, strukturno izgrađene kao dvoslojne, uzrokovane snježnim padavinama (Ellmauer et al., 2021).

Prema Zukriglu (1988) submontane bukove šume javljaju se ispod 700–900 m n. v. Antropogeni uticaj je bio posebno jak na ovim lokacijama, tako da su prirodne bukove šume postale rijetke. Šume bukve i jele zauzimaju najveći dio ovog područja, njihov visinski raspon, u zavisnosti od ekspozicije, reljefa i geološke podloge, proteže se od 700–900 do 1200–1300 m n. v. Ova područja su ujedno i najšumovitija i dijelom su zadržala relativno prirodan karakter, tj. blizu su prirodnom izgledu. Visokoplaninske bukove šume se u visinskom smislu kreću od 1200–1300 m n. m. do gornje granice bukove šume, pri čemu je gornja granica šume često orografski određena zbog strmih kamenitih terena i sipara, mjestimično može da dostiže 1550–1600 (1700) m.

U sintaksonomskom smislu, koji se odnosi na podsveze za južno-srednjoevropske bukove i bukovo-jelove šume južnih Alpa, dat je prijedlog prema Willneru (2001) i Ellmaueru et al. (2021): *Cephalanthero-Fagenion*, *Ostryo-Fagenion*, *Eu-Fagenion*, *Lamio orvalae-Fagenion*, *Lonicero alpigenae-Fagenion*, *Luzulo-Fagenion*. O sintaksonomskom nivou sveze ovih šuma biće više govora u nastavku teksta.

Kako navode Willner et al. (2017) za južne Alpe i susjedne planinske lance na jednom kraju gradijenta javljaju se mezofilne bukove šume i uglavnom odgovaraju podsvezi *Lonicero alpigenae-Fagenion* i termofilne bukove šume *Ostryo-Fagenion* južne Italije i južnog Balkanskog poluotoka. Stoga Willner i Grabherr (2007) spominju više šumskih zajednica ilirskih bukovih šuma u južnim Alpama u Austriji, npr.: *Ostryo-Fagetum*, *Hacquetio-Fagetum*, *Lamio orvalae-Fagetum*... Slično stoji i u Interpretacijskom priručniku EU Habitats (EC, 2013) – da se ilirske bukove šume, osim Dinarskog gorja, mogu pojaviti i u jugoistočnim Alpama, jugoistočnim Karpatima, kao i u srednjem Panonskom gorju (ali se ne navodi eksplicitno u kojem gorju). Marinšek, Šilc

i Čarni (2013) dijele *Aremonio-Fagion* u jugoistočnoj Evropi, u koju uključuju i južne Alpe, u 3 podsveze: *Lamio orvalae-Fegenion*, *Ostryo-Fagenion* i *Saxifrago rotundifoliae-Fagenion*.

U ovom radu će biti analizirana zajednica bukve i jele Karavanki i Koruških (južnih) Alpa – *Anemono trifolii-Fagetum* Treg. 1962. ex Marinček et al. 1993 koju Austrijanci nazivaju "ilirska planinska bukovo-jelova šuma". Prilično je česta u Karavankama, a nešto rjeđa u Kranjskim Alpama. Uz obilnu bukvu i smrču, rijetka i manje vitalna je jela, s prilično učestalim prisustvom ariša, ponekad i s učešćem bijelog bora. Ovo je srednje montana biljna zajednica (između oko 800 i 1300 m) koja zauzima centralni položaj planina i pokazuje značajnu varijabilnost. Osnovu biljnih vrsta koju grade ovu biljnu zajednicu su kalcifilne grupe vrsta *Fagiona* i *Fagetaliae*. Dobro je razgraničena od visokoplaninskih bukovih zajednica, uz odsustvo biljnih vrsta visokih planinskih biljnih zajednica, odnosno subalpskih flornih elemenata. Granica prema submontanim zajednicama je fluidna, gdje je moguća pojava niza kserotermnih flornih elemenata. Češća je na toplim ekspozicijama, na gornjim padinama, grebenima, vrlo strmim padinama i konveksnim položajima. Česta je na dolomitima i nešto malo rjeđa na krečnjacima (Wallnöfer, Mucina i Grass, 1993). U klimatskom smislu pripadaju istom klimatskom području kao i sj. Alpi sa izvjesnom razlikom u manjoj količini sjeverozapadnih strujanja tokom ljeta. Willner je (2002) kao geografske diferencijalne vrste izdvojio: *Anemone trifolia*, *Homogyne sylvestris*, *Aremonia agrimonoides*, *Saxifraga cuneifolia*. Zukrigl (1988) navodi da ilirske vrste u užem smislu u ovom području postaju rjeđe.

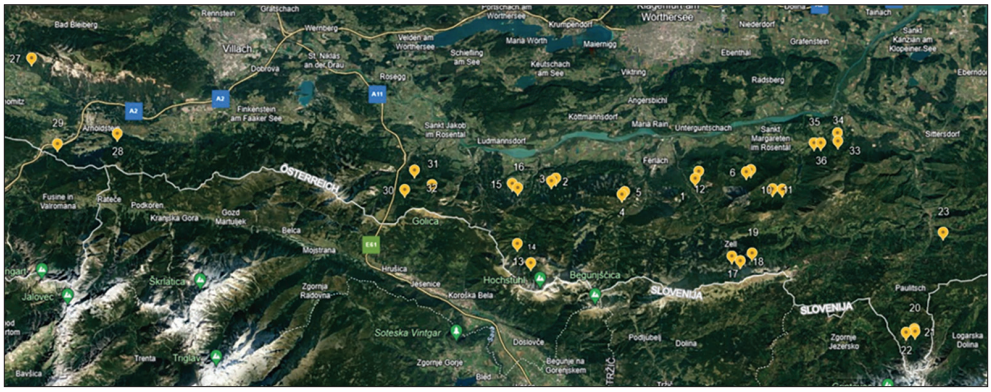
Za *Anemono trifolii-Fagetum* Treg. 1962 zajednicu opisano je više subasocijacija (Zukrigl, 1988): *typicum* (*Carex alba* – varianta; *Calamagrostis arundinacea* – varijanta; *Lamium orvala* – varijanta, tipična varijanta; *Cardamine trifolia* – varijanta), *ericetosum*, *calamagrostietosum variae* (*Calamagrostis varia* – varijanta; *Oxalis* – varijanta), *petasitetosum*. Za istu asocijaciju u Sloveniji su opisane sljedeće subasocijacije (Smole, 1988): *typicum*, *homogynetosum*, *myrtilletosum*, *laricetosum*.

Ovu su zajednicu austrijski autori: Zukrigl (1988); Willner (2001, 2002); Willner i Grabherr (2007) svrstavali u srednjoevropske sveze bukovih šuma bogatih nutrijentima (*Asperulo-Fagion*, *Fagion medioeuropaeum*, *Fagion sylvaticae*), dok ih slovenski autori: Smole (1988), Marinček et al. (1992), Bončina (2021) i dr., kao i pojedini austrijski autori npr.: Wallnöfer, Mucina et Grass (1993) svrstavaju istu asocijaciju u svezu ilirskih bukovih šuma na neutralnim tlima (*Aremonio-Fagion*).

Cilj ovog istraživanja je jasno sintaksonomsko pozicioniranje istraživane asocijacije u odgovarajuću svezu.

Područje istraživanja i metode rada

Područje istraživanja nalazi se na širem području južnih Alpa Koruške – uključujući Karavanke u regiji Klagenfurt i Villach između rijeke Drave i granice s Republikom Slovenijom i Koruške Alpe u regiji Villach i Hermagor između rijeke Gail i granice s Italijom. Najviša tačka eksperimetalne plohe na ovom području nalazi se na nadmorskoj visini od 2.237 m (Hochstuhl), a najniža u području Unter Waidisch na 532 m. Na području je najdominantnija geološka podloga krečnjak – dolomit. Tla su predstavljena nizovima krečnjačkih tala: kalkomelanosol, kalkokambisol, luvisol te rendzina i koluvija (Ellmauer et al., 2021).



Karta 1. / *Map 1.* Lokaliteti istraživanja / *Research Localities*: Bärental / Matschachergupf (15, 16), Bärental (13, 14), Sinachergupf (2, 3), Tomaschwald (4, 5), Zellwinkel (17, 18, 19), Waidisch/Outschar (1, 12), Waidisch-Herperschnig (8, 9), Zell Pfarre (11, 12), Gotschuchen (6, 7), Vellacher Kotschna (20, 21, 22), Probstwald (23), Kronhofgraben-Frontsteig (24), Kronhofgraben-Bischofalm (25), Grossfrondell (26), Wasserleonburg (27), Arnoldstein (28, 29), Hahnkogel-Bärentalboden (30), Qadia Radischgraben (31), Qadia Suhi vrh (32), Abtei (33), Abtei Kleine Ebene (34), Abtei Hofwald (35), Abtei Unter Trobewände (36)

Mjesta istraživanja unaprijed su određena u uredu na osnovu poznavanja rasprostranjenosti bukovo-jelovih šuma na širem području, gdje su postavljene privremene fitocenološke eksperimentalne plohe. Na eksperimentalnim plohama obavljena su fitocenološka snimanja standardnom Braun-Blanquet metodom (1964). Tokom ljeta 2015. (plohe br. 1–19) i 2022. godine (plohe

br. 20–36) na terenu je postavljeno 36 privremenih fitocenoloških oglednih ploha. Veličina eksperimentalne plohe je iznosila 20 x 20 m (400 m^2), orijentacija je S–E–N–W. Plohe su smještene u tipičnom staništu i vegetaciji u standardnim odgovarajućim uvjetima zajednice, izbjegavajući vegetacijske prijelaze, sukcesije, odnosno degradacije staništa i sl.



Foto 1. Područje istraživanja – Eisankappel (Foto: G. Kuneth)
Photo 1. Research Area – Eisankappel (Photo: G. Kuneth)



Foto 2. Područje istraživanja – Zapadne Karavanke (Foto: G. Kuneth)
Photo 2. Research Area – Western Karawanke (Photo: G. Kuneth)

Determinacija vrsta izvršena je prema: Thommen (1973); Lauber i Wagner (2001); Blamey i Grey-Wilson (2008). Svi podaci su pohranjeni u fitocenološkoj bazi podataka Turboveg 2.38 (Hennekens i Schaminee, 2001), a obrađeni su i analizirani u softwerima Juice 7.1. (Tichý, 2002) i Twinspan (Hill i Šmilauer, 2005).

Rezultati istraživanja

Provedene analize su pokazale sljedeće rezultate, koje su sumirane u tabeli 1, kao i u prilogu br. 1. U tabeli 1. je prikazana sumarna sinoptička tabela fitocenoloških snimaka u zajednici *Anemono trifolii-Fagetum* Treg. 1962.

Tabela 1. Sinoptička tabela fitocenoloških snimaka zajednice *Anemono trifolii-Fagetum* Treg. 1962. u jugoistočnim Alpama u Austriji (Koruška)

Table 1. Synoptic table of phytocoenological releves of the plant community Anemono trifolii-Fagetum Treg. 1962 in the Southeast Alps in Austria (Carinthia)

Number of relevés: 36

```
123232 3 133232112 112122 1 2131
32304770991635102618194848564325572 6
```

Fagus sylvatica	[1]	4355344355425.5125343454533455454543(V)
Anemone trifolia	[6]	2.r..+r+11r..+.+++..+.+.1.+.+121r++1(IV)
Picea abies	[1]	.11.2.31..1132.31.2..123+3.321.313.1(IV)
Prenanthes purpurea	[6]	rr.+rr.r+1...rrr.+...+++rr+...+r+r..(IV)
Helleborus niger	[6]	.+.r+..+2..1.++.1.2+..+...r+1121.r+r(III)
Cyclamen purpurascens	[6]	.r.r+r..+r.rrrrr+.+++....1..r..r.rr+(III)
Fagus sylvatica	[3]	1.....1.22.....2+.111.2.+1+22413.2.2(III)
Oxalis acetosella	[6]	+.+rr..r.r++r.r....+r+++1..r....1+r.(III)
Carex digitata	[6]	.+r1+31..+.1.r+.+r3.+...r1...+1.r...(III)
Mercurialis perennis	[6]	rr2++122...++.+r........1rr.+1.....r(III)
Hieracium murorum	[6]	.+.r.....+rr.r..rr+.r....+r.+.rrr.rr(III)
Festuca altissima	[6]	++.2+..r1+.....r..+.+....+rrr.2+r...(III)
Larix decidua	[1]	1+....12.1.....+...34.111.31.....212(III)
Senecio germanicus	[6]	1.rrr...1r+rr.rr....rrrr...r.........(III)
Mycelis muralis	[6]	+.....r.+.rr..r..r.+r++...r.r+...+r.(III)
Cardamine enneaphyllos	[6]	r+.+r.++....+.+r.+.rr.r.+..r.+......(III)
Vaccinium myrtillus	[6]	+2.r.rrr.3.1.1rr.......+..3...+r....(III)
Cardamine trifolia	[6]	+..r..r..rr+r.r+...+r.2.1..r.....r..(III)
Dryopteris filix-mas	[6]	+.+.r.rr..r.+...+r...+..r......+rr..(II)
Euphorbia amygdaloides	[6]	r...r+r.rrrr....r.rr.......r+..+....(II)
Athyrium filix-femina	[6]	.rr....r.r+.+.r..r.r.+rrr.......r...(II)
Viola reichenbachiana	[6]	r.rrrr...r+..r..rrr..........r....r.(II)
Salvia glutinosa	[6]	.r2..+rr+..r.r..+r1..+.+............(II)
Picea abies	[3]	......1.2.....+2..1...1..1.111.1.1.1(II)
Abies alba	[1]	31....2...11.1...+..1......2.24.2...(II)
Veronica urticifolia	[6]	r...r.rr.1..r.r..r..r...r.r.........(II)
Acer pseudoplatanus	[6]	.+...r.rr.r....r..+...r..r...r..r...(II)
Actaea spicata	[6]	rr+rr...r...+..r......r...........r(II)
Lamium galeobdolon	[6]	rr....r..r.....r.r.r..r....r.......(II)
Aposeris foetida	[6]	.rr+.+r.1..r.+r.....................(II)
Sorbus aucuparia	[6]	.r....rr1.........rr..+.rr.........(II)
Daphne mezereum	[5]	..++rr.r...rrr.........r...........(II)
Eupatorium cannabinum	[6]	2+r1...r.r....r....r................(II)
Picea abies	[2]	.+.+.1.1....2.........1........1.1.(II)
Gentiana asclepiadea	[6]	.rrrr.r....+r.r.....................(II)
Neottia nidus-avis	[6]	..r.....rr....r.......r.r..r.....r..(II)
Fraxinus excelsior	[6]	...1.r..r...r...r.r..r...r..........(II)
Picea abies	[5]	...1....++.....1..1........1+..+....(II)
Fagus sylvatica	[5]	......2........1+...+......11.++....(II)
Daphne mezereum	[6]	........1......rr.r...r..r..r..r....(II)
Polygonatum verticillatum	[6]	r.r....r.r....r.......r.+...........(I)
Cephalanthera rubra	[6]	r...rr..r........rr......+..........(I)
Saxifraga rotundifolia	[6]	.+.......+.r...r....+.....r...2.....(I)
Abies alba	[3]	+.....+.............+......1.+1.....(I)
Galium sylvaticum	[6]	r..r......r.r.r.........r...........(I)
Hepatica nobilis	[6]	..r++......r+.....................r(I)
Ajuga reptans	[6]	...r.r....+.rr.....................r.(I)
Anemone nemorosa	[6]	...r......r...r....r.+1.............(I)

Sanicula europaea	[6]	....r+.......+..r....+.........+...(I)
Gymnocarpium dryopteris	[6]	....r....+.r...r.r......r..........(I)
Pinus sylvestris	[1]	.....2.....1.3..4.2......+.........(I)
Fagus sylvatica	[6]	1.....r.......+....1.......r........(I)
Picea abies	[6]	r.....r...........r......r...1.....(I)
Epilobium montanum	[6]	r........rr.........r.r...........(I)
Rubus idaeus	[5]	.rr.......rr.....................r.(I)
Melampyrum sylvaticum	[6]	.r....+r.....r..r................(I)
Lonicera alpigena	[5]	..1.r..r.r.r.....................(I)
Melica nutans	[6]	..r+r..r..........r..............(I)
Aremonia agrimonoides	[6]	....r...r..r.r..r................(I)
Larix decidua	[3]	..............+...11.....+......1..(I)
Fragaria vesca	[6]	+......r.....r.....r.............(I)
Carex sylvatica	[6]	r.+.......r.........r............(I)
Rubus idaeus	[6]	r......r.r..........r............(I)
Maianthemum bifolium	[6]	r......r.....r.........+.........(I)
Brachypodium sylvaticum	[6]	r.......+......+...........r.....(I)
Carex alba	[6]	.2.....3.................r.....2.(I)
Petasites albus	[6]	.+..r.....+.........+............(I)
Fagus sylvatica	[4]	.+.........21.........2..........(I)
Sorbus aria	[5]	.rr........r......+..............(I)
Fagus sylvatica	[2]	...2.1.......3...1...............(I)
Lamium album	[6]	....r...........r......r.......r...(I)
Epipactis atrorubens	[6]	.....r.r............r.r..........(I)
Festuca heterophylla	[6]	......+.................r.1+....(I)
Adenostyles alpina	[6]	......r..+..r....r..............(I)
Hypericum montanum	[6]	.......r.rr........r.............(I)
Urtica dioica	[6]	rr........r.....................(I)
Luzula sylvatica	[6]	.+.......+.............+.........(I)
Lilium martagon	[6]	.r...r.......r..................(I)
Atropa bella-donna	[6]	.r........r.........r............(I)
Pulmonaria officinalis	[6]	..1.+...........r...............(I)
Clematis vitalba	[6]	..1..r......r...................(I)
Fraxinus excelsior	[5]	..+.r.........r.................(I)
Prunella vulgaris	[6]	..r.......r..r..................(I)
Veratrum album	[6]	....r.r.....r...................(I)
Asplenium trichomanes	[6]	....r....r.....................r..(I)
Luzula luzulina	[6]	....r...........r.............r...(I)
Pteridium aquilinum	[6]	.....r.......+.........+........(I)
Dryopteris species	[6]	........+.........r......r......(I)
Sorbus aria	[6]	........r...r.....+.............(I)
Polystichum lonchitis	[6]	...........r..............1...r..(I)
Larix decidua	[5]	..............+....+.........+.....(I)
Sorbus aria	[3]	...............+.+.......+.........(I)
Luzula luzuloides	[6]	...............r..r..+...........(I)
Myosotis sylvatica	[6]	r.................+.............(I)
Abies alba	[4]	.+........................+.......(I)
Dactylorhiza fuchsii	[6]	.r.........r....................(I)
Asarum europaeum	[6]	..2...............+.............(I)
Sorbus aucuparia	[5]	..+...r.........................(I)
Carex flacca	[6]	..r.............1...............(I)
Veronica teucrium s. pseudochamaedrys	[6]	...r....+.......................(I)
Lonicera alpigena	[6]	...r.....................r.......(I)
Aconitum lycoctonum	[6]	....+.........r.................(I)
Paris quadrifolia	[6]	....r.......r...................(I)
Platanthera bifolia	[6]	....r.................r.........(I)
Galium odoratum	[6]	...........+....+...............(I)
Abies alba	[6]	................r....r..........(I)

Lamium orvala [6] .....+.....r.....(I)
Rubus hirtus [6] .....r.r.....(I)
Abies alba [5] .....+..+.....(I)
Abies alba [2] .....2.1.(I)

Other species:
Cardamine pentaphyllos [6] 13: 1; *Euphorbia cyparissias* [6] 13: +; *Verbascum nigrum* [6] 13: r; *Geranium robertianum* [6] 13: r; *Campanula glomerata* [6] 13: r; *Adenostyles alliariae* [6] 22: +; *Cardamine bulbifera* [6] 22: r; *Betula pendula* [5] 22: r; *Acer pseudoplatanus* [2] 33: 2; *Corylus avellana* [5] 33: +; *Lonicera xylosteum* [5] 33: +; *Lonicera nigra* [5] 33: r; *Equisetum sylvaticum* [6] 33: r; *Larix decidua* [2] 20: +; *Petasites paradoxus* [6] 20: r; *Betonica alopecuros* [6] 20: r; *Tussilago farfara* [6] 20: r; *Poa pratensis* [6] 20: r; *Juglans regia* [4] 27: +; *Fraxinus ornus* [4] 27: +; *Convallaria majalis* [6] 27: +; *Rosa arvensis* [5] 27: +; *Lathyrus vernus* [6] 27: r; *Melittis melissophyllum* [6] 27: r; *Quercus robur* [6] 27: r; *Prunus avium* [6] 27: r; *Thalictrum aquilegifolium* [6] 7: r; *Lonicera nigra* [6] 7: r; *Vicia oroboides* [6] 30: r; *Scrophularia umbrosa* [6] 30: r; *Peucedanum austriacum* [6] 9: +; *Lonicera xylosteum* [6] 9: r; *Ulmus glabra* [6] 9: r; *Euphorbia carniolica* [6] 9: r; *Cirsium erisithales* [6] 9: r; *Galium rotundifolium* [6] 31: r; *Veronica chamaedrys* [6] 31: r; *Veronica officinalis* [6] 31: r; *Poa nemoralis* [6] 31: r; *Acer pseudoplatanus* [5] 36: r; *Carpinus betulus* [5] 36: r; *Lamium maculatum* [6] 23: r; *Sorbus aria* [4] 35: +; *Buphthalmum salicifolium* [6] 35: r; *Cotoneaster nebrodensis* [6] 35: r; *Taxus baccata* [2] 21: +; *Pinus sylvestris* [3] 12: 1; *Fraxinus ornus* [3] 12: +; *Vincetoxicum hirundinaria* [6] 12: r; *Potentilla micrantha* [6] 12: r; *Saxifraga cuneifolia* [6] 26: r; *Asplenium trichomanes-ramosum* [6] 18: r; *Corylus avellana* [4] 28: +; *Cephalanthera longifolia* [6] 28: r; *Melica ciliata* [6] 28: r; *Pinus sylvestris* [5] 8: +; *Rododendron hirsutum* [6] 15: 2; *Erica herbacea* [6] 15: 2; *Calamagrostis varia* [6] 15: +; *Actaea spicata* [3] 3: r; *Polygonatum multiflorum* [3] 3: r; *Festuca heterophylla* [3] 3: r; *Doronicum columnae* [6] 2: r; *Carduus nutans s. platylepis* [6] 32: +;

Uz pomoć softwera Juice 7.1 napravljena je analiza sinoptičke tabele[1] koja je pokazala sljedeće:

– dijagnostičke vrste: nema ih
– konstantne vrste: *Fagus sylvatica*, *Picea abies*; *Anemone trifolia*, *Prenanthes purpurea*
– dominantne vrste: *Abies alba*, *Fagus sylvatica*, *Larix decidua*, *Picea abies*, *Pinus sylvestris*; (sprat drveća I) – *Fagus sylvatica*; (sprat drveća II) – *Fagus sylvatica* (sprat grmlja) – *Carex alba*, *Carex digitata*, *Vaccinium myrtillus* (sprat prizemne flore)

Za potrebe fitocenološke analize također je napravljena i cluster analiza fitocenoloških snimaka uz pomoć TWINSPAN softwera (Hill i Šmilauer, 2005) (Prilog 1).

[1] Cluster 1
Number of relevés: 36
Threshold fidelity value for diagnostic species: 50 (50)
Threshold frequency value for constant species: 60 (60)
Threshold frequency value for dominant species with cover up to 60: 0 (100)

Diskusija

Cluster analiza (Prilog 1) izdvojila je dvije skupine koje se u biti po floristič-kom sastavu ne razlikuju, osim po pojavi bukve i smrče u podstojnoj etaži i bukve u spratu grmlja, što se može tretirati kao posljedica gospodarenja ovim šumama, a ne sama floristička odlika fitocenoze. Stoga je istraživana zajed-nica tretirana i analizirana kao jedinstvena u jedinstvenoj sinoptičkoj tabeli 1.

U fitocenološkom smislu prema rezultatima iz tabele 1, istraživana fito-cenoza se može tretirati kao asocijacija *Anemono trifolii-Fagetum* Tregubov 1962. odnosno (pre)alpska zajednica bukve i jele (i smrče) sa trolisnom šuma-ricom. U spratu drveća, slično kako konstatuje Zukrigl (1988), kao dominan-tne vrste se javljaju: *Abies alba*, *Picea abies*, *Fagus sylvatica*, sa primjesama *Larix decidua* i po nekim *Pinus sylvestris*. Vrsta *Anemone trifolia* dominira u prizemnom sloju sa stupnjem prisutnosti IV i predstavlja konstantnu vrstu. Kao dominantne vrste sprata prizemne flore Juice 7.1 softwer je izdvojio: *Carex alba*, *Carex digitata*, *Vaccinium myrtillus*. Važno je i pojavljivanje *Helleborus niger* kao vrste koja definiše geografsku varijantu, koja ima ste-pen prisutnosti III.

Analiza tabele 1. pokazuje pojavu "ilirskih" vrsta Borhidi (1963) kao i Horvat et al. (1974) (uz koje je u tekstu u zagradi dodat stepen prisutnosti): *Anemone trifolia* (I), *Helleborus niger* (III), *Cyclamen purpurascens* (III), *Cardamine enneaphyllos* (III), *C. trifolia* (III), *Aremonia agrimonoides* (I), *Lamium orvala* (I), *Vicia oroboides* (I).

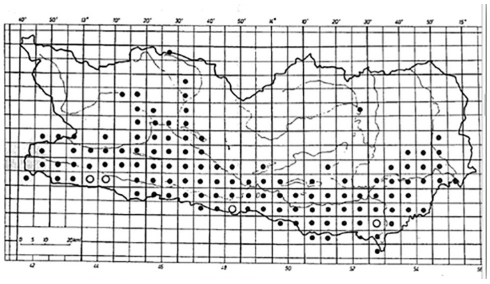
Trolisna šumarica – *Anemone trifolia*, vrsta koja daje ime zajednici, na-vedena je kao florni element *Anemono trifolii-Fagetum* Treg. 1962 vezan za ilirske bukve i jelovo-bukove šume na tlima bogatim bazom Horvat et al. (1974). Međutim, ova vrsta ima usko definirano javljanje, pretežno jugoistoč-no alpsko područje prije svega Austrije i Slovenije, dok je u Hrvatskoj veoma rijetka (Horvat, 1950), a nikako je ne nalazimo u Bosni i Hercegovini (karte 2, 3 i 4). Stoga je Zukrigl (1988) u potpunosti u pravu kada je ne tretira kao "ilirsku vrstu", nego jugoistočnom alpsko/prealpskom geografski razlikov-nom vrstom (vidi karte 2, 3, 4).

Slično vrijedi i za vrste: *Cyclamen prupurascens*, *Helleborus niger*, *Cardamine enneaphyllos*, čiji su areali prikazani na kartama 5, 6. i 7. Navedene vrste imaju areal koji daleko prevazilazi granice ilirske provincije. Zapravo je upitno da li ove vrste i treba tretirati kao ilirske.



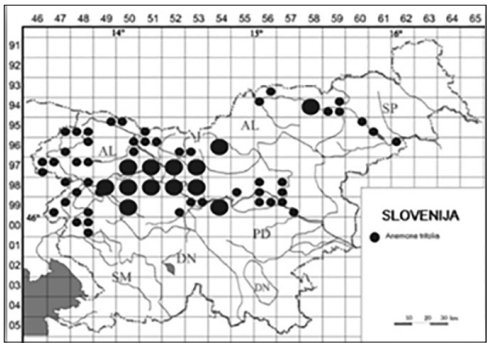
Karta 2. Areal *Anemone trifolia* u Alpama (Trinajstić, 1997)

Map 2. Area of the Anemone trifolia in Alps (Trinajstić, 1997)



Karta 3. Areal *Anemone trifolia* u Koruškoj – Austrija (Zukrigl, 1988)

Map 3. Area of the Anemone trifolia in Carinthia – Austria (Zukrigl, 1988)



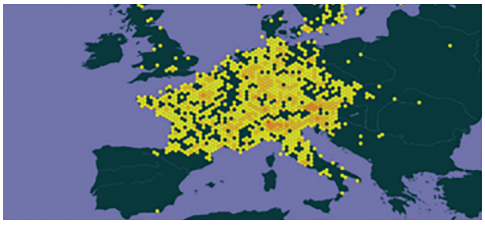
Karta 4. Areal *Anemone trifolia* u Sloveniji (Surina, 2002)

Map 4. Area of the Anemone trifolia in Slovenia (Surina, 2002)



Karta 5. Areal *Cyclamen purpurascens* u Evropi (EEA, 2019)

Map 5. Area of the Cyclamen purpurascens in Europe (EEA, 2019)



Karta 6. Areal *Helleborus niger* u Evropi (EEA, 2019)

Map 6. Area of the Helleborus niger in Europe (EEA, 2019)



Karta 7. Areal *Cardamine enneaphyllos* u Evropi (EEA, 2019)

Map 7. Area of the Cardamine enneaphyllos in Europe (EEA, 2019)

Zanimljiva je pojava vrste *Aremonia agrimonoides* koja determinira svezu bukovih šuma *Aremonio-Fagion*, a koja se javlja sa stepenom prisutnosti – I. Zukrigl (1988) smatra da ovu vrstu treba tretirati kao primarno ilirsku, za razliku od Borhidija (1963) i Horvata et al. (1974), koji je tretiraju kao sekundarnu. Radi usporedbe, učestalost javljanja ove vrste u analiziranim snimcima iznosi 14%, dok u naprimjer u šumi *Abieti-Fagetum dinaricum* Treg. 1957, u prašumi na Bjelašnici ima učestalost javljanja 75% (Beus i Vojniković, 2002). Ona, kao i ostale analizirane ilirske vrste *Lamium orvala* i *Vicia oroboides*, ima stepen prisutnosti – I, što znači da su vrlo rijetke i bez velike učestalosti pojavljivanja, izuzev vrste *Cardamine trifolia*, koja ima stepen prisutnosti III. Ovo ukazuje na to da se ove ilirske vrste javljaju s vrlo ograničenom brojnošću i rasprostranjenošću, što ukazuje na periferiju ilirskog utjecaja na jugoistočnim Alpama.

Za neke od navedenih ilirskih vrsta Fukarek (1978), uključujući: *Lamium orvala*, *Hacquetia epipactis*, *Cardamine trifolia*, *Homogyne sylvestris*, smatra da nisu nipošto panilirske, nego su ograničene na sjeverozapad Dinarida (Slovenija i dijelovi Hrvatske).

Pojedini autori kao npr. Ellmauer et al. (2021) smatraju da je i *Saxifraga cuneifolia* ilirska vrsta (koja je u ovom istraživanju registrirana na plohi br. 26). Kako Zukrigl (1988) s pravom smatra, ona jeste možda geografski vezana za ilirsko područje, ali nije nikako element *Fagiona* (sveze bukovih šuma), nego se prije svega javlja kao vrsta koja pokriva kamenita mjesta, pri čemu ne mora biti vezana eksplicitno za šumu bukve, nego općenito u lišćarskim zajednicama.

Obično je grmolika flora sveze *Aremonio-Fagion* daleko razvijenija. Uočljiv je i izostanak iz sprata grmlja specifičnih predstavnika bukovo-jelovih šuma koji se uobičajeno javljaju u tipičnom ilirskom području kao što su: *Rhamnus alpinus* ssp. *fallax*, *Daphne laureola* i *Euonimus latifolia*. U spratu grmlja se javlja *Lonicera alpigena*, koja je diferencijalna za srednjoevropsku podsvezu subalpskih bukovih šuma *Lonicero alpigenae-Fagenion* u okviru sveze *Fagion sylvaticae*. Slično zaključuje i Willner (2002), koji kaže da sloj grmlja ima podređenu ulogu, a da je *Lonicera alpigena* vrsta koja daje naziv podsvezi, a koja rijetko naraste više od visine koljena. Iste zaključke navodi i Vojniković (2015).

Wallnöfer, Mucina et Grass (1993) navode karakterističnu kombinaciju vrsta za ovu zajednicu: *Rhamnus fallax*, *Anemone trifiolia*, *Laburnum alpinum*, *Aremonia agrimonoides*, *Calamintha grandiflora*, *Dentaria trifolia*, *Epimedium alpinum*, *Euphorbia carniolica*, *Galium laevigatum*, *Hieracium*

praecrrens, *Ispyrum thalictrioides*, *Lamium orvala* i *Vicia oroboides*. Kao što se vidi iz tabele 1, većina vrsta iz karakteristične skupine prema ovim autorima zapravo nedostaje, izuzev *Aremonia agrimonoides*, *Lamium orvala* i *Vicia oroboides* sa stepenom prisutnosti I, kao i pojava *Anemone trifolia*, koju ne možemo smatrati ilirskom.

Fisher (2018) navodi za elemente ilirskih listopadnih bukovih i smrčevo-jelovih šuma južnih Alpa sljedeće vrste: *Castanea sativa*, *Fraxinus ornus*, *Ostrya carpinifolia*; *Euonymus latifolius*, *Laburnum alpinum*; *Anemone trifolia*, *Anthericum liliago*, *Aremonia agrimonioides*, *Asperula taurina*, *Cardamine heptaphylla*, *C. pentaphyllos*, *C. waldsteinii*, *Dioscorea (Tamus) communis*, *Euphorbia carniolica*, *Galium aristatum*, *G. laevigatum*, *Geranium nodosum*, *Hacquetia epipactis*, *Homogyne sylvestris*, *Ilex aquifolium*, *Lactuca perennis*, *Lamium orvala*, *Lathyrus laevigatus subsp. laevigatus*, *L. venetus*, *Lilium carniolicum*, *Luzula nivea*, *Phyteuma ovatum*, *Polystichum setiferum*, *Pulmonaria vallarsae*, *Saxifraga cuneifolia*. Većina ovih vrsta nije registrirana u ovom istraživanju. Upitno je kako su i zašto pojedine vrste svrstane u ilirske, npr.: *Castanea sativa*, *Fraxinus ornus*, *Ostrya carpinifolia*, *Ilex aquifolium*, *Dioscorea (Tamus) communis*? Kao ilirske vrste iz ove skupine, a vezane za bukovo-jelove šume, mogu se izdvojiti: *Aremonia agrimonioides*, *Euphorbia carniolica*, *Hacquetia epipactis*, *Lamium orvala*, *C. Waldsteinii*, *Homogyne sylvestris...*

Mueller-Dombois i Ellenberg (2002) navode da postoje tri skupine karakterističnih vrsta: a) *lokalno karakteristične vrste*; b) *teritorijalno karakteristične vrste*; c) *univerzalno karakteristične vrste*, koje su geografski ograničene i vezane za određeno stanište. U konkretnom slučaju su interesantne *teritorijalno karakteristične vrste* koje imaju vrijednost za veća, prirodno definisana područja, u konkretnom slučaju južne Alpe. Stoga apriori prihvatanje softverskog rezultata da nema karakterističnih vrsta treba odbaciti. U analiziranom području kao za skup karakteristične vrste trebaju se uzeti: *Anemone trifolia*, *Helleborus niger* i *Cyclamen prpurascens*, koje predstavljaju skup neilirskih i teritorijalno (pre)alpskih vrsta.

Upečatljiva je i pojava *Oxalis acetosella* i *Vaccinium myrtillus* (obje vrste sa stepenom prisutnosti III), koje treba vezati za pojave sirovog i ligno humusa (Willner, 2002).

Willner (2002) smatra da je *Anemono trifolii-Fagetum* Treg. 1962. vikarna južna varijanta zajednice *Adenostylo glabrae-Fagetum* Moor 1970, kojoj je slična u svakom pogledu, gdje ove zajednice prema ovom autoru imaju skoro isti sastav karakterističnih fagetalnih vrsta, sa razlikom dominacije *Anemone*

trifoliae. Isti autor za geografski diferencijalne vrste navodi (ne smatra ih ilirskim): *Anemone trifolia*, *Homogyne sylvestris*, *Aremonia agrimonoides* i *Saxifraga cuneifolia*.

U analiziranoj zajednici se nalazi i ariš (*Larix decidua*) sa stepenom prisutnosti III, što je zajednici dalo snažan alpski karakter. Posebno je važno da ariš kao drvo spada u subedifikatore koji uvjetuju strukturu zajednice, a njegova pojava ima posebnu "specifičnu težinu" u odnosu na prizemnu floru (Vojniković, 2015). Prema Ellmauer et al. (2021) vrste iz Sjevernih Alpa npr.: *Arabis alpina*, *Carduus defloratus*, *Cyanus montanus*, *Listera ovata*, *Ranunculus montanus* povlače se iz ovog područja.

Postoji značajna razlika između slovenskih i pojedinih austrijskih fitocenologa u kontekstu sintaksonomskog položaja ove zajednice. Dok slovenski autori u potpunosti svrstavaju u svezu ilirskih bukovih šuma *Aremonio-Fagion*, pojedini austrijski je svrstavaju u različite srednjoevropske sveze.

Zajednicu *Anemono trifolii-Fagetum* Tregubov 1962 u ilirsku svezu bukovih šuma *Aremonio-Fagion* (I. Horvat 1938) Török, Podani i Borhidi 1989 svrstavaju Török et al. (1989), kao i Marinček et al. (1992). Wallnöfer, Mucina i Grass (1993) također je svrstavaju u ilirsku svezu bukovih šuma.

Willner (2001; 2002) je potpuno suprotno svrstava u evropsku svezu *Asperulo-Fagion*. Tako, on (2001) čak navodi: "Takozvane 'ilirske vrste' ne čine homogenu skupinu, već se znatno razlikuju po svojim lokacijskim zahtjevima i tako samo dopunjuju ilirskim elementima postojeće ekološke skupine vrsta koje postoje u srednjoj Evropi", odnosno ovaj autor negira uopće postojanje ilirske sveze bukovih šuma *Aremonio-Fagion*.

Možda je najkvalitetniji bio prijedlog Fukareka, koji je 1978. predložio da se prelazno područje između ilirske provincije i Alpa stavi u svezu *Fagion austroalpinum*. Međutim, s obzirom na nemogućnost upotrebe geografskog naziva zajednice prema ICPN, Fukarekov prijedlog nije realan.

Zaključak

Poteškoća koja se javlja u jasnom sintaksonomskom svrstavanju asocijacije *Anemono trifolii-Fagetum* je što se nalazi na samoj granici ilirskog fitogeografskog područja i alpskog područja. Međutim, floristički sastav, struktura zajednice, skoro potpuni izostanak temeljne ilirske vrste sveze bukovih šuma *Aremonia agrimonoides*, kao i jasan (pre)alpski i neilirski karakter konstantne i karakteristične vrste *Anemone trifolia* te učestala pojava ariša (*Larix decidua*) kao subedifikatora, ukazuju na preovladavanje alpskog karaktera

zajednice. Vidljiv je izostanak većine tzv. ilirskih vrsta, odnosno postoji ograničena difuzna pojava flornih ilirskih elemenata, izuzev npr.: *Cardamine trifolia*, *Lamium orvala* i *Vicia oroboides*. Uočljiv je izostanak većine vrsta koje su navedene kao karakterističan skup za ovu zajednicu (Wallnöfer, Mucina i Grass, 1993) što također ukazuje na udaljenost od ilirskih bukovih šuma. Slabo razvijen sprat grmlja (Willner, 2002; Vojniković, 2015) također je značajna razlika u odnosu na ilirske bukove šume.

Također, i ne manje važno, iako ne utiče na sintaksonomiju i nomenklaturu, ali utiče na osobine staništa, jest to da se i klimatski parametri (oborine i temperatura) Koruške u Austriji razlikuju od ilirske provincije (Vojniković et al., 2023). Ovi klimatski parametri značajno odstupaju od ilirskih i time udaljuju fitogeografsko područje Koruške – Austrija od ilirskih osobina staništa.

Sve navedeno ukazuje na to da se može zaključiti da je istraživana asocijacija *Anemono trifolii-Fagetum* Treg. 1962. ex Marinček et al. 1993 sastavni dio sveze srednjoevropskih bukovih šuma *Fagion sylvaticae* Luquet 1926, odnosno podsveze *Lonicero alpigenae-Fagenion* Borhidi 65 em. Oberd. et Müll., što znači da je ne bismo trebali svrstavati u ilirsku svezu bukovih šuma *Aremonio-Fagion* (I. Horvat 1938) Török, Podani et Borhidi 1989, u cijelom području javljanja u Austriji i Sloveniji.

Literatura

Bergmeier, E., Dimopoulos, P. (2001): *Fagus sylvatica* Forest Vegetation in Greece: Syntaxonomy and Gradient Analysis, Journal of Vegetation Science, 12, 109-126.

Beus, V., Vojniković S. (2002): Floristical characteristics of the virgin Forest of Beech and Fir in Ravna vala on Mt. Bjelašnica, Razprave IV. Razreda SAZU, XLIII (3), Ljubljana, 63-78.

Blamey, M., Grey-Wilson, C. (2008): Wild Flowers of the Mediterranean, Second edition, A&C Black, London.

Bohn, U., Neuhäusl, R., Gollub, G., Hettwer, C., Neuhäuslová, Z., Raus, T. H., Schlüter, H., Weber, H. (2004): Karte der natürlichen vegetation Europas / Map of natural vegetation of Europe. Maßstab/Scale 1: 2.500.000. Münster, DE.

Bončina, A., Rozman, A., Dakskobler, I., Klopčič, M., Babij, V., Poljanec, A. (2021): Gozdni rastiščni tipi Slovenije, Biološki inštitut Jovana Hadžija ZRC SAZU, Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete, Zavod za gozdove Slovenije.

Borhidi, A. (1963): Die Zönologie des *Fagion illyricum* Verbandes. I. Allgemeiner Teil, Acta Bot. Acad. Sci. Hung., 9, 259-297.

Braun-Blanquet, J. (1964): Pflanzensoziologie, Grundzüge der Vegetationskunde, 3. Auflage, Springer Verlag, Wien.

Dierschke, H., Bohn, U. (2004): Eutraphente Rotbuchenwälder in Europa, Tuexenia, 24, 19-56.

EEA (2019): Species search. https://eunis.eea.europa.eu/species.jsp (23. 12. 2023).

Ellmauer, T., Frank, G., Schadauer, K., Steiner, H., Freudenschuss, A., Pötzelsberger, E., Vacik, H. (2021): Lebensraumtyp 91K0 illyrische rotbuchenwälder Bearbeitung gemäß der sogenannten GEZ-Studie, Umweltbundesamt, Auftrag des Amtes der Kärntner Landesregierung.

European Commission (2013): Interpretation Manual of European Union Habitats – Eur28, European Commission, DG Environment, Nature ENV B.3.

Fisher, A. M. (2018): Towards an Excursion Flora for Austria and all the Eastern Alps, Botanica Serbica, 42 (1), 5-33.

Fukarek, P. (1978): Verbreitungsgebiete einiger Charakterarten der slowenischen und kroatischen Buchenwälder und ihre Bedeutung für die regionale Gliederung des dinarischen Florengebietes, Mitteilungen der Ostalpin-Dinarischen pflanzensoziologischen Arbeitsgemeinschaft, 14, 147-157.

Hennekens, S. M., Schaminee, J. H. J. (2001): Turboveg, a comprehensive database management system for vegetation data, Journal of Vegetation Science, 12, 589-591.

Hill, M. O., Šmilauer, P. (2005): TWINSPAN for Windows version 2.3, Centre for Ecology and Hydrology & University of South Bohemia, Huntingdon & Ceske Budejovice.

Horvat, I. (1950): Šumske zajednice Jugoslavije (Les associations forestieres en Yougoslavie), Zagreb.

Horvat, I., Glavač, V., Ellenberg, H. (1974): Vegetation Südosteuropas, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

Lauber, K., Wagner, G. (2001): Flora Helvetica 2.0, CD – ROM, Ein interaktiv Führer durch die Pflanzwelt der Schweiz, Haupt digital.

Marinček, L., Mucina, L., Zupančic, Č. M., Poldini, L., Dakskobler, I., Accetto, M. (1992. [1993]): Nomenklatorische Revision der illyrischen Buchenwalder, Studia Geobotanica, 12, 121-135.

Marinšek, A., Šilc, U., Čarni, A. (2013): Geographical and ecological differentiation of Fagus forest vegetation in SE Europe, Applied Vegetation Science, 16, 131-147.

Mueller-Dombois, D., Ellenberg, H. (2002): Aims and Methoda of Vegetation Ecology, The Blackburn press, New Jersey.

Oberdorfer, E. (1994): Pflanzen-soziologische Exursionsflora, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

Smole, I. (1988): Katalog gozdnih združb Slovenije, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo, Ljubljana.

Surina, B. (2002): Phytogeographical differentiation in the Dinaric fir-beech forest (*Omphalodo-Fagetum* s. lat.) of the western petr of the Illyrian floral province, Acta Bot. Croat., 61, Zagreb, 145-178.

Thommen, E. (1973): Taschenatlas der Schweizer Flora, Birkhauser Verlag, Basel, Stuttgart.

Tichý, L. (2002): JUICE, software for vegetation classification, Journal of Vegetetion Science, 13, 451-453.

Török, K., Podani, J., Borhidi, A. (1989): Numerical revision of the Fagion illyricum alliance, Vegetatio, 81, 169-180.

Trinajstić, I. (1997): Phytogeographical analysis of the illyricoid floral geoelement, Acta Biologica Slovenica, 41 (2/3), 77-85.

Vojniković, S., Balić, B., Višnjić, Ć., Neumann, M. (2023): Climate Characteristics of the Illyrian Phytogeographic Area, SEEFOR South-East European Forestry, 14 (2), 159-169.

Vojniković, S. (2015): Determining the illyrian origin forest communities of beech forests Karawanke – Karinthian alps (Austria), Works of the Faculty of Forestry University of Sarajevo, 2, 1-24.

Wallnöfer, S., Mucina, L., Grabherr, G. (ur.) (1993): Die Pflanzengesellschaften Österreichs, Teil 3, Gustav Fischer Verlag, Jena.

Willner, W., Jiménez-Alfaro, B., Agrillo, E., Brisse, H., Brunet, J., Csiky, J., Jandt, U., Jansen, F., Kącki, Z., Rodwell, J., Schaminée, J., Šibík, J., Škvorc, Ž., Tsiripidis, I., Chytrý, M. (2017): Classification of European beech forests: a Gordian Knot?, Applied Vegetation Science, 20, 494-512.

Willner, W. (2001): Neue Erkenntnisse zur Synystematik der Buchenwälder, Linzer biol. Betr., 33 (1), 527-560.

Willner, W. (2002): Syntaxonomische Revision der südmitteleuropäischen Buchenwälder, Phytocoenologia, 32 (3), Berlin, Stuttgart, 337-453.

Willner, W., Grabherr, G. (2007): Die Wälder und Gebüsche Österreichs, Elsevier, München.

Zukrigl, K. (1988): Die montane Buchenwälder der Nordabdachung der Karawanken und Karnischen Alpen, Naturschutz in Kärnten, Klagenfurt, 9.

Posebna izdanja ANUBiH CCXI, OPMN 29, 160-179

Phytocenological research of beech-fir forests in the Southeastern Alps of Austria

Summary: In this paper, the beech and fir community of Karavanki and the Carinthian (southern) Alps – *Anemono trifolii-Fagetum* Treg 1962 ex Marinček et al. 1993 will be analyzed. The basis of the plant species that make up this plant community are carbonate groups of *Fagion* and *Fagetalia* species. The research area is located in the wider area of the southern Carinthian Alps – including Karavanke in the Klagenfurt and Villach regions between the Drava River and the border with the Republic of Slovenia and the Carinthian Alps in the Villach and Hermagor region between the Gail River and the border with Italy. The most dominant geological substrate in the area is limestone – dolomite. On the experimental plots, we gathered phytocenological recordings using the standard Braun-Blanquet method (1964). 36 temporary phytocenological test plots were placed on the field. The size of the experimental area was 400 m^2. All data were stored in the phytocenological database Turboveg 2.38, and were processed and analyzed in the Juice 7.1 and Twinspan databases. With the help of the Juice 7.1 software, an analysis of the synoptic table was made, which showed: Diagnostic types: none; Constant species: *Fagus sylvatica*, *Picea abies*; *Anemone trifolia*, *Prenanthes purpurea*; Dominant species: *Abies alba*, *Fagus sylvatica*, *Larix decidua*, *Picea abies*, *Pinus sylvestris*; (trees floor I) – *Fagus sylvatica*; (trees floor II) – *Fagus sylvatica* (floor of shrubs) – *Carex alba*, *Carex digitata*, *Vaccinium myrtillus* (ground flora). The floristic composition, community structure, the almost complete absence of the basic Illyrian species of the beech forest association *Aremonia agrimonoides*, as well as the clear (pre)Apalian and non-Illyrian character of the constant and characteristic species *Anemona trifolia*, and the frequent occurrence of larch (*Larix decidua*) indicate the predominance of the alpine character of the community. The absence of most of the so-called Illyrian species, where there is a limited diffuse occurrence of flora Illyrian elements: *Cardamine trifolia*, *Lamium orvala* and *Vicia oroboides*. The a priori acceptance of the software result that there are no characteristic species should be rejected. In the analyzed area, the following should be taken as a group of characteristic species: *Anemone trifolia*, *Helleborus niger* and *Cyclamen purpurascens*. The listed species are not Illyrian, but in this combination, they are territorially characteristic. The poorly developed understory of the bushes represents a significant difference from the Illyrian beech forests. All of the above indicates that it can be concluded that the investigated association *Anemono trifolii-Fagetum* Treg. 1962 ex Marinček et al. 1993 is an integral part of the *Fagion sylvaticae* Luquet 1926, i.e. sub-complex *Lonicero alpigenae-Fagenion* Borhidi 65 em. Oberd. et Müll., which means that it should not be classified in the association *Aremonio-Fagion* (I. Horvat 1938) Török, Podani et Borhidi 1989, in the entire area of occurrence in Austria and Slovenia.

Prilog 1.
Sinoptička tabela – Cluster analiza

Fagus sylvatica	[1]	.244533444554352|34355553354554435154
Picea abies	[1]	21...211131.1131|...212.233..+3.133.3
Anemone trifolia	[6]	+++++.+.r.r.r...|+2++1+1..1.11r21++..
Prenanthes purpurea	[6]	r.r.+rr+++.+.r..|++.+..+.rr.1r.r.rrr.
Cyclamen purpurascens	[6]	r+rr.+.....r.rrr|..+..r++1r+r...+rrr.
Helleborus niger	[6]	+1.+.++....r.+.1|r2.+1122.1+....rr.++
Oxalis acetosella	[6]	...r.rr+1++r+.r+|..r+......+r1.+.+.rr
Fagus sylvatica	[3]	.+.............|+11242211312+11222.2
Carex digitata	[6]	r+3.r+..r.r1.+.1|.1+.+..31..+r1....+.
Hieracium murorum	[6]	rr.rr...r..rr+.r|rrr..+.++r.+...r....
Mercurialis perennis	[6]	..1..+2...2+.r++|r...1+..r...12rr.r+.
Festuca altissima	[6]	.....+r.r..2.+..|r2+..r1+++.+..+..r.r
Mycelis muralis	[6]	...rr..+....r..r|r.r++r+...+..r+.+.r.
Cardamine enneaphyllos	[6]	....+r+....+.++.|..rr+.....r.++r..r+r
Larix decidua	[1]	...1..2..1...+..|3.41......3111122+.1
Senecio germanicus	[6]	.....r.r.rrr+.rr|..rr..1....r..1..rrr
Cardamine trifolia	[6]	..........rr.r+|..r2......+r1r+.r+rr
Vaccinium myrtillus	[6]	1.r...r..+.r.2.1|3+.......r.3.r+..rr.
Athyrium filix-femina	[6]	....r.r+rrr.+r+.|...r......rrr.....r.
Euphorbia amygdaloides	[6]	.r+..r......r..r|.....+rr.+rr.rr....r
Dryopteris filix-mas	[6]	.+..rrr+r.+.r.+.|.........+..rr+.r...
Picea abies	[3]	..............|...1112111...1.112+1
Salvia glutinosa	[6]	r++.r.r+.+2..r.r|......+1.....r.....
Viola reichenbachiana	[6]	rrrrrr....rr+...|....r..r...r..r.....
Abies alba	[1]	1...+...2...11.1|.41.2........23....2
Acer pseudoplatanus	[6]	..r...r.r...r+..|...rr.r+r........r..
Veronica urticifolia	[6]	....rrr.......r.|r.r........1rrr...r.
Actaea spicata	[6]	.....r....+r.r+.|...r..r.......rr.r..
Sorbus aucuparia	[6]	......r..+...r..|r.r...1.r.r..r.....
Daphne mezereum	[5]	r.r..rr...++..rr|...........r.....
Lamium galeobdolon	[6]	....r........r..|...r......rr.rr..r.r
Aposeris foetida	[6]	+.+.......r+.r.r|......1......r....r.
Picea abies	[5]	...........1....|.....++1.+.+.....1.1
Fraxinus excelsior	[6]	.rr....r...1..r.|......rrr..........
Daphne mezereum	[6]	.r..............|...r.r1rrr.......r..
Fagus sylvatica	[5]	.+.............|.++..1...+...2...1.1
Picea abies	[2]	..11..1.11.+.+2.|....................
Eupatorium cannabinum	[6]	......r...r1.+..|.........rr..2...r.
Neottia nidus-avis	[6]	..........r.....|...r..r....rr...r.rr
Gentiana asclepiadea	[6]	.....r....rr.rr+|...........r....r.
Saxifraga rotundifolia	[6]	............+.r|r2+........+.....r..
Cephalanthera rubra	[6]	..r.rr.........|......rr+.....r.....
Polygonatum verticillatum	[6]	......r...r.....|...r.......r+.r...r.
Sanicula europaea	[6]	+r+..r.++.......|....................
Anemone nemorosa	[6]	.......+...rr...|...1......r.......r.
Pinus sylvestris	[1]	342...........1|.......2+..........
Gymnocarpium dryopteris	[6]	....rr.........r|..........+r....r..
Galium sylvaticum	[6]	..........rr.r.|...........r.r...r.
Abies alba	[3]	..............|.1+.+........++....1
Ajuga reptans	[6]	r.rr.......r+.r.|....................
Hepatica nobilis	[6]	.....+....r+..+r|.............r....
Melica nutans	[6]	.....rr...r+....|.........r.........
Lonicera alpigena	[5]	.....rr...1....r|..........r........
Larix decidua	[3]	..............|+.1.......1.....1+..
Aremonia agrimonoides	[6]	rr...r.........r|......r..........

Melampyrum sylvaticum	[6]	rr....r......r..|.............+......
Picea abies	[6]	................|r1........r..rr.....
Fagus sylvatica	[6]	................|.........1..r1...+r
Rubus idaeus	[5]	...r......r.rr.r|....................
Epilobium montanum	[6]	.......r.r..r...|..........r..r.....
Lamium album	[6]	....rr..r.......|...........r.......
Fagus sylvatica	[2]	3.1.1......2....|....................
Sorbus aria	[5]	..........r..r.r|.......+............
Epipactis atrorubens	[6]	..r...rr.r......|....................
Hypericum montanum	[6]	......r.....r...|..........rr........
Adenostyles alpina	[6]	....r.........r.|...........+.r......
Festuca heterophylla	[6]	................|.1...r...+...+......
Fagus sylvatica	[4]	1........2...+2.|....................
Rubus idaeus	[6]	......rr........|...........r..r.....
Carex sylvatica	[6]	.......r..+.r...|.............r.....
Fragaria vesca	[6]	r.....r.........|..........r...+.....
Maianthemum bifolium	[6]	r.....r..+......|.............r.....
Petasites albus	[6]	.....r.+....++..|.....................
Carex alba	[6]	...2..3......2..|.....r..............
Brachypodium sylvaticum	[6]	................|.....r+.......r..+..
Pteridium aquilinum	[6]	+.r......+......|....................
Dryopteris species	[6]	................|......+rr...........
Asplenium trichomanes	[6]	.....r..........|...........r....r...
Luzula luzulina	[6]	....rr..r.......|....................
Sorbus aria	[6]	..............r.|......r+............
Sorbus aria	[3]	.+..............|+......+............
Luzula luzuloides	[6]	....r....+......|..r.................
Polystichum lonchitis	[6]	..............r.|....1...........r...
Larix decidua	[5]	................|.++.............+..
Lilium martagon	[6]	r.r.........r...|....................
Atropa bella-donna	[6]	.......r....rr..|....................
Urtica dioica	[6]	............rr..|.............r.....
Luzula sylvatica	[6]	............+..|+..........+........
Pulmonaria officinalis	[6]	....r+....1.....|....................
Prunella vulgaris	[6]	r.........r.r...|....................
Veratrum album	[6]	.....r........r.|.............r......
Clematis vitalba	[6]	..r.......1...r.|....................
Fraxinus excelsior	[5]	.....r....+.....|...................r.
Galium odoratum	[6]	....+.........+.|....................
Abies alba	[6]	................|.........r.r.......
Paris quadrifolia	[6]	.....r........r.|....................
Platanthera bifolia	[6]	.....r..........|........r...........
Abies alba	[5]	................|.+..............+
Abies alba	[2]	...1....2.......|....................
Lamium orvala	[6]	.......+........|....r...............
Rubus hirtus	[6]	.........r......|........r...........
Aconitum lycoctonum	[6]	.....+..........|...................r.
Dactylorhiza fuchsii	[6]	............r.r|....................
Asarum europaeum	[6]	.......+..2.....|....................
Myosotis sylvatica	[6]	.......+........|.............r.....
Abies alba	[4]	............+..|.....+..............
Veronica teucrium s. pseudochamaedrys	[6]	..........r....|......+..............
Lonicera alpigena	[6]	..........r....|........r...........
Sorbus aucuparia	[5]	..........+.....|.............r......
Carex flacca	[6]	..........r.....|.......1............

Other species:
Sorbus aria [4] 1: +; *Buphthalmum salicifolium* [6] 1: r; *Carpinus betulus* [5] 1: r; *Lamium maculatum* [6] 1: r; *Pinus sylvestris* [3] 1: 1; *Fraxinus ornus* [3] 1: +; *Cotoneaster nebrodensis* [6] 1: r; *Taxus baccata* [2] 2: +; *Cirsium erisithales* [6] 2: r; *Galium rotundifolium* [6] 1: r; *Ulmus glabra* [6] 2: r; *Euphorbia carniolica* [6] 2: r; *Poa nemoralis* [6] 1: r; *Acer pseudoplatanus* [5] 1: r; *Veronica chamaedrys* [6] 1: r; *Veronica officinalis* [6] 1: r; *Calamagrostis varia* [6] 2: +; *Actaea spicata* [3] 2: r; *Rododendron hirsutum* [6] 2: 2; *Erica herbacea* [6] 2: 2; *Doronicum columnae* [6] 2: r; *Carduus nutans s. platylepis* [6] 1: +; *Polygonatum multiflorum* [3] 2: r; *Festuca heterophylla* [3] 2: r; *Saxifraga cuneifolia* [6] 1: r; *Asplenium trichomanes-ramosum* [6] 2: r; *Vincetoxicum hirundinaria* [6] 1: r; *Potentilla micrantha* [6] 1: r; *Melica ciliata* [6] 1: r; *Pinus sylvestris* [5] 2: +; *Corylus avellana* [4] 1: +; *Cephalanthera longifolia* [6] 1: r; *Lonicera xylosteum* [5] 1: +; *Lonicera nigra* [5] 1: r; *Acer pseudoplatanus* [2] 1: 2; *Corylus avellana* [5] 1: +; *Petasites paradoxus* [6] 1: r; *Betonica alopecuros* [6] 1: r; *Equisetum sylvaticum* [6] 1: r; *Larix decidua* [2] 1: +; *Verbascum nigrum* [6] 2: r; *Geranium robertianum* [6] 2: r; *Cardamine pentaphyllos* [6] 2: 1; *Euphorbia cyparissias* [6] 2: +; *Cardamine bulbifera* [6] 1: r; *Betula pendula* [5] 1: r; *Campanula glomerata* [6] 2: r; *Adenostyles alliariae* [6] 1: +; *Thalictrum aquilegifolium* [6] 2: r; *Lonicera nigra* [6] 2: r; *Quercus robur* [6] 1: r; *Prunus avium* [6] 1: r; *Peucedanum austriacum* [6] 2: +; *Lonicera xylosteum* [6] 2: r; *Vicia oroboides* [6] 1: r; *Scrophularia umbrosa* [6] 1: r; *Juglans regia* [4] 1: +; *Fraxinus ornus* [4] 1: +; *Tussilago farfara* [6] 1: r; *Poa pratensis* [6] 1: r; *Lathyrus vernus* [6] 1: r; *Melittis melissophyllum* [6] 1: r; *Convallaria majalis* [6] 1: +; *Rosa arvensis* [5] 1: +;

DOI: 10.5644/PI2024.211.10
Originalni naučni članak

Agrošumarstvo kao način korištenja tla u funkciji smanjenja degradacije uzrokovane intenzivnom obradom i klimatskim promjenama

Hamid Čustović
Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine
E-mail: hcustovic@anubih.ba

Melisa Ljuša
Univerzitet u Sarajevu, Poljoprivredno-prehrambeni fakultet

Emira Hukić
Univerzitet u Sarajevu, Šumarski fakultet

Apstrakt: Razvoj agrošumarstva je u većini zemalja usporen zbog ograničene definicije ovog pojma koji se treba shvatiti kao sistem različitih praksi. Široko korištenje agrošumarstva može odigrati značajnu ulogu u prelasku na održive okolinske prakse u dugoročnom periodu. U Evropskoj uniji agrošumarstvo se prepoznaje kao važan poljoprivredni sistem, s tim da je još ostao nedovoljno razvijen zbog neriješenog statusa podsticaja. Ipak, kako Evropska federacija agrošumarstva (engl. *European Agroforestry Federation* – EURAF) ističe, u EU se nalazi oko 20 miliona hektara agrošumarskih zemljišta, a gotovo 90% čine šumsko-pašnjački sistemi. Istraživanja iz 2017. godine pokazuju kako ih je tada u EU bilo oko 15,4 miliona hektara i trend razvoja agrošumarstva, prema podacima iz 2020. godine, nastavio se.
Sistem agrošumarstva projiciran je i istražen na području sliva rijeke Vrbas, i to u njegovom gornjem (Bugojno) i donjem (Srbac) slivnom području, a u okviru projekta UNDP. U ovom radu akcenat se daje na ulogu agrošumarstva u zaštiti od poplava, ali i općenito njegov značaj u procesu adaptacije na klimatske promjene. U gornjem i srednjem slivu preporučuje se silvopastoralni uzgoj, a na proširenim dolinama alejni uzgoj i zaštita od erozije na izohipsama. U donjem slivnom području vrlo su važni zaštitni priobalni pojasevi sa stanovišta erozije obale i buferne sposobnosti vegetacije u smislu prečišćavanja voda, na koje se nastavlja alejni uzgoj, zatim rekreaciona zona, tehnička šuma ili kombinacija šumsko-poljoprivrednih kultura (diversifikacija). Ove pristupe treba razvijati isključivo na lokalnom nivou sa farmerima.

Ključne riječi: sliv rijeke Vrbas, sistemi agrošumarstva, klimatske promjene, adaptacija, krajolik

Uvod

Agrošumarstvo u Bosni i Hercegovini je skoro nepoznata djelatnost. Razloga može biti više, ali glavni je svakako status poljoprivrede kao privredne

djelatnosti, s jedne strane, i svijest o klimatskim promjenama i potrebi adaptacija na njih, s druge strane.

Prema mnogim literaturnim izvorima koristi od agrošumarstva su mnogostruke, a prije svega ekonomske, ekološke i socijalne. Ekološke funkcije agrošumarstva se stavljaju u prvi plan, pri čemu se povećava plodnost tla, poboljšava kvalitet vode, služi kao vjetrozaštita usjeva i stoke, smanjuje eroziju, ograničava štetnike i doprinosi remidijaciji oštećenih tala i akumulaciji ugljika iz atmosfere putem sekvestracije u biljku i tlo, a time i smanjenju stakleničkih gasova u atmosferi. Dobro uspostavljen sistem u agrošumarstvu doprinosi smanjenju klimatskih promjena i uticaja na biljke i životinje te doprinosi boljoj ravnoteži biodiverziteta i produktivnosti agrosistema.

Agrošumarstvo je skupni naziv za sisteme korištenja zemljišta i prakse u kojima se drvenaste kulture ciljano integrišu s poljoprivrednim usjevima i/ili uzgojem stoke radi niza međusobnih koristi i usluga. Integracija može biti ili u prostornoj izmiješanosti (npr. usjevi s drvećem) ili u vremenskom slijedu (npr. poboljšani ugari, rotacija usjeva). Općenito, razlikuju se tri glavna sistema agrošumarstva: agrosilvikultura (kombinacija usjeva i drveća), silvopastoral (kombinacija šumarstva i ispaša domaćih životinja) i agrosilvopastoralni (drveće, životinje i usjevi na istom zemljištu) (Wessel i Freerk Wiersum, 2006). Agrošumarstvo po svojoj složenosti može biti sastavljeno od vrlo jednostavnih i rijetkih do vrlo složenih i gustih sistema poljoprivrednih i šumskih kultura. Prakse su veoma različite – od usjeva između drvoreda, preko poljoprivrede s drvećem na obodima koje štiti usjeve i od vanjskih uticaja, relejnih usjeva, međuusjeva, višestrukih usjeva, do grmlja i ugara, sistema parkova, kućnih vrtova itd. Mnogi od njih su tradicionalni načini korištenja zemljišta koji integrišu sisteme uzgoja usjeva i stoke kako bi se postigla multifunkcionalnost. Ne postoji jasna granica između agrošumarstva i šumarstva, niti između agrošumarstva i poljoprivrede.

U posljednjih nekoliko decenija, zbog svoje koristi za okoliš, agrošumarstvo se prepoznaje kao pristup održivog korištenja zemljišta. Isto tako, prihvaćeno je i kao koncept u strategijama za ublažavanje stakleničkih gasova prema Protokolu iz Kyota, pri čemu se ugljik (C) izdvaja biološki. Ovaj potencijal se temelji na premisi da će se obezbijediti veća učinkovitost integriranih sistema u usvajanju i korištenju hranjivih materija, svjetlosti i vode od sistema samo s jednom vrstom usjeva, što kao rezultat ima veće neto izdvajanje ugljika (Nair et al., 2009). Pokazalo se da nadzemna i podzemna biljna raznolikost osigurava veću stabilnost i otpornost sistema na određenoj lokaciji,

a s druge strane sistemi osiguravaju povezanost sa šumskim ekosistemima i drugim osobinama krajolika i sliva (Nair et al., 2008).

Pristup korištenja zemljišta, promjene korištenja zemljišta i šumarstva (engl. *Land Use, Land Use Change and Forestry* – LULUCF) postao je važan pristup u kontekstu Protokola iz Kyota uz Okvirnu konvenciju Ujedinjenih naroda o promjeni klime (engl. *United Nations Framework Convention on Climate Change* – UNFCCC). To je prvi i dosad najveći međunarodni sporazum za stabilizaciju koncentracije stakleničkih gasova, a koji dopušta korištenje sekvestracije ugljika kroz pošumljavanje i ponovno pošumljavanje, kao oblik aktivnosti neutraliziranja stakleničkih gasova. Upravljanje šumama, usjevima i pašnjacima te revegetacija dodani su u detaljnom popisu aktivnosti LULUCF-a. Spoznajom uloge šuma kao važnog sredstva za usvajanje i skladištenje atmosferskog CO_2 agrošumarstvo je prihvaćeno, pored ostalih koristi, i kao aktivnost sekvestracije ugljika. Pored navedenog, i tlo učešćem u izgradnji biomase, doprinosi akumulacijom ugljika u vidu humusa (Malhi et al., 2008).

Agrošumarstvo ima poseban značaj za razumijevanje i adaptaciju na klimatske promjene. Poseban značaj daje se stanju organskog ugljika u tlu. Uticaj predviđenih klimatskih promjena, sa povećanjem temperature od 3°C u Sredozemnom bazenu, na kopneni sadržaj organske materije u tlu procijenili su Bottner et al. (1995). Prema ovim istraživanjima, procjenjuje se da će povećanje od 3°C uzrokovati prosječno visinsko pomicanje vegetacijskih pojaseva za 500 m. Produktivnost hladnih ekoregija povećala bi se kao rezultat duže vegetacijske sezone i smanjenog stresa od zimske hladnoće. U većini sušnih zona, međutim, porast temperature bi uticao na dužinu sezone rasta. Posljedično, povećanje temperature bi pogoršalo i ubrzalo gubitak organske materije tla. Veličina gubitka organske materije tla procijenjena je na 28% u hipervlažnoj zoni, 20% u suphumidnoj zoni i 15% u hipersušnim toplim ili hladnim zonama mediteranske regije. Osim toga, iscrpljivanje sadržaja organske materije tla može biti ograničeno na gornje slojeve tla (Lal, 2008).

Emisija stakleničkih gasova koja nastaje u poljoprivredi, poput metana u stočarstvu i azotnih oksida iz đubriva, doprinosi ukupnim emisijama stakleničkih plinova. Međunarodna regulativa, poput Pariškog sporazuma, prepoznaje važnost smanjenja emisija stakleničkih plinova iz poljoprivrede, ali još ne nameće direktne finansijske obaveze poljoprivrednicima u smislu plaćanja cijene emitovanog CO_2. Do sada se naglašavala potreba za postupanjem po strategijama i praksama kako bi se smanjile emisije iz poljoprivrede, poboljšala održivost i povećala otpornost na klimatske promjene. Ako bi došlo do

ugovorno definisanog odnosa o sekvestraciji ugljika primjenom agrošumarske prakse, poljoprivrednici bi mogli imati korist od kompenzacije za ugljik koji sekvestriraju na temelju količine koja se sekvestrira i njegove tržišne cijene te od povećanja produktivnosti tla povezanog s njegovim povećanjem u procesu sekvestracijom ugljika (Nair et al., 2009).

Sve se više agrošumarstvo integriše kao mjera za ublažavanje poplava, smanjenje onečišćenja nutrijentima i prevenciju od erozije u projektovanju krajolika. Ove prednosti agrošumarstva se promovišu kako na lokalnom tako i na regionalnom nivou.

U isto vrijeme to može povećati poljoprivrednu produktivnost, smanjiti troškove proizvodnje, uvećati profit za poljoprivrednike. Poboljšano upravljanje poplavama postaje jedan od urgentnih zahtjeva prakse, pri čemu agrošumarstvo smanjuje rizik od poplava te djeluje kao tampon povećanjem kapaciteta retencije vode na parcelama s poljoprivrednim kulturama. Agrošumarski sistemi usporavaju oticaj intenzivnih padavina i potpomažu infiltraciju u tlo. Projektiranjem sistema s odgovarajućim vrstama, rasporedom i orijentacijom redova, učinci ublažavanja ekstremnih vremenskih događaja mogu se još više povećati (Regenfarmer, 2023).

Agrošumarstvo ublažava značajno riječnu eroziju i stabilizira riječne obale. Riječna erozija je veliki problem u BiH, gdje rijeke i manji vodotoci neuređenih korita stalno mijenjaju svoje tokove i erodiraju obale, uzrokujući gubitak zemlje i imovine. Sadnja stabala s dubokim korijenjem u područjima osjetljivim na riječnu eroziju može smanjiti eroziju do 90% i povećati stabilnost tla do 50% (Rashid et al., 2019). Studija Međunarodnog instituta za upravljanje vodama pokazala je da agrošumarski sistemi mogu smanjiti uticaj poplava na poljoprivredno zemljište do 60%, pri čemu učinkovito smanjuju eroziju tla i sedimentaciju, kao i brzinu doticaja poplavnih voda, smanjujući tako štetu na usjevima (Deshmukh et al., 2020).

Agrošumarski sistemi uspješno diversificiraju izvore prihoda poljoprivrednika i smanjuju ovisnost o jednom usjevu, čime se poboljšava njihova sposobnost da izdrže uticaj prirodnih katastrofa kao što su poplave i riječna erozija (Sarker et al., 2019). Poljoprivrednici koji su usvojili prakse agrošumarstva ostvarili su povećanje prihoda od 28% u usporedbi s onima koji to nisu učinili. Sistem agrošumarstva može obezbijediti višestruke benefite za proizvođače i lokalnu zajednicu. Unosan aspekt proizvodnje je i proizvodnja biogoriva u mnogim razvijenim zemljama. Upotreba biomase supstituira fosilna goriva i donosi veće ekonomske i socijalne benefite nego sama sekvestracija u šumskoj biomasi (Hall, 1997).

Zbog globalno prepoznatog značaja agrošumarstva, koje se u velikoj mjeri primjenjuje u mnogim razvijenim zemljama svijeta, cilj ovog rada je bio da se istraži mogućnost i razvije model primjene ove prakse uvažavajući tradicionalne načine korištenja zemljišta, poljoprivrede i šumarstva u slivu rijeke Vrbas.

Metode rada

Za potrebe izrade studije agrošumarstva koja je realizovana u okviru projekta UNDP (Čustović, 2017) istražena je dostupna potrebna naučna i stručna Literatura. Definisana su dva potencijalna lokaliteta agrošumarske farme, i to u dolini Vrbasa (Srbac i Bugojno), na obodnom području 100-godišnje vode. Izrađene su šeme potencijalnih agrošumarskih praksi sa preporukama kultura i uređenja prostora na istraživanom području. Za potrebe cjelovitog rješenja utvrđene su vrste biljki koje su prikladne za sadnju i uzgoj, kako u poplavnom nizinskom tako i na obodu erodibilne padine prema obali Vrbasa. Razvijen je sistem dizajniranja i upravljanja farmom u cilju postizanja maksimalne produktivnosti, tako da optimizira kapacitet resursa maksimiziranjem pozitivnih interakcija i minimiziranjem negativnih.

Isto tako, važno je bilo uzeti u obzir potencijalnu interakciju između različitih biljnih vrsta. Pri ovome se vodilo računa da izbor drvenastih vrsta za agrošumarski sistem podrži i omogući razvoj ratarskih i krmnih kultura. Osobine tla, klime i reljefa imale su odlučujući značaj za zoniranje prostora i raspored biljaka, što ima veliki značaj za produktivnost.

Pravilan raspored i orijentacija biljaka omogućavaju više prostora za međusobnu interakciju u odnosu na zasađene biljke i drveće bez reda, o čemu se također vodilo računa u toku ovih istraživanja.

Primjer potencijalnih agrošumarskih sistema na području Srpca i Bugojna prikazani su šematski.

Rezultati i diskusija

Planirani sadržaji na oba lokaliteta su istraženi i usklađeni s ekološkim uslovima, postojećom infrastrukturom, potrebama privrede i tradicijom lokalnih zajednica u bavljenju poljoprivredom i šumarstvom. Program prilagodbe klasične poljoprivredne proizvodnje stabilnijim proizvodno-ekološkim sistemima u agrošumarstvu podrazumijeva koncept povezivanja buduće namjene i održivosti upravljanja zemljišnim prostorom.

Izbor i međusobna interakcija uzgajanih biljaka u agrošumarskom sistemu

U agrošumarstvu sliva rijeke Vrbas izvršeno je istraživanje i analizirana interakcija između šumskih i nešumskih komponenti, koja može biti pozitivna, negativna i neutralna, a produktivnost ovoga sistema je rezultat ovih interakcija.

Pri ovoj analizi agrošumarski sistem treba optimizirati kapacitet resursa maksimiziranjem pozitivnih interakcija i minimiziranjem negativnih. Na temelju toga dat je prijedlog šumskih drvenastih vrsta pogodnih za kombinovanje (Tabela 1) s ratarskim i krmnim biljakama za prehranu ljudi i životinja, kako bi se obezbijedio zahtjev poljoprivrednika u cilju obezbjeđenja važnih preduslova proizvodnje sa stanovišta kvantiteta, kvaliteta i ekonomske održivosti.

Tabela 1. Listopadne vrste drveća i grmlja koje se preporučuju za sadnju uz obale rijeka, a mogu se koristiti i za alejni uzgoj

Table 1. Deciduous trees and shrubs that are recommended for planting in riparian zone and can be used in alley cropping

Narodni naziv	Latinski naziv	Rast	Otpornost na plavljenje	Krupni drvenasti ostaci	Zasjena	Pogodnost za divljač	Tehnička vrijednost drveta	Pogodnost za alejni uzgoj
Common name	*Latin (scientific) name*	*Growth speed*	*Resistance to flooding*	*Big woody residues*	*Overshadow*	*Suitability for wildlife*	*Technical value of wood*	*Suitability for alley cropping*
GRMLJE								
Krkavina, trušljika	*Rhamnus frangula*	Spor	V	M	M	V	–	–
Hudika	*Viburnum opulus*	Spor	S	M	M	V	–	–
Glog	*Crataegus monogyna*	Umjeren	S–M	M	M	V	–	–
Malina	*Rubus caesius*	Umjeren	S–M	M	M	V	–	–
Svib	*Cornus sanguinea*	Brz	S	M	M	V	–	–
Crni glog	*Crataegus nigra*	Umjeren	M	M	M	V	–	–
Obična žutilovka	*Genista tinctoria*	Brz	S	M	M	M	–	–

Narodni naziv	Latinski naziv	Rast	Otpornost na plavljenje	Krupni drvenasti ostaci	Zasjena	Pogodnost za divljač	Tehnička vrijednost drveta	Pogodnost za alejni uzgoj
Common name	*Latin (scientific) name*	*Growth speed*	*Resistance to flooding*	*Big woody residues*	*Overshadow*	*Suitability for wildlife*	*Technical value of wood*	*Suitability for alley cropping*
Velika genista	*Genista elata*	Brz	S	M	M	M	–	–
Rakita	*Salix purpurea*	Brz	V	S	M	V	–	–
Iva	*Salix caprea*	Brz	S	S	M	V	–	–
Lijeska	*Corilus avelana*	Umjeren	M	M	M	V	–	–
NISKO LISTOPADNO DRVEĆE								
Crna joha	*Alnus glutinosa*	Umjeren	V	S	S	V	S	NE
Bijela vrba	*Salix alba*	Brz	V	V	V	V	V	NE
Krta vrba	*Salix fragilis*	Brz	V	V	V	V	M	NE
Sremza	*Prunus padus*	Umjeren	S–M	S	V	V	M	DA
VISOKO LISTOPADNO DRVEĆE								
Poljski jasen	*Fraxinus angustifolia*	Umjeren	V	V	V	S	V	DA
Lužnjak	*Quercus robur*	Spor	V	V	V	V	V	DA/NE
Poljski brijest	*Ulmus campestre*	Umjeren	V	V	V	S	V	DA
Grab	*Carpinus betulus*	Umjeren	S	S	S	S	S	DA
Trešnja	*Prunus avium*	Umjeren spor	S–M	S	S	S	V	DA
Crna topola	*Populus nigra*	Brz	S	V	S–V	V		DA
Bijela topola	*Populus alba*	Brz	V	V	S–V	V		DA
Trepetljika	*Populus tremula*	Brz	M	V	S–V	V		DA

*V – velika, S – srednja, M – mala otpornost na plavljenje

**H – high, M – medium, L – low resistant to flooding*

Važna je bila selekcija šumskih drvenastih kultura, ratarskih i krmnih biljaka za prehranu ljudi i životinja kako bi se obezbijedio zahtjev poljoprivrednika u cilju obezbjeđenja važnih preduslova proizvodnje sa stanovišta

kvantiteta, kvaliteta i ekonomske održivosti. Isto tako, važno je uzeti u obzir potencijalnu interakciju između različitih biljnih vrsta. Najbolje drvenaste vrste za agrošumarski sistem trebale bi podržati i omogućiti razvoj ratarskih i krmnih kultura. Najbolje šumsko-voćarske kulture su one koje razvijaju dubok korijen koji doprinosi izvlačenju nutrijenata i vode u površinske slojeve zemljišta. To omogućava stvaranje mikroklimata za razvoj i druge okolne vegetacije i općenito uvećanje biodiverziteta za razvoj različitih organizama.

Zoniranje prostora i raspored biljaka imaju veliki značaj u produktivnosti. Pravilno raspoređene i orijentisane biljke imaće više prostora za međusobnu interakciju u odnosu na zasađene biljke i drveće bez reda. U umjerenom pojasu pravac pružanja redova treba biti uglavnom sjever – jug jer se smatra da je to najefikasniji sistem obezbjeđenja sunčeve svjetlosti do uzgajanih biljaka i pašnjaka. Minimiziranjem gubitaka hranjiva i podsticanjem unutarnjeg kruženja hranjivih materija te poboljšavanjem kontrole štetočina i bolesti, agrošumarski sistemi smanjuju potrebu za većim unošenjem agrohemikalija (Smith, 2010).

U okviru agrošumarskog sistema, produktivnost svake od uzgajanih komponenti može biti podvrgnuta manipulaciji upravljačkih praksi, uključujući rezidbu, kontrolu rasta i razvoja korova i zaštite od oštećenja životinja. Kontroliranjem gustine drveća uz rezidbu obezbjeđuje se potrebna količina svjetlosti koja dospijeva do uzgajanih biljaka ili travnjaka. Ovo je također važno za šumsko drveće, jer to ima neposredan uticaj na kvalitet drveta.

Preporučuje se obrada između redova zato što dolazi do presijecanja – kidanja korijena drveća koji se lateralno širi, što doprinosi smanjenju potpovršinske konkurencije za vodom i hranom za međuredne kulture, a na ovaj način se produžava profitabilnost uzgajanih ratarskih i krmnih biljaka. Kontrola korova u prvim godinama je veoma važna kako bi se smanjila konkurencija, a plastična folija se često koristi kako bi se smanjio pritisak korova na tek zasađene šumske sadnice.

Značaj i uloga priobalnih vodozaštitnih pojaseva (obalnih šumskih pufera)

Još jedna uobičajena praksa u agrošumarstvu su priobalni vodozaštitni pojasevi ili obalni šumski puferi, čemu je u ovom istraživanju dat veliki značaj. Ova praksa se primjenjuje u svijetu gdje god je to moguće. Obalne šume su prirodne ili zasađene u blizini vodenih tijela. One se osmišljavaju kao kombinacija drveća, grmlja i trava i trebaju zaštititi vodne resurse od difuznog zagađenja. Obalne puferne trake su tipično primijenjeni sistemi na mjestima sa plodnim tlima, što je vezano uz njihovu poziciju u prostoru. Ovakvi šumski

puferi (pojasevi) se koriste kako bi zaštitili vodotoke i oblikovali okolni pejzaž polja. Obalni šumski zaštitni pojasevi mogu varirati u veličini, obliku, mješavini vegetacije i ciljevima upravljanja. Međutim, razvojem stabala i pratećih biljnih zajednica, ovi sistemi omogućavaju efikasnu dugoročnu zaštitu priobalnih područja vodotoka (Smith, 2010).

Veliki dio gubitka kvalitetne vode rezultat je onečišćenja od difuznih izvora naročito iz poljoprivrede. Praksa je da se poljoprivredna proizvodnja i ispaša stoke dešava uz rubove potoka, jezera, bara i močvara. Rezultat je gubitak vodenih staništa, visok nivo sedimenata u vodotocima i hemijsko onečišćenje (eutrofikacija) koji utiču na promjenu kvalitete vode. Priobalni puferski sistemi šuma pokazali su se kao uspješan način poboljšanja kvaliteta vode. Priobalni vodozaštitni pojasevi opisani su kao jedna od najučinkovitijih mjera za suočavanje s difuznim izvorima onečišćenja (Palone i Todd, 1997). Prema tome, priobalni vodozaštitni pojasevi doprinose da je voda čista i, općenito, utiču na bolju zaštitu akvatičnih staništa i unapređenje staništa za divljač. U plavnim područjima poseban značaj daje se zaštiti obala vodotoka da se ne obrušavaju. Pored toga, dodatni izvor prihoda je drvo i specijalni šumski proizvodi (ljekovito bilje, gljive i dr.). Šumski obalni pojasevi umnogome ublažavaju posljedice od poplava.

Poljoprivredni sistemi koji uključuju drvenaste kulture mogu pomoći u zaštiti od ekstremnih pojava poput poplava i oluja, jer one osiguravaju povećanu stabilnost zemljišta koje je naklonjeno klizanju. Iako postoje različiti pristupi o stepenu zaštite šuma i drveća od pojave klizanja terena, nepobitna je činjenica da se većina klizišta i pomjeranja zemljišta i riječnih obala javlja na površinama bez drvenastih kultura i da drveće svojim korjenovim sistemom može značajno smanjiti rizik od klizanja terena, prouzrokovanog padavinama u dužem vremenskom periodu. Pored toga što uzrokuje štete u poljoprivredi, klizanje terena odnosi sedimente u vodu, što utiče na kvalitet voda i vodnih sistema, a ugrožava i naselja i infrastrukturu. Uklanjanje drveća ubrzava oticaj te samim tim povećava rizik od poplava u kišnim sezonama i suše u ljetnom periodu. Šume mogu pomoći u ublažavanju jačine poplava i oštećenja od poplava. Iz ovog proizilazi da priobalni vodozaštitni pojasevi osiguravaju značajne koristi: čista voda, zaštita akvatičnih staništa, unapređenje staništa za divljač, zaštita obala vodotoka, izvor prihoda (drvo i specijalni šumski proizvodi), zaštita od poplava i održavanje i unapređenje biodiverziteta staništa. Općenito agrošumarstvo koristi prirodni šumski ekosistem kao model za stvaranje "dinamičnog, ekološki utemeljenog sistema upravljanja prirodnim resursima" (Leakey, 1996).

Koristi od agrošumarstva i funkcije u ekosistemu

Klasifikacija sistema agrošumarstva je njihovo grupisanje prema funkcijama u ekosistemu. S tim u vezi, obično se u fokus stavljaju proizvodne funkcije sistema načina korištenja zemljišta. Međutim, prepoznate su i zaštitne funkcije agrošumarstva, od kojih se izdvajaju četiri primarne, a to su: proizvodne, funkcije staništa, regulacijske i informacijske funkcije (Tabela 2).

Proizvodne funkcije odnose se na stvaranje biomase koja može osigurati hranu, sirovine i energetske resurse za ljudsku upotrebu. Funkcije staništa su povezane sa doprinosima koje prirodni ekosistemi pružaju kada je riječ o očuvanju biološke ili genetske raznolikosti. Regulacijske funkcije odnose se na kapacitet nekog ekosistema da kontroliše esencijalne ekološke procese i sisteme podrške životnim uslovima putem biogeohemijskih ciklusa i drugih procesa u biosferi. S druge strane, kulturološke ili informacijske funkcije su one funkcije koje omogućavaju rekreaciju, razonodu, duhovno obogaćivanje i slične aktivnosti.

Sistemi agrošumarstva mogu se grupisati i prema socio-ekonomskim kriterijima, kao što su nivo proizvodnje ili nivo ulaganja i upravljanja. Tako je npr. moguće razlikovati komercijalne od sistema proizvodnje za vlastite potrebe. Primjer u ovome radu predstavlja kombinaciju proizvodnje za vlastite potrebe i lokalno tržište. Socio-ekonomski uslovi mogu biti veoma povezani i s agroekološkim zonama i ostalim lokalnim prilikama i uslovima. Ovaj sistem je podložan stalnoj nadgradnji i dinamičnosti koje okolnosti zahtijevaju.

Tabela 2. Opće funkcije, proizvodi i usluge agrošumarskih sistema
Table 2. General functions, products and services of agroforestry systems

Funkcije *Functions*	Opis funkcije *Function description*	Primjer proizvoda i usluga *Example of products and services*
Proizvodne funkcije	Stvaranje biomase	Drvenaste kulture: voće, ulje, orašasti plodovi, drvo za preradu, drvo za ogrjev, pluto/furnir i stočna hrana Usjevi: žita i proizvodnja sjemena, jagodičasto voće i povrće, biogorivo i stočna hrana Životinje: meso, mlijeko, pčelarstvo
Funkcije staništa	Osiguranje staništa za zaštitu i održavanje biološkog diverziteta	Diverzitet staništa Diverzitet vrsta Sklonište za životinje

Funkcije *Functions*	Opis funkcije *Function description*	Primjer proizvoda i usluga *Example of products and services*
Regulacijske funkcije	Održavanje esencijalnih ekoloških procesa i sistema podrške životnim uslovima	Zaštita zemljišta i vode Smanjenje ispiranja hranjiva Smanjenje rizika od požara Sekvestracija karbona
Kulturološke funkcije	Prilike za refleksiju i osjećaj prostora, kognitivni razvoj – spoznaju i rekreaciju	Kulturno nasljeđe Proširenje krajolika Rekreacija

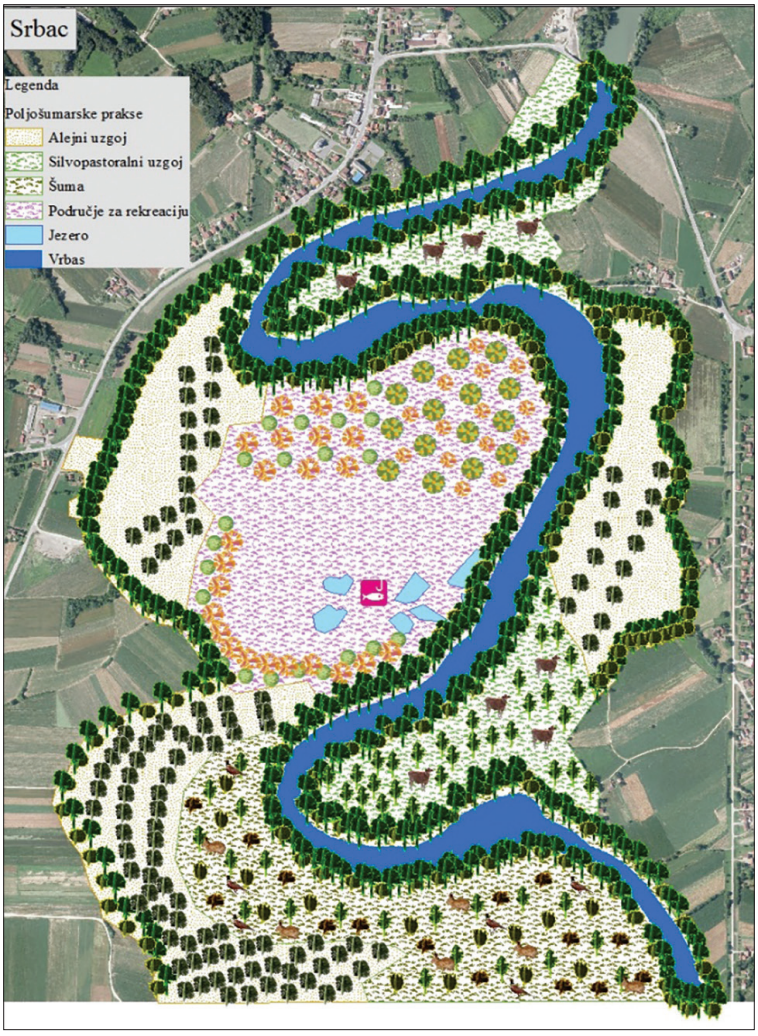
Model planiranja prostora na području donjeg sliva Vrbasa

Karakteristike lokaliteta

Kod izbora lokaliteta obuhvaćen je prostor Razboja – Ljevčanskog (Slika 1), gdje je Vrbas prema ušću u rijeku Savu obrazovao duboke i česte meandre koji u pejzažnom smislu imaju posebnu vrijednost. Analizirani prostor pokriva površinu od 162 ha.

Prostor pripada Pripanonskoj oblasti, gdje realnu vegetaciju čine šume lužnjaka i običnog graba (*Carpino Betuli – Quercetum roboris*) i poplavne šume lužnjaka (*Genisto elatae – Quercetum roboris*), koje se izrazito rijetko nalaze tek na malim površinama, kao izolirane grupe stabala. Na najvlažnijim staništima potencijalnu vegetaciju predstavljaju šume crne johe (*Alnetum glutinosae*) i šume poljskog jasena (*Leucoio-Fraxinetum angustifoliae*). Na recentnim fluvisolima potencijalnu vegetaciju čine šume crne i bijele topole (*Populetum albo-nigrae*). Uvidom u trenutno stanje, poplavne obale su obrasle šumom lošeg kvaliteta, a erodirane, konkavne strane uglavnom su bez vegetacije i maksimalno su iskorištene za poljoprivredu.

Model planiranja prostora je obuhvatio okvirnu podjelu prostora prema namjenama, koje se međusobno preklapaju, a podrazumijevaju: 1) zaštitni pojas šume, 2) alejni uzgoj, 3) silvopastoralni uzgoj, 4) lovišta i 5) područja za rekreaciju.



Slika 1. Primjer mogućeg izgleda potencijalnih agrošumarskih sistema na području Srpca (Čustović, 2017)

Figure 1. An example of possible layout of potential agro-forestry systems in the area of Srbac (Čustović, 2017)

Zaštitni pojas šume

Zaštitni pojas šume uz vodotok podrazumijeva reintrodukciju prirodne vegetacije sliva Vrbasa. S tim u vezi, najvlažniji dijelovi na obalama koji su pod stalnim uticajem vode odgovaraju šumama joha (*Alnus glutinosa*) i topola (*Populus nigra*, *Populus alba*). Pored ovih vrsta jednako se može koristiti poljski jasen (*Fraxinus angustifolia*) i bijela vrba (*Salix alba*). Poplavne

strane su pogodne za reintrodukciju hrasta lužnjaka. U zonama koje su periodično plavljene, na dijelovima koje je potrebno konzervirati sa stanovišta erozije, koriste se spomenuti slojevi drveća u kombinaciji sa grmljem među kojima su brojne dekorativne i ljekovite vrste. Debljina pojasa je planirana u skladu sa podacima o analizi taložnih i erozionih obala i linije poplavnih voda, u ovom slučaju do 30 m širine. Nakon spomenutih vrsta drveća na poplavnim stranama bi se mogao reintroducirati hrast lužnjak autohtonih provenijencija. Pokrovnost sklopa u šumi joha i topola iznosila bi 100%, a identifikacija intenziteta otvorenosti sklopa u sastojinama lužnjaka zavisila bi od odabira sistema gazdovanja za proizvodnju visoko kvalitetnog drveta. Najpogodnije vrste grmlja su žutilovka (*Geniste elata*), glog (*Crataegus monogyna*, *Crataegus oxyacantha*), kurika (*Euonymus europea*), svib (*Cornus sanguinea*) i trušljika (*Rhamnus frangula*). Pokrovnost sklopa u ovoj šumi iznosi 100%, a sloja grmlja oko 50%. Postojeće komunikacije u ovom pojasu mogu poslužiti kao potencijalne staze za sportske i rekreacijske sadržaje. Šume nizijskih područja mogu predstavljati ekonomski vrijedne sastojine sa svestranom primjenom. U njima je gospodarenje organizovano u kraćim ophodnjama jer su topole brzorastuće vrste i u kraćem vremenskom periodu produciraju veću drvnu masu.

Alejni uzgoj

Za alejni uzgoj pogoduju vrste drveća koje se mogu iskoristiti za proizvodnju visoko kvalitetnog drveta, drveta za ogrjev ili drvenaste vrste koje se mogu koristiti za proizvodnju voća. Aluvijalne terase imaju potencijal za plantažni uzgoj autohtonih selekcionisanih formi topola. Plantaže mogu biti sađene u užim ili širim trakama i ujedno biti korištene kao celulozno drvo. Između traka sa topolama planirana je organizacija poljoprivrede. Alejni uzgoj sa jednorednim ili dvorednim trakama drveća omogućava umanjenje sunčeve radijacije i korištenje drveta za proizvodnju biomase u komercijalnu svrhu. Pogodne vrste drveća su poljski jasen (*Fraxinus angustifolia*) i obični grab (*Carpinus betulus*) na pozicijama sa manjom vlažnošću. Uz adekvatne silvikulturne mjere lužnjak (*Quercus robur*), također, može biti korišten za proizvodnju visoko kvalitetnog drveta. Na višim pozicijama gdje nema stalnog uticaja podzemne vode postoji potencijal za alejni uzgoj trešnjinog drveta (*Prunus avium*) i oraha (*Juglans regia*). Međuredna sjetva se organizuje u skladu sa željama proizvođača i tradicijom proizvodnje, s tim da to uglavnom trebaju biti jari usjevi (žitarice) i krmne kulture.

Silvopastoralni uzgoj

Uzgoj stoke je moguće planirati zajedno sa reintrodukcijom prirodne vegetacije lužnjakovih šuma (*Genisto elatae – Quercetum roboris*) i dalje od permanentne zone plavljenja, šuma lužnjaka i običnog graba (*Carpino Betuli – Quercetum roboris*). Sistem gospodarenja se planira u skladu sa potrebama uzgoja stoke. Takvi sistemi podrazumijevaju gustoću šumskog sklopa koja ne prelazi 50%. Dovoljna osvijetljenost omogućava razvoj prirodne travne vegetacije za ispašu stoke. Ipak, preporučuje se unapređenje travne vegetacije sa stanovišta korištenja kao pašnjaka dosijavanjem kompatibilnih djetelinsko-travnih smješa sa prirodnim i pogodnih za zasjenčena područja.

Šuma sa uzgojem divljači – lovišta

Poljska jarebica, sivi soko, srndać naseljavaju staništa nizijskih šuma. Pored ovih vrsta, koje je u ovisnosti od njihovog realnog stanja potrebno reintroducirati, određene vrste koje su atraktivne za lovno gospodarstvo, kao što je fazan, potrebno je također introducirati. Realna vegetacija koju čine ostaci poplavnih šuma lužnjaka i običnog graba predstavlja prirodno stanište ovih vrsta divljači.

Područje za rekreaciju

Područje za rekreaciju može obuhvatiti cijeli prostor. Rekreativni sadržaji predstavljaju uređene šetnice, staze za trčanje i biciklizam, ribolov. Promjene vizura kao što su polja, pašnjaci, ade i meandri Vrbasa, šumski pojasevi čine prostor atraktivnim za posjetioce. Pored šumske vegetacije u prostor je povoljno unositi voćne vrste kao što su trešnja, kruška, orah, lijeska, jabuka i druge vrste koje su hrana za divljač i privlače ptice.

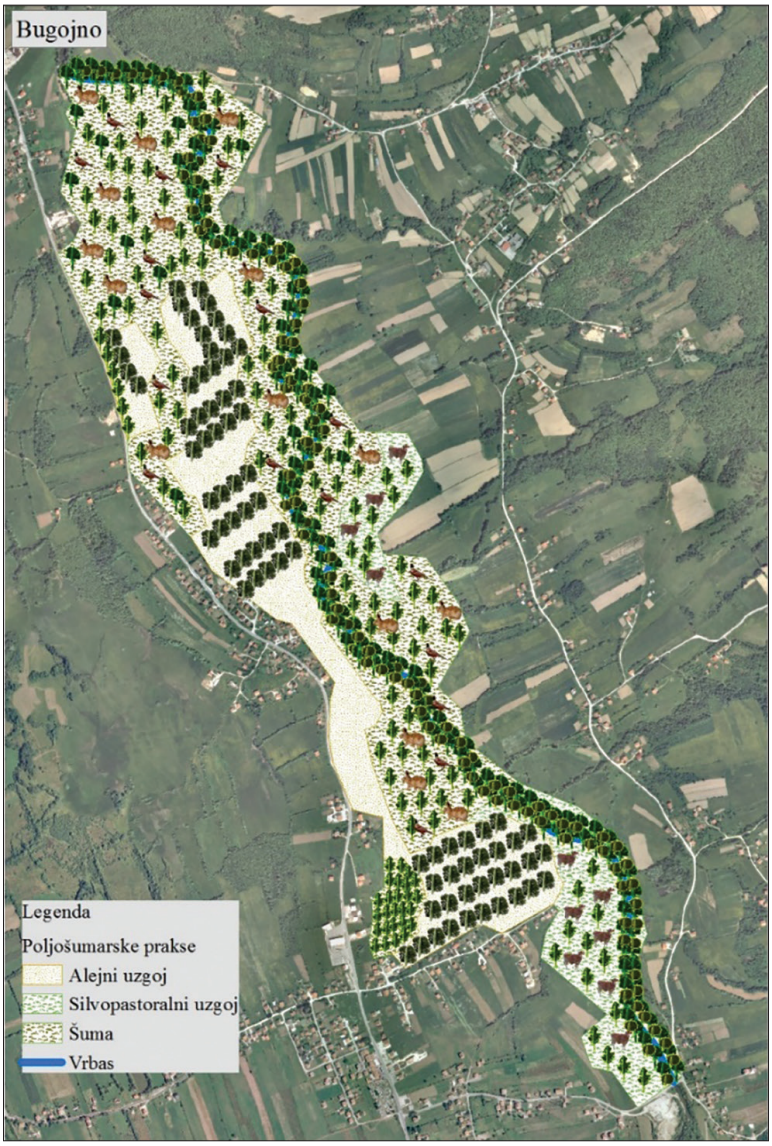
Model planiranja prostora na području gornjeg sliva Vrbasa

Analizirani prostor pokriva površinu od 212 ha. Najveći dio područja agrošumarske farme u Bugojnu pripada Vraničkoj regiji (Slika 2) pretežno brdsko-planinskog reljefa. To je prostor srednjebosanskog škriljogorja gdje preovladavaju kristalasti škriljci, rijetko eruptivne stijene, pijesci i krečnjaci.

Najniži položaji koji su pod stalnim uticajem vode odgovaraju šumama crne johe (*Alnus glutinosa*) i topola (*Populus nigra*, *Populus alba*). Ostali dio zaravni je pojas šuma lužnjaka i običnog graba (*Carpino Betuli – Quercetum roboris*). Najveći dio ovog područja, ipak, odgovara pojasu šuma kitnjaka i

običnog graba, a na povoljnijim položajima šuma bukve. Ovaj pojas predstavlja pretežno degradirane izdanačke šume.

Model planiranja prostora obuhvatio je okvirnu podjelu prostora prema namjenama, koje se međusobno preklapaju, a podrazumijevaju: 1) zaštitni pojas šume, 2) alejni uzgoj, 3) silvopastoralni uzgoj i 4) lovišta.



Slika 2. Primjer mogućeg izgleda potencijalnih agrošumarskih sistema na području Bugojna (Čustović, 2017)

Figure 2. An example of possible layout of potential agro-forestry systems in the area of Bugojna (Čustović, 2017)

Zaštitni pojas šume

Zaštitni pojasevi za bioregulaciju vodotoka i konzervaciju obala rijeke planiraju se sa vrstama prirodne vegetacije u skladu sa realnom vegetacijom na terenu. S obzirom na karakteristike terena i priobalja Vrbasa, na ovom lokalitetu preporučuje se širina pojasa do 15 m. Površine koje se nalaze pod stalnom stagnacijom vode su odgovarajuća staništa crne johe i topole (*Populetum nigro-albe*), kao i šume poljskog jasena i šume vrba gorskih pojasa, šume sive vrbe (*Salicetum incanae*) te šume bijele i krhke vrbe (*Salicetum albae-fragilis*). U sloju grmlja moguće je obnavljanje vrsta krkavina (*Rhamnus frangula*), svib (*Cornus sanguinea*), glog (*Crataegus monogyna*), hudika (*Viburnum opulus*), malina (*Rubus caesius*), crni glog (*Crataegus nigra*), žutilovka (*Genista tinctoria*). Pokrovnost sklopa u ovoj šumi iznosi 100%, a sloja grmlja oko 50%. Zaštitni pojas je ujedno i stanište ptica i zaklon za divljač.

Alejni uzgoj

Na svim dijelovima iznad aluvijalnih terasa u pojasu šuma hrasta kitnjaka i običnog graba (*Querco-carpinetum illyricum*), poljoprivredna proizvodnja je planirana između redova drveća. Potencijalnu vegetaciju čine vlažniji tipovi šuma hrasta kitnjaka i običnog graba (*Querceto-carpinetum caricetosum pilosae*). Pored hrasta kitnjaka i običnog graba, vrste koje se mogu uzgajati su javor (*Acer campestre*, *Acer tataricum*), lipa (*Tilia platyphyllosi*) i trešnja (*Prunus avium*). Trešnja uz adekvatne silvikulturne mjere predstavlja potencijal sa stanovišta uzgoja visoko kvalitetnog drveta. Međuredna sjetva se organizuje u skladu sa željama proizvođača i tradicijom proizvodnje, s tim da to uglavnom trebaju biti jari usjevi (žitarice) i krmne kulture.

Silvopastoralni uzgoj

Korištenje prostora za ispašu stoke uz uzgoj drveta moguć je s izrazitim heliofitama. Fokus korištenja zemljišta pomaknut je na multifunkcionalnost korištenja zemljišta. Ovaj povećani fokus na prirodu i očuvanje krajolika stvara nove prilike za stvaranje prihoda iz ovih sistema (Palma et al., 2007; Castro, 2009).

U dijelovima sa realnom vegetacijom koju pretežno čine degradirane šume hrasta kitnjaka i običnog graba (*Querco-carpinetum illyricum*) moguće je vršiti konverziju sa bijelim borom (*Pinus sylvestris*). Ove rijetke šume pogoduju razvoju prizemne vegetacije i obrazovanju pašnjaka, a šumska

vegetacija ima potencijal za korištenje drveta za različite svrhe. Ovakvi sistemi omogućavaju prostore za sakupljanje ljekovitog bilja i gljiva.

Preporučuje se unapređenje travne vegetacije sa stanovišta korištenja kao pašnjaka. Planirano je dosijavanjem kompatibilnih djetelinsko-travnih smješa sa prirodnim i pogodnih za zasjenčena područja. Vrste prizemne flore koja prati ova staništa su vrijesak (*Calluna vulgaris*), orlovska bujad (*Pteridium aquilinum*), velika žutilovka (*Geniste tinctoria*), obična rosulja (*Agrostis vulgaris*), borovnica (*Juniperus communis*) itd.

Peradarstvo se također može uspješno uklopiti u sisteme agrošumarstva (Slika 3).



Slika 3. Peradarstvo u agrošumarstvu
Figure 3. Poultry farming in agroforestry

Šuma sa uzgojem divljači – lovišta

Cjelokupan šumski prostor u kojem se tradicionalno lovi i koji se uzgaja u različitim šumskim asocijacijama (*Querco-carpinetum illyricum*, *Quercetum montanum*, *Fagetum montanum*) predstavlja stanište za divljač. S tim u vezi planirana je introdukcija voćnih kultura lokalnih sorti (jabuka, kruška) u šumama, izgradnja zaštićenih koridora prema riječnom koritu i travnatih prodora staza.

Zaključci

Budućnost agrošumarstva u našim uslovima zavisi od tri ključna faktora, i to: i) istraživanja, širenja informacija i razumijevanja ovakvog pristupa, ii) politike razvoja agrošumarstva, iii) zaštite i očuvanja ruralnog prostora. Radi se o višestrukoj koristi koja integriše drvenaste i poljoprivredne kulture, na način

da sistem treba demonstrirati povećanje potencijala poljoprivrede i šumarstva ili uzgoja drvenastih kultura, voćaka i sl., s jedne strane, i doprinijeti zaštiti životne sredine sa stanovišta regulacije kvaliteta tla, vode i zraka te očuvanja kulturnog naslijeđa, s druge strane. Ovaj potencijal u našim uslovima ni izbliza nije prepoznat ni iskorišten. Osim toga, ovakav sistem farmi u direktnoj je koordinaciji sa mjerama adaptacija na klimatske promjene, što postaje sve važnije pitanje.

Za širu popularizaciju agrošumarstva potrebne su mjere adaptacije sa stanovišta ekonomske održivosti i prikaza praktične sposobnosti načina upravljanja farmom i zemljištem u okviru farme i šire. Širenje ove ideje između poljoprivrednika i onih koji odlučuju o razvojnim principima esencijalno je za budućnost razvoja agrošumarstva kao sistema proizvodnje i načina života na farmi. Važno je znati da agrošumarstvo mora ući u sistem podsticaja kao važan segment razvoja ruralnog područja i njegove održivosti.

U razvijenim zemljama visoka cijena fizičke radne snage potrebna za ovakvu multifunkcionalnu farmu predstavlja problem, dok to u našim uslovima ne mora da bude slučaj, posebno u suburbanim područjima oko gradova i uz vodotoke. Problem nedostatka fizičke radne snage u razvijenim industrijskim zemljama sjeverne Evrope nadoknađuje se primjenom agrohemikalija i intenzivne mehanizovane agrotehnike koja zamjenjuje fizičku radnu snagu. Zbog toga je u ovim zemljama agrošumarstvo samo korak od konvencionalne intenzivne monokulturne proizvodnje.

Međutim, cilj je da se od ovoga sistema proizvodnje ostvaruje korist na više načina, od integrisanja uzgoja drveća sa poljoprivrednom proizvodnjom i stočarstvom, preko korištenja punog potencijala agrošumarstva kao proizvodnje sa minimalnim inputom, do sagledavanja pristupa u očuvanju biodiverziteta te održive proizvodnje i podrške ekoagrosistemu. Osim toga, agrošumarstvo se može inkorporirati u organski i agroekološki princip proizvodnje kako bi se iskoristile sve prednosti ovakvog sistema korištenja zemljišta.

Literatura

Bottner, P., Couteaux, M. M., Vallejo, V. R. (1995): Soil organic matter in Mediterranean-type ecosystems and global climate changes: a case study – the soils of the Mediterranean Basin, u: Moreno, J. M., Oechel, W. C. (ur.) Global change and Mediterranean-type ecosystems, Springer New York, 306-325.

Castro, M. (2009): Silvopastoral systems in Portugal – current status and future prospects, u: Agroforestry in Europe: Current Status and Future Prospects, Springer Dordrecht, 111-126.

Čustović, H. (2017): Sliv rijeke Vrbas, Studija, UNDP Sarajevo.
Deshmukh, R. et al. (2020): Impact of Agroforestry on Floods and Soil Erosion: A Case Study in Bangladesh, International Journal of Environmental Research and Public Health, 17 (5), 1638.
Hall, D. O. (1997): Biomass energy in industrialised countries – a view of the future, Forest Ecology and Management, 91 (1), 17-45. doi.org/10.1016/S0378-1127(96)03883-2.
Lal, R. (2008): Soil carbon stocks under present and future climate with specific reference to European ecoregions, Nutr. Cycl. Agroecosyst, 81, 113-127.
Leakey, R. R. B. (1996): Definition of agroforestry revisited. Agroforestry Today (ICRAF), 8 (1), 5-7.
Malhi, Y., Roberts, J. T., Betts, R. A., Killeen, T. J., Li, W., Nobre, C. A. (2008): Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon, Science, 319, 169-172.
Nair, P. K. R., Gordon, A. M., Mosquera-Losada, M.-R. (2008): Agro-forestry, u: Jorgensen, S. E., Fath, B. D. (ur.) Ecological Engineering. Encyclopedia of Ecology, Elsevier Science, 101-110.
Nair, P. K. R., Kumar, B. M., Nair, V. D. (2009): Agroforestry as a strategy for carbon sequestration, J. Plant Nutr. Soil Sci., 172, 10-23.
Palma, J. H. N., Graves, A. R., Bunce, R. G. H., Burgess, P. J., Filippi, R., Keesman, K. J., van Keulen, H., Liagre, F., Mayus, M., Moreno, G., Reisner, Y., Herzog, H. (2007): Modelling environmental benefits of silvoarable agroforestry in Europe, Agric. Ecosyst. Environ, 119 (3–4), 320-334.
Palone, R. S., Todd, A. H. (ur.) (1997): Chesapeake Bay riparian handbook: a guide for establishing and maintaining riparian forest buffers, USDA Forest Service, NA-TP-02-97.
Rashid, M. et al. (2019): Effect of Tree Plantation on Soil Erosion Control and Soil Quality Improvement in Eroded Lands of Bangladesh, International Journal of Agriculture and Biology, 21 (4), 786-792.
Regenfarmer (2023): Integrating Agroforestry as a measure for improved flood mitigation, reduced nutrient pollution and erosion prevention in landscape projects. https://regenfarmer.com/agroforestry-as-a-regional-flood-management-and-nutrient-leeching-mitigation-measure/.
Sarker, M. R. I. et al. (2019): Evaluating the Socioeconomic Impact of Agroforestry: A Case Study in Bangladesh, Sustainability, 11 (7).
Smith, Jo. (2010): Agroforestry: Reconciling Productivity with Protection of the Environment, The Organic Research Centre, Elm Farm.
UN (1992): United Nations Framework Convention On Climate Change. FCCC/INFORMAL/84, GE.05-62220 (E) 200705. https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf.
Wessel, M., Freerk Wiersum, K. (2006): Agroforestry, u: Encyclopedia of Environmental Science (ur. Alexander, D. E., Fairbridge, Rh. W.), Springer Dordrecht, 12-13.

Agroforestry as an efficient way of using soil in the function of reducing the process of its degradation caused by intensive cultivation and climate changes

Summary: The development of agroforestry for most countries has been slowed down due to a limited definition of the term, rather than being recognized as a system of diverse practices. The widespread use of agroforestry can play a significant role in the transition to sustainable environmental practices in the long term. In the European Union (EU), agroforestry is recognized as an important agricultural system, with the notion that it still remains underdeveloped due to the unresolved status of incentives. However, as European Agroforestry Federation (EURAF) points out, there are about 20 million hectares of agroforestry land in the EU, and almost 90% are forest-pasture systems. Research from 2017 shows that at that time there were about 15.4 million hectares in the EU and this trend, according to data from 2020 continued.

The agroforestry system was projected and investigated in the area of the Vrbas River basin, in its upper (Bugojno) and lower (Srbac) basin, within the framework of the UNDP project. In this paper, the focus is on the role that agroforestry could play in flood protection, but also in adapting to climate change in general.

In the upper and middle basins, silvopastoral farming is recommended, in extended valleys alley cropping and erosion protection on isohypses. In the lower basin area, protective coastal zones are very important from the point of view of coastal erosion and the buffering capacity of vegetation in terms of water purification, which are followed by alley cropping, then recreation zone, technical forest or a combination of forest-agricultural crops (diversification). These approaches should be developed exclusively at the local level with farmers, which is emphasized in this paper.

DOI: 10.5644/PI2024.211.11
Originalni naučni članak

Organski ugljik tla u šumama bukve i jele sa smrčom dinarskih kraških planina – ocjena zalihe i stabilnosti

Emira Hukić
Univerzitet u Sarajevu, Šumarski fakultet
E-mail: e.hukic@sfsa.unsa.ba

Matjaž Čater, Aleksander Marinšek, Mitja Ferlan, Daniel Žlindra, Primož Simončič
Gozdarski inštitut Slovenije, Ljubljana

Milan Kobal
Univerza v Ljubljani – Biotehniška fakulteta, Ljubljana

Hamid Čustović
Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine

Apstrakt: Procesi klimatskih promjena stimulisali su brojna istraživanja usmjerena na potencijal tla da djeluje kao skladište ugljika. Dok su zalihe organskog ugljika u tlu (Corg) u vezi s tipom tla, topografijom i vrstama drveća opsežno dokumentovani drugdje, primjećuje se značajan nedostatak podataka o tlima u šumama dinarskih kraških planina. Dinarska regija se karakteriše prisustvom mješovitih raznodobnih šuma bukve i jele (sa smrčom) kojima se upravlja preborним sistemom, smatranim održivim i pogodnim za očuvanje zaliha Corg tla. U ovom istraživanju, provedenom na četiri uporedive lokacije kraških planinskih šuma (Bjelašnica, Bosna i Hercegovina; Kočevski Rog, Snežnik i Trnovski gozd, Slovenija) istraživano je kako zaliha Corg i odnos C/N variraju u odnosu na uslove staništa, vegetacije i reljefne pozicije. Glavni rezultati obuhvataju podatke o zalihama Corg, procijenjene na temelju izmjerenih koncentracija Corg, izračunatih gustina, grubih fragmenata i efektivnih dubina organskog (Ol, Of, Oh) i mineralnog tla do 60 cm dubine. Istraživanje je otkrilo značajno variranje vrijednosti Corg i C/N u odnosu na stanište i vegetaciju, naročito u organskim horizontima i površinskom mineralnom sloju. Osim toga, istraživanje je pružilo uvid u stabilnost organske materije na temelju odnosa C/N u tlu. Rezultati daju vrijedne informacije o dinamici Corg u tlima dinarskih kraških planina, značaju očuvanja sitnog organskog otpada u šumi i bitne su za održive prakse upravljanja šumama u smislu ublažavanja uticaja klimatskih promjena.

Ključne riječi: preborni sistem gospodarenja, mineralno tlo, šumska prostirka, zalihe organskog C, intenzitet sječe šume

Uvod

U jeku interesovanja o uticaju klimatskih promjena na stabilnost šumskih ekosistema proizašla su brojna istraživanja o stanju zalihe i stabilnosti organskog ugljika tla. Organski ugljik, kao komponenta organske materije tla, skladišti se u tlu umanjujući efekte globalnih klimatskih promjena i pozitivno korelira s koncentracijom nutrijenata i polutanata osiguravajući stabilnost biosfere i sigurnost izvora pitke vode. Drugim riječima, organski ugljik tla je jedan od pokazatelja stabilnosti šumskih ekosistema te se zbog toga uvrštava u parametre praćenja (Evropska Komisija, 2012).

Gledano planetarno, zaliha ugljika u tlu (3500–4800 Pg C) veća je od zalihe u atmosferi (829 Pg C) i vegetaciji (420–620 Pg C) zajedno (Ciais et al., 2014). Procjenjuje se da šumska tla (do 1 m dubine) skladište 383±30 Pg C ili 44% u odnosu na ukupnu zalihu (861±66 Pg C) (Pan et al., 2011). Zaliha ugljika u šumama umjerene klimatske regije procjenjuje se da iznosi oko 159 Pg C, od čega je čak 100 Pg C ili 63% sadržano u tlu, a preostalih 59 Pg C ili 37% u vegetaciji (IPCC, 2002). Usprkos značaju šumskog zemljišta kao skladišta ugljika, i dalje postoji nedovoljna sigurnost u tačnost procjena zaliha organskog C tla.

Zaliha i stabilnost organskog ugljika tla zavise od brojnih faktora, a među najvažnijim su uslovi koji su potrebni za razgradnju organske materije i pristupačnost organske materije organizmima razlagačima. Jedan od novijih koncepata objašnjava da je organska materija tla jedan kontinuum organskih komponenti u različitim fazama raspadanja, koje alteriraju u svom energetskom statusu (Lehmann i Kleber, 2015). Prema tome, proučavanje organske materije je otežano zbog kompleksnosti ove komponente, koja nema univerzalnu definiciju niti je dovoljno poznata njena fizičko-hemijska struktura.

Bez obzira na definiciju, stav koji se može čuti prilikom naučnih izlaganja o organskoj materiji tla je da je "više bolje" (Kögel-Knabner, 2017). Odnosno, smatra se da u tlu treba biti što više organske materije ili organskog ugljika. Količina organskog ugljika šumskog tla najviše ovisi o količini i kvalitetu izvornog organskog otpada ili listinca. U prirodnim zajednicama kakve su šume bukve i jele (sa smrčom) na krečnjaku i dolomitu, razlike uslovljene vegetacijom vezane su uz omjer smjese drveća ili dominaciju određene vrste drveća. Vrlo često dominantan faktor jeste geomorfološka forma, pozicija i dužina vremena razvoja tla. Određene pedosekvence imaju razvijeniji pedološki profil usljed ranije započete pedogeneze. Druga tla pak imaju kraću evoluciju ili nepovoljnije uslove za bržu pedogenezu. Podaci o zalihama

organskog ugljika tla u dinarskoj kraškoj regiji su dosta rijetki, što je povezano s izraženom varijabilnošću ovog svojstva te zahtjevnim terenskim i laboratorijskim mjerenjima.

Pored prirodnih stanišnih faktora, varijabilnost zalihe organskog C (Corg), kao i stabilnost organskog ugljika, ocijenjenog na temelju odnosa C i N (odnos C/N), određuje i sistem gospodarenja te primijenjene uzgojno-tehničke mjere. U šumama bukve i jele sa smrčom u dinarskoj kraškoj regiji primjenjuje se grupimično preborni sistem gospodarenja. Općepoznato je da ovakav sistem gospodarenja, koji oponaša prirodne poremećaje u šumama, ne utiče na gubitke organskog ugljika, odnosno u određenim slučajevima čak stimuliše povećanje njegove zalihe, što pokazuju pojedine studije iz ove regije (Hukić et al., 2021).

Osobine krečnjaka i dolomita u smislu trošenja, reljefna pozicija, nadmorska visina, kamenitost i vegetacija su faktori koji se reflektuju na zalihu Corg tla. S tim u vezi, cilj ovog rada je da se na temelju podataka prikupljenih u toku ranijih studija (Hukić, 2018, Man For C. BD, 2010) istraži variranje zalihe Corg i odnosa C/N u tlu u kontekstu razlika u faktorima staništa, vegetacije i reljefne pozicije.

Područje istraživanja i metode

Područje istraživanja zalihe i stabilnosti organskog ugljika tla smješteno je u šumama bukve i jele dinarskih kraških planina u Bosni i Hercegovini (BiH) i Sloveniji (SL), počevši od najjužnijeg mjesta na planini Bjelašnica – B (1420 m n. v.), preko Kočevskog Roga – K (871 m n. v.), Snežnika – S (870 m n. v.) do Trnovskog gozda – T (814 m n. v.) (Tabela 1). Četiri odabrana lokaliteta karakterišu slični ekološki faktori. Dominantne vrste drveća su bukva (*Fagus sylvatica* L.), jela (*Abies alba* Mill.) i smrča (*Picea abies* (L.) H. Karst), u zajednici koje se imenuju kao *Abieti-Fagetum Dianricum* ili u Sloveniji *Omphalodo-Fagetum*. Sva su mjesta imala sličnu strukturu šume, što je povezano s primijenjenim održivim prebornim sistemom gospodarenja šumom. Pokrivenost površine zemljišta krošnjama od 95%, kao nužna za prirodnu obnovu, tipična je karakteristika ovih šuma. Zaliha na odabranom području je iznosila između 270 i 442 m^3 ha^{-1}, a prirast između 6,2 i 9,4 m^3 ha^{-1} god^{-1} (Šumskogospodarska osnova, 2004, De Cinti et al., 2016). Srednje godišnje temperature variraju između lokaliteta od 7,6 do 11,3°C, a srednje godišnje padavine između 1192 i 1619 mm za razdoblje od 1985. do 2015. godine (BiH: Federalni hidrometeorološki zavod, 2018). Geološka podloga je bila

dominantno izgrađena od krečnjaka asociranih s dolomitima na kojima se pojavljuje tipični kompleks kalkomelanosola, rendzine, kalkokambisola, luvisola, deluvijalnog i ispranog deluvijalnog tla vrtača i uvala. Tla ovih područja pretežno su plitka do umjereno duboka, stjenovita, bogata organskom materijom i glinovita (Ćirić, 1966). Intenzitet grupimično prebornih sječa svojstven odabranom području određuje otvorenost šumskog sklopa, koji uglavnom ne prelazi 5% (stepen zastrtosti krošnjama zemljišta 95%), što je glavni indirektni faktor promjena ekoloških uslova unutar šume.

Tabela 1. Karakteristike odabranih lokaliteta šuma bukve i jele sa smrčom dinarskog krša
Table 1. Characteristics of selected beech and fir (with spruce) forests in the Dinaric karst

Lokalitet/stanište	B	K	S	T
Širina (°N)	43.738	45.668	45.672	45.989
Dužina (°E)	18.254	15.033	14.46	13.759
Nadmorska visina (m)	1420	871	870	814
Temperatura (°C)	7,6	9,0	8,4	11,3
Padavine (mm)	1192	1465	1573	1619
Zaliha ($m^3\ ha^{-1}$)	270[1]	352[2]	442[2]	292[2]
Prirast ($m^3\ ha^{-1}\ god^{-1}$)	6,21	9,42	8,32	6,22
Stjenovitost (%)	19 ± 10	38 ± 13	31 ± 18	17 ± 11
$pHCaCl_2$ vrijednost tla	5,2 ± 0,8	5,3 ± 0,6	5,3 ± 0,7	4,6 ± 0,4

Bosna i Hercegovina (BiH), Bjelašnica – B; Slovenija (SL) Kočevski Rog – K; Snežnik – S; Trnovski gozd – T; Temperatura = prosječna godišnja temperatura; Padavine = prosječne godišnje sume padavina (Federalni hidrometeorološki zavod, 2018). Površinska stjenovitost i $pHCaCl_2$ vrijednost tla određeni su u toku terenskih istraživanja.
[1] Šumskogospodarska osnova, 2004; [2] De Cinti et al., 2016.

Eksperimentalni dizajn terenskog istraživanja

Eksperimentalni dizajn je postavljen na način da se odredi varijabilnost Corg ($kg\ m^{-2}$) i odnosa C/N u kontekstu odabranih faktora. Prosječne vrijednosti zalihe Corg tla i odnosa C/N upoređene su između četiri staništa: Bjelašnica – B, Kočevski Rog – K, Snežnik – S, Trnovski gozd – T, četiri kategorije vegetacije: bukva – BU, jela – JE, smrča – SM i mješovita sastojina – MIX te četiri reljefne pozicije određene stranom svijeta padine (jug – J, sjever – S, istok – I i zapad – Z). Dimenzije eksperimentalnih ploha u BiH (B: 2 plohe) i SL (K, S, T: 9 ploha) iznosile su ~0,5 ha. Broj mjesta na plohama B, K, S i T s kojih su uzeti kompozitni uzorci (3 uzorka) iznosio je šest i četiri. Međusobna udaljenost između mjesta uzorkovanja iznosila je minimalno 10 m.

Uzorkovanje tla za analizu sadržaja Corg i ukupnog N obavljeno je na način da su odvojeno uzeti volumni uzorci organskih (Ol, Of, Oh) i na fiksnim dubinama mineralnih slojeva (M10: 0 –10 cm, M20: 10–20 cm, M40: 20–40 cm i M60: 40–60 cm). Ova dubina uzorkovanja usklađena je s informacijom da prosječna dubina tla rijetko iznosi više od 50 cm (Ćirić, 1966). Slojevi Ol, Of, Oh i mineralno tlo su uzimani odvojeno. Svaki odvojeni organski sloj je iskopan u okviru dimenzija 25 × 25 cm; svaki mineralni sloj tla određene dubine uziman je uz pomoć sonde od nehrđajućeg čelika (promjer = 6,7 cm). Za organski sloj je određena debljina.

Broj pozicija uzimanja kompozitnih uzoraka na dvije plohe u BiH je iznosio 12, a u SL 36. Broj uzoraka po staništu (B, K, S, T), tipu vegetacije (BU, JE, SM, MIX) i poziciji (J, S, I, Z) iznosio je: 12(Ol), 12(Of), 12(Oh), 10(M10), 7(M20), 7(M40), 7(M60). Ukupan broj uzoraka po organskom sloju iznosio je 48(Ol, Of, Oh), a po mineralnom 40(M10), 28(M20), 21(M40) i 18(M60).

Laboratorijske analize

Organski i mineralni uzorci tla odmah su sušeni na zraku, zatim su izvagani i samljeveni nakon uklanjanja i mjerenja kamenja i korijenja u uzorku. Koncentracije organskog C i ukupnog N tla određene su suhim spaljivanjem korištenjem CNS analizatora (Elemental Analyser LECO CNS 2000, St. Joseph, MI, SAD). Procijenjen je volumen kamenja u tlu. Određena je zapreminska gustina (ZG) za mineralno tlo (g cm^{-3}) i masa po jedinici površine suhe organske materije (kg m^{-2}). Vrijednost pH je određena u 0,01 *M* rastvoru $CaCl_2$. U uzorcima s pH($CaCl_2$) određen je sadržaj $CaCO_3$ radi korekcije koncentracije organskog ugljika (Corg). Odnos C prema N je izračunat kao količnik koncentracija. Masa po jedinici površine (kg m^{-2}) organskog C je izračunata za slojeve Ol, Of i Oh po Formuli 1, a na osnovu zapreminske gustine, dubine i stjenovitosti izračunata je zaliha Corg (kg m^{-2}) za mineralne slojeve po Formuli 2.

Formula 1
Ol/Of/Oh-sloj:
Corg-zalihaOl/Of/Oh = Corg × masa tla / 100 (Formula 1).
Corg-zalihaOl/Of/Oh = zaliha Corg u slojevima Ol/Of/Oh (kg m^{-2}).
Corg = koncentracija organskog ugljika u organskom sloju (%).
Masa = suha masa organskog sloja (kg m^{-2}).

Formula 2
M10, M20, M40 i M60-sloj:
Corg-zaliha M = Corg × ZG × d × KFst*10 (Formula 2).
Corg-zaliha M = zaliha organskog ugljika u mineralnom tlu (kg m^2).
d = debljina sloja/horizonta (m).
Corg = koncentracija organskog ugljika u mineralnom tlu (%).
ZG = zapreminska gustina (g cm^{-3}).
KFst = korekcijski faktor za stjenovitost na plohi, 100 − (% stjenovitosti)/100.
10 – broj kojim se množi da se vrijednost izrazi u kg m^{-2}
Stjenovitost je iznosila u prosjeku 22% (B), 50% (K), 55%, 30% i 20% (S), 25% i 10% (T).

Statističke metode

Izračunati su deskriptivno-statistički parametri za Corg, ukupni N, ZG, pH($CaCl_2$), zalihu Corg i odnos C/N u tlu. Primijenjene su metode univarijantne statistike, ANOVA test ($p \leq 0{,}05$). Prije izvođenja univarijantne statističke analize, proveden je Shapiro-Wilkov test kako bi se provjerila normalnost distribucije uzoraka. Jednakost varijansi određena je korištenjem Leveneovog testa. Varijable koje nisu slijedile normalnu distribuciju transformisane su logaritmiranjem. Sve analize su provedene upotrebom R Studio programa (R Studio Team, 2020).

Rezultati i diskusija

Svojstva tla

Prosječne vrijednosti analiziranih osobina organske materije tla u regiji dinarskog krša u BiH i SL, uključujući sva četiri staništa, tipa vegetacije i reljefne pozicije na plohama, prikazane su za organske horizonte (Ol, Of, Oh) i mineralno tlo (M10, M20, M40, M60) (Tabela 2). Vrijednosti Corg, N i odnosa C/N pokazuju uobičajenu distribuciju, smanjenje s povećanjem dubine tla, dok vrijednosti ZG i zalihe Corg rastu s povećanjem dubine. Premda su formirana na krečnjačkom i dolomitnom matičnom supstratu, tla su uglavnom blago kisela, a bazičnu reakciju imaju tek najdublji slojevi tla na 40–60 cm dubine.

Ukupna zaliha Corg (Ol+Of+Oh) u organskom sloju tla u analiziranim šumama dinarskog krša iznosila je ~1,62 kg m^{-2} (Tabela 2), što odgovara vrijednostima procijenjenim za evropske šumske ekosisteme umjerene klimatske

regije (De Vos et al., 2015). Varijante Mull forme humusa, koje preovladavaju u staništima bukve i jele sa smrčom, smatra se da skladište 0,8 kgC m^{-2}, a Moder i Amfi 1,91 $kgCm^{-2}$ i 1,93 $kgCm^{-2}$ (De Vos et al., 2015). Ukupna zaliha Corg u mineralnom sloju na 0–60 cm iznosila je oko 16 $kgCm^{-2}$, što je više u odnosu na ukupnu zalihu 12,1 $kgCm^{-2}$ izračunatu za kambična tla, iz nalaza istih autora (De Vos et al., 2015). Koncentracije Corg i N također su u saglasnosti s vrijednostima za iste tipove tla i slična planinska šumska staništa Bavarskih Alpa (Christophel et al., 2015).

Tabela 2. Deskriptivno-statistički parametri izmjerenih koncentracija organskog C (Corg, %), ukupnog N (N,%), odnosa C/N, zapreminske gustine (ZG, g cm^{-3}) ili mase organskog tla po jedinici površine (ZG, kg m^{-2}), zalihe Corg (kg m^{-2}) i pH vrijednosti mjerene u $CaCl_2$. X – aritmetička sredina, SD – standardna devijacija, Min – minimalna vrijednost, Max – maksimalna vrijednost.

Table 2. Descriptive-statistical parameters of measured concentrations of organic C (Corg, %), total N (N, %), C/N ratio, mass of organic soil per unit area (Masa, kg m^{-2}) or bulk density for mineral layers (ZG, g cm^{-3}), Corg stocks (Zaliha C_{org}, kg m^{-2}), and pH values measured in $CaCl_2$. $\bar{X}$ – arithmetic mean, SD – standard deviation, Min – minimum value, Max – maximum value.

Sloj	Parametar	Corg	N	C/N	Masa/ZG	ZalihaC_{org}	pH($CaCl_2$)
Ol	X						
	SD						
	Min						
	Max						
Of	X						
	SD						
	Min						
	Max						
Oh	X						
	SD						
	Min						
	Max						
M10	X						
	SD						
	Min						
	Max						
M20	X						

Sloj	Parametar	Corg	N	C/N	Masa/ZG	ZalihaC_{org}	pH($CaCl_2$)
	SD						
	Min						
	Max						
M40	X						
	SD						
	Min						
	Max						
M60	X						
	SD						
	Min						
	Max						

Variranje zalihe Corg i C/N odnosa tla

Rezultati istraživanja pokazuju da zaliha Corg i odnos C/N variraju među četiri analizirana staništa, kao i u odnosu na prisutnu vegetaciju (Slika 1, Slika 2). Izostanak statistički značajnih razlika u zalihi Corg i odnosu C/N konstatovan je vezano za reljefnu poziciju.

U pogledu zalihe Corg u organskom sloju, konstatovane su statistički značajno veće vrijednosti u Ol horizontu staništa na B i K i statistički manje vrijednosti u horizontima Of i Oh na B (Slika 1). Statistički značajno manje vrijednosti zalihe Corg (u Of i Oh) zabilježene su na MIX plohama u odnosu na plohe na kojima dominira jedna vrsta drveća (BU, JE, SM). U pogledu zalihe Corg u mineralnim slojevima nije bilo značajnih razlika između BiH i SL staništa, vegetacije i pozicije. Izuzetak predstavljaju statistički veće vrijednosti zalihe Corg u slojevima M10 i M20 staništa K u odnosu na B, S i T.

Statistički značajno variranje zalihe Corg i C/N odnosa u kontekstu faktora staništa i vegetacije bilo je svojstveno površinskim slojevima tla, organskim horizontima (Ol, Of, Oh) i mineralnom tlu do 20 cm dubine (M10, M20). Razlike u dubljim mineralnim slojevima nisu se mogle identifikovati na temelju promatranog uzorka zbog izražene varijabilnosti unutar uzorka. S tim u vezi, rezultati rada također upućuju na to da je variranje zalihe Corg i C/N odnosa uslovljeno dubinom tla.

Rezultat da su varijacije u zalihi Corg uslovljene staništem i prisutnom vegetacijom pokazuju druge relevantne studije (Prietzel i Christophel, 2014). Premda u ovom radu variranje na nivou plohe u odnosu na reljefnu poziciju

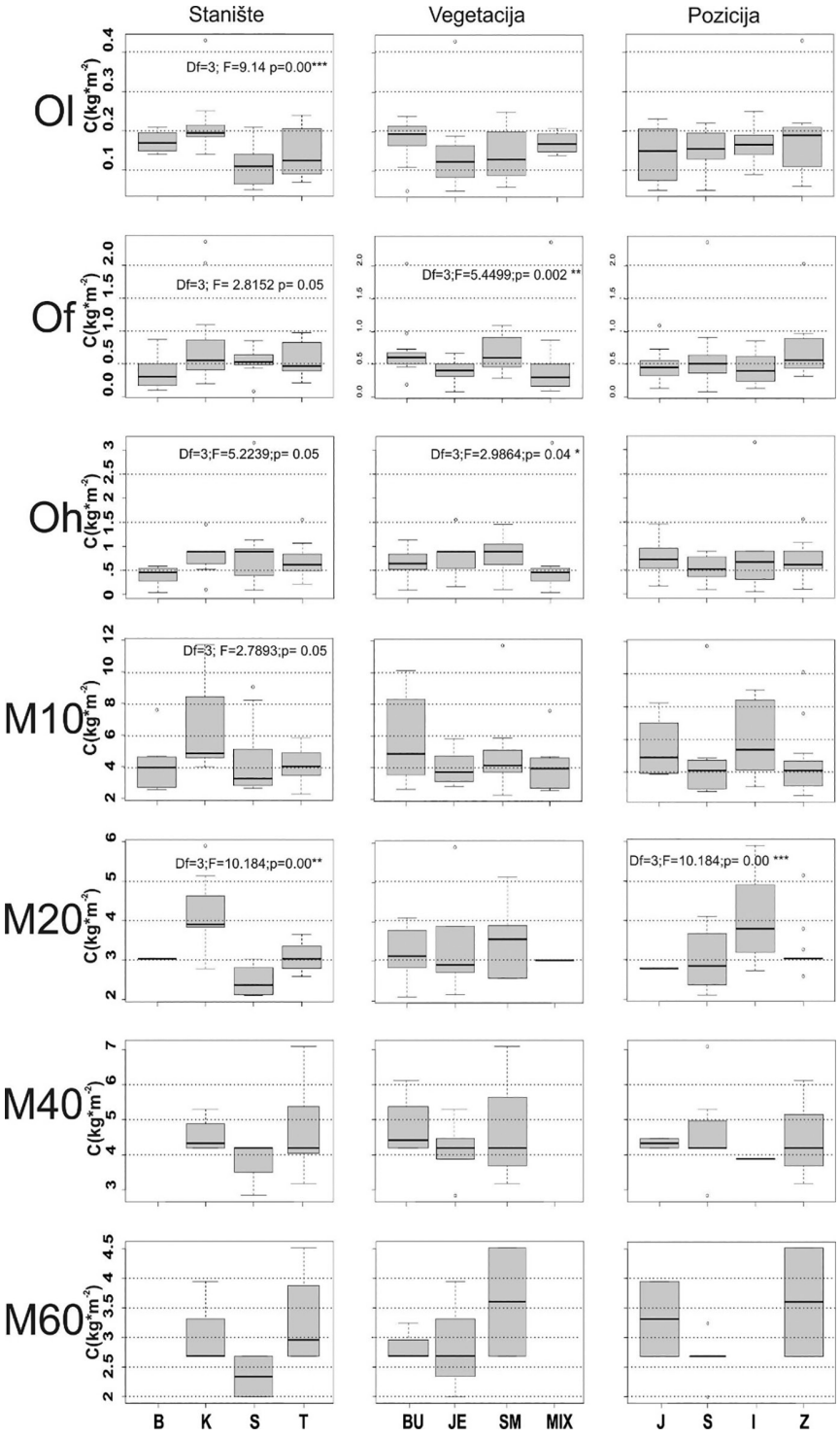
(S, J, I, Z) nije ustanovljeno, poznato je da tip tla i reljef također determiniraju skladištene količine ugljika u tlu (Homann et al., 1995).

Odnos C/N varirao je značajno u odnosu na stanište i vegetaciju u organskim horizontima Ol, Of i Oh te mineralnom tlu M10 (Slika 2). Najuži C/N odnos, u organskim horizontima tla (Ol, Of, Oh), bio je svojstven staništu B i vegetaciji MIX, odnosno plohama s mješovitom strukturom vrsta drveća. Stanište T se karakteriše najužim odnosom u mineralnom tlu M20 i M40.

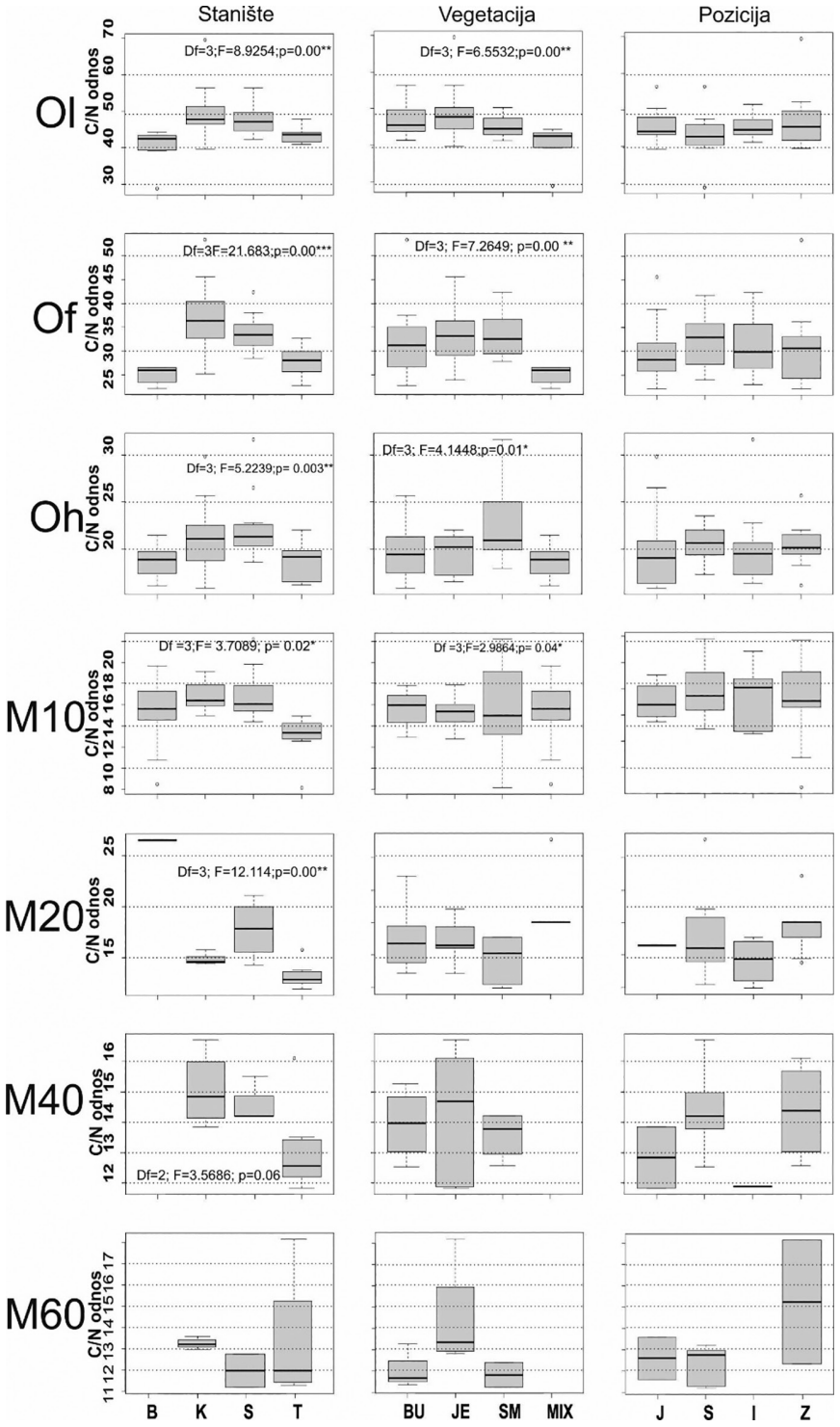
Na osnovu rezultata istraživanja, najvažnije je istaknuti nalaz da je stanište faktor variranja u zalihi Corg, a da je vegetacija pored toga faktor vertikalne distribucije zalihe Corg. Ovaj nalaz se može komentarisati na temelju manje zalihe Corg u organskim horizontima tla (Of, Oh) na MIX plohama, s mješovitim sastavom bukve, jele i smrče, u odnosu na plohe na kojima dominira jedna vrsta drveća. Podatak je podržan pretežno jednakim zalihama Corg u mineralnom sloju tla na sva četiri staništa.

Odnos C/N u organskoj materiji tla igra ključnu ulogu za stabilnost ugljika u tlu. Dok u organskom sloju odnos C/N upućuje na brzinu razgradnje, jer uži odnos potiče aktivnost mikroorganizama, u dubljim mineralnim slojevima uži odnos C/N može stimulisati akumulaciju organskog ugljika. Uži odnos C/N u dubljim slojevima može biti odraz ispiranja nitrata, u stanišnim uslovima koji pogoduju aerobnim nitrifikatorima. Nalaz potvrđuju druge relevantne studije (Cools et al., 2014). Veća stabilnost organske materije može se protumačiti u određenoj mjeri na temelju većih zaliha Corg staništa T i S s užim odnosom C/N. Poznato je da veće koncentracije N i uži odnos C/N utiču na povećanje stabilnih formi organske materije (Chen et al., 2017). Stabilnost organske materije u tlu važna je za dugoročno zadržavanje ugljika u tlu, a najpovoljnije stanje organske materije tla jesu veće količine Corg u mineralnom tlu s užim odnosom C/N. Stabilnost organske materije svakako je povezana s oblicima u kojima se nalazi, odnosno s njenom rekalcitracijom povezivanjem s Ca ionom, što je vjerovatan proces u Ca tlima kakva su tla na krečnjaku i dolomitu (Rowley et al., 2018).

Iako ova studija omogućava analizu stabilnosti Corg u tlu, za čvršću potvrdu uticaja odnosa C/N na zalihe Corg neophodno je provesti opsežnija istraživanja koja će uzeti u obzir i druge relevantne faktore.



Slika 1. / *Figure 1.*



Slika 2. / *Figure 2.*

Slika 1. Variranje zalihe organskog C (Corg u kg m^{-2}) u odnosu na stanište (Bjelašnica – B, Kočevski Rog – K, Snežnik – S, Trnovski gozd – T), vegetaciju (bukva – BU, jela – JE, smrča – SM, mješovita šuma – MIX) i reljefnu poziciju plohe (jug – J, sjever – S, istok – I, zapad – Z) u organskim (Ol, Of, Oh) i mineralnim (M10: 0–10 cm, M20: 10–20 cm, M40: 20–40 cm i M60: 40–60 cm) slojevima tla. Napomena: Rezultati ANOVA testa prikazani su na grafikonima gdje su utvrđene statistički značajne ($p \leq 0,05$) razlike.

Figure 1. Variation in organic C stock (Corg in kg m^{-2}) relative to site (Bjelašnica – B, Kočevski Rog – K, Snežnik – S, Trnovski gozd – T), vegetation type (beech – BU, fir – JE, spruce – SM, mixed forest – MIX), and relief position of the plot (south – J, north – S, east – I, west – Z) in organic (Ol, Of, Oh) and mineral (M10: 0–10cm, M20: 10–20cm, M40: 20–40cm, and M60: 40–60cm) soil layers. Note: Results of the ANOVA test are depicted in the graphs where statistically significant differences (p≤0.05) were identified.

Slika 2. Variranje vrijednosti C/N u odnosu na stanište (Bjelašnica – B, Kočevski Rog – K, Snežnik – S, Trnovski gozd – T), vegetaciju (bukva – BU, jela – JE, smrča – SM, mješovita šuma – MIX) i reljefnu poziciju plohe (jug – J, sjever – S, istok – I, zapad – Z) u organskim (Ol, Of, Oh) i mineralnim (M10: 0–10 cm, M20: 10–20 cm, M40: 20–40 cm i M60: 40–60 cm) slojevima tla. Napomena: Rezultati ANOVA testa su prikazani na grafikonima gdje su utvrđene statistički značajne ($p \leq 0,05$) razlike.

Figure 2. Variation in C/N ratio values relative to site (Bjelašnica – B, Kočevski Rog – K, Snežnik – S, Trnovski gozd – T), vegetation type (beech – BU, fir – JE, spruce – SM, mixed forest – MIX), and relief position of the plot (south – J, north – S, east – I, west – Z) in organic (Ol, Of, Oh) and mineral (M10: 0–10cm, M20: 10–20cm, M40: 20–40cm, and M60: 40–60cm) soil layers. Note: Results of the ANOVA test are depicted in the graphs where statistically significant differences (p≤0.05) were identified.

Zaključci

Zalihe organskog ugljika u organskom sloju (Ol+Of+Oh) iznosile su ~1,62 kg m^{-2}, a u mineralnom tlu od 0–60 cm dubine ~16,0 kg m^{-2}. Odnos C/N je varirao srazmjerno sloju tla, te je u slojevima Ol, Of, Oh, M10, M20, M40 i M60 iznosio 45, 31, 21, 16, 18, 14 i 13. Rezultati istraživanja pokazuju da zaliha Corg i odnos C/N u tlu variraju među četiri analizirana staništa i u odnosu vegetaciju (plohe na kojima dominira bukva, jela ili smrča, te

mješoviti sastav), dok nema značajne varijacije u odnosu na reljefnu poziciju. Vrijednosti odnosa C/N u površinskim slojevima organskog tla povoljne su za mikrobiološku razgradnju, dok uži odnos u dubljim slojevima upućuje na moguću stimulaciju skladištenja ugljika u mineralnom tlu.

Literatura

Chen, Z. J., Geng, S. C., Zhang, J. H., Setälä, H., Gu, Y., Wang, F., Zhang, X., Wang, X. X., Han, S. J. (2017): Addition of nitrogen enhances stability of soil organic matter in a temperate forest, European Journal of Soil Science, 68, 189-199. doi.org/10.1111/ejss.12404.

Christophel, D., Höllerl, S., Prietzel, J., Steffens, M. (2015): Long-term development of soil organic carbon and nitrogen stocks after shelterwood- and clear-cutting in a mountain forest in the Bavarian Limestone Alps, European Journal of Forest Research, 134 (4), 623-640.

Ciais, P., Sabine, C., Bala, G., Bopp, L., Brovkin, V. et al. (2014): Carbon and Other Biogeochemical Cycles, u: Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P. M. (ur.), Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 465-570. https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/.

Cools, N., Vesterdal, L., De Vos, B., Vanguelova, E., Hansen, K. (2014): Tree species is the major factor explaining C:N ratios in European forest soils, Forest Ecology and Management, 311, 3-16. doi.org/10.1016/j.foreco.2013.06.047.

Ćirić, M. (1966): Zemljišta planinskog područja Igman – Bjelašnica, u: Živadinović, J. Pregled faune tla Igmana, Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo – Sarajevo, knj. 10 (1), Sarajevo.

De Cinti, B., Bombi, P., Ferretti, F., Cantiani, P., Di Salvatore, U., Simončič, P., Kutnar, L., Čater, M., Garfì, V., Mason, F., Matteucci, G. (2016): From the experience of LIFE+ ManFor C.BD to the manual of best practices in sustainable forest management, Italian Journal of Agronomy, 11, 1-175. doi:10.4081/ija.2016.789.

De Vos, B., Cools, N., Ilvesniemi, H., Vesterdal, L., Vanguelova, E., Carnicelli, S. (2015): Benchmark values for forest soil carbon stocks in Europe: Results from a large scale forest soil survey, Geoderma, 251–252: 33-46. doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.03.008.

Evropska komisija (2012): European Commission COM((2012) 46 final). Report from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, The implementation of the Soil Thematic Strategy and ongoing activities. http://www.parlament.gv.at/PAKT/EU/XXIV/EU/07/22/EU_72283/imfname_10018183.pdf.

Federalni hidrometeorološki zavod (2018): Meteorološki godišnjaci. https://fhmzbih.gov.ba/latinica/KLIMA/godisnjaci.php (12. 7. 2018).

Homann, P. S., Sollins, P., Chappell, H. N., Stangenberger, A. G. (1995): Soil organic carbon in a mountainous, forested region: relation to site characteristics, Soil Science Society of America Journal, 59, 1468-1475.

Hukić, E. (2018): Svojstva tla i dinamika organske materije u šumama bukve i jele (sa smrčom) na krečnjacima i dolomitima na području Bjelašnice, doktorska disertacija.

Hukić, E., Čater, M., Marinšek, A., Ferlan, M., Kobal, M., Žlindra, D., Čustović, H., Simončič, P. (2021): Short-Term Impacts of Harvesting Intensity on the Upper Soil Layers in High Karst Dinaric Fir-Beech Forests, Forests, 12 (5), 581. doi.org/10.3390/f12050581.

IPCC (2002): IPCC Special Report: Land Use, Land Use Change, and Forestry, Summary for Policymakers, WMO, UNEP. https://archive.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/srl-en.pdf (14. 2. 2024).

Kögel-Knabner, I. (2017): The soil matrix – Visualising and quantifying microscale associations of organic and mineral components. Plenary talk presented at the 6th International Symposium on Soil Organic Matter, Harpenden, United Kingdom.

Lehmann, J., Kleber, M. (2015): The contentious nature of soil organic matter, Nature, 526, 60-68. doi:10.1038/nature16069.

Man For C. BD (2010): Managing forests for multiple purposes: carbon, biodiversity and socio-economic wellbeing, LIFE+ Project 2010–2015 Life Environment Project LIFE09 ENV/IT/000078. https://www.manfor.eu/new/.

Pan, Y., Birdsey, R. A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P. E., Kurz, W. A. et al. (2011): A Large and Persistent Carbon Sink in the World's Forests, Science, 333 (6045), 988-993. doi:10.1126/science.1201609.

Prietzel, J., Christophel, D. (2014): Organic carbon stocks in forest soils of the German Alps, Geoderma 221–222, 28-39.

R Studio Team (2020): RStudio: Integrated Development for R, R Studio, PBC, Boston, MA. http://www.rstudio.com/.

Rowley, M. C., Grand, S., Verrecchia, E. P. (2018): Calcium-mediated stabilisation of soil organic carbon, Biogeochemistry, 137, 27-49. https://doi.org/10.1007/s10533-017-0410-1.

Šumskogospodarska osnova (2004): Šumskogospodarska osnova za period od 2004. god. do 2013. god. ŠGP/ŠPP, Igmansko.

WMO Climate Explorer (2018): http://www.climexp.knmi.nl (20. 7. 2018).

Soil organic carbon in beech and fir forests with spruce of the Dinar karst mountains – stock and stability

Summary: The processes of climate change have stimulated numerous studies focused on the soil's potential to act as a carbon sink. While the contents of organic carbon in the soil (Corg), in relation to soil type, topography, and tree species, have been extensively documented elsewhere, there is a significant lack of data for soils in the forests of the Dinaric karst mountains. The Dinaric region is characterized by the presence of mixed, uneven-aged beech and fir forests primarily managed through the selection system, considered sustainable and suitable for preserving soil Corg stocks. This study, conducted at four comparable locations/sites in the karst mountain forests (Bjelašnica, Bosnia and Herzegovina; Kočevski Rog, Snežnik, and Trnovski gozd, Slovenia), investigated how soil Corg stocks and other chemical parameters, such as the C/N ratio, vary in relation to site conditions. The main results encompass data on Corg stocks, estimated based on measured C concentrations, calculated densities, coarse fragments, and effective depths of organic-mineral soil up to 60 cm deep. Additionally, the research revealed significant factors influencing the variability of these values concerning site and vegetation, particularly in the organic layer. Furthermore, the study provided insight into the stability of organic matter based on the soil's C/N ratio. The results offer valuable information on the dynamics of Corg in the soils of the Dinaric karst mountains, the significance of preserving fine organic debris in the forest, and are crucial for sustainable forest management practices in mitigating the impacts of climate change.

DOI: 10.5644/PI2024.211.12
Pregledni članak

Požari otvorena prostora kao pokazatelji degradacije okoliša

Ivica Kisić
Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zagreb
E-mail: ikisic@agr.hr

Igor Bogunović
Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zagreb

Ferdo Bašić
Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb

Damir Barčić
Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, Zagreb

Apstrakt: Posljednjih desetljeća svjedoci smo sve bržih i intenzivnijih klimatskih promjena. Promjene klime u mediteranskom dijelu Republike Hrvatske posebno su se očitovale povećanom učestalošću požara na otvorenom prostoru koji su imali izrazito negativan utjecaj na tlo, kvalitetu vode i krajolik. Izravne posljedice požara otvorena prostora su promjene u vegetaciji te fizikalnim, kemijskim i mikrobiološkim karakteristikama tla. Neizravne posljedice su narušavanje krajolika, pojava erozije vjetrom i vodom, kao i klizišta sa svim posljedicama na okoliš koje ti procesi nose sa sobom. U Republici Hrvatskoj najveća opasnost od požara je na području Sredozemlja s gotovo 119.420 požara na otvorenom prostoru u razdoblju od 1996. do 2022. godine. Odstupanja od navedenog broja požara na ovom području dogodila su se u vlažnoj 2014. s 1.686 i kataklizmičkoj sušnoj 2017. s ekstremnom pojavom od 6.906 otvorenih požara. Zbog nedostatka izvora pitke vode, većina požara u priobalju gasi se morskom vodom, što (ne)izravno ubrzava pogoršanje fizikalnih i kemijskih značajki tla. Ekstremno suha klimatska razdoblja u ljetnim mjesecima, uz pojavu sve intenzivnijih vjetrova s jednu stranu i drastičan pad ruralnog stanovništva s drugu stranu sugeriraju da će požari otvorena prostora postati sve veći problem u bližoj budućnosti. Najučinkovitija metoda za sprječavanje nastanka požara i posljedično neželjenih promjena u okolišu jest preventivna provedba agrotehničkih postupaka (agrošumarstvo, akumulacija vode, pravilno gospodarenje biljnim ostacima na napuštenim poljoprivrednim i šumskim površinama) u jesen godine u kojoj je izbio požar ili u rano proljeće sljedeće godine prije sezone požara. Nažalost, problem požara otvorena prostora na donositeljima odluka i politika nestaje odmah na kraju protupožarne sezone. Zbog klimatskih promjena i napuštanja stanovništva u ruralnim područjima požari će se javljati u Republici Hrvatskoj na zemljopisnim dužinama i širinama gdje su prije 20 godina rijetko bilježeni.

Ključne riječi: požari otvorena prostora, uzroci, posljedice, preventivne mjere, klimatske promjene, korištenje zemljišta

Uvod

Požari otvorenog prostora[1] predstavljaju prirodnu katastrofu koja prijeti cijelom teritoriju Republike Hrvatske (RH), a osobito mediteranskom i submediteranskom dijelu ovog dijela Europe. Klimatski pokazatelji koji se očituju visokim temperaturama, oskudnom količinom oborina te učestalijom pojavom jakih vjetrova (novi smjerovi i nove ruže vjetrova) u ljetnim mjesecima (Kisić et al., 2023), ali i antropogeni utjecaji (napuštanje poljoprivrednih površina, smanjenje udjela obradivih površina, sve starija ruralna populacija, prodor alohtonih biljnih vrsta), posljednjih 40-ak godina odgovorni su za izraziti porast broja požara otvorenog prostora u Republici Hrvatskoj (Kisić i Bogunović, 2016). Na temelju podataka iz Europskog informacijskog sustava o šumskim požarima (EFFIS) u EU od 2000. godine, kada je započela evidencija broja izgorjelih površina, najekstremnija je bila 2017. godina, kada je izgorjelo više od milijun hektara. Druga po redu je 2021., kada su registrirani požari u 39 zemalja, a izgorjelo je 1.113.464 ha prema karti Zajedničkog istraživačkog centra Europske komisije (JRC). Ovogodišnji šumski požari (2022.) ispustili su oko 20 milijuna tona ugljičnog dioksida u atmosferu, što je već iznad prosjeka EU-a za razdoblje 2003. – 2022., a sezona požara još nije završila. S obzirom na navedene razmjere ove prirodne katastrofe i stalno povećanje područja zahvaćenih požarom, cilj je ovog rada ukazati na razloge sve veće pojave požara otvorenog prostora te njihove posljedice po okoliš, kao i prikazati mjere za ublažavanje.

Pokretački čimbenici za pojavu požara otvorenog prostora

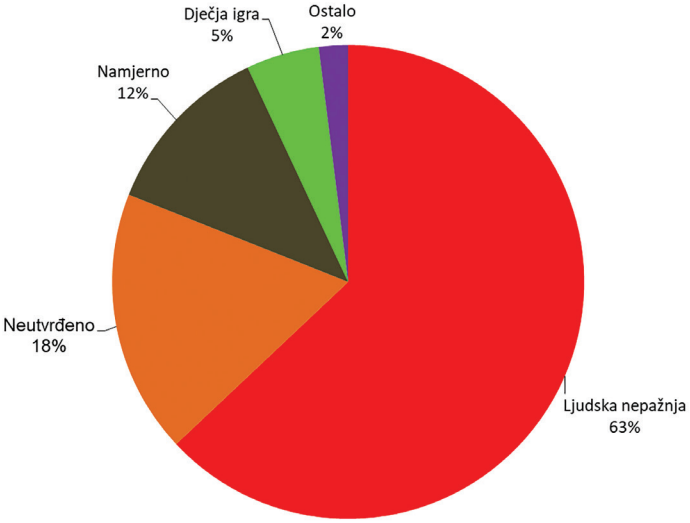
Prema podacima Hrvatske vatrogasne zajednice (HVZ), požari otvorenog prostora u Republici Hrvatskoj u ukupnim štetama izazvanim prirodnim nepogodama sudjeluju sa 6–8 %. U ekstremno toplim, suhim i vjetrovitim godinama, kao što su u prošlom desetljeću 2017. godina ili u ovom desetljeću 2022. godina, štete su iznosile i do 20 %. Krajem požarne sezone zaboravi se na požare do proljeća naredne godine na početku nove sezone. Izbijanje požara u 95 % slučajeva vezano je za ljudsku aktivnost, dok je svega 5 % požara izazvano prirodnom pojavom, najčešće udarom groma (Grafikon 1.).

[1] Pod pojmom požara otvorenog prostora smatra se bilo koji požar koji se ne događa u zatvorenom prostoru (zgradama). Fizikalna događanja kod požara otvorenog prostora vezana su uz izgaranje u slobodnoj atmosferi, gdje je dotok kisika neograničen, za razliku od požara zatvorenog prostora, kada se izgaranje javlja u prostoru ograničenom plohama (zidovima), što može rezultirati i vrlo opasnim pojavama (povratni plameni udar).

Analizom požara u Republici Hrvatskoj u posljednjih 30-ak godina uočena su dva požarna maksimuma. Prvi požarni maksimum je u ožujku i travnju, kada veći broj požara izbija u ruralnom dijelu Republike Hrvatske, a vezani su uz početak poljoprivrednih radova. Drugi požarni maksimum, od srpnja do listopada (Grafikon 2.), vezan je isključivo za priobalje i otoke, a javlja se u neodržavanim šumama crnogorice te na napuštenim poljoprivrednim površinama.

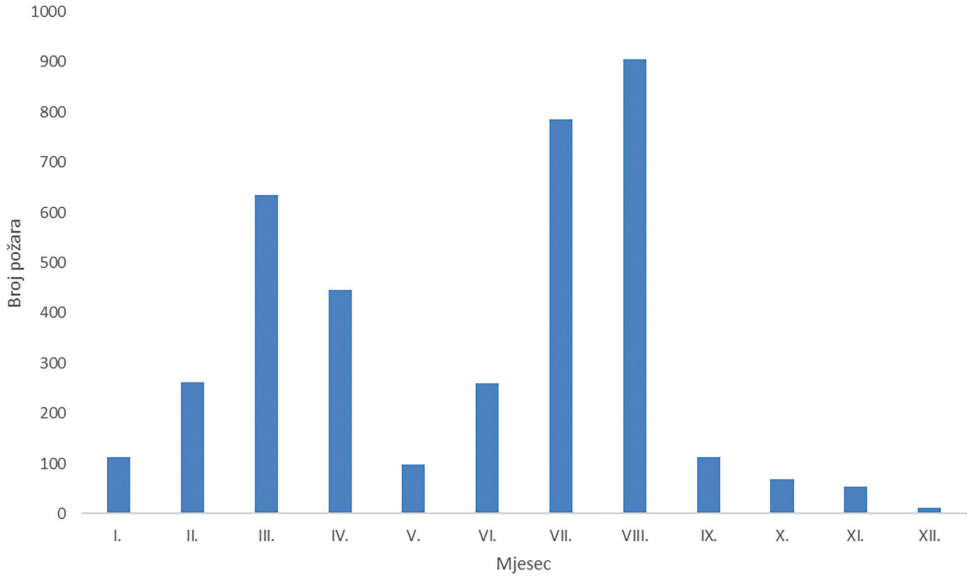
Uzroci pojave požara otvorenog prostora

- Pristupni i protupožarni putovi vrlo se rijetko obnavljaju, pa vatrogasnim vozilima treba nekoliko sati da se približe požarnoj crti.
- Odnos ruralne i urbane populacije sve je porazniji u pogledu broja ruralnog stanovništva. Defilippis (2006.) na primjeru Dalmacije navodi dva prijelomna razdoblja. Uslijed pojave filoksere u vinogradima Dalmacije (1894. godine) potkraj 19. i početkom 20. stoljeća u prekomorske je zemlje emigriralo oko 100.000 stanovnika. Drugo prijelomno razdoblje su 50-e godine prošlog stoljeća, kada se paralelno počinju odvijati dva procesa: industrijalizacija i deagrarizacija. U to vrijeme osnovni je cilj bila što brža industrijalizacija zemlje (pod parolom: *svi u tvornice*), što se jedino moglo provesti angažiranjem jeftine agrarne (ruralne) snage. Pogreške ove politike osjećamo danas, sedam desetljeća poslije.
- Voda za gašenje požara nalazi se daleko od mjesta požara, pa se puno vremena gubi u transportu vode. Iz tog razloga trebalo bi obvezatno izgraditi vodne akumulacije u kojima bi se voda tijekom zimskih mjeseci akumulirala, a bila bi korištena u ljetnim mjesecima ili za gašenje požara ili za navodnjavanje poljoprivrednih kultura. U RH najčešće se koristi zaslanjena voda iz mora za gašenje požara, što nepovoljno djeluje na fizikalni i kemijski kompleks tla (Kisić i Bogunović, 2016).
- Prolazi (prosjeci) ispod energetskih dalekovoda te pružni i cestovni pravci ne održavaju se na zadovoljavajućoj razini i predstavljaju žarišta potencijalnih izvorišta požara.
- Premještanje požara iz nama susjednih država gdje je vrlo slabo razvijena protupožarna zaštita dovodi do opravdano vrlo loše politike zajedničkog



Grafikon 1. Razlozi pojave požara otvorenog prostora u Republici Hrvatskoj (Izvor: Hrvatska vatrogasna zajednica i Ministarstvo unutarnjih poslova RH)

Graph 1. Reasons for open space fires in the Republic of Croatia (Source: Croatian Fire Association & Ministry of the Interior of the Republic of Croatia)

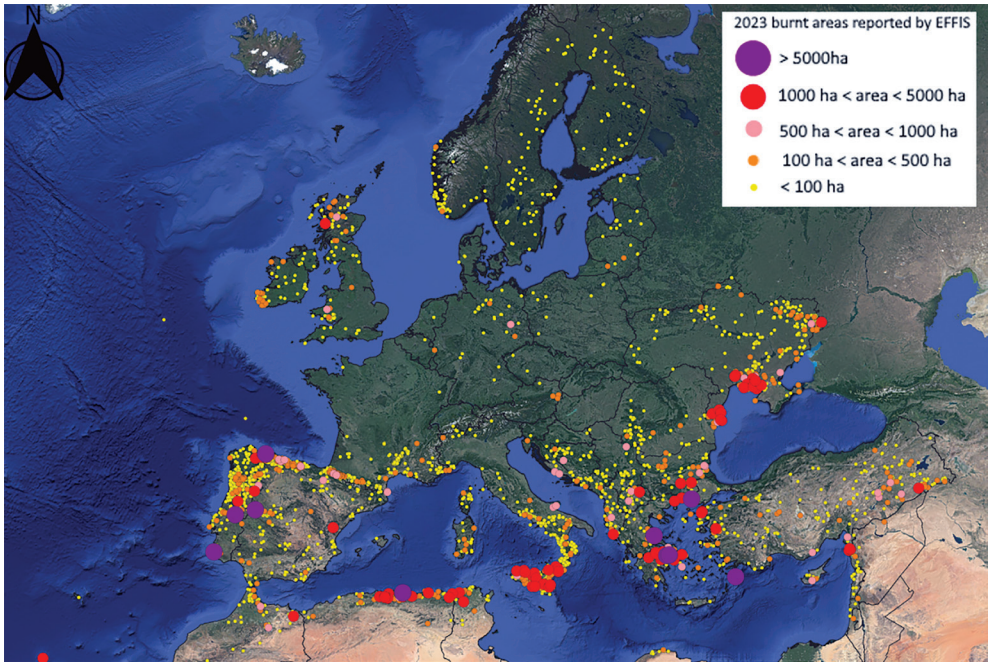


Grafikon 2. Prosječan broj požara na prostoru Republike Hrvatske u periodu 1992. – 2021. (Izvor: Hrvatska vatrogasna zajednica i Ministarstvo unutarnjih poslova RH)

Graph 2. Average number of fires in the territory of the Republic of Croatia in the period 1992–2021 (Source: Croatian Fire Association & Ministry of the Interior of the Republic of Croatia)

gašenja požara u njegovim počecima u susjednim državama. U Republici Hrvatskoj postoji relativno dobar sustav mjera za ublažavanje pojave i posljedica požara, dok je u navedenim susjednim državama sustav zaštite na nižoj operativnoj razini, s opremom za gašenje koja je u potpunosti zastarjela i ne obnavlja se. Karta 1. jasno ukazuje na to da će u budućnosti biti veliki problem požari iz BiH i Crne Gore koji dolaze iz ovih država *ne poznavajući Schengenska pravila o prelasku granice*.

– Još uvijek se jedan dio površine Republike Hrvatske nalazi u minski sumnjivom području pa je na ovom prostoru veća opasnost od pojave požara, a i gašenje je kompleksnije, kako iz zraka tako i s površine tla.
– Strategija za obnovu opožarene površine osim u okviru Hrvatskih šuma ne postoji. Ograničenja su posljedica nedorečene zakonske legislative. Tako se na primjer na opožarenim područjima pod upravom Hrvatskih šuma ne mogu umjesto šumske vegetacije saditi poljoprivredne kulture. Razlog je jednostavan i nevjerojatno banalan: o poljoprivrednim kulturama brinu poljoprivredne institucije, a o šumskim kulturama šumarske znanstvene institucije.



Karta 1. Izgorjele površine i lokacije pojave požara otvorenog prostora tijekom 2023. (Izvor: EC, 2023)

Map 1. Burned areas and locations of open space fires during 2023 (Source: EC, 2023)

Posljedice požara otvorenog prostora za okoliš

Jedna od najvećih indirektnih posljedica otvorenog požara je povećanje erozijskih (kako vodom tako i vjetrom) procesa i blatnih tokova,[2] što uzrokuje smanjenje kvalitete tla, onečišćenje voda, povećanje emisije stakleničkih plinova te smanjenje bioraznolikosti – primarno tla, a zatim i vegetacije (Pereira et al., 2018). U tablici 1. prikazane su promjene u okolišu uzrokovane pojavom požara otvorenog prostora.

Tablica 1. Promjene u okolišu uzrokovane požarima otvorenog prostora
Table 1. Environmental changes caused by wildfires

Promjene na požarom zahvaćenoj površini:	Promjene izvan požarom zahvaćene površine:
- Pogoršavanje fizikalnih značajki tla: narušena hidrofilnost tla, stabilnost strukturnih agregata, propusnost tla, - Ovisno o temperaturi požara dolazi do promjene mineralnog sastava tla, - Pogoršanje kemijskih značajki tla: reakcija tla, organske tvari, biljci pristupačna hranjiva, kationsko-izmjenjivački kompleks, - Smanjuje se bioraznolikost i ukupni broj mikroorganizama tla, - Izraženiji erozijski procesi – vodom i vjetrom, - Pojava blatnih tokova.	- Onečišćenje otvorenih vodotoka organskim i anorganskim onečišćenjima s izgorjele površine što će uzrokovati: promjene temperature vode, reakcije tla, sadržaja pojedinih makro i mikrohranjiva, taloženje sedimenta na dnu vodotoka, - Smanjenje vidljivosti uslijed erozije vjetrom s opožarene površine, - Blatni tokovi u naseljima i površinama koje nisu zahvaćene požarom, - Narušavanje izgleda krajolika, - Narušavanje kvalitete cesta i drugih građevina.

Preventivne mjere u borbi protiv pojave požara otvorenog prostora

– Trebalo bi ubrzati postupak uvođenja krupnijeg mjerila vizualnog zračnog promatranja na cijeli prostor Mediteranskog dijela Republike Hrvatske u cilju što bržeg registriranja požara i još bržeg dolaska kako zračnih tako i zemaljskih snaga na izvorište požara.
– Ulagati u obnovu vatrogasne opreme i edukaciju lokalnog stanovništva o primjeni protupožarnih mjera u jesensko-zimsko-proljetnom dijelu godine.
– Poboljšati zakonsku legislativu gospodarenja privatnim šumama i površinama pod Naturom 2000, budući da požari ne prepoznaju granicu gdje

[2] Kretanje vodnih bujica niz nagib koje nose sve pred sobom

završava privatno zemljište, a gdje počinje područje kojim upravlja Nacionalni park ili Park prirode.
- Poboljšati, obnoviti i brojčano povećati meteorološku mrežu mjernih postaja.
- Provoditi u državnim, a osobito privatnim šumama obvezatne šumsko-uzgojne radove njege i obnove predviđene propisanim Osnovama gospodarenja; sukladno Pravilniku o uređivanju šuma (NN 97/18); Osnovom gospodarenja određuje se stanje šuma te radovi u neposrednom gospodarenju šumama i šumskim zemljištima gospodarske jedinice.
- Provesti uporabu propisanih požara (engl. *Prescibed fires*) kao mjeru reduciranja biomase na površini tla u kontroliranim uvjetima u svrhu sprječavanja intenzivnih otvorenih požara.
- Navedene mjere za sada snosi sam vlasnik šuma, a budući da se temelje na volonterskoj osnovi, iz toga se razloga i ne provode.
- Novoizgrađene i obnovljene stare ceste koje će poslužiti za brži dolazak vatrogasnih vozila na žarište požara mogu poslužiti i za razvoj raznih oblika ruralnog turizma. Novostvoreni protupožarni prilazi/putevi/ceste mogli bi postati u isto vrijeme nove šetnice, ili prostor za promatranje ptica (*bird watching / birding*) ili prostor za vožnju biciklom.
- Izgradnja vodnih akumulacija imat će višestruku ulogu tijekom cijele godine. U zimskom dijelu godine ublažiti će pojavu erozijskih procesa, vododerina i blatnih tokova (što je posljedica ovogodišnjih požara), a tijekom ljetnih mjeseci poslužit će kao izvor vode za navodnjavanje i vode za gašenje ovogodišnjih požara. U isto vrijeme vodne akumulacije će vizualno oplemeniti prostor te povećati bioraznolikost, kao i ponuditi nove turističke sadržaje.

Agrošumarstvo kao mogućnost ublažavanja pojava i posljedica požara

Agrošumarstvo je u ovom dijelu Europe bilo razvijeno godinama, no poslije II. svjetskog rata, manje-više ovaj oblik gospodarenja prostorom je napušten, zbog preseljenja većeg dijela stanovništva u gradove. U vrijeme provođenja agrošumarstva u mediteranskom dijelu Republike Hrvatske broj požara bio je mali. S napuštanjem ovog načina poljoprivrednog gospodarenja požari su postajali sve više zastupljeni. Najjednostavnija definicija agrošumarstva glasi

da je to sustav koji uključuje kombinaciju uzgoja drveća i poljoprivrednih kultura ili stoke na istoj proizvodnoj površini (Pavelić, 2015).

S distance od skoro 70-ak godina zanimljivo je primijetiti da je na prostoru Socijalističke Republike Hrvatske donesen Zakon o zabrani uzgoja koza. Navedeni Zakon donesen je 1954. godine uslijed različitih utjecaja, ekonomskih i političkih, te inzistiranja šumara na štetnosti koza i vrlo površnoga mišljenja o ulozi koza u okolišu. Negativne posljedice tog Zakona osjećaju se još i danas. U to vrijeme prevladavalo je mišljenje da koza preintenzivno brsti svu biljnu i drvnu masu. Navedenim zakonom bilo je zabranjeno držati koze na slobodnoj ispaši, a svako kršenje zakona poticalo je slobodni odstrel svake koze.[3] Danas je teško shvatiti da koza na prostoru bivše Države službeno nije bilo skoro 30-ak godina. U SR Makedoniji i SR BiH Uredba o zabrani držanja koza donesena je čak šest godina ranije – 1948. Od kraja sedamdesetih godina prošlog stoljeća prešutno se koze ponovno smiju držati.

Zaključak

- Pojavu požara otvorenog prostora ne možemo spriječiti, ali možemo umanjiti njihovu učestalost i ublažiti posljedice za okoliš primjenom općepoznatih agrotehničkih i hidrotehničkih te građevinskih zahvata u prostoru. Većina tih zahvata primjenjivala se prije stotinjak godina i nisu nepoznati u mediteranskom dijelu ovog dijela Europe.
- Borba protiv požara otvorenog prostora u budućnosti traži jedan novi, integralni holistički pristup. Umjesto dosadašnjeg pojedinačnog (osobnog) znanstvenog pogleda na problematiku zaštite prostora od požara, treba pristupiti integriranom sagledavanju borbe protiv požara. U te radove trebali bi biti uključeni timovi stručnjaka iz različitih područja, kao što su agronomi, šumari, meteorolozi, biolozi, hidrolozi, hidrotehničari, građevinari, geolozi, računalni programeri, krajobrazni inženjeri itd.
- Ulaganja u preventivna djelovanja niža su od šteta i kurative, pa se s ekonomsko-gospodarskog stanovišta ulaganja u preventivu sama po sebi

[3] O problemu koza i drug Tito se očitovao na jednom skupu u Trebinju, gdje je 3. listopada 1954. godine rekao okupljenom narodu: "Ja moram da kažem da sam sretan što ste uništili koze, jer sada vidim da se vaša brda zelene. Ja bi želio da to učine svuda gdje to još nisu učinili. Naš će čovjek osjetiti za 10 godina što je značila koza za njega a što za šumu. Potrebno je gajiti ovce jer one daju i mlijeko i vunu. Gajite ovce, one neće uništiti šumu. A vi znate da šuma i klimu popravlja. Kada ova brda budu šumom obrasla, onda tu nećete imati ovako suhu klimu, kao što je imate preko ljeta, onakvu nesnosnu vrućinu. Klima će se mijenjati, a time će se dobiti više mogućnosti za intenzivniju obradu zemljišta koje ovdje imate." *Tako je govorio drug Tito* – prijepis iz: Knebl, F. (1978): Šumarski list, 11–12, 435-438.

višestruko isplate. Prema nekim procjenama ulaganja u preventivna suzbijanja požara 10 do 20 puta su manja od godišnjih šteta na izgorjelim površinama. U isto vrijeme preventivna zaštita od požara direktno smanjuje broj požara za jednu četvrtinu do trećinu u odnosu na sadašnje stanje.

– Važno je naglasiti da preventivne mjere u suzbijanju pojave požara trebaju biti provedene i u područjima u kojima su za sada rjeđe zabilježeni požari otvorenog prostora.
– Preventivne mjere zaštite od požara trebale bi se provoditi i u zaštićenim područjima, tj. u nacionalnim parkovima ili parkovima prirode.
– Sve ovo treba imati za cilj zaštitu interesa naraštaja koji dolaze za nama, a kojima mi nemamo pravo oduzeti šansu za način življenja koji smo imali mi, današnji korisnici prostora.

Literatura

Barčić, D., Došlić, A., Rosavec, R., Ančić, M. (2020): Klasifikacija i ponašanje šumskih požara u protupožarnoj zaštiti, Vatrogastvo i upravljanje požarima, X (1–2), 29-46.

Bogunovic, I., Kisic, I., Jurisic, A. (2015): Influence of wildfire and fire suppression by seawater on soil properties, Applied Ecology and Environmental Research, 13 (4), 1157-1169.

Defilippis, J. (2006): Promjene u poljoprivredi i selu Dalmacije u posljednjih stotinjak godina, Društvena istraživanja, 15 (6), 1047-1062.

Delač, D., Pereira, P., Bogunović, I., Kisić, I. (2020): Short-Term Effects of Pile Burn on Dynamic and N Loss in Mediterranean Croatia, Agronomy 10 (9), 1340.

Delač, D., Kisić, I., Bogunović, I., Pereira, P. (2021): Temporal impacts of pile burning on vegetation regrowth and soil properties in a Mediterranean environment (Croatia), Science of The Total Environment, 799, 149318.

Dorbić, B. (2009): Mjere za očuvanje suhozidina kroz obnovu maslinika na području Šibenika, završni rad na Specijalističkom studiju Sveučilišta u Zagrebu, Ekoinženjerstvo, Zagreb.

EC (2023): Wildfires in the Mediterranean: EFFIS data reveal extent this summer, European Commission, 8. 9. 2023. https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news-and-updates/wildfires-mediterranean-effis-data-reveal-extent-summer-2023-09-08_en.

Hrelja, I., Šestak, I., Delač, D., Pereira, P., Bogunović, I. (2022): Soil Chemical Properties and Trace Elements after Wildfire in Mediterranean Croatia: Effect of Severity, Vegetation Type and Time-Since-Fire, Agronomy, 12 (7), 1515.

Kalin, L. (2014): Sezonske prognoze i potencijalna opasnost od šumskih požara, u: Zbornik radova 3. agrometeorološka radionica Agrometeorologija u službi korisnika, Zaštita okoliša i šumski požari, Dubrovnik, 24. ožujka 2014, Hrvatsko agrometeorološko društvo, Zagreb, 22-23.

Kisić, I., Bogunović, I. (2016): Wildfire induced changes in forest soils in Southern Croatia, Works of the Faculty of Forestry University of Sarajevo, Special edition, 21 (1), 88-94.

Kisić, I., Bogunović, I., Delač, D., Barčić, D. (2023): Požari otvorena prostora u Republici Hrvatskoj – pojava, učestalost i suzbijanje, Hrvatske vode, 31 (124), 117-126.

Pavelić, I. (2015): Temeljni principi agrošumarstva i mogućnosti razvoja na prostoru Republike Hrvatske, završni rad na Specijalističkom studiju Ekoinženjerstvo.

Pereira, P., Francos, M., Brevik, E. C., Ubeda, X., Bogunovic, I. (2018): Post-fire soil management, Curr. Opin. Environ. Sci. Heal., 5, 26-32.

Pravilnik o uređivanju šuma, Narodne novine, 97/2018.

Pravilnik o zaštiti šuma od požara, Narodne novine, 33/2014.

Španjol, Ž., Barčić, D., Rosavec, R. (2014): Mogućnosti šumskog poljodjelstva (agrošumarstva) u Hrvatskoj, Zbornik radova 3. agrometeorološka radionica Agrometeorologija u službi korisnika, Zaštita okoliša i šumski požari, Dubrovnik, 24. ožujka 2014, Hrvatsko agrometeorološko društvo, Zagreb, str. 31-36.

Vučetić, V. (2014): Utjecaj klimatskih promjena na potencijalnu opasnost od šumskih požara. Zbornik radova 3. agrometeorološka radionica Agrometeorologija u službi korisnika, Zaštita okoliša i šumski požari, Dubrovnik, 24. ožujka 2014, Hrvatsko agrometeorološko društvo, Zagreb, 1-3.

Open space fires as indicators of environmental degradation

Summary: Over the past decades we are witnessing rapid climate change. The climate changes in the Mediterranean part of the Republic of Croatia were particularly manifested by the raised frequency of open area wildfires that had a tremendous negative impact on soil system, biota and the landscape. The direct consequences of wildfires are changes in vegetation and the physical, chemical and microbiological characteristics of the soil. The indirect consequences are the distortion of the landscape, the phenomenon of wind and water erosion, as well as mudslides with all the consequences on the environment that these processes carry with them. In the Republic of Croatia, the greatest fire hazard is in the Mediterranean area with almost 119.420 open fires in the period from 1996 to 2022. Deviations from the above number of wildfires in this area occurred in wet 2014 with 1.686 and the cataclysmic dry 2017 with an extreme appearance of 6.906 open fires. Due to the lack of freshwater sources, most of the coastal fires are extinguished with sea water, which directly accelerates the deterioration of the physical and chemical characteristics of the soil. Extremely dry climatic periods, together with strong winds and a drastic decline of rural population suggest that wildfires will become an increasing problem in the near future. The most efficient and effective method for the prevention of fire occurrence and, consequently, undesired changes in the environment is the preventive implementation of agro-technical practices (agroforestry, water accumulation, proper management with plant residues in the abandoned agricultural and forest area) in the autumn of the year when a fire occurred or in the early spring of the following year before the fire season. Unfortunately, the problem of wildfires at the decision and policy makers immediately disappear at the end of the fire-protection season. Due to climate change and pronounced season of wildfire occurrence in the Republic of Croatia fires occur at longitudes and latitudes where they were rarely notable 20 years ago.

DOI: 10.5644/PI2024.211.13
Stručni članak

Babin do u Ski-centru Bjelašnica – devastacija prirodnog ambijenta u Dinaridima

Vladimir Beus
Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine
E-mail: vladimir.beus@gmail.com

Apstrakt: Razvoj Ski-centra Bjelašnica kontinuirano prati devastacija prirodnog ambijenta Babinog dola i okolnog područja, sječa šuma, enormna gradnja neprilagođena prirodnom ambijentu. Na površinama posječenih šuma izgrađeni su i grade se apartmani, hoteli i mnogobrojni razni prateći objekti. Potpuno je izmijenjen prirodni ambijent ovog prostora, a negativni uticaji i posljedice na okolne šumske ekosisteme i izvorišta voda, posebno izvorište Vrelo Bosne, mnogobrojne su i dalekosežne.
U radu su analizirane prirodne karakteristike okolnog prostora planina Bjelašnice i Igmana, uticaji i posljedice ovakvog "razvoja" na širi okolni prirodni ambijent i šumske ekosisteme kraškog prostora planina Igmana i Bjelašnice.

Ključne riječi: Ski-centar Bjelašnica, Babin do, sječe šuma, enormna gradnja, uticaji, posljedice

Uvod

Šumski ekosistemi su izloženi brojnim biotskim i abiotskim negativnim uticajima. Među biotskim uticajima antropogeni uticaji su veoma heterogeni i sa dalekosežnim posljedicama. U ovom pogledu, narušavanje i uništavanje prirodnog ambijenta i razni negativni uticaji na šumske ekosisteme, zagađenja voda i tla prisutni su, više ili manje, na prostorima ski-centara u Bosni i Hercegovini, planinama: Jahorini, Ravnoj planini, Bjelašnici, Igmanu, Vlašiću, Čvrsnici... Razvoj ovih centara, nažalost, prate gruba narušavanja prirodnog ambijenta, sječe šuma, gradnja objekata neprilagođenih prirodnom ambijentu, različita zagađenja tla i vode, introdukcija alohtone dendroflore prilikom "hortikulturnih uređenja"... Navedeni uticaji imaju za posljedice slabljenje stabilnosti šumskih ekosistema i u sinergiji sa uticajima klimatskih ekstrema i njihovo propadanje. Posljedice ovih uticaja su tim veće s obzirom na visinske položaje ski-centara – u pojasu su šuma bukve i jele sa smrčom i u pojasu subalpinskih šuma – i ugrožavanje prirodnih šuma rasprostranjenih

u Dinarskom planinskom sistemu. Očuvanje prirodnosti šuma osnov je za očuvanje stabilnosti šumskih ekosistema i njihove komparativne prednosti u odnosu na šume srednje i zapadne Evrope. Stanje i negativni uticaji u područjima ski-centara u Bosni i Hercegovini upozoravaju na opasnosti ugrožavanja i nestajanja komparativne prednosti šuma u Dinarskom području.

Babin do u Ski-centru Bjelašnica eklatantan je primjer uništavanja prirode, sječe šuma i ugrožavanja šumskih ekosistema, ugrožavanja biodiverziteta, zagađenja izvorišta voda i zagađenja tla.

Prirodne karakteristike područja

Babin do predstavlja reljefsku depresiju u podnožju sjeveroistočnih padina planine Bjelašnice, u kraškom prostoru planina Bjelašnice i Igmana. Ovaj prostor prema geomorfološkim, geološkim, pedološkim, klimatskim, florističkim, faunističkim i vegetacijskim obilježjima predstavlja reprezentanta kraških masiva u Dinarskom planinskom sistemu.

Kraški tereni sa svim fenomenima krša: vrtačama, škrapama, uvalama, ponorima, strmo se izdižu padinama iznad Sarajevskog polja, od 500 m n. v. do grebena planine Bjelašnice sa vrhom od 2067 m n. v. Posebno geomorfološko obilježje predstavljaju glacijalni cirkovi Velikog kotla i Malog kotla, svojevrsni geološki spomenici ispod grebena planine Bjelašnice, iz kojih se lednički materijal kretao kroz uvale. Homogenost geološkog sastava, jedri krečnjaci često dolomitizirani, "narušavaju" mase morenskih nanosa, koje zauzimaju velike površine u područjima uvala: Ravne vale, Igman šume, Radove šume, Babinog dola (Ćirić, 1966). Tereni su blagih reljefskih formi i beskameniti (Slika 1).

I u pedološkom pogledu bitne su razlike. Kraške terene odlikuje heterogenost i mozaičnost tipova tala i njihove dubine na maloj površini, smjenjuje se krečnjačka crnica (kalkomelanosol), smeđe tlo (kalkokambisol), ilimerizirano tlo (luvisol). Na grebenu i jako strmim padinama planine Bjelašnice dominira organogena crnica, naročito na ogoljelim terenima, gdje eolska erozija zadržava ovaj podtip tla (Ćirić, 1966). Ispod litičastih padina planine Bjelašnice su prisutne veće akumulacije krečnjačke drobine (litosola) formirane u podnožju. Za razliku od krečnjačkih tala, homogenost tla karakterizira površine morena na kojima je razvijen tip tla rendzina (Slika 1).



Slika 1. Morena kod Donje Grkarice
Figure 1. Morena near Donja Grkarica

Planinski kompleks Igmana i Bjelašnice ima veoma raznovrsne klimatske prilike (Ćirić, 1966):

– srednja godišnja temperatura na Igmanskoj površi iznosi 5,8°C, a na Bjelašnici 0,7°C,
– suma padavina na Igmanskoj površi je 1505 m/m, a na Bjelašnici 1921 m/m.

Padavine su u ovim zonama raspoređene gotovo u svim mjesecima tako da svi mjeseci imaju humidnu klimu. U depresijama klimatske prilike su mrazišnog tipa, mrazište na Velikom polju je u toku čitave godine čak 2–3°C hladnije od okolnih terena. Ovdje su zabilježene minimalne temperature ispod –40°C (Fukarek, 1962), što indicira inverzija šumske vegetacije i pojava mrazišnih šuma smrče.



Slika 2. Vegetacijski profil planine Bjelašnice (Foto: Sead Vojniković)
Figure 2. Vegetation profile of mountain Bjelašnica (Photo: Sead Vojniković)

Šumska vegetacija Ski-centra Bjelašnica je sastavni dio prostranih šumskih kompleksa na sjeveroistočnim padinama planine Bjelašnice i planinskog masiva Igmana. Ove predjele u vertikalnom nizanju šumske vegetacije karakteriziraju tri pojasa klimatogenih šuma (Slika 2), šume bukve i jele sa smrčom, a iznad 1500 (1550) m n. v. u subalpinskoj zoni je pojas subalpinskih šuma bukve koje dopiru do 1800 (1850) m n. v., a iznad ovih je pojas klekovine bora.

Najzastupljenije su šume bukve i jele sa smrčom, koje su prema edafskim i florističkim karakteristikama neutrofilnog karaktera i bogatog florističkog sastava. U području lokaliteta Ravna vala na sjeveroistočnim padinama planine Bjelašnice izdvojena je prašumska sastojina ovih šuma, koja čini "kariku" u nizu evidentiranih prašumskih rezervata u Dinaridima Bosne i Hercegovine (Beus et al., 2019). Prašuma je izdvojena u odjelu 106 G. j. "Igman", obuhvata površinu od 45 ha na nadmorskoj visini od 1280 do 1450 m. Geološka podloga su jedri i dolomitizirani krečnjaci sa karakteristikama krša na kojima su razvijena tla mozaično zastupljena i heterogena po tipu i dubini profila.

Šume pripadaju zajednici *Abieti-Fagetum dinaricum* Treg. 1941. Prašumu odlikuje velika brojnost vaskularnih biljaka. Na plohi 100 x 100 m registrirano je 95 vrsta vaskularnih biljaka (Beus i Vojniković, 2002). Od nižih biljaka, lišajeva i mahovina, maršrutnim istraživanjem utvrđeno je u ovoj prašumi 35 vrsta lišajeva i 29 vrsta mahovina, 17 na stablima i 12 mahovina na tlu

(Weckeser i Višnjić, 2005). U prašumi su prisutne različite faze razvoja: inicijalna, optimalna i terminalna faza, fizionomski izdiferencirane, i u tom pogledu terminalna faza prašume je veoma upečatljiva (Slika 3).



Slika 3. Terminalna faza prašume, fragment (Foto: Azer Jamaković)
Figure 3. Terminal phase of the virgin forest, fragment (Photo: Azer Jamaković)

Iako prašuma u Ravnoj vali nije formalno zaštićena, na osnovu prirodnih karakteristika, prema kategorizaciji IUCN može se svrstati u kategoriju "strogo zaštićena prirodna područja u svrhu naučnih istraživanja", izvanredno značajan prašumski rezervat sa naučnog, obrazovnog i kulturnog aspekta, koji treba biti uključen u Evropsku mrežu Natura 2000 zaštićenih prirodnih objekata.

Kao specifičnosti šumske vegetacije u području su mrazišne šume smrče u depresijama Velikog i Malog polja, intrazonalnog karaktera, kao karakteristična pojava inverzije vegetacije unutar pojasa šuma bukve i jele sa smrčom (Slika 4).



Slika 4. Mrazišne šume smrče u Velikom polju
Figure 4. Frosty spruce forests in Veliko polje

Ekstremno niske temperature (zabilježene su temperature ispod –40°C, Fukarek, 1962) odgovaraju smrči, uz koju su prisutne i neke borealne vrste u prizemnoj flori. Mrazišna klima i karakter biljnog listinca smrče uzrokuju otežano razlaganje organske materije i pojave nepovoljnih formi humusa, sirovi humus, i s tim u vezi izražen acidofilni karakter prizemne flore i sintaksonomsku izdiferenciranost ovih šuma kao asocijacija *Piceetum illyricum montanum* Fuk. et Stef. 1958.

Mikroinverzije vegetacije prisutne su i u pojasu subalpinskih šuma bukve (Fukarek, 1962). Ovdje se pojavljuje klekovina bora, a niže i manje sastojine smrče posebnog sastava, refugijalni lokalitet glacijalnog cirka Velikog kotla, a neposredno iznad se nastavlja visinski pojas klekovine bora. Uz hladniju mikroklimu, ova staništa karakteriziraju veće količine snijega i duže trajanje snježnog pokrivača, što indicira prisustvo vrsta borealnog karaktera, npr. *Dryas octopetala* L., *Empetrum nigru* L., subalpske vrbe (*Salix* sp.) i dr.

Područje između grebena planine Bjelašnice i podnožja planine Igman, rub Sarajevskog polja, karakterizira veliki broj životinjskih vrsta. Na ovom području obitava oko 50 vrsta sisara i oko 80 vrsta ptica (Karović i Kunovac, 2006; Kunovac et al., 2018). Od sisara, najznačajniji su krupni predatori: medvjed, vuk i ris, te vrste krupne divljači: srna, divokoza i divlja svinja. Među vrstama ptica posebno se ističu veliki tetrijeb i lještarka, kao i brojne vrste djetlića, sova i grabljivica, orlovi i sokolovi.

Uništavanje ambijentalne cjeline

Izgradnja i razvoj Ski-centra Bjelašnica započeo je sa pripremama Zimskih olimpijskih igara 1984. godine. Za potrebe ove olimpijade na planimi Bjelašnici i Babinom dolu izgrađena je potrebna infrastruktura: staze za takmičenja u disciplinama alpskog skijanja, vertikalni transport, objekti za dnevni boravak takmičara i gledalaca. Prilikom planiranja i izgradnje nastojalo se maksimalno očuvati ne samo prirodni ambijent Babinog dola već i jedinstveni prirodni ambijent planina Bjelašnice i Igmana. Tek kasnije izgrađen je hotel Famos, kasnije preimenovan u hotel Maršal, već godinama zatvoren i prepušten propadanju.

Po okončanju Olimpijade započete su rasprave, ubrzane izgradnjom ovog hotela, šta, kako i gdje graditi u Babinom dolu. Bila su prisutna različita gledišta u pogledu daljeg uređenja ovog prostora od strane stručnjaka iz oblasti urbanizma, zaštite prirode, šumarstva i vodoprivrede. Ipak, prevladala su mišljenja o potrebi maksimalnog očuvanja prirodnog ambijenta ne samo Babinog dola već i planina Bjelašnice i Igmana i gradnje ograničene i ukomponirane u prirodni ambijent Babinog dola (Beus, 2019). Međutim, krajem dvadesetog stoljeća otpočele su aktivnosti na Babinom dolu suprotne zauzetim stavovima. Započeta je gradnja apartmana, hotela i raznih pratećih objekata i sječa šuma (Slika 5).



Slika 5. Dio površine posječenih šuma
Figure 5. Part of the area of the cutting forests

Ova gradnja je ubrzo prerasla u enormnu i gradnju neprilagođenu prirodnom ambijentu, nepoznatu u zimskim centrima u svijetu, koja, nažalost, traje i danas (Slika 6).



Slika 6. Gradnja novih objekata (oktobar 2023)
Figure 6. Construction of new buildings (October 2023)

Smještajni kapaciteti umnogome prevazilaze kapacitete staza za skijanje i žičara. Nesrazmjera sa kapacitetom prostora je očigledna, a negativni uticaji i posljedice na prirodni ambijent, biodiverzitet, šumske ekosisteme, zagađenja, posebno zagađenja izvorišta voda su brojne i dalekosežne, potencirane specifičnostima krša.

Enormna gradnja i "gustina naseljenosti" ovog prostora (Slika 7) predstavljaju veliku opasnost za izvorišta vode, koja se vodom snabdijevaju iz kraškog podzemlja planina Igmana i Bjelašnice.



Slika 7. Pogled na dio naselja u Babinom dolu
Figure 7. View of part of the settlement in Babin do

Izvorišta vrela Bosne, najizdašnijih izvora pitke vode za grad Sarajevo, bila su više puta zagađena, čak i pojavom bakterije *Escherichia coli* zbog začepljenja kolektora iz Babinog dola i izlijevanja fekalija i otpadnih voda. Ove pojave, nažalost, nisu dovoljna opomena, a prijete i druga zagađenja vode iz prostora Babinog dola. Poslije sto pedeset godina korištenja vode za piće vrela Bosne, iznad izvorišta stoji upozorenje: "Voda nije za piće", napisano na našem i engleskom jeziku.

Ogromne i nepopravljive štete nanesene su živom svijetu u Babinom dolu i okolini. Pored golih sječa šuma i zauzimanja šumskog zemljišta za gradnju, živi svijet, flora, fauna i vegetacija, jako je oštećen, izložen različitim promjenama i nestanku.

Negativni uticaji na floru su drastični, na površinama posječenih šuma potpuno su izmijenjeni stanišni uslovi, što je rezultiralo nestankom vrsta šumskih sastojina. Introdukcija alohtone dendroflore (Slika 8) prilikom "hortikulturnih uređenja" uzrok je daljoj promjeni flore i negativnim uticajima na autohtoni biljni biodiverzitet i genofond.



Slika 8. Tuja je dominantna alohtona vrsta
Figure 8. Thuja is the dominant alochthonous species

Potencijalna opasnost su nove biljne bolesti i štetočine te invazivne vrste, koje širenjem ugrožavaju autohtonu floru i biodiverzitet.

Fauna, prvenstveno krupni predatori: medvjed, vuk, ris, krupna divljač: srna, divokoza i divlja svinja, te mnoge ptice, posebno veliki tetrijeb, izgubile su staništa i mir, što za posljedicu ima smanjenje i nestajanje nekih od navedenih vrsta faune i osiromašenje biodiverziteta šumskih ekosistema.

Prašumski rezervat u Ravnoj vali direktno je ugrožen. Dalje nepovoljno okruženje bi značilo gubitak ovog izvanredno značajnog prirodnog objekta sa naučnog, obrazovnog i kulturnog aspekta. Očuvanje ovog prašumskog rezervata i njegovo uključivanje u Evropsku mrežu Natura 2000 zaštićenih prirodnih objekata treba biti zadatak mjerodavnih institucija i političkih tijela Bosne i Hercegovine na putu za članstvo u Evropsku uniju.

Zaključak

Babin do na sjeveroistočnim padinama planine Bjelašnice je reljefska depresija, koja je predstavljala enklavu travne vegetacije unutar šuma bukve i jele sa smrčom. Prve gradnje u ovom području započete su u sklopu priprema i izgradnje potrebne infrastrukture za održavanje Zimskih olimpijskih igara 1984. godine. Tom prilikom nastojao se maksimalno očuvati prirodni ambijent. Međutim, krajem dvadesetog stoljeća započinje enormna gradnja, neprilagođena prirodnom ambijentu, apartmana, hotela, raznih pratećih objekata. Gradnja kontinuirano traje i širi se na površinama posječenih šuma. Prirodni ambijent je potpuno izmijenjen, posječene su šume, ugroženi šumski ekosistemi, biodiverzitet, genofond, divljač je izgubila stanište i mir, prijete introducirane alohtone vrste dendroflore, ogromna je opasnost zagađenja voda, već prisutna na izvorištu Vrelo Bosne...

Ovakav "razvoj", nanesene štete i posljedice rezultat su uskih lokalnih interesa, pod kojim se često skrivaju interesi pojedinaca, potpunog odsustva nadzora mjerodavnih institucija. Širi, opći interes, u ovom slučaju grada Sarajeva, na koji se reflektira stanje i događanja ne samo na Babinom dolu već i na planinama Bjelašnici i Igmanu, potpuno je zanemaren.

Šta dalje, dovedeni pred "svršen čin"! Razumno je zaustaviti dalju gradnju objekata i upropaštavanje prirode, spriječiti na vrijeme ponavljanje Babinog dola na Velikom polju na Igmanu za koje postoje slične namjere. Oko izgrađenih objekata i uz njih, gdje je moguće, sadnjom autohtone dendroflore oplemeniti prostor i ublažiti rogobatnost arhitektonskih i "urbanističkih" rješenja. Isključiti korištenje alohtone dendroflore, što je, inače, obaveza prema Zakonu o zaštiti prirode Federacije BiH, član 77, koji glasi: Zabranjena je introdukcija (unošenje) stranih vrsta/podvrsta u prirodu na području Federacije Bosne i Hercegovine.

Literatura

Beus, V. (2019): Bjesomučna gradnja u Babinom dolu na Bjelašnici. Naše šume, God. XVII, br. 56-57, Sarajevo.

Beus, V., Vojniković, S. (2002): Floristical characteristic of the virgin forest of beech and fir in Ravna vala on mountain Bjelašnica. Razprave Iv, Razreda SAZU, Ljubljana, XLIII-4, Ljubljana.

Beus, V., Jamaković, A., Smailhodžić, M., Tabak, A. (2019): Prašume Bosne i Hercegovine – Fotomonografija, Udruženje inžinjera i tehničara šumarstva Federacije Bosne i Hercegovine, Sarajevo.

Ćirić, M. (1966): Zemljišta planinskog područja Igman – Bjelašnica. Šumarski fakultet i Institut za šumarstvo u Sarajevu, Radovi, knj. 10, sv. 1, Sarajevo.

Fukarek, P. (1962): Inverzija vegetacije na planinskom masivu Igman – Bjelašnica. Narodni šumar, sv. 1–2, Sarajevo.

Karović, E., Kunovac, S. (2006): Područje sa posebnim karakteristikama: Igman – Bjelašnica – Treskavica – Kanjon Rakitnice (Visočica). HIS Development, LTD, Sarajevo.

Kunovac, S., Sekulić, Ž., Starogorčić, K., Omanović, M. (2018): Širenje areala risa (*Lynx lynx* L.) u Bosni i Hercegovini, Naše šume, XVI (50–51), Sarajevo.

Weckessr, M., Višnjić, Ć. (2005): Moose und flechten im urwald – reservate "Ravna vala" (Bosnien und Hercegovina), Herzogia, 18, Goerlitz, Deutschland, 223-229.

Posebna izdanja ANUBiH CCXI, OPMN 29, 226-238

Babin Do in the Ski Centre Bjelašnica – devastation of the natural environment in the Dinarides

Summary: The construction and development of the Bjelašnica Ski Centre began with the preparations for the 1984. Winter Olympics. For the purposes of the Olympic Games, the necessary infrastructure was built on the mountain Bjelašnica and in Babin do: trails for competitors in alpine skiing disciplines, vertical transportation system, facilities and lounges for competitors and spectators. During planning and construction, the utmost attention was paid to preserving the natural environment.

However, at the end of the twentieth century, a large scale construction began, apartments, flats, hotels and various accompanying facilities were built without taking account of the natural environment. Such construction has, unfortunately, continued to this day. Forests were cut down for the construction of buildings (Figure 4) and construction spread in the areas of former forests (Figure 5), disproportionate to the capacity of the area. Such architecture has not been seen in any winter centre in the word (Figure 6).

Forests were destroyed and large scale damages inflicted on the natural environment of only this area, but also of the karst massif of Bjelašnica and Igman. The area that is representative of karst landscapes in the Dinarides of Bosnia and Herzegovina, according to its natural, abiotic and biotic characteristics, has been devastated. The consequences are numerous and far-reaching for the flora, fauna and vegetation. The introduction of alloochthonous dendroflora poses a latent danger of the occurrence of new plant diseases and pests as well as invasive species. The stability of forest ecosystems is endangered as well as of indigenous biodiversity and the genofond, the rainforest reserve in Ravna vala in the immediate vicinity of Babin do. There is also a risk of water and soil pollution.

Unfortunately, the relevant institutions did not intervene at all, even in the case of water pollution of the Vrelo Bosne spring due to the failure of the collector from Babin do, the most abundant source of drinking water for the city of Sarajevo.

DOI: 10.5644/PI2024.211.14
Originalni naučni članak

Degradacija fenomena prirode – rijeka Bliha

Sadbera Trožić-Borovac, Senka Barudanović, Mahir Gajević, Senad Šljuka, Nerma Trožić, Irma Hasanbegović
Univerzitet u Sarajevu, Prirodno-matematički fakultet
E-mail: sadberatb@outlook.com

Apstrakt: Područje rijeke Blihe na lokalitetu vodopada Blihin skok, uslijed značajnih hidro-ekoloških karakteristika, predstavlja poseban prirodni fenomen. Fenomen prirode je naglasak na vodopadu koji tvori malo jezerce (nakon pada od 50–60 m), a nizvodno nastavlja brzim tokom tekućice okružene obroncima (desna obala korita) gusto obraslim stablima hrasta, bukve, javora, graba i dr. Kao posljedica sve intenzivnijeg korištenja prirode i njenih resursa, ovaj dio toka nije ostao netaknut. Neplanska sječa šuma je sveprisutniji vremenski uticaj na hidro-ekološke karakteristike samog vodotoka rijeke Blihe. Jedan od intenzivnijih pritisaka na datom prostoru (koji nema nikakav aspekt zaštite) predstavlja uzvodni površinski kop uglja na području Kamengrada. Cilj rada je ukazati na prirodne vrijednosti rijeke Blihe na području vodopada, koje su pod direktnim pritiscima, koji će rezultirati nestajanjem ili iščezavanjem biljnih i životinjskih organizama. Terenska istraživanja za potrebe ovog rada realizovana su u periodu od 2020. do 2021. godine. Na terenu su registrovane vegetacijske zajednice, izvršen je popis vrsta, procijenjena je pokrovnost, a za potrebe upoznavanja akvatičnih zajednica organizama izvršeno je uzorkovanje bentosa. Na obroncima istraživanog dijela rijeke Blihe razvijene su zajednice klasa: *Betula-Adenostyletea* Br.-Bl. 1946, *Alneta glutinosa* Br.-Bl. et Tx 1943, *Molinio-Juncetea* Br.-Bl. Ex O.Bolós 1950 i *Querco-Fagetaea* Br.-Bl. et Vliegere in Vlieger 1937. Iako je konstatovan značajan uticaj faktora degradacije (antropogeni), istraživani prostor karakteriše visok specijski diverzitet biljaka koji upućuje na visok ekosistemski i pejzažni diverzitet. Akvatični diverzitet karakteriše prisustvo predstavnika Amphibia, Pisces i bogatstvo oblika makrozoobentosa. Na temelju kvalitativno-kvantitativnog sastava uzoraka makrozoobentosa utvrđeno je prisustvo 18 taksa invertebrata sa dominacijom preimaginalnih stadija senzitivnih skupina insekata redova: Ephemeroptera, Plecoptera i Diptera. Ovaj dio vodotoka stanište je i zaštićene vrste *Austropotamobius torrentium* (ovo je prvi nalaz vrste na datom prostoru). Pritisci na ekosisteme kopna i vode se intenziviraju, te se u budućnosti očekuju daleko vidljiviji degradacijski stadiji.

Ključne riječi: biodiverzitet, pritisci, rijeka Bliha, stanište, vegetacijske zajednice, zaštita

Uvod

Riječni ekosistem svojim hidropotencijalom, tipom sedimenta, bioresursima, od davnina je važna komponenta svjetske ekonomije. Kroz analize ekologa tokom historije su istaknute težnje usklađivanja ekologije i ekonomije, kroz

modele tzv. "netržišne procjene prirode" (Odum i Odum, 1981; Georgescu-Roegen, 1976). Tokom historije u Evropi i cjelokupnom svijetu, na temelju sveobuhvatnih spoznaja o prirodi, razvio se kriterij po kojem se civilizacijska zrelost nekog naroda mjeri i njegovim odnosom prema prirodnoj i kulturnohistorijskoj baštini. Svjetska organizacija za zaštitu prirode (*The World Conservation Union* – IUCN) definirala je zaštićena područja kao jasno definiran geografski prostor koji je prepoznat i posvećen postizanju dugoročnog očuvanja prirode, s pripadajućim uslugama ekosistemima i kulturnim vrijednostima, i njime se upravlja putem pravnih ili drugih učinkovitih sredstava. Na području Bosne i Hercegovine ne postoji jedinstven pristup ovoj problematici, ali su zaštićena područja definisana u Zakonima o zaštiti prirode (Sl. novine FBiH, br. 66/13), Zakonima o vodama (Sl. novine FBiH, br. 07/06), Zakonima o zaštiti okoliša (Sl. novine FBiH, br. 15/21**)** i sl. Utvrđivanje prirodnih vrijednosti je uvod u određivanje stepena zaštite u cilju očuvanja prostora i uz njih vezanih ekosistema. Područje poriječja rijeke Sane kroz vrijeme ne prate intenzivna i detaljna istraživanja, koja bi u konačnici rezultirala zaštitom prostora, koji obiluje prirodnom, geološkom, kulturno-ekološkom heterogenošću. Prirodne vrijednosti područja rijeke Sane u literaturnim navodima djelomično su analizirane, a rezultati tih istraživanja ukazuju na veliku geološku, klimatogenu, vegetacijsku i hidrološku specifičnost. Širi prostor poriječja ove rijeke je u zoni uticaja umjerenokontinetalne klime koja se odražava na režim padavina, a sa druge strane na veliki diverzitet animalne i biljne komponente živog svijeta**.** Prostor Sanskog Mosta karakteriše velika geološka heterogensot te se navodi Sansko paleozojsko područje u BiH. Kao najstarije stijene čine ga naslage gornjeg devona, donjeg i srednjeg karbona i permotrijasa. Devon je u litološkom pogledu predstavljen krečnjakom, a na istraživanom području doline rijeke Blihe dominiraju stijene miocenske starosti izgrađene od naslaga uglja, ugljevite gline, ugljeviti škriljci, glinoviti lapori i poroviti krečnjaci (Temimović, 2007). Rijeka Bliha je lijeva pritoka rijeke Sane sa ušćem na teritoriji Sanskog Mosta, izvor rijeke je u mjestu Donji Lipnik (Skucani Vakuf) na 450 m n. v., samo izvorište je veoma razgranato, najznačajnije izvorišne pritoke su Blija i Suvača. Nizvodno sa lijeve strane prima pritoke Hatiraj, Suhaču i Modrašnicu. Rijeka Bliha nakon ušća Hatiraja ima širi tok, a na prostranim nizinama meandrira. Ukupna dužina toka je oko 27 km. Na području srednjeg toka prihranjuje se podzemnim kraškim vodama sa područja planine Grmeč i kraških zaravni Lušci polje.

Metode rada

Za potrebe utvrđivanja vegetacijskih zajednica na prostoru vodopada rijeke Blihe izvršena su terenska istraživanja u ljetnom periodu 2016. godine. Primijenjen je metod fitocenološkog snimka (Braun-Blanquet), veličina površine od 20 m^2 do 150 m^2, a vodotok rijeke Blihe istraživan je u periodu jula, augusta i septembra 2021. godine. Na terenu su izvršene analize sastava biljnih zajednica kroz pokrovnost i stepen očuvanosti. Uzorci za analizu sastava makrozoobentosa uzimani su bentos mrežom (NHBS profesionalna mreža) za dublje vode (Aquem metodologija), prostor istraživanja obuhvatio je rijeku Blihu od pada vodopada, te nizvodno na dužini od 100 m (Slika 1). Uzorkovano je 20 poduzoraka koji su obuhvatili zastupljena mikrostaništa po tipu sedimenta. Vodopad "Blihin skok" se formira na devetom kilometru njenog toka između Fajtovaca i Gornjeg Kamengrada.



Slika 1. Istraživani dio vodotoka rijeke Blihe (Trožić-Borovac, 2021)
Figure 1. The investigated part of the Bliha River watercourse (Trožić-Borovac, 2021)

Laboratorijski rad je obuhvatio separaciju organizama i njihovu determinaciju uz korištenje binookularane lupe i ključeva za determinaciju pojedinih skupina u sastavu makrozoobentosa (Hynes, 1977; Nilsson, 1996, 1997; Studemann et al., 1992, Waringer i Graf, 2011).

Statistička obrada podataka

Za poređenje staništa za 14 fitocenoloških snimaka na istraživanom području, primijenjena je klaster analiza.

Na temelju utvrđenog kvalitativno-kvantitativnog sastava makrozoobentosa aplicirani su indeksi u cilju određivanja kvaliteta vode kao parametra ekološkog stanja:

a. BMWP indeks (tabela 1) i ASPT indeks,
b. Indeks diverziteta Shannon-Weaver, 1949, formulom
   $H' = -\sum\left(\frac{ni}{N}\right)\log 2\left(\frac{ni}{N}\right)$, gdje je *H'* – indeks diverziteta; *ni* – broj jedinki i taksona, a *N* – ukupan broj jedinki u uzorku i
c. Saprobni indeks Pantle-Buck, 1955 – prema formuli:

$$SI = \frac{\sum h \cdot s}{\sum h},$$

gdje je *SI* – saprobni indeks, *h* – broj jedinki i takse ili relativna abundanca i *s* – saprobna vrijednost vrste/takse.

Za potrebe izračunavanja BMWP indeksa primijenjene su tolerantne vrijednosti za familije Armitage et al. 1983.

Tabela 1. Prikaz konstatovanih familija invertebrata u uzorcima zoobentosa rijeke Blihe na istraživanoj dionici, za izračunavanje BMWP indeksa

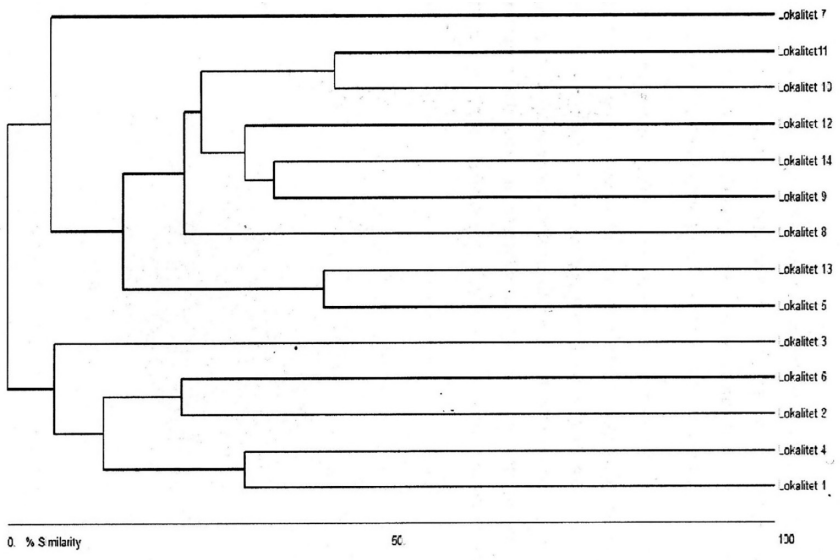
Table 1. Presentation of ascertained invertebrate families in the zoobenthos samples of the Bliha River in the investigated section, for calculating the BMWP index

Familija/Family	
Bythinidae	Nemouridae
Hydrachnidae	Rhyacophilidae
Gammaridae	Polycentropodidae
Astacidae	Athericidea
Baetidae	Chironomidae
Ephemeridae	Limoniidae
Ephemerellidae	Psychodidae
Heptagenidae	Elmiidae
Leuctridae	

Rezultati

Na prostoru vodopada Blihin skok u periodu istraživanja (Trožić, 2016) utvrđen je razvoj 14 biljnih zajednica koje su grupisane u šest grupa (Grafikon 1) prema osnovnim ekološkim faktorima (klaster analizom). Diferencijacija zajednica je utvrđena na temelju sličnih vegetacijskih podataka. Najudaljenije su zajednice *Petasition* i *Acerion pseudoplatani* (klaster 1 i 7), što je određeno različitim zahtjevima u pogledu uslova staništa, konfiguracije terena, tipa tla, prosječne godišnje količine padavina, temperature, osunčanosti i sl. Druga grupa staništa je u okviru sveze *Salicion albae*, treća grupa u svezi *Salicion glutinosae*, četvrta grupa u svezi *Molinion*, a peta (nešto termofilniji) i šeta grupa (uz vodotok rijeke Blihe) su u okviru sveze *Acerion pseudoplatani*. U okviru sveze *Petasition* konstatovana je vegetacija visokih zeleni, požarišta i sječina klase Betulo-Adenostyletea Br.-Bl. 48, razvijene na lokalitetima kamenite (krečnjak) obale rijeke Blihe. Dominantne vrste ove zajednice su: *Petasites hybridus*, *Mentha aquatica*, *Angelica archangelica*, *Equisetum palustre*, *Cirsium montanum* i dr. U okviru vegetacije lišićarsko-listopadnih šuma submediteranskog, brdskog, gorskog i subalpinskog pojasa klase Querco-Fagetea Br.-Bl. Et Villeg 37 utvrđene su dvije zajednice, sveze *Salicion albae*. Zajednica sa vrbom (snimak 4) razvijena je uz sam vodotok, sa primijećenim pojačanim intenzitetom antropogenog uticaja (uređenje prostora za turizam), na terenu koji je ravan sa koritom i prirodno plavi. Dominantne vrste ove zajednice su: *Salix alba*, *Salix purpurea*, *Angelica vericilaris*, *Potentila reptans*, *Petasites hybridus*, *Rorripa amphibia*. Druga grupa zajednica (snimci 5, 13 i 8) razvija se na staništima sa slabo izraženim nagibom, a u progradacijskom je stadiju. U spratu drveća dominiraju: *Carpinus betulus*, *Viburnum lantana*, *Fagus sylvatica*, *Acer campestre*, dok u spratu zeljastih biljaka dominiraju: *Phyllites scolopendrium*, *Asplenium trichomonas*, *Pulmonaria officinalis*. Treća grupa staništa (snimci 9, 14, 12, 10, 11 i 7) s izraženim nagibom ima progradicijski stadij zajednice. U spratu drveća dominiraju: *Quercus robur*, *Carpinus betulus*, *Acer pseudoplatanus*, *Ostrya carpinifolia*, *Cornus mas*, *Juniperus communis*, *Fraxinus ornus*, *Acer campestre*, *Sambucus ebulus*, *Euonimus europaeus*, *Daphne mezereum*, dok u spratu zeljastih biljaka dominiraju *Asplenium ceterach*, *Cyclamen purpurascens*, *Campanula trachelium*, *Polypodium vulgare*. Vrste koje naseljavaju prostor su donjeg montanog i gornjeg brdskog pojasa, subokeanskog do subkontinentalnog rasprostranjenja. Vegetacija higrofilnih šuma johe klase Alnetea glutinosae Br.-Bl. Et Tx.43 (snimci 2 i 6), slabije je razvijena zajednica crne

johe usljed izraženog antropogenog uticaja, sa dominacijom vrsta: *Alnus glutinosa*, *Acer tataricum*, *Salix purpurea*, *Stellaria media*, *Stenactis annua*, *Festuca heterophylla*, *Lycopus europaeus*. Vegetacija higrofilnih livada klase Molinio-Juncetea Br.-Bl.47 (fitocenološki snimak 3) u neposrednoj je blizini vodotoka, izraženo ugažena (ljudskim djelovanjem), a karakteriše je visok nivo podzemne vode sa dominacijom vrsta: *Ranunculus nemorosus*, *Polygonum sp.*, *Convolvus arvensis*, *Poa annua*, *Poa nemoralis*.

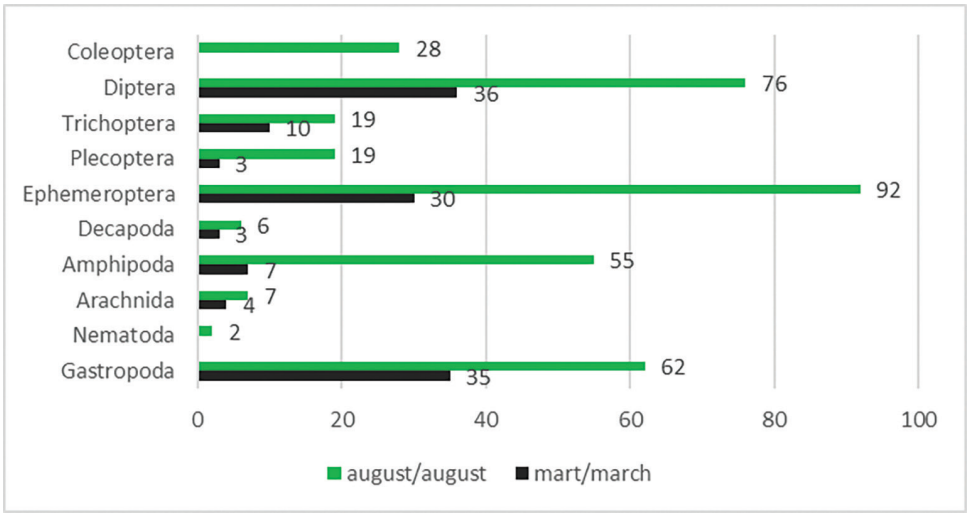


Grafikon 1. Klaster analiza (dendogram) utvrđenih biljnih zajednica na širem području vodopada rijeke Blihe

Graph 1. Cluster analysis (dendogram) of established plant communities in the wider area of the Bliha River waterfall

Na temelju analize sastava zoobentosa (makrozoobentosa) utvrđeno je prisustvo 18 taksa sa ukupno 506 jedinki u dva perioda istraživanja od marta do augusta 2021. godine (Grafikon 2). U toku marta uzorkovano je samo 136 jedinki sa 15 taksa, a u augustu uzorci makrozoobentosa sadrže 373 jedinke makroinvertebrata sa 16 taksa. U uzorcima su prisutni predstavnici: Ephemeroptera (*Baetis sp.*, *Ephemerella major*, *Ephemera danica*, *Ecdyonurus sp.*), Plecoptera (*Protonemura sp.* i *Leuctra sp.*) i Trichoptera (*Plectrocnemia sp.* i *Rhyacophila sp.*). Veliku brojnost postižu preimaginalni stadiji predstavnika reda Diptera (familije: Chironomide, Athericidae, Limoniidae, Psychodidae), posebno u uzorcima iz augusta mjeseca. Faunistički je veoma važan nalaz zaštićene vrste potočnog raka *Austropotamobius*

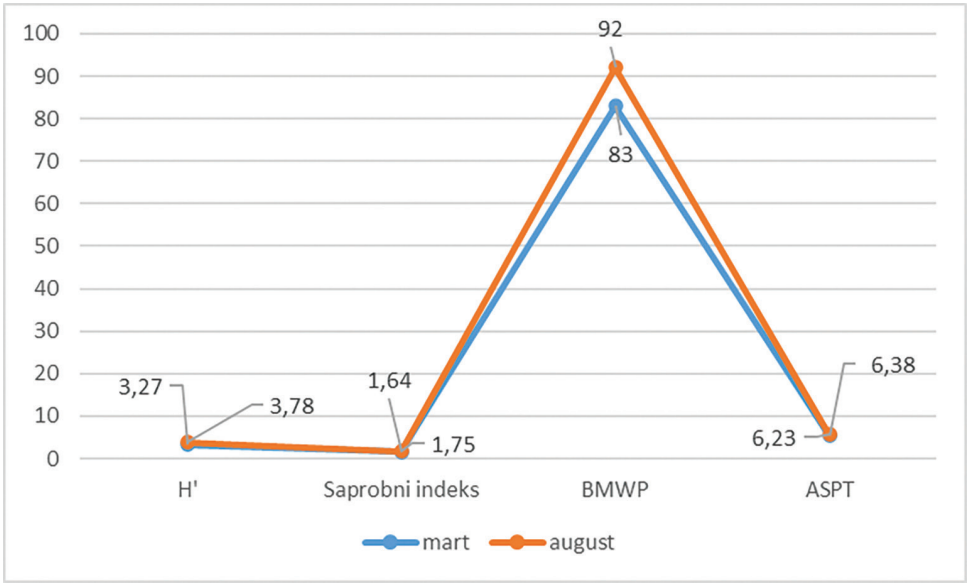
torrentium (Shrank, 1803) koja je relativno široko rasprostranjena u poriječju rijeke Sane, ali je u ovim istraživanjima na lokalitetu rijeke Blihe prvi put konstatovana. Prilikom uzorkovanja (mjesec august) voda je imala sivu boju od utoka otpadnih voda površinskog kopa uglja uzvodno na području Kamengrada. Pored toga, na istraživanoj dionici registrovano je bogastvo amfibija (žabe) i riba (posebno mlađi). Providnost vode zbog zamućenja bila je mala. Dominira sediment mezolital, sa prisustvom: psamala, mulja, fitala, mikrolitala i megalitala.



Grafikon 2. Prikaz broja jedinki i taksa makroinvertebrata u uzorku zoobentosa rijeke Blihe na istraživanoj dionici vodopada Blihin skok, 2021.

Graph 2. Presentation of the number of individuals and taxa of macroinvertebrates in the zoobenthos sample of the Bliha River at the investigated section of the Blihin Skok waterfall, 2021

Temeljem obrade rezultata kvalitativno-kvantitativnog sastava invertebrata u uzorcima makrozoobentosa i njihove primjene u statističkoj analizi (aplikacija indeksa u cilju ocjene ekološkog stanja), utvrđeno je da je BMWP indeks iznosi 83, što prostor rangira u II kategoriju kvaliteta (Grafikon 3), a ASPT indeks, koji iznosi 6,33 i 6,38, ukazuje na I stupanj kvaliteta ili čistu vodu. Vrijednosti saprobnog indeksa u oba perioda istraživanja su u kategoriji čistih voda I do II kategorije kvaliteta, kao i prema indeksu diverziteta koji je relativno visok (3,78 i 3,27) i ukazuje na raznovrsnost oblika i mikrostaništa, te I kategoriju kvaliteta vode (Grafikon 3).



** H' – Shannon-Weaver indeks diverziteta*

Grafikon 3. Prikaz vrijednosti apliciranih indeksa na temelju uzoraka makrozoobentosa rijeke Blihe u martu i augustu 2021. godine

Graph 3. Presentation of the values of applied indices based on macrozoobenthos samples of the Bliha River in March and August 2021

Diskusija

Rezultati terenskih i laboratorijskih analiza pokazuju visok stepen diverziteta vegetacije na istraživanom području, koji su rezultat velikog stepena ekosistemskog i pejzažnog diverziteta, uključujući specijski diverzitet, kao i mogućnost udruživanja vrsta u zajednice, odnosno ekosisteme. To je vidljivo u vegetaciji lišićarsko-listopadnih šuma submediteranskog, brdskog, gorskog i subalpinskog pojasa, gdje je na istraživanom prostoru rijeke Blihe konstatovano nekoliko zajednica sa sličnim ekološkim uslovima, a variranje florističkog sastava omogućeno je kroz variranje nekih od faktora kao što su: temperatura, kontinentalnost, vlažnost, svjetlost, humidnost i sl.. Tipovi disperzije kod vrsta u istraživanim zajednicama su raznoliki, a ističe se meteorohorija, dishorija, endohorija i mirmekohorija, a javljaju se u svim istraživanim zajednicama prostora. Oprašivanje najvećeg broja biljaka u istraživanim zajednicama vrši se pomoću insekata (entomofilno), što indicira visok razvoj faune insekata kopna (leptiri, opnokrilci, samo pčele), ali se javlja oprašivanje vjetrom i

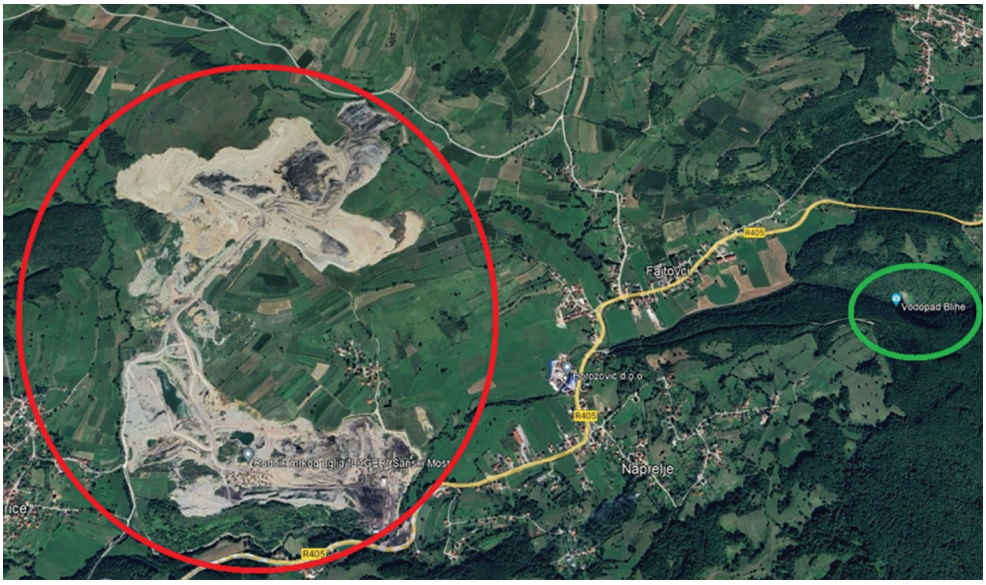
pticama. Primjena fitocenološkog metoda u istraživanjima je ekološka, jer uz fitocenozu uključuje komponente životne sredine kao što su geološka podloga, orografski faktori, zemljište, klima, uz sagledavanje antropogenih uticaja (Lakušić et al., 1977), i najobjektivnije ukazuje na stanje ekosistema i šireg prostora. Prirodne vrijednosti podsliva rijeke Une razmatrane su kroz vegetacijske karakteristike, kada se već naglašava intenzivan antropogeni pritisak kroz sječu, požare, krčenje, opće zagađenje polutantima zemljišta i vodnih resursa (Redžić et al., 1991). Prvi podaci o stanju živog svijeta bentosa akvatičnog ekosistema rijeke Blihe na području vodopada upućuju na visok biodiverzitet, sa zastupljenošću taksa osjetljivih na zagađenja i promjene općih ekoloških uslova. Broj jedinki (u vrijeme nižeg vodostaja) je reprezentativan za ovaj dio vodotoka, kao rezultat unosa alohtone organske materije (opalog lišća, drveće i sl.), kao resurs ishrane i većeg broja ekoloških niša. Prisutne su tek utvrđene vrste potočnog raka koje su na IUCN listi zaštićenih vrsta (status zbog nedostatka podataka još nije utvrđen), na dodatku III konvencije o zaštiti evropskih divljih vrsta i prirodnih staništa (Bernska konvencija), kao i na Dodatku II i Dodatku V Direktive o zaštiti prirodnih staništa i divlje faune i flore (Trožić-Borovac, 2011). Autohtone su za prostor Bosne i Hercegovine (za ostatke zemlje Balkana, te Austriju, Njemačku, Grčku, Bugarsku, Italiju, Švicarsku, Francusku, Češku, Slovačku i Mađarsku). Ova činjenica, kao i aplicirani indeksi u ocjeni kvaliteta vode kao parametara ekološkog stanja, obavezuju na pokretanje zakonskih procesa u obezbjeđivanju uslova za zaštitu šireg prostora rijeke Blihe sa vodopadom. Činjenica je da je procesom koncesije počeo aktivno da radi površinski kop uglja uzvodno od vodopada, a aktivnosti (nelegalne i neusaglašene uglavnom) koje sprovode izvršioci (samo pojedinci bez zapošljavanja radnika) kroz stvaranje iskopina i erozijom nakupljenog materijala u okolne vodotoke i rijeku Blihu (Slika 2) iniciraju promjenu boje, zatrpavanje sedimenta i ukupnu degradaciju prostora. Zatrpavanjem pritoka Blihe smanjuje se dotok svježe vode i s tim u vezi u ljetnim mjesecima bilježe se ekstremno niski vodostaji, koji će se u konačnici odraziti i na nivo vode kopna, što će uticati na rast i razvoj vegetacije ovog prostora.



Slika 2. Izgled vodopada i boja vode u martu i augustu 2021. godine (Trožić-Borovac, 2021)
Figure 2. The appearance of the waterfall and the color of the water in March and August 2021 (Trožić-Borovac, 2021)

Dokumentacija stanja prirode kroz analizu kopna i vode rijeke Blihe na širem području vodopada, u vremenu kada je proces rada površinskog kopa tek vidljiv, veoma je značajna jer će "očigledno" biti dokaz stanja koje je bilo. Degradacija rijeke Blihe na istraživanoj dionici nije lokalni problem, već globalni, s obzirom na to da ova pritoka unosi vodu u rijeku Sanu, a sa njom i sve polutante prisutne u otpadnom materijalu površinskog kopa, ulja, maziva, nafte i sl. Akumulacija i bioakumulacija su procesi koji u krajnjem najveće štete nanose uzročnicima tih pojava, čovjeku. Organizmi zoobentosa koji su vezani za sediment u direktnoj su opasnosti usljed njihovog načina ishrane, koji ukazuje na to da su većina sakupljači i strugači, obično se hrane detritusom i perifitonom (Jacobus et al., 2019), a sa tim unose i polutante koji se od otpadnih voda ulijevaju u vodotok. Površinska eksploatacija ugljena je intenzivan proces koji uključuje skidanje prirodnog sedimenta i vegetacije, za potrebe lakšeg pristupa slojevima ugljena (Slika 4). Osim velikih promjena topografije i morfologije

riječnih tokova na lokacijama rudnika, velike količine promijenjenih stijena i zemljišta su izložene vremenskim uvjetima padavinama, mobilizirajući otopljene materije u nizvodnim vodenim tokovima. Površinska eksploatacija ugljena utječe na lotičke sisteme kroz pojedinačne i kombinirane uticaje toka promjene staništa, promjene kvalitete vode i povećano otpuštanje potencijalno toksičnih jedinjenja, posebno (Se) selena (Kuchapski i Rasmussen, 2015). Povišene koncentracije selena izmjerene su u tijelu jedinki makrobeskičmenjaka nizvodno od površinskih kopova, a registrovani su subletalni toksični efekti koji uključuju smanjenje rasta jedinki, a uticaji na razmnožavanje uočeni su u određenim taksonima pri relativno niskim koncentracijama.



Slika 3. Položaj površinskog kopa uglja i položaj vodopada rijeke Blihe (*Google Earth pro*)
Figure 3. The location of the surface coal mine and the location of the Bliha River waterfall (Google Earth pro)

Kvalitet prirode mora se održati u područjima zahvaćenim površinskom eksploatacijom ugljena. To zahtijeva dizajniranje i razvoj ekološki osjetljivih strategija za vađenje ugljena i melioraciju zemljišta. Zahtijeva rigoroznu kontrolu utjecaja na životnu sredinu i okoliš, više obavezuje na osiguravanje produktivne i održive obnove zemljišta. Najveće prijetnje budućnosti industrije površinskog rudarstva su nedostatak javne tolerancije, nasljeđe oštećenog zemljišta s nepotpunom ili nekvalitetnom sanacijom zemljišta i problemi onečišćenja – ponajprije oni zbog taloženja kiseline iz elektrana na ugljen. Zagađenje bukom je veliki problem i poseban vid zagađenja, koji utiče na

faunu i ljudsku populaciju (domicilno stanovništvo). Trenutna glasnoća od miniranja može doseći 100 dBA, a vibracije se mogu osjetiti do 2 km udaljenosti. Zagađenje bukom, posebno onom zbog miniranja, može se smanjiti striktnim pridržavanjem standarda emisije buke (Haigh, 1993). U novijim istraživanjima uticaja površinskog kopa na životnu sredinu na području Bora (Srbija) naglašava se da je efekat buke koordiniran softverom za modeliranje SoundPlan 8.1, ali da nije postignut postavljeni efekat (Pantelic et al., 2023).

Zaključak

Na širem području vodopada rijeke Blihe utvrđen je visok diverzitet staništa koji indicira visok specijski i ekosistemski diverzitet. Konstatovane vegetacijske zajednice razvijene na istraživanom području (14 fitocenoloških snimaka) opisane su u okviru 4 različte klase (Querce-Fagetea, Alnetea glutinose, Molinio-Juncetea i Betulo-Adenostyletea) i pet različitih sveza. Visok specijski diverzitet prikazan je kroz 20 vrsta u spratu drveća, 29 vrsta u spratu niskog drveća i grmlja i 113 vrsta u spratu zeljastih biljaka. Sediment riječnog toka Blihe odlikuje relativna heterogenost sa dominacijom mezolitala (60%), ali i razvojem mulja, fitala, mikrolitala, megalitala i psamala. U sastavu faune rijeke Blihe na istraživanom području registrovano je prisustvo senzitivnih grupa preimaginalnih stadija insekata redova Ephemeroptera, Trichoptera i Plecoptera, a posebno se ističe razvoj populacije potočnog raka *Austropotamobius torrentium*, koji je zaštićena vrsta (Evropa i BiH), i zaštita se prvenstveno odnosi na staništa ove vrste. U radu su prvi objavljeni podaci o istraživanom prostoru, a istaknut je biodiverzitet kopna i akvatične sredine koji indicira veliku posebnost i raritet prostora, koji karakteriše kanjonski dio. Na temelju prisustva vodopada, kao i specijskog diverziteta, prostor sam po sebi predstavlja prirodni fenomen i kao takav zahtijeva stepen zakonske zaštite utemeljen na odredbama Zakona o zaštiti prirode FBiH (Sl. novine FBiH, broj*:* 66/13). Ova odluka je relativno zakasnjela, jer je rijeka Bliha na istraživanom dijelu i uzvodno pod direktnim uticajem površinskog kopa uglja u Kamengradu, koji svojim aktivnostima prijeti potpunim promjenama istraživanog područja, kroz nesagledive negativne posljedice. Stoga je rad realizovan u cilju naglaska prirodnih vrijednosti koje već u recentnom vremenu usljed neusklađene integracije prirode i ekonomije, zakonskih propisa i realizacije, postaju prošlo vrijeme. Pristup upravljanja životnom sredinom ujedinjen s procjenom uticaja na okoliš i pravilno implementiran u fazi planiranja rudarskog projekta mogao bi napraviti razliku između ekonomski izvodljivog

projekta i njegovog ekonomskog neuspjeha. Upravljanje životnom sredinom, u cilju očuvanja i unapređenja, zaštite prirodnih resursa i ljudi, može poboljšati produktivnost i odnose sa zajednicom, a time i ostvariti veći profit.

Literatura

Armitage, P. D., Moss, D.,Wright, J. F., Furse M. T. (1983): The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites, Water Research, 17 (3), 333-347.

Georgescu-Roegen, N. (1976): Energy and Economic Myths: Institutional and Analytical Economic Essays, Pergamon Press, New York.

Haigh, M. J. (1993): Surface mining and the environment in Europe, International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment, 7 (3), 91-104.

Hynes, H. B. N. (1977): A Key to the adults and nymphs of the British Stoneflies (Plecop-tera). With notes on their Ecology and Distribution, Scientific Publication No. 7, Freshwater Biological Association.

Jacobus, L. M., Macadam, C. R., Sartori, M. (2019): Mayflies (Ephemeroptera) and Their Contributions to Ecosystem Services, Insects, 14, 10(6), 170.

Kuchapski, K. A., Rasmussen, J. B. (2015): Surface coal mining influences on macroinvertebrate assemblages in streams of the Canadian Rocky Mountains, Environmental Toxicology and Chemistry, 34 (9), 2138-2148.

Lakušić, R., Pavlović, D., Abadžić, N., Grgić, P. (1977): Prodromus biljnih zajednica Bosne i Hercegovine, Godišnjak Biološkog instituta Univerziteta u Sarajevu, IGKRO Svjetlost, Sarajevo.

Nilsson, A. (1996): Aquatic Insects of North Europe. A taxonomic handbook. Vol. 1: Ephemeroptera. Plecoptera, Heteroptera, Magaloptera, Neuroptera, Coleoptera, Trichoptera and Lepidoptera. Apollo Books, Stenstrup, Denmark.

Nilsson, A. (1997): Aquatic Insects of North Europe. A taxonomic handbook. Vol. 2: Odonata, Diptera, Apollo Books, Stenstrup, Denmark.

Odum, H. T., Odum, C. E. (1981): Energy Basis for Man and Nature, McGraw Hill,. New York 3.

Pantelic, U., Lilic, P., Cvjetic, A., Lilic, N. (2023): Environmental Noise Impact Assessment for Large-Scale Surface Mining Operations in Serbia, Sustainability, 15 (3), 1798.

Redžić, S., Muratspahić, D., Lakušić, R. (1991): Uticaj antropogenih faktora na vegetaciju ekosistema sliva Une, Zbornik radova: Naučni skup o valorizaciji prirodnih i društvenih vrijednosti sliva rijeke Une, Bilten 6. Društvo ekologa Bosne i Hercegovine, 81-86.

Studemann, D., Landolt, P., Sartori, M., Hefti, D., Tomka, I. (1992): Ephemeroptera, u: Schweizerische Entomologische Gesellschaft, Insecta Helvetica – Fauna, Bd. 9.

Temimović, E. (2007): Sana river drainage area – population, use and water protection, Geoadria, 12(1), 23-45.

Trožić, N. (2016): Konzervacijski status područja vodopada Bliha općina Sanski Most, diplomski rad, Prirodno-matematički fakultet Sarajevo.

Trožić-Borovac, S. (2011): Freshwater crayfish in Bosnia and Herzegovina. the first report on their distribution, Knowl. Managt. Aquatic Ecosyst., 401, 26p1-26p13.

Waringer, J., Graf, W. (2011): Atlas of Central European Trichoptera Larvae, Eric Mauch Verlag, Germany.

Westman, W. E. (1977): How much are nature's services worth?, Science 197 (4307), 960-964.

Degradation of natural phenomena – Bliha River

Summary: The area of the Bliha River at the site of the Bliha Skok waterfall, due to its significant hydrological and ecological characteristics, represents a special natural phenomenon. The emphasis is on the waterfall that creates a small lake (after a fall of 50–60 m), and continues downstream with a rapid flow surrounded by densely overgrown oak, beech, maple, hornbeam, etc. trees. As a result of the intensive use of nature and its resources, this part of the stream has not remained intact. Unplanned felling of forests is a ubiquitous weather influence on the hydroecological characteristics of the Bliha River watercourse itself. One of the most intense pressures on the given area (which does not have any aspect of protection) is represented by the upstream surface coal mine in the area of Kamengrad. The goal of the work is to highlight the natural values of the Bliha River in the area of the waterfall, which are under direct pressure, which will result in the disappearance of plant and animal organisms. Field research was conducted in the period from 2020 to 2021. Analyzes of vegetation communities, species list, cover analysis, and benthos sampling were performed on the field. On the slopes of the river Bliha, communities of the following classes have developed: Betula-Adenostyletea Br.-Bl.1946, Alneta glutinosa Br.-Bl. et Tx.1943, Molinio-Juncetea Br.-Bl. Ex O.Bolós 1950 and Querco-Fagetaea Br.-Bl.et Vliegere in Vlieger 1937. The community of Salicion alba on the left side of the Bliha river bed, due to anthropogenic activities, shows a moderate to pronounced degree of degradation. Although a significant influence of degradation factors (anthropogenic) was observed, the investigated area is characterized by a high species diversity of plants, which points to a high ecosystem and landscape diversity. Aquatic diversity is characterized by the presence of representatives of Amphibia, Pisces and a wealth of zoobenthos. Based on the qualitative-quantitative composition of the zoobenthos, the presence of 18 taxa of invertebrates was determined, with predominance of preimaginal stages of sensitive groups of insects of the orders: Ephemeroptera, Plecoptera and Diptera. This part of the watercourse is also the habitat of the protected species *Austropotamobius torrentium* (this is the first finding of the species in this area). Pressures on land and water ecosystems are intensifying, and far more visible stages of degradation are expected in the future.

DOI: 10.5644/PI2024.211.15
Originalni naučni članak

Endemična podvrsta gloga *Crataegus microphylla* Koch. subsp. *Malýana* K. I. Chr. & Janjić u flori Bosne i Hercegovine

Neđad Bašić
Univerzitet u Sarajevu, Šumarski fakultet
E-mail: n.basic@sfsa.unsa.ba

Fatima Pustahija
Univerzitet u Sarajevu, Šumarski fakultet

Edina Muratović
Univerzitet u Sarajevu, Prirodno-matematički fakultet

Apstrakt: Novija istraživanja bosanskohercegovačkih populacija glogova i njihova taksonomska numeracija rezultirala je spoznajom o prisutnosti jedne nove vrste gloga u flori Bosne i Hercegovine. Vrsta *Crataegus microphylla* K. Koch svrstava se u grupu jednokoštičavih glogova. U najzapadnijim dijelovima njenog areala, unutar izolovanih populacija, dolazi naša novoopisana endemična podvrsta (subsp. *malýana* K. I. Chr. & Janjić). U radu su prezentovane osnovne morfološko-taksonomske i horološko-ekološke karakteristike neophodne za uspješno prepoznavanje ove vrste kao i njene novoopisane podvrste.

Ključne riječi: *Crataegus* L., endem, glog, horologija i ekologija, morfologija

Uvod

Glogovi (*Crataegus* L.) se tradicionalno svrstavaju unutar tribusa Crataegeae, subfam. Maloideae i familije Rosaceae (Phipps et al., 1991; Christensen, 1992). Uzroke velike polimorfnosti roda, prema mnogim autorima, treba tražiti u procesima hibridizacije, introgresije, poliplodidije i apomiksije (Byatt, 1974; Lippert, 1978; Baranec, 1986; Christensen, 1992; Talent i Dickinson, 2005; 2007). Značajan broj opisanih svojti i njihova izražena varijabilnost umnogome usložnjavaju sistematsko-taksonomska istraživanja ove polimorfne grupe, a rod *Crataegus* čini jednim od kompleksnijih i zahtjevnijih unutar skupine skrivenosjemenjača. Trend dodjeljivanja statusa vrste svim geografskim i morfološko devijantnim grupama rezultirao je velikim brojem vrsta unutar roda *Crataegus* (Albarouki i Peterson, 2007).

Najnovija istraživanja autohtonih vrsta roda *Crataegus* u Bosni i Hercegovini doprinijela su boljem razumijevanju i razlikovanju vrsta glogova i njihovih infraspecijskih kategorija. U tom smislu, izdvajanje značajnih diskriminirajućih morfoloških karakteristika pomaže lakšoj identifikaciji glogova na terenu (Janjić, 2002; Bašić, 2004). Flora Bosne i Hercegovine je bogatija za jednu novu vrstu *C. microphylla* K. Koch, a njena podvrsta subsp. *malýana*, koja dolazi samo u Bosni, novi je takson za naučnu javnost i opisali su je Christensen i Janjić (2006). Također, *Crataegus microphylla* subsp. *malýana* priznata je u okviru svjetske baze The World Flora Online (WFO, 2024).

Cilj ovoga rada je širenje spoznaja o specijskom i intraspecijskom diverzitetu autohtone flore i upoznavanje javnosti sa novom utvrđenom vrstom gloga u Bosni i Hercegovini. U tom smislu, analiza morfološko-ekoloških karakteristika endemične podvrste *Crataegus microphylla* subsp. *malýana* neophodna je kako bi se pospješio proces očuvanja i zaštite autohtonog genofonda, a prije svega rijetkih, nedovoljno poznatih i ugroženih biljnih taksona.

Materijal i metode

Istraživanja vezana uz ovaj rad obavljena su u okviru Katedre za ekologiju šuma i urbanog zelenila na Univerzitetu u Sarajevu – Šumarski fakultet i Herbarijumu Zemaljskog muzeja u Sarajevu (SARA). Uporednomorfološkom metodom izvršena je determinacija vrsta čiji su uzorci sakupljeni širom Bosne i Hercegovine. Za potrebe morfometrijskih analiza korišteno je 19 jedinki determinisanog taksona *Crataegus microphylla* subsp. *malýana* iz pet bosanskohercegovačkih populacija iz okoline: Zenice (Grašnica – 9 i Smetovi – 2), Kakanj (Tičići – 2) i Sarajeva (Trebević – 3 i Sudenkovići – 3). Za mjerenje listova korišteno je pet subdistalnih listova cvjetnih kratkorasta i 30 plodova po jedinki (Tabela 1). Materijal je prikupljan u različitim fenološkim fazama (listovi, plodovi i cvjetovi) i obrađen prema Christensen (1992) i Bašić (2004). Analizirani uzorci predstavljaju dio dobro dokumentovanog materijala o bosanskohercegovačkim glogovima koji je deponovan u herbariju Univerziteta u Sarajevu – Šumarski fakultet, a istraživan je u proteklih dvadeset i pet godina.

U radu su detaljnije obrađeni i pojašnjeni najznačajniji diskriminirajući morfološki karakteri za razlikovanje i identifikaciju autohtonih vrsta jednokoštičavih glogova. Horološko-ekološke karakteristike ove nove podvrste urađene su na osnovu dugogodišnjih studioznih terenskih istraživanja i analitičko-sistematskih opservacija svih relevantno prikupljenih podataka.

Procjena i kategorizacija ugroženosti je izvršena prema važećim kriterijima IUCN (IUCN, 2017).

Rezultati i diskusija

Morfološko-taksonomske karakteristike

Opravdanost taksonomskih istraživanja glogova u Bosni i Hercegovini ne ogleda se samo u istraživanju njihove ukupne varijabilnosti nego i u potrebi činjeničnog ustanovljavanja broja vrsta koje prirodno dolaze u nas (Bašić, 2004). Uvidom u dostupnu literaturu i herbarski depo SARA, a vezano uz bosanskohercegovačke glogove, može se utvrditi da ovaj rod nije bio dovoljno usaglašen sa taksonomsko-sistematskog aspekta u vezi s brojem vrsta glogova i njihovim taksonomskim statusom (Beck-Mannagetta, 1927; Fukarek, 1959; 1974). Herbarsku zbirku glogova Zemaljskog muzeja BiH uglavnom čine uzorci koje je prikupio i pohranio poznati botaničar Karlo Malý. Malý (1919, 1940) cijelu skupinu jednokoštičavih glogova označava kao vrstu *C. monogyna* Jacq. Unutar navedene vrste izvršio je i određenu diferencijaciju na niže taksonomske grupe. Posebno interesantno je nekoliko uzoraka, sakupljenih početkom prošlog vijeka, koje je Malý označio kao *C. monogyna* var. *ronnigeri* Malý (inventarni broj 16774, 16776, 16778, 16787 i 16827). Kasnijom taksonomskom revizijom potvrđeno je da ovi primjerci odgovaraju opisu vrste *C. microphylla*. U čast ovoga slavnog botaničara novoopisanoj endemičnoj podvrsti Christensen i Janjić (2006) daju ime subsp. *malýana*. Također, treba napomenuti da u spomenutoj zbirci nisu izdvajane ni posebno tretirane određene hibridne skupine glogova, mada se one uočavaju (Bašić, 2004).

Početkom 2000-ih godina započinje opsežnije istraživanje bosanskohercegovačkih populacija glogova. Provedena istraživanja rezultirala su identifikacijom dviju novih vrsta jednokoštičavih glogova za floru Bosne i Hercegovine. Pored vrste *C. monogyna* tu su još i *C. rhipidophylla* Gand. i *C. microphylla* te jedna poznata vrsta višekoštičavog gloga *C. laevigata* (Poir.) DC. Također, detaljno su obrađene i individue koje su posljedica njihovog međuvrsnog ukrštanja kojima se stvaraju složeni hibridni kompleksi što umnogome otežava i usložnjava taksonomsku identifikaciju (Janjić, 2002; Bašić, 2004; 2009; Christensen i Janjić, 2006).

Rezultati morfometrijskih mjerenja subdistalnih listova cvjetnih kratkorasta *C. microphylla* subsp. *malýana* predstavljeni su u tabeli 1. Dobiveni rezultati predstavljaju prvi detaljniji prikaz relevantnih morfometrijskih analiza

listova i plodova unutar pet istraživanih bosanskohercegovačkih populacija ove endemične podvrste. Prezentirani rezultati neznatno odstupaju u odnosu na ranije publikovane rezultate vezane uz istraživanje taksona *Crataegus microphylla* subsp. *malýana* (Christensen, 1992; Bašić, 2004; Christensen i Janjić, 2006).

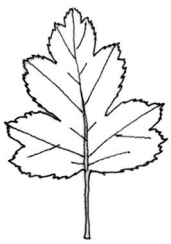
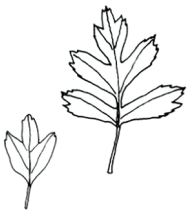
Tabela 1. Rezultati morfometrijskih analiza listova i plodova *Crataegus microphylla* subsp. *malýana*
Table 1. Results of the morphometric analysis of the leaves and fruits of Crataegus microphylla *subsp.* malýana

Morfometrijski karakteri	Min	Max	$\bar{x} \pm$ St. dev.	Koef. varijab. (%)
Subdistalni listovi cvjetnih kratkorasta				
Dužina lista (mm)	21,0	38,3	28,9 ±3,7	12,9
Širina lista (mm)	22,0	41,0	28,6 ± 3,4	11,8
Rastojanje od donjeg usjeka režnja do vrha lisne plojke (mm)	10,4	24,1	17,8 ± 2,8	15,4
Rastojanje od donjeg usjeka režnja do baze lisne plojke (mm)	4,9	18,9	11,0 ± 2,9	26,4
Rastojanje od donjeg usjeka režnja do srednjeg nerva lista (mm)	1,6	8,0	4,2 ± 1,1	26,9
Rastojanje od donjeg usjeka režnja do vrha donjeg režnja (mm)	7,5	14,2	10,1 ± 1,3	12,5
Dužina donjeg režnja (mm)	11,9	25,5	17,4 ± 2,7	15,2
Širina (debljina) donjeg režnja (mm)	4,4	14	9,5 ± 1,8	18.7
Broj zuba sa donje strane donjeg režnja	8,0	22,0	14,9 ± 3,1	20,6
Broj zuba sa gornje strane donjeg režnja	2,0	8,0	5,3 ± 1,6	30,1
Širina nazubljenja (donje strane) od vrha donjeg režnja (mm)	4,9	16,7	11,5 ± 1,8	15,9
Širina od srednjeg nerva do početka nazubljenja donjeg režnja (mm)	0,5	8,8	2,7 ± 1,4	52,9
Dužina peteljke (mm)	9,5	17,0	12,8 ± 1,9	14,7
Plodovi				
Dužina ploda (mm)	9,2	13,1	11,2 ± 1,9	7,0
Širina ploda (mm)	8,7	12,8	10,1 ± 0,7	6,4

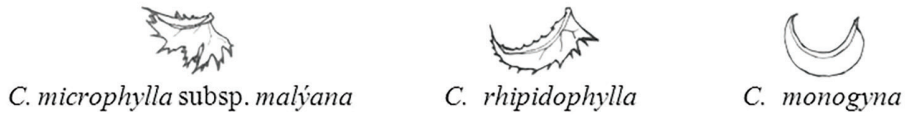
U tabeli 2. prikazane su osnovne morfološke karakteristike za uspješno prepoznavanje i razlikovanje jednokoštičavih glogova na osnovu komparacije listova za tri autohtone vrste. *Crataegus microphylla* subsp. *malýana* na donjem režnju ima veći broj zuba u odnosu na druge dvije vrste. Režnjevi lista se često preklapaju, bifidno su usječeni i tupovrhi. Osnova lista uglavnom je zaravnjena do slabosrcasta, ili široko klinasta, kao što je vidljivo na prikazanim crtežima (Tabela 2). U ranije provedenim komparativnim analizama

morfoloških karaktera lista kao najznačajniji diskriminacioni karakteri za identifikaciju autohtonih glogova pokazali su se: broj i položaj zuba na donjem režnju, širina nazubljenja (donje strane) od vrha donjeg režnja te rastojanje od donjeg usjeka režnja do vrha lisne plojke (Bašić, 2004; 2009).

Tabela 2. Komparativni prikaz nekih morfoloških svojstava listova jednokoštičavih glogova
Table 2. Comparative presentation of some morphological characteristics of one-pyrene hawthorn leaves

	C. microphylla subsp. *malýana*	*C. rhipidophylla*	*C. monogyna*
Habitus	Grm visok do 4 m, sa brojnim trnovima dugim oko 2 cm	Grm ili nisko drvo do 5 m, grančice sa trnovima dugim oko 1,5 cm	Grm ili nisko drvo do 10 m, sa trnovitim grančicama
Subdistalni list cvjetnih kratkorasta			
Oblik lista	Široko jajasti listovi, sa široko klinastom do zaravnjenom ili slabo srcastom osnovom	Široko jajasti do rombični listovi, osnova široko klinasta do slabo zaobljena	Vrlo varijabilni, jajasti, objajasti, rombični listovi, sa klinastom do zaobljenom osnovom
Usječenost i oblik donjeg režnja	Usječeni preko 2/3 širine poluliske, trbušasti, zatupljeni, često se preklapaju i bifidno usječeni	Usječeni oko 1/2, zašiljeni i oštro testerasto nazubljeni	Usječeni preko 1/2, nekad do središnjeg nerva (f. *fissa* (Poiret) Hegi), uskih, tupih, ponekad ušiljenih vrhova
Broj zuba donjeg režnja	Gotovo do same peteljke 5–24 (–30) i sa gornje strane znatnije nazubljeni	6–16, ponekad nazubljeni gotovo do peteljke (var. *ronnigeri*, 9–25)	Bez zuba ili slabo nazubljeni 0–6 (9)
Dužina/širina (cm)	1–4 / 1–4	2–5,5 (–6,5) / 2–4,5 (–7)	1–4 (–6) / 1–3 (–6)
Broj režnjeva	3–5 (–7)	(3–) 5–7	3–5 (–7) (3–f. *trilobata* Nyarady ex Buia)
Dužina peteljke (cm)	0,5–2	0,9–2,6	1–3

Palistići (*stípula*) služe kao dobri dopunski dijagnostički karakteri za jasnije razlikovanje vrste *C. monogyna* u odnosu na druge dvije vrste. Palistići su kod vrste *C. monogyna* cjeloviti i nisu nazubljeni niti žljezdičavi – što nije slučaj kod druge dvije vrste (Slika 1).



Slika 1. Palistići
Figure 1. Stipules

Crataegus microphylla subsp. *malýana* i *C. rhipidophylla* nešto ranije cvjetaju i imaju krupnije cvjetove u odnosu na *C. monogyna*. Gronje sa brojnijim cvjetovima (10–25), te kraćim i debljim cvjetnim drškama su kod vrste *C. monogyna,* a kod *C. rhipidophylla* gronje sadrže 5–12 cvjetova, dok kod *C. microphylla* subsp. *malýana* cvasti su u mješovitim štitovima i gronjama sa 3–10 (–15) cvjetova (Slika 2). Cvjetanje glogova u našim uslovima započinje od polovine aprila do maja, a dijelom i u prvoj polovini juna u zavisnosti od nadmorske visine i ekspozicije.



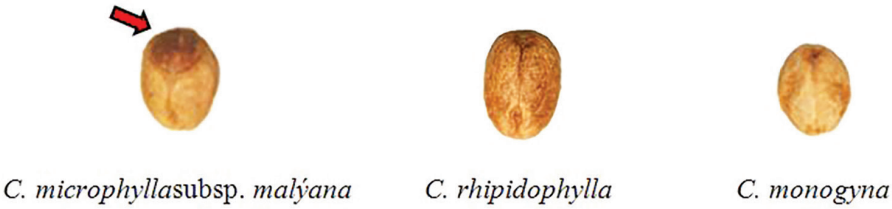
Slika 2. Cvjetovi *C. microphylla* subsp. *malýana* (Foto: N. Bašić)
Figure 2. Inflorescens of C. microphylla *subsp.* malýana *(Photo: N. Bašić)*

Zreli plodovi *C. microphylla* subsp. *malýana* (septembar–oktobar) po svojim karakteristikama se jasno razlikuju u odnosu na druge dvije vrste jednokoštičavih glogova. Plodovi su svjetlije crveni, valjkastog do eliptičnog izgleda, dužine 9–13 mm i 6–10 mm širine (Slika 3). Plodovi, položaj sepala (*sépalum*) na njima i izgled ožiljka na koštici (*hypostilum*) mogu poslužiti kao izuzetno dobri dijagnostički karakteri u identifikaciji *C. microphylla*

subsp. *malýana*. Sepale su na zrelim plodovima uspravne i unutra povijene, vrhovi su im zavrnuti, uspravni ili ispruženi (Slika 3a) – što nikada nije slučaj u druge dvije vrste, kod kojih su sepale zavrnute vani, prilegle, uspravne ili eventualno stršeće. Također, ožiljak na koštici (*hypostyle*) kod *C. microphylla* subsp. *malýana* jako je uočljiv, za razliku od druge dvije vrste (Slika 4).



Slika 3. Listovi i plodovi *C. microphylla* subsp. *malýana;* 3 a) položaj sepala (Foto: N. Bašić)
Figure 3. Leaves and fruits of C. microphylla *subsp.* malýana*; 3 a) sepals position (Photo: N. Bašić)*



Slika 4. Ožiljak na koštici (Foto: N. Bašić)
Figure 4. Hypostyle on pyrene (Photo: N. Bašić)

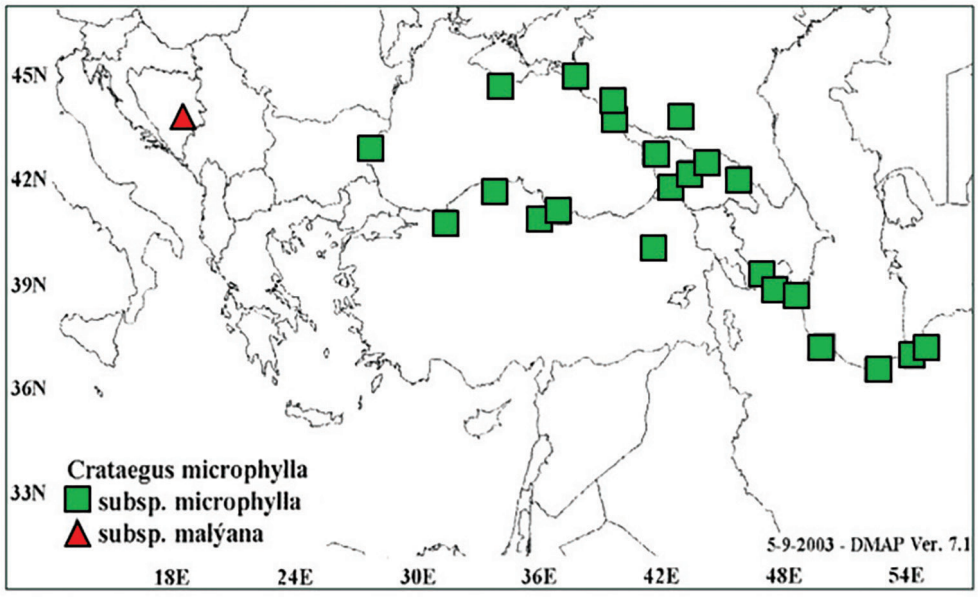
Broj hromozoma kod tipske podvrste *C. microphylla* subsp. *microphylla* iznosi 2n = 32,2 n (2x) = 34 (Fedorov, 1969; Baranec, 1986; Christensen,

1992). Rezultati mjerenja veličine genoma za jedinke *C. microphylla* subsp. *malýana* ukazali su na to da se najvjerovatnije radi o triploidima sa 2C = 2,18 pg (Bašić 2004; 2009; Siljak-Yakovlev et al., 2010).

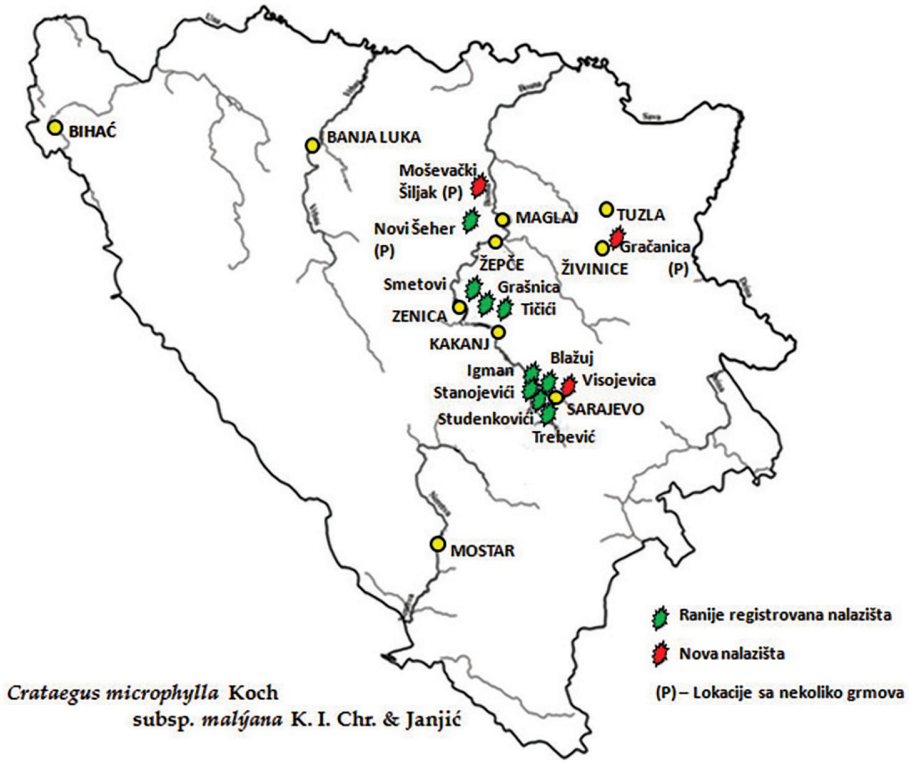
Horološko-ekološke karakteristike

Prirodni areal vrste *C. microphylla* je istočna Bugarska, azijski dio Turske, zatim Krim, Kavkaz i sjeverni Iran (Christensen, 1992), dok njena podvrsta subsp. *malýana* dolazi znatno zapadnije, i to kao endemična podvrsta u Bosni i Hercegovini (Christensen i Janjić, 2006) (Slika 5). Prema Browiczu (1972) ova vrsta pripada Hyrcano-Euxine flornom elementu.

Holotipski primjerak endemične *C. microphylla* subsp. *malýana* prikupljen je na Trebeviću kod Sarajeva, na nadmorskoj visini od 970 m, u Studenkovićima (Christensen i Janjić, 2006). Također, potvrđena su njena nalazišta na devet lokacija u okolini Sarajeva, Kaknja, Zenice i Maglaja (Bašić u Vojniković et al., 2017) te tri nova lokaliteta: Moševački Šiljak kod Maglaja, Visojevica kod Sarajeva i Gračanica kod Živinica (Slika 6).



Slika 5. Areal vrste *C. microphylla* (Christensen i Janjić, 2006)
Figure 5. Areal of C. microphylla *(Christensen and Janjić, 2006)*



Slika 6. Areal endemične podvrste *C. microphylla* subsp. *malýana* u Bosni i Hercegovini
Figure 6. Areal of endemic subspecies of C. microphylla *subsp.* malýana *in Bosnia and Herzegovina*

Prisustvo podvrste *C. microphylla* subsp. *malýana* registrovano je u različitim fitocenozama (*Querco-Carpinetum illyricum* Horv. 1974; *Querco-Ostryetum carpinifoliae* Horv. 1938 *Orno-Carpinetum orientalis* Fuk. et Stef. 1963; *Crataego-Coryletum* (Stef. 1961) Fuk. 1969; *Lathyro-Quercetum petraea* Ht. 1959). Prema zajednicama u kojima prirodno raste može se zaključiti da se radi o kseromezofilnom glogu koji raste od 250 do 1200 m nadmorske visine. Uglavnom su to laporovite i krečnjačke geološke podloge. Izuzetak su nalazišta u okolini Maglaja, gdje se radi o dubljim zemljištima na peridotitsko-serpentinskim podlogama. Nekoliko registrovanih jedinki na ovim nalazištima su u sastavu antropogeno formiranih živih ograda. Na ostalim istraživanim peridotitsko-serpentinskim staništima u BiH nisu pronađene prirodne populacije vrste *C. microphylla*. Vrsta dolazi uz rubove šuma i pokraj puteva, a rjeđe na degradiranim staništima – što dovodi do zaključka da je to polusciofilna vrsta koja podnosi i osvjetljenije položaje.

Procijenjena površina areala (EO) podvrste *Crataegus microphylla* subsp. *malýana* je 2300 km^2. Površina okupiranosti (AOO) je vrlo ograničena, ali precizni podaci nisu dostupni. Podvrsta se pojavljuje unutar 12 subpopulacija sa procijenjenim brojem jedinki ca. 150. Na osnovu kriterija za listu ugroženih vrsta IUCN (2017) procjenjuje se da je podvrsta kritično ugrožena [CR C2a(i)] i to zbog ukupne veličine populacije i malog broja jedinki (≤50) u subpopulacijama. Također, uočeno je opadanje broja zrelih jedinki (ca. 20) u posljednjih deset godina. Ključnu prijetnju predstavljaju antropogene aktivnosti, odnosno nekontrolirane sječe budući da nastanjuje staništa u blizini naselja. Stoga, endemična podvrsta *Crataegus microphylla* subsp. *malýana* zaslužuje da bude evidentirana na Crvenoj listi ugroženih vrsta Bosne i Hercegovine. U cilju očuvanja biološke raznolikosti naših ekosistema, ova podvrsta bi trebala imati poseban režim konzervacijskih i zaštitnih mjera.

Zaključci

Endemična podvrsta *Crataegus microphylla* subsp. *malýana* prisutna je u Bosni i Hercegovini na krajnjem zapadu areala vrste. U Bosni i Hercegovini registrovana je, za sada, na 12 lokaliteta kseromezotermnog karaktera. Značajne morfološke karakteristike po kojima se endemična podvrsta identificira i jasno diferencira u odnosu na druge autohtone vrste glogova su: broj zuba i dužina nazubljenja donjih režnjeva lista, osnova lista, nazubljenost i žljezdičavost lisnih i cvjetnih zalisaka, vrijeme cvjetanja, veličina cvjetova, jedan tučak u cvijetu, oblik i boja plodova, položaj čašičnih listića, veličina ožiljka na koštici i dr. Populacije *C. microphylla* subsp. *malýana* odlikuju se malim brojem jedinki i povećanim rizikom za njihovo dodatno smanjenje i nestanak. Ovaj kritično ugroženi takson iziskuje provođenje hitnih konzervacijskih i zaštitnih mjera kako bi se sačuvao od nestanka. Stoga je neophodno i njegovo evidentiranje u okviru crvene liste IUCN i Crvene liste flore Bosne i Hercegovine.

Literatura

Albarouki, E., Peterson, A. (2007): Molecular and morphological characterization of *Crataegus* L. species (Rosaceae) in southern Syria, Botanical Journal of the Linnean Society, 153, 255-263. doi: 10.1111/j.1095-8339.2007.00607.x.

Baranec, T. (1986): Biosystematicke študium rodu *Crataegus* L. na Slovensku, Acta Dendrobiol., 11, Bratislava, 1-118.

Bašić, N. (2004): Morfološko-taksonomska istraživanja glogova (*Crataegus* L.) na području Bosne i Hercegovine, magistarski rad, Sarajevo.

Bašić, N. (2009): Genetska karakterizacija vrsta i hibrida roda *Crataegus* L. u Bosni i Hercegovini, doktorska disertacija, Sarajevo.

Bašić, N., Bogunić, F., Pustahija, F., Brown, S. C., Šiljak-Yakovlev, S. (2004a): First data about DNA content in some Crataegus species from Bosnia and Herzegovina, u: XI optima Meeting, Abstract, Beograd, Prirodnjački muzej, 115.

Beck-Mannagetta, G. (1927): Flora Bosne, Hercegovine i oblasti Novoga Pazara. III Choripetalae (Kaj), Posebna izdanja 63, Prirodnjački i matematički spisi 15, Srpska kraljevska akademija, Beograd, 169-172.

Browicz, K. (1972): *Crataegus* L., u: Davis, P. H. (ur.) Flora of Turkey, 4, Edinbourgh, UK, 133-147.

Byatt, J. I. (1974): Application of the names *Crataegus calycina* Peterm. and *C. oxyacantha* L., Botanical Journal of the Linnean Society, 69, 15-21. doi: 10.1111/j.1095-8339.1974.tb01610.x.

Christensen, K. I., Janjic, N. (2006): Taxonomic notes on European taxa of Crataegus (Rosaceae), Nordic Journal of Botany, 24, 143-147. doi: 10.1111/j.1756-1051.2004.tb00828.x.

Christensen, K. I. (1992): Revision of Crataegus Sect. Crataegus and Notosect. Crataegineae (Rosaceae-Maloideae) in the Old World, Systematic Botany Monographs, 35, American Society of Plant Taxonomists.

Fedorov, A. A. (1969): Chromosome numbers of flowering plants, Academy of sciences of the USSR, V. L. Komarov Botanical Institute, Nauka, Leningrad.

Fukarek, P. (1959): Pregled dendroflore Bosne i Hercegovine, Narodni šumar, 13 (5/6), Sarajevo, 263-286.

Fukarek, P. (1974): Neke vrste drveća i grmlja koje su pogrešno navedene u Flori Bosne i Hercegovine i susjednih krajeva, u: Radovi, knj. LIV, Odjeljenje prirodno-matematičkih nauka, knj. 15, ANUBiH, Sarajevo, 45-60.

IUCN (2017): The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2017-3. http://www.iucnredlist.org (3. 1. 2024).

Janjić, N. (2002): Nova kombinacija u lepezolisnog ili krivočašičnog gloga, Crataegus rhipidophylla Gand, Works of the Faculty of Forestry University of Sarajevo, 1, 1-7. doi: 10.54652/rsf.2002.v32.i1.219.

Lippert, W. (1978): Zur gliederung und verbreitung der gattung *Crataegus* in Bayern, Bayerische Botanische Gesellschaft, 49, 165-198.

Malý, K. (1919): Prilozi za floru Bosne i Hercegovine 5 i 6, Glasnik Zemaljskog Muzeja BiH, 31, Sarajevo, 61-92.

Malý, K. (1940): Notizen zur Flora von Bosnien-Hercegovina, Glasnik Zemaljskog Muzeja BiH, 52, Sarajevo, 21-46.

Phipps, J. B., Robertson, K. R., Rohrer, J. R. (1991): Origins and evolution of subfam. Maloideae (Rosaceae), Systematic Botany, 16, 303-332. doi: 10.2307/2419283.

Siljak-Yakovlev, S., Pustahija, F., Šolić, E. M., Bogunić, F., Muratović, E., Bašić, N., Catrice, O., Brown, S. C. (2010): Towards a genome size and chromosome number database of Balkan flora: C-values in 343 taxa with novel values for 242, Advanced Science Letters (U.S.A.), 3 (2), 190-213. doi: 10.1166/asl.2010.1115.

Talent, N., Dickinson, T. A. (2005): Polyploidy in *Crataegus* and *Mespilus* (Rosaceae, Maloideae): evolutionary inferences from flow cytometry of nuclear DNA amounts, Canadian Journal of Botany, 83, 1268-1304. doi: 10.1139/b05-088.

Talent, N., Dickinson, T. A. (2007): The potential for ploidy level increases and decreases in *Crataegus* (Rosaceae, Spiraeoideae, tribe Pyreae), Canadian Journal of Botany, 85 (6), 570-584. doi: 10.1139/B07-028.

Vojniković, S., Bašić, N., Beus, V. (2017): Atlas šumske vegetacije i dendroflore Bosne i Hercegovine i susjednih područja, Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine, Sarajevo.

WFO (2024): World Flora Online. http://www.worldfloraonline.org. (12. 2. 2024).

Endemic hawthorn subspecies *Crataegus microphylla* Koch. subsp. *Malýana* K. I. Chr. & Janjić in flora of Bosnia and Herzegovina

Summary: This paper presents the first comprehensive morphological taxonomy of the endemic subspecies *Crataegus microphylla* subsp. *malýana* with an accompanying horological and ecological study. The comparative morphological analysis was carried out at the University of Sarajevo – Faculty of Forestry (Department of Forest Ecology and Urban Greenery) and at the Herbarium of the National Museum in Sarajevo (SARA).
Nineteen individuals of *C. microphylla* subsp. *malýana*, from five populations in Bosnia and Herzegovina, were investigated for the morphometric study. Thirteen morphometric traits on the sub-distal leaves of the flowering short shoots and two fruit features were analyzed.
For the successful recognition of Bosnian *one-pyrenes* hawthorns, the distinguishing features of the leaves, flowers and fruits were elaborated and differentiated the endemic subspecies *C. microphylla s*ubsp. *mallyana* from the species *C. riphidophyla* and *C. monogyna*.
Crataegus microphylla subsp. *malýana* has been found at 12 sites in Bosnia and Herzegovina in thermo-mesophilic communities on marl and limestone at an altitude of 250 to 1200 m above sea level. This subspecies occurs on forest fringes, along roads, and rarely in degraded habitats.
Well-founded risk of vulnerability of small populations of the endemic subspecies *Crataegus microphylla* subsp. *malýana* requires the implementation of urgent conservation and protection measures and its recording as critically endangered in the IUCN Red List and Red List of flora Bosnia and Herzegovina.

DOI: 10.5644/PI2024.211.16
Originalni naučni članak

Predikcijski model rasprostranjenosti crne johe (*Alnus glutinosa* [L.] Gaertn.) baziran na WorldClim bioklimatskim varijablama u Bosni i Hercegovini

Mirsada Starčević
Univerzitet u Sarajevu, Šumarski fakultet
E-mail: m.starcevic@sfsa.unsa.ba

Semir Delić
Kantonalno javno preduzeće za gospodarenje državnim šumama "Sarajevo-šume" d.o.o.

Azra Čabaravdić
Univerzitet u Sarajevu, Šumarski fakultet

Apstrakt: Crna joha (*Alnus glutinosa* [L.] Gaertn.) listopadno je drvo iz porodice brezovki (*Betulaceae*) koje se uglavnom javlja u nizijskim područjima u blizini vodnih tijela različitog režima plavljenja, često prateći riječne i manje vodene tokove, formirajući zajednice azonalnog karaktera u Bosni i Hercegovini.
Cilj istraživanja je razvijanje predikcijskog modela rasprostranjenosti staništa crne johe u Bosni i Hercegovini na osnovu poznatih i utvrđenih lokacija staništa crne johe i podataka WorldClim baze.
Kao osnovni materijal istraživanja korišteni su podaci sa vlastitih terenskih snimanja i iz drugih relevantnih dostupnih izvora. Klimatski podaci su preuzeti sa WorldClim baze podataka u obliku rasterskih slojeva za 19 bioklimatskih varijabli. Modeliranje je provedeno koristeći metod maksimalne entropije integrisan u MaxEnt računarski program. Izbor modela se zasnivao na predikcijskoj tačnosti modela i koherentnosti sa distribucijom staništa crne johe trenutnog i prethodnih istraživanja.
Dobiveni rezultati su potvrdili model veoma dobre predikcijske tačnosti na temelju kalibracije i validacije podataka subseta (AUC > 0,85). Varijable BIO6 (minimalna temperatura najhladnijeg mjeseca) i BIO14 (oborine mjeseca s najmanje padavina) imaju statistički najveći značaj i uticaj za model prostorne rasprostranjenosti ekološke niše crne johe.
S obzirom na važne funkcije zajednica crne johe u prevenciji erozije, zaštiti od poplava i očuvanju biološke raznolikosti, dobiveni rezultati mogu doprinijeti upravljanju staništima crne johe. Rezultati predikcije staništa mogli bi se koristiti za daljnja istraživanja vezana za klimatske promjene i praćenje stabilnosti ekosistema.

Ključne riječi: crna joha, ekološka niša, klimatski elementi

Uvod

Crna joha (*Alnus glutinosa* [L.] Gaertn.) listopadno je vrsta iz porodice brezovki (*Betulaceae*) sa široko rasprostranjenim arealom u Evropi. Općenito se smatra tipičnom vrstom drveća nizijskih područja koja podnosi uvjete plavljenog tla i visok nivo podzemne vode, ali se može naći i na većim nadmorskim visinama sa širokim rasponom vlažnosti tla, kiselosti i statusa hranjivih tvari (MacVean, 1953; Maděra et al., 2008; Claessens et al., 2010; Caudullo et al., 2017; Milanović i Stupar, 2017).

U Bosni i Hercegovini, kao i u većini evropskih zemalja (izuzev sjeverno-centralne Evrope i Dunavske zaravni južno-centralne Evrope), šume crne johe su fragmentirane i obuhvataju oko 1% površine uglavnom u priobalnim riječnim područjima i dolinskim mikrolokacijama formirajući zajednice azonalnog karaktera mješovite strukture (Claessens et al., 2010). Prema podacima Dukić et al. (2012), ukupna površina šuma johe u Bosni i Hercegovini iznosi 22.600 hektara na prosječnoj visini od 300–330 metara nadmorske visine, od kojih su 70% izdanačke šume.

Za područje centralne i sjeverne Evrope zajednice poplavnih šuma johe izučavali su autori Bodeux, 1955; Solińska-Górnicka, 1987; Döring-Mederake, 1990; 1991; Prieditis, 1997; Paal et al., 2008; Douda, 2008; 2015). U južnoj Evropi objavljena su fitocenološka istraživanja za Hrvatsku (Horvat et al., 1974; Vukelić et al., 2006; 2017), Iberski poluotok (Amigo et al., 2004) te Italiju (Sburlino et al., 2011).

Šume crne johe nedovoljno su istražene u Bosni i Hercegovini i naučno-stručna Literatura rasprostranjenosti higrofilnih i poplavnih šuma u Bosni i Hercegovini dosta je oskudna. Poznavanje rasprostranjenosti crne johe u Bosni i Hercegovini temelji se na istraživanjima koja su vršili Fabijanić et al. (1963), Fukarek (1970), Barudanović i Redžić (2006), Milanović i Stupar (2017), Koljanin et al. (2023) sa ekološko-vegetacijskim i sintaksonomskim osvrtom, te razvojnim i proizvodnim komponentama (Alikalfić, 1998; Dukić et al., 2012) ovih šuma određenih zona Bosne i Hercegovine. Pojedini literaturni izvori daju vegetacijski pregled i klasifikaciju poplavnih šumskih zajednica određenih geografskih cjelina, uključujući i šume johe (Fukarek, 1957; Stefanović, 1969; Barudanović, 2003; Beus, 2008; Vojniković i Višnjić, 2018). Najnovije tematske karte s prostornom distribucijom i istraživačkim plohama diljem Evrope pokazuju da u središnjoj Bosni još uvijek nema sistematizovanih podataka o šumama crne johe.

Ekološki činioci koji pogoduju crnoj johi su humidniji karakter klime, dovoljna opskrba vodom tokom ljetnog perioda, pristupačnost podzemne vode ili visoke godišnje padavine i visoka zračna vlaga u slučaju nedostatka vode (Claessens et al., 2010). U Bosni i Hercegovini se najčešće javlja na aluvijalnim tlima dolina velikih rijeka i njihovih pritoka, oglejnim i močvarno-oglejnim zemljištima, staništima gdje je srednja godišnja temperatura 12–14°C, a srednja godišnja vlaga 85–95% (Alikalfić, 1998). Hemery et al. (2009) i Luedeling et al. (2011) ističu klimatske faktore: padavine i temperature, naročito sušu, kao limitirajuće faktore koji utiču na šume crne johe. Jedan od glavnih limitirajućih klimatskih uvjeta je prosječna dnevna temperatura iznad nule najmanje šest mjeseci godišnje (MacVean, 1953).

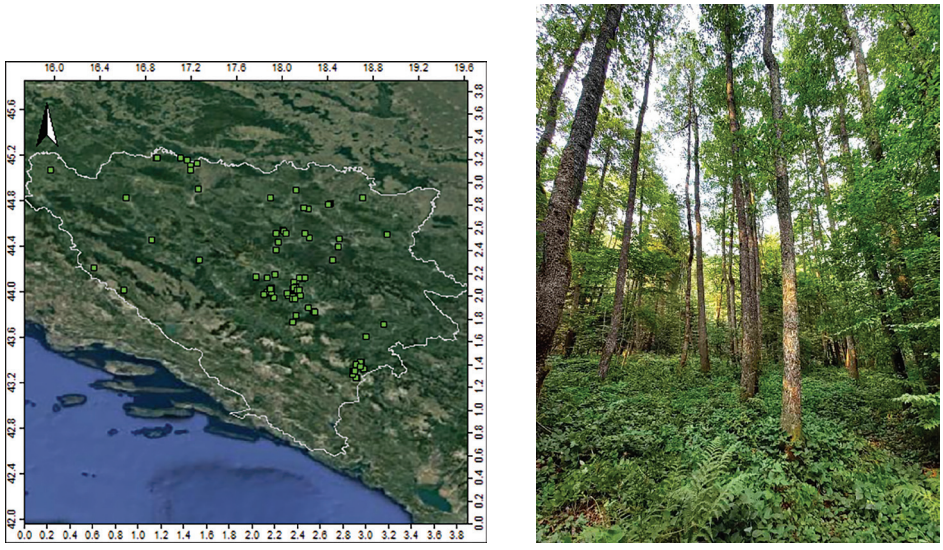
Higrofilne i poplavne šume tvrdih i mekih lišćara kojima pripada i joha su u Bosni i Hercegovini slabo očuvane i pod klimatskim i antropogenim pritiscima. To su veoma dinamični, osjetljivi i kompleksni ekosistemi specifičnog floristčkog sastava i zahtijevaju pažljivo upravljanje (Beus, 2008; Sallmannshofer et al., 2023). Zbog kompleksnih promjena u ekosistemima uzrokovanim klimatskim promjenama, predviđa se da će doći do promjene u distribuciji vrsta drveća (Vukelić et al., 2010; Chakraborty et al., 2021). Istraživanja ukazuju na to da će se sa sve toplijom klimom rasprostranjenost johe povlačiti sa juga i proširiti prema sjeveru zbog sve češćih suša na jugu (Hemery et al., 2009; Sakkali, 2017). Uticaj klimatskih promjena posebno je zabrinjavajući za južnoevropske i mediteranske populacije crne johe u riječnim slivovima naročito na toplijim granicama svog prirodnog areala (Palmer et al., 2008; Rojo et al., 2021). Vjerovatnoća povećanih poplava u velikim dijelovima Evrope, uključujući Bosnu i Hercegovinu, čini crnu johu zanimljivom vrstom za kontrolu erozije i poplava zbog njene tolerancije na vlažna tla.

Brojna su istraživanja rasprostranjenosti vrsta drveća i njihovih promjena pod uticajem klimatskih promjena u cijeloj Evropi. U tu svrhu se intenzivno koriste modeli distribucije vrsta ili modeli ekološke niše (Chakraborty et al., 2021) koji korelacijom poznate distribucije vrste i ekoloških faktora procjenjuju potencijalnu distribuciju.

Glavni cilj istraživanja je razvijanje prediktivnog modela rasprostranjenosti staništa crne johe s obzirom na klimatske faktore na području Bosne i Hercegovine. S tim u vezi su postavljeni sljedeći zadaci: (a) identifikacija i geolociranje trenutnih poznatih staništa crne johe, (b) analiza klimatskih varijabli i utvrđivanje značaja pojedinih varijabli u predikcijskom modelu te (c) mapiranje predikcije rasprostranjenja crne johe prema modelu najveće tačnosti.

Metode rada

Područje istraživanja obuhvata šumovita područja Bosne i Hercegovine. Specifičnije, to su staništa na nižim terasama i blagim padinama i priobalna područja većih rijeka i pritoka ravničarskog pojasa sa dominacijom crne johe u spratu drveća.



a. b.

Slika 1. Područje istraživanja (a. Bosna i Hercegovina sa prostornom distribucijom privremenih ploha, b. privremena ploha – lokacija Zavidovići)

Figure 1. Research area (a. Bosnia and Herzegovina with spatial distribution of temporary plots, b. temporary plot – location Zavidovići)

Podaci o rasprostranjenosti crne johe prikupljeni su direktno terenskim snimanjima staništa crne johe u Bosni i Hercegovini te na osnovu relevantnih i dostupnih izvora o lokalitetima prethodnih istraživanja (ukupno 130 privremenih ploha minimalne površine plohe oko 200 m^2). Dio geopozicija nalazišta crne johe utvrđen je vlastitim terenskim istraživanjem (65 geolokacija), dok su preostala nalazišta identifikovana na osnovu relevantne literature, i to staništa johe u širem području planine Vranica (Barudanović, 2003), u Posavini (Dukić et al., 2012; Koljanin et al., 2023), na području Nacionalnog parka Sutjeska (Milanović i Stupar, 2017; Koljanin et al., 2023) te u zapadnoj Bosni (Koljanin et al., 2023).

Klimatski podaci su preuzeti iz baze podataka WorldClim u obliku rasterskih slojeva za 19 bioklimatskih varijabli (https://www.worldclim.org/).

Tabela 1. Lista bioklimatskih varijabli (baza podataka WorldClim)
Table 1. List of bioclimatic variables (WorldClim database)

Varijabla	Opis varijable
BIO1	Srednja godišnja temperatura
BIO2	Srednji dnevni raspon temperature
BIO3	Izotermalnost
BIO4	Sezonska temperatura
BIO5	Maksimalna temperatura najtoplijeg mjeseca
BIO6	Minimalna temperatura najhladnijeg mjeseca
BIO7	Srednja godišnja temperatura (Bio5 – Bio6)
BIO8	Srednja temperatura kvartala s najviše padavina
BIO9	Srednja temperatura najsušnijeg kvartala
BIO10	Srednja temperatura najtoplijeg kvartala
BIO11	Srednja temperatura najhladnijeg kvartala
BIO12	Godišnja količina padavina
BIO13	Oborine mjeseca s najviše padavina
BIO14	Oborine mjeseca s najmanje padavina
BIO15	Koeficijent varijacije s najmanje padavina
BIO16	Kvartal s najvišom količinom padavina
BIO17	Kvartal s najmanjom količinom padavina
BIO18	Količina oborina u najtoplijem kvartalu
BIO19	Količina oborina u najhladnijem kvartalu

Modeliranje je izvedeno koristeći metodu maksimalne entropije u sklopu računarskog programa MaxEnt (Phillips et al., 2004). Ovaj metod omogućava procjenu vjerovatnoće pojave istraživane vrste u datim (klimatskim) uvjetima ograničenja, pri čemu se vjerovatnoća izražava u rangu veličina između 0 (nije vjerovatna pojava vrste, tj. stanište je nepogodno za datu vrstu) i 1 (potpuno vjerovatna, gotovo sigurna pojava vrste, tj. staništa u potpunosti odgovaraju datoj vrsti). MaxEnt karta izlaznih podataka sa kumulativnim veličinama stope relativne pojave vrste podešena je na raspon veličina od 0 do 1. Ocjena funkcionalnosti predikcijskog modela podrazumijeva analizu i izbor najznačajnijih klimatskih varijabli koja se zasniva na testiranju značaja pojedinačnih varijabli u predikcijskom modelu. Tačnost modela evaluirana je analizom AUC (AUC – engl. *area under curve*) ispod tzv. ROC krivulje (engl. *receiver operating characteristic curve*) koja predstavlja odnos udjela poklapanja i nepoklapanja procijenjenih tačaka i tačaka za koje je ustanovljeno prisustvo

vrste u stvarnosti. Veća vrijednost od 0,7 ukazuje na dobro prilagođen model, vrijednost AUC veća od 0,8 ukazuje na izvrsno prilagođen model, dok se model sa veličinom AUC ispod 0,5 smatra loše prilagođenom modelu (Phillips et al., 2004; Walden-Schreiner et al., 2017).

Rezultati

U analizi su izdvojene četiri bioklimatske varijable sa najznačajnijom kontribucijom modelu rasprostranjenosti crne johe u Bosni i Hercegovini: maksimalna temperatura najtoplijeg mjeseca (°C), minimalna temperatura najhladnijeg mjeseca (°C), oborine mjeseca s najviše padavina (mm) i oborine mjeseca s najmanje padavina (mm) (Tabela 2). Minimalna temperatura najhladnijeg mjeseca sa 44,3% kontribucije modelu i oborine mjeseca sa najmanje padavina sa 38,4% kontribucije određene su kao bioklimatske varijable koje imaju statistički najveći značaj i uticaj za model prostorne rasprostranjenosti crne johe.

Tabela 2. Procentna kontribucija pojedinih bioklimatskih varijabli po modelu MaxEnt
Table 2. Percentage contributions of selected bioclimate variables to the MaxEnt model

Varijabla	Opis varijable	Procentna kontribucija	Značaj permutacije
BIO6	Minimalna temperatura najhladnijeg mjeseca (°C)	44,3	30,8
BIO14	Oborine mjeseca s najmanje padavina (mm)	38,4	27,8
BIO13	Oborine mjeseca s najviše padavina (mm)	9,3	14,1
BIO5	Maksimalna temperatura najtoplijeg mjeseca (°C)	7,9	27,3

U narednoj tabeli su predstavljene deskriptivne statistike za najznačajnije bioklimatske varijable vezane za pojavu crne johe.

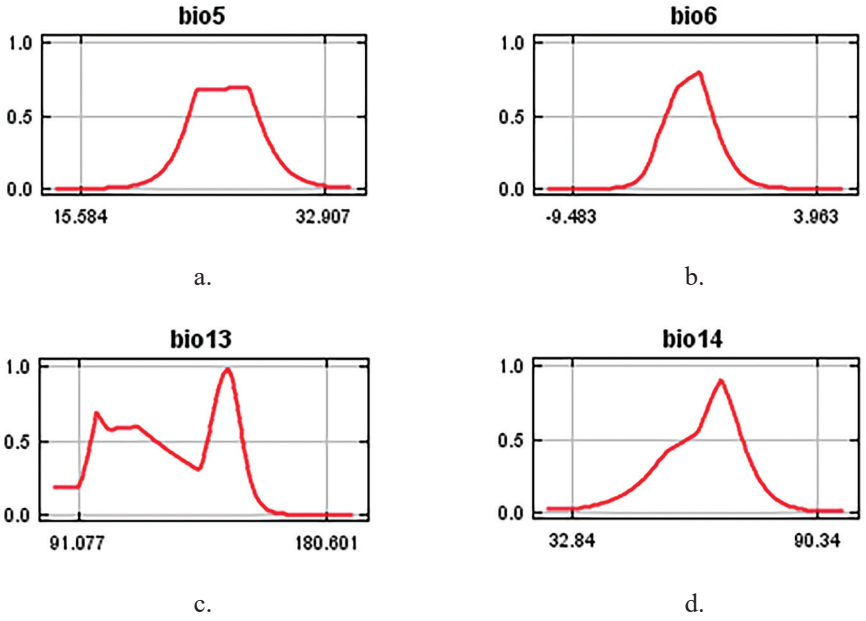
Tabela 3. Deskriptivna statistika za izdvojene varijable
Table 3. Descriptive statistics for selected variables

Varijabla	Opis varijable	Mean	Min.	Max.	RV(%)	95%
BIO5	Maksimalna temperatura najtoplijeg mjeseca (°C)	25,6	21,3	28,1	6,8	5,5
BIO6	Minimalna temperatura najhladnijeg mjeseca (°C)	–3,6	–5,1	–2,5	2,7	2,5
BIO13	Oborine mjeseca s najviše padavina (mm)	120,0	96,3	145,2	48,9	47,5
BIO14	Oborine mjeseca s najmanje padavina (mm)	64,7	46,0	77,2	31,2	24,2

Uočava se da padavine variraju više od temperature. Raspon varijabiliteta temperatura najtoplijeg mjeseca (RV = 6,8) veći je od raspona varijabiliteta

temperature najhladnijeg mjeseca (RV = 2,7). Također, raspon varijabiliteta padavina najsušnijeg mjeseca (RV = 48,9) veći je od raspona varijabiliteta padavina najvlažnijeg mjeseca (RV = 31,2) (Tabela 3).

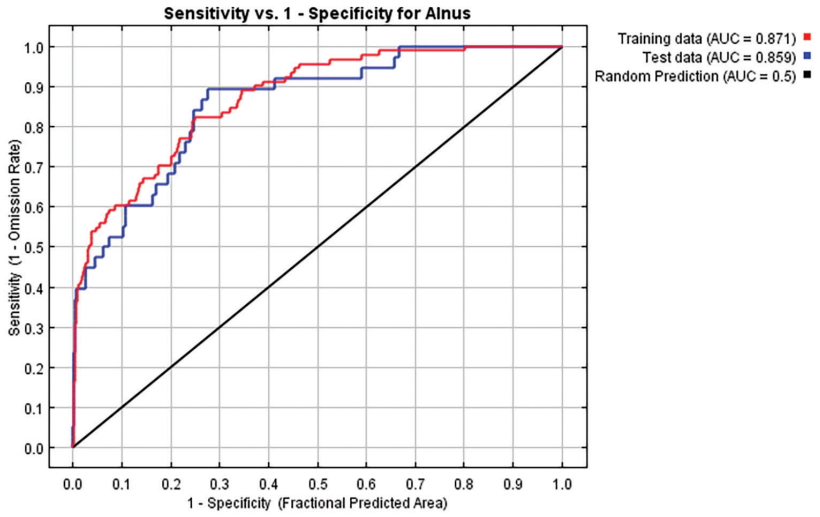
Elementi klimatske niše koja odgovara pojavi crne johe, odnosno ukazuje na pogodnost staništa za crnu johu, mogu se sagledati na slici procijenjenih vjerovatnoća u širem rasponu veličina bioklimatskih varijabli (Grafikon 1). Veća vjerovatnoća pojave johe procjenjuje se na staništima gdje se maksimalna temperatura najtoplijeg mjeseca kreće od 20°C do 28°C (oko 60% jednoliko u cijelom rasponu ovih veličina – zaravnjena krivulja Grafikon 1a). Kada je u pitanju minimalna temperatura najhladnijeg mjeseca, vjerovatnoća pojave johe progresivno raste sa povećanjem ove temperature do oko –3°C, a zatim opada sa daljim rastom minimalne temperature najhladnijeg mjeseca (Grafikon 1b). Najveća fluktuacija vjerovatnoće pojave johe vezana je za oborine mjeseca sa najviše padavina, pri čemu je najveća vjerovatnoća prisustva johe na staništima sa prosječnom količinom padavina mjeseca sa najviše oborina oko 120 mm (Grafikon 1c). Uočava se moguća pojava johe i na staništima sa manjom količinom padavina najsušnijeg mjeseca. Grafikon 1d ukazuje na najveću vjerovatnoću pojave johe na staništima sa oko 65 mm oborina u mjesecu sa najmanje padavina.



Grafikon 1. Fluktuacija dominantnih bioklimatskih varijabli

Graph 1. Fluctuation of the dominant bioclimate variables

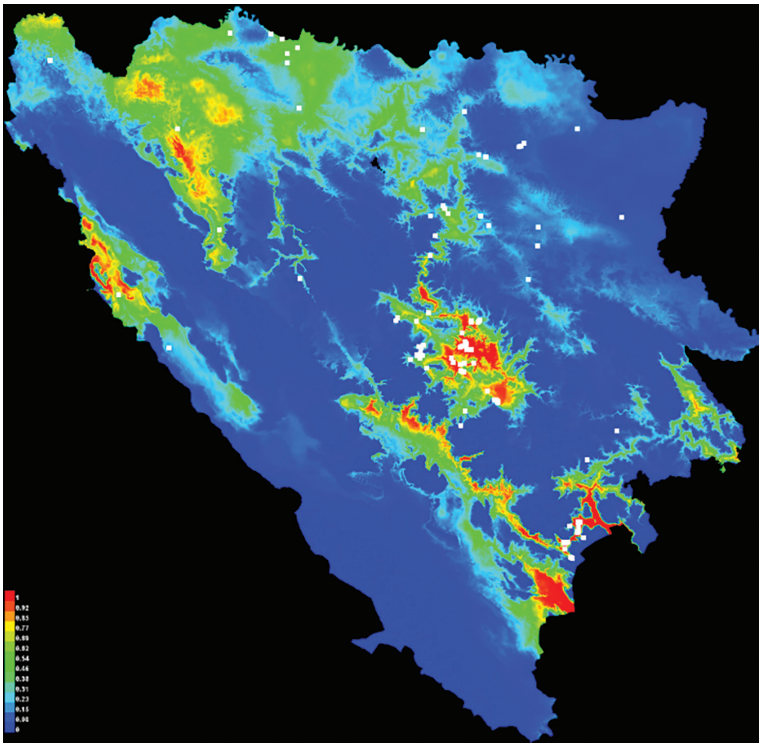
Na Grafikonu 2. je predstavljen prikaz tačnosti i pogodnosti predikcijskog modela MaxEnt. Evaluacija modela je zasnovana na podjeli uzorka na trening (podaci za određivanje modela) i test podatke (podaci za testiranje tačnosti modela) te je utvrđena izvrsna prilagođenost modela sa veličinama AUC iznad 0,80, i to za trening i test podatke 0,871 i 0,859 respektivno.



Grafikon 2. Procjena tačnosti i pogodnosti MaxEnt modela
Graph 2. Evaluation of the MaxEnt model accuracy and fit

Na karti 1. dat je prikaz predikcije prostorne rasprostranjenosti crne johe u Bosni i Hercegovini. Raspon vrijednosti piksela je od 0 do 1, od plave do crvene boje. Vrijednost bliže 0 i plava boja ukazuju na nisku vjerovatnoću pojave crne johe, dok je visoka vjerovatnoća pojave crne johe predstavljena crvenom bojom sa vrijednostima bliže 1. Bijeli kvadrati na karti predstavljaju privremene plohe sa crnom johom.

Na osnovu karte se uočava da je velika vjerovatnoća pojave johe u srednjebosanskom području posebno u sarajevsko-zeničkom rejonu, dijelovima sjeverozapadno i zapadnobosanskog područja, te nizijskim dijelovima jugoistočnobosanskog područja (Stefanović et al., 1983).



Karta 1. Potencijalna distribucija crne johe, tj. prikladnost staništa u BiH pomoću MaxEnta na osnovu klimatskih uvjeta

Map 1. Potential distribution of black alder i.e habitat suitability in B&H using MaxEnt based on climatic variables

Diskusija

U novije vrijeme predikcijski modeli rasprostranjenosti vrsta drveća daju nove informacije o prostornim pogodnostima pojave vrsta i koriste se u mnogim istraživanjima (Sykes et al., 1996; Zimmermann et al., 2010; Dyderski et al., 2018; Chakraborty et al., 2021; Sallmannshofer et al., 2021).

Metod MaxEnt se koristio i pokazao izuzetno značajnim za modeliranje vrsta i procjene okolišnih uticaja u istraživanjima (Vukelić et al., 2010; Gilani et al., 2020; Boškailo 2022). U ovom istraživanju rasprostranjenost crne johe unutar Bosne i Hercegovine modelirana je računarskim programom MaxEnt u koji su uključene bioklimatske varijable iz baze podataka WorldClim u cilju predstavljanja ekološke niše crne johe. U konkretnom istraživanju dobiveni rezultati potvrdili su model izvrsne predikcijske tačnosti (AUC > 0,85).

Vukelić et al. (2010), primjenjujući isti model za prostornu distribuciju glavnih vrsta drveća *Abies alba*, *Fagus sylvatica*, *Picea abies*, *Pinus mugo*, *Pinus nigra*, *Pinus sylvestris*, *Quercus robur*, *Quercus petrea*, *Quercus ilex* i *Quercus pubescens* za područje Hrvatske, Slovenije i Bosne i Hercegovine dobili su vrijednosti uspješnog do veoma uspješnog modela (rang AUC 0,745–0,976). Za hrast lužnjak, koji može sa crnom johom graditi biljne zajednice, model je veoma uspješan (AUC = 0,927). Sallmannshofer et al. (2021) u istraživanju u prirodnom rezervatu Mura – Drava – Dunav korištenjem dva modela distribucije vrsta drveća *Alnus glutinosa*, *Fraxinus augustifolia*, *Fraxinus excelsior*, *Populus nigra*, *Quercus robur*, *Ulmus laevis* i *Ulmus minor* dobili su vrijednosti tačnosti modela (*true skill statistic* – TSS) u variranju od 0,79 do 0,91 i od 0,99 do 1,00. Tačnost za regionalni model distribucije vrsta za crnu johu i hrast lužnjak bila je nešto manja, što upućuje na sinergiju uticajnih okolišnih faktora i kompleksnost riparijskih ekosistema u kojima se ove vrste javljaju.

Uticaj ekoloških faktora naročito je važan za osjetljive riparijske ekosisteme specifičnog florističkog sastava gdje mikropromjene mogu izazvati nestabilnost cijelog kompleksa i ekosistemskih usluga (Sallmannshofer et al., 2021). U ovom istraživanju ustanovljeno je da su najvažniji klimatski faktori: maksimalna temperatura najtoplijeg mjeseca, minimalna temperatura najhladnijeg mjeseca, kao i oborine mjeseca sa najmanje padavina i oborine mjeseca sa najviše padavina, i predstavljaju limitirajuće faktore koji utiču na rasprostranjenje vrsta, što je konzistentno sa istraživanjem Vukelić et al. (2010). Minimalna temperatura najhladnijeg mjeseca sa 44,3% kontribucije modelu i oborine mjeseca sa najmanje padavina sa 38,4% kontribucije određene su kao klimatske varijable koje imaju statistički najveći značaj i uticaj za model prostorne rasprostranjenosti crne johe. Ovi rezultati upućuje na potrebu crne johe za redovnim padavinama i temperaturama iznad nule najmanje 6 mjeseci godišnje (MacVean, 1953). Istraživanja pokazuju da su minimalne temperature važnije za pojavu i rast crne johe (Vacek et al., 2022) dok se na cjelokupnom arealu javljaju širi rangovi veličina srednje godišnje temperature (Houston-Durrant et al., 2016).

U istraživanju Vukelić et al. (2010) visok uticaj na model rasprostranjenosti hrasta lužnjaka ima maksimalna temperatura najtoplijeg mjeseca (kontribucija 50%) i količina padavina najvlažnijeg mjeseca (kontribucija 40%). Potvrđeno je da je 95% populacije hrasta lužnjaka u veoma uskom rangu maksimalne temperature najtoplijeg mjeseca i minimalne temperature najhladnijeg mjeseca upućujući na veoma usku ekološku valencu vrste u odnosu na klimatske faktore.

Rasprostranjenost određene vrsta je, osim klimatskim, limitirana i drugim ekološkim faktorima (Vukelić et al., 2010; Sakkali, 2017; Sallmannshofer et al., 2021). Vukelić et al. (2010) ističu važnost analize hidroloških faktora, kao i interakcije temperature i hidroloških faktora, prilikom procjene distribucije vrsta kao što je hrast lužnjak, na koju utiče podzemna i (manje) poplavna voda. Navedeno se može primijeniti i za crnu johu. Sakkali (2017) je u istraživanju rasprostranjenosti i migracije vrsta roda *Alnus* uključujući i crnu johu korištenjem modela prostorne rasprostranjenosti zaključio da kombinirano djelovanje klimatskih varijabli, tla i vegetacije ima najveći učinak na modeliranje potencijalne distribucije i migracije vrsta roda *Alnus*. Isključivo sami klimatski činioci možda neće tačno predvidjeti rasprostranjenost johe. Sallmannshofer et al. (2021) ističu značaj klimatskih faktora: jesenje maksimalne temperature, indeks godišnjih padavina, ljetna i godišnja količina vlage. Za riparijske ekosisteme, osim klimatskih varijabli, podjednako su bile važne i hidrološke varijable te, kao najvažniji, prediktori tla.

Dobivena prostorna predikcija rasprostranjenosti crne johe ukazuje na visoku saglasnost sa ustanovljenom rasprostranjenošću crne johe u okviru realne i potencijalne vegetacije u Bosni i Hercegovini (Stefanović et al., 1983).

Novija istraživanja ukazuju na to da će sa klimatskim promjenama doći i do promjene florističkog sastava i rasprostranjenosti vrsta (Sallmannshofer et al., 2021, Vukelić et al., 2010; Sakkali, 2017; Vojniković i Višnjić, 2018). Sakkali (2017) je modeliranjem predstavio da će vrsta roda *Alnus* migrirati uglavnom prema sjeveru na sjevernoj hemisferi. Sallmannshofer et al. (2021) također su korištenjem modela distribucije vrsta u rezervatu biosfere Mura – Drava – Dunav za pet od sedam ekonomski i ekološki važnih vrsta drveća, uključujući i crnu johu, utvrdili smanjenje vjerovatnoće pojavljivanja pod uticajem budućih promjena, što će vjerojatno dovesti do značajnih efekata na sastav i strukturu šuma, kao i na ekosistemske usluge.

Poznavanjem limitirajućih faktora moguće je modeliranjem projicirati buduće promjene u rasprostranjenosti staništa crne johe, čime bi se mogle planirati potencijalne mjere za prevenciju negativnih posljedica klimatskih promjena kao što su povećanje temperature i smanjenje padavina.

Zaključci

U ovom istraživanju procijenjena je rasprostranjenost crne johe u Bosni i Hercegovini primjenom modela MaxEnt na osnovu poznatih i utvrđenih lokacija staništa crne johe i klimatskih podataka baze WorldClim.

Rezultati su potvrdili model veoma dobre predikcijske tačnosti na temelju kalibracije i validacije podataka subseta (AUC > 0,85). Varijable BIO06 (minimalna temperatura najhladnijeg mjeseca) i BIO14 (oborine mjeseca sa najmanje padavina) imaju statistički najveći značaj i uticaj na formiranje modela prostorne rasprostranjenosti crne johe. Istraživanje je potvrdilo činjenicu da, kad su u pitanju klimatski uticaji, temperatura i padavine definišu i kontrolišu prisustvo i distribuciju crne johe.

U narednim istraživanjima trebalo bi uključiti hidrološke komponente kao diferencijalni aspekt rasprostranjenosti staništa crne johe. Pored toga, s obzirom na kompleksnost stanišnih uvjeta, bilo bi potrebno razmotriti ulogu i uticaj ostalih okolišnih faktora (geomorfologije, geologije, pedologije, interakcije zajednica johe sa ostalom vegetacijom i drugih).

Rezultati istraživanja značajni su za istraživanja vezana za klimatske promjene i praćenje stabilnosti ekosistema. S ovim saznanjima u budućnosti moguće je sa najnovijim klimatskim podacima za Bosnu i Hercegovinu i predikcijama identifikovati postojeća ugrožena staništa kao i lokacije novih potencijalnih staništa crne johe. Smatra se da je jedna od najvažnijih mjera upravljanja šumama upravo odabir vrsta drveća koje mogu da podnesu i smanje negativne posljedice klimatskih promjena. Rezultati ovog istraživanja mogu imati potencijal kao dio strategijskih i ekološki održivih rješenja upravljanja staništima crne johe za smanjenje negativnih posljedica klimatskih promjena, od povećanja biodiverziteta do ublažavanja posljedica poplava, kao integralne vrsta priobalnih staništa.

Literatura

Alikalfić, F. (1998): Johe uz obale naših vodotoka i njihov značaj za kvalitet životne sredine, Radovi Šumarskog fakulteta, 1, Sarajevo, 1-17.

Amigo, J., Izco, J., Romero, M. I. (2004): Swamp alder woodlands in Galicia (NW Spain): phytosociological interpretation. Ecological and floristic contrast to western European swamp woodlandsand delimitation versus riparian alder woodlands in southern Europe and northern Africa, Phytocoenologia, 34 (4), 613-638.

Barudanović, S. (2003): Ekološko-vegetacijska diferencijacija lišćarsko-listopadnih šuma planine Vranice, Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo.

Barudanović, S., Redžić, S. (2006): Forest ecosystems of Mountain Vranica with priority on programmes of conservation, u: Management of Forest Ecosystems in National Park and Other Protected Areas, proceedings, Jahorina – Tjentište Bosnia i Herzegovina, July 05. – 08. 2006, Šumarski fakultet, Banja Luka, 87-93.

Beus, V. (2008): Bosnia and Herzegovina, u: Klimo, E., Hager, H., Matič, S., Anič, I., Kulhavý, J. (ur.) Floodplaine forests of the temperate zone of Europe, Lesnická práce, s.r.o., Kostelec nad Černymi lesy.

Bodeux, A. (1955): *Alnetum glutinosae*, Mitteilungender Floristisch-soziologischen Arbeitsgemein-schaft, 5, Stolzenau/Weser, 114-137.

Boškailo, A., Đug, S., Trakić, S., Drešković, N., Muratović, E., Boškailo, S., Miličević M. (2022): Distribucija, horologija i prediktivno modeliranje vrste *Pueraria montana* var. *lobata* (Willd.) Sanjappa & Pradeep u Bosni i Hercegovini, Radovi Poljoprivredno-prehrambenog fakulteta Univerziteta u Sarajevu, LXVII (72/1), 57-68.

Caudullo, G., Welk, E., Miguel-Ayanz, J. S. (2017): Chorological maps for the main European woody species, Data in Brief, 12, 662-666.

Chakraborty, D., Móricz, N., Rasztovits, E. et al. (2021): Provisioning forest and conservation science with high-resolution maps of potential distribution of major European tree species under climate change, Annals of Forest Science, 78, 26.

Claessens, H., Oosterbaan, A., Savill, P., Rondeux, J. (2010): A review of the characteristics of black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) and their implications for Silvicultural Practices, Forestry, 83 (2), 163-175.

Döring-Mederake, U. (1990): Alnion forests in Lower Saxony (FRG), their ecological requirements, classification and position within *Carici elongatae-Alnetum* of Northern Central Europe, Vegetatio, 89, 107-119.

Döring-Mederake, U. (1991): Feuchtwälder im nordwestdeutschen Tiefland, Scripta Geobotanica 19, 1-122.

Douda, J. (2008): Formalized classification of the vegetation of alder carr and flood plain forests in the Czech Republic, Preslia, 80, 199-224.

Douda, J. et al. (2015): Vegetation classification and biogeography of European floodplain forests and alder carrs, Applied Vegetation Science, 19, 147-163.

Dukić, V., Maunaga, Z., Cvjetkovic, B. (2012): Razvojne karakteristike sastojina crne johe u Republici Srpskoj, Glasnik Šumarskog fakulteta u Banjoj Luci, 16, 61-76.

Dyderski, M. K., Paź, S., Frelich, L. E., Jagodziński, A. M. (2018): How much does climate change threaten European forest tree species distributions?, Glob Chang Biol, 24, 1150-1163.

Elith, J., Phillips, S. J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y. E., Yates, C. J. (2010): A statistical explanation of Maxent for ecologists, Diversity and Distributions, 17 (1), 43-57.

Fabijanić, B., Fukarek, P., Stefanović, V. (1963): Lepenica – Pregled osnovnih tipova šumske vegetacije, u: Lepenica: priroda, stanovništvo, privreda i zdravlje, Posebna izdanja, knj. 3, Naučno društvo SR BiH, Sarajevo, 85-129.

Fukarek, P. (1957): Fitocenološka raspodjela bosanskog i hercegovačkog krša, u: Savezno savjetovanje o kršu, Split, 1957. 3, Krš Bosne i Hercegovine, Šumarsko društvo NR Hrvatske, Zagreb, 139-144.

Fukarek, P. (1970): Šumske zajednice prašumskog rezervata Perućice u Bosni, u: Simpozijum Južnoevropske prašume i visokoplaninska flora i vegetacija istočnoalpsko-dinarskog prostora, 14–19. juli 1969. godine, Odjeljenje prirodnih i matematičkih nauka, Posebna izdanja, knj. XV, Odjeljenje prirodnih i matematičkih nauka, knj. 4, ANUBiH, Sarajevo, 157-262.

Gilani, H., Arif Goheer, M., Ahmad, H., Hussain, K. (2020): Under predicted climate change: Distribution and ecological niche modelling of six native tree species in Gilgit-Baltistan, Pakistan, Ecological Indicators, 111, 106049.

Guisan, A., Thuiller, W., Zimmermann, N. E. (2017): Habitat suitability and distribution models with applications in R, Cambridge Univ. Press.

Hemery, G. E., Clark, J. R., Aldinger, E., Claessens, H., Malvolti, M. E., O'Connor, E., Raftoyannis, Y., Savill, P. S., Brus, R. (2009): Growing scattered broadleaved tree species in Europe in a changing climate: a review of risks and opportunities, Forestry, 83 (1), 65-81.

Horvat, I., Glavač, V., Ellenberg, H. (1974): Vegetation Südosteuropas, Geobotanica selecta, Band IV, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

Houston-Durrant, T., de Rigo, D., Caudullo, G. (2016): *Alnus glutinosa* in Europe: distribution, habitat, usage and threats, u: San-Miguel-Ayanz, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., Mauri, A. (ur.) European Atlas of Forest Tree Species, Eur. Comm., Luxenbourg, 64-65.

Koljanin, D., Brujić, J., Carni, A., Milanović, Đ., Škvorc, Ž., Stupar, V. (2023): Classification of Wetland Forests and Scrub in the Western Balkans, Diversity, 15, 370.

Luedeling, E., Girvetz, E. H., Semenov, M. A., Brown, P. H. (2011): Climate Change Affects Winter Chill for Temperate Fruit and Nut Trees, PLoS ONE, 6, e20155.

MacVean, D. (1953): *Alnus glutinosa* (L) Gaertn., J. Ecol., 41, 447-466.

Maděra, P., Vukelić, J., Buček, A., Baričević, D. (2008): Floodplain forest plant communities, u: Klimo, E., Hager, H., Matić, S. et al. (ur.) Floodplain forests of the temperate zone of Europe, Lesnická práce, Kostelec nad Černimi lesy, 102-159.

Milanović, Đ., Stupar, V. (2017): Riparian forest communities along watercourses in the Sutjeska national park (SE Bosnia and Herzegovina), Glasnik Šumarskog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci, 226, 95-111.

Paal, J., Prieditis, N., Rannik, R., Jeletsky, E. M. (2008); Classification structure of floodplain forests in Estonia: a comparison of two classification approaches, Ann. Bot. Fen., 45, 255-268.

Palmer, M. A. et al. (2008): Climate change and the world's river basins: anticipating management options, Frontiers in Ecology and the Environment, 6, 81-89.

Phillips, S. J., Dudík, M., Schapire, R. E. (2004): A maximum entropy approach to species distribution modeling, s. l., ACM Press.

Prieditis, N. (1997): *Alnus glutinosa* – dominated wetland forests of the Baltic Region: community structure, syntaxonomy and conservation, Plant Ecology, 129, 49-94.

Rojo, J. et al. (2021): The effects of climate change on the flowering phenology of alder trees in southwestern Europe, Mediterranean Botany, 42, e67360.

Sakkali, A. (2017); Simulation of potential distribution and migration of *Alnus* spp. under climate change, Applied Ecology and Environmental Research, 15, 1039-1070.

Sallmannshofer, M., Chakraborty, D., Vacik, H., Illés, G., Löw, M., Rechenmacher, A., Lapin, K., Ette, S., Stojanović, D., Kobler, A., Schueler, S. (2021): Continent-wide tree species distribution models may mislead regional management decisions: A case study in the transboundary Biosphere Reserve Mura – Drava – Danube, Forests, 12 (3), 330.

Sallmannshofer, M., Damjanić, R., Vacik, H., Westergren, M., Baloh, T., Božič, G., Ivanković, M., Kovács, G., Lanšćak, M., Lapin, K., Nagy, L., Ostoić, S. K., Orlović, S., Stojnić, S., Železnik, P., Zlatković, M., Schueler, S. (2023): Forest managers' perspectives on environmental changes in the biosphere reserve Mura – Drava – Danube, Frontiers in Forests and Global Change, 6, 1160166.

Sburlino, G., Poldini, L., Venanzoni, R., Ghirelli, L. (2011): Italian black alder swamps: Their syntaxonomic relationships and originality within the European context, Plant Biosystems, 145, 148-171.

Solińska-Górnicka, B. (1987): Alder (*Alnus glutinosa*) carr in Poland, Tuexenia, 7, 329-346.

Stefanović, V. (1969): Osnovi tipologije šuma (za studente Šumarskog fakulteta u Sarajevu – skripta – 1 izdanje), Univerzitet u Sarajevu, Šumarski fakultet.

Stefanović, V. et al. (1983): Ekološko-vegetacijska rejonizacija Bosne i Hercegovine, Radovi Šumarskog fakulteta Univerziteta u Sarajevu, 17, 1-83.

Sykes, M. T., Prentice, I. C., Cramer, W. (1996): A bioclimatic model for the potential distributions of north European tree species under present and future climates, J Biogeogr, 23, 203-233.

Vacek, Z., Vacek, S., Cukor, J., Bulušek, D. et al. (2022): Dendrochronological data from twelve countries proved definite growth response of black alder (*Alnus glutinosa* [L.] Gaertn.) to climate courses across its distribution range, Central European Forestry Journal, 68 (3), 139-153.

Vojniković, S., Višnjić, Ć. (2018): Poplavne šume u kraškom području submediterana Hercegovine, u: Zbornik radova Simpozij Poljoprivreda i šumarstvo na kršu mediteransko-submediteranskog istočnojadranskog područja – stanje i perspektive, Sarajevo, 5. juna/ lipnja 2018. godine (ur. Šarić, T., Beus, V.), Posebna izdanja, knj. CLXXVI, Odjeljenje prirodnih i matematičkih nauka, knj. 27, ANUBiH, Sarajevo.

Vukelić, J., Baričević, D., List, Z., Šango, M. (2006): Prilog fitocenološkim istraživanjima šuma crne johe (*Alnus glutinosa* Geartn) u Podravini, Šumarski list, 130 (11–12), 479-492.

Vukelić, J., Šapić, I., Alegro, A., Šegota, V., Stankić, I., Baričević, D. (2017): Phytocoenological analysis of grey alder (*Alnus incana* L.) forests in the Dinarides of Croatia and their relationship with affiliated communities, Tuexenia, 37, 65-78.

Vukelić, J., Vojniković, S., Ugarković, D., Bakšić, D., Mikac, S. (2010): The influence of climate change on tree species distribution in south-east Europe, u: Simard, S. (ur.) Climate Change and Variability, Sciyo, 211-224.

Walden-Schreiner, C., Leung, Y. F., Kuhn, T., Newburger, T., Tsai, W. L. (2017): Environmental and managerial factors associated with pack stock distribution in High Elevation Meadows: Case Study from Yosemite National Park, Journal of Environmental Management, 193, 52-63.

Wang, Z., Chang, Y. I., Ying, Z., Zhu, L., Yang, Y. (2007): A parsimonious threshold-independent protein feature selection method through the area under receiver operating characteristic curve, Bioinformatics, 23 (20), 2788-2794.

Zimmermann, N. E., Edwards, T. C., Graham, C. H. et al. (2010): New trends in species distribution modelling, Ecography (Cop), 33, 985-989.

Predictive spatial distribution model of black alder (*Alnus glutinosa* [L.] Gaertn.) based on WorldClim bioclimatic variables in Bosnia and Herzegovina

Summary: The black alder (*Alnus glutinosa* [L.] Gaertn.) is a particularly important tree species widely distributed in Europe tolerant to water access with great environmental potential. This member of the family *Betulaceae* populates the riversides and lowlands of Europe and further. In Bosnia and Herzegovina black alder forests cover about 1% of the surface, mostly fragmented in valley microlocations and riparian zones forming azonal communities. Alder and other floodplain communities have been significantly studied in central and northern Europe, while studies in Bosnia and Herzegovina are scarce. Previous studies indicate that in an ever-warmer climate the habitat of the black alder will generally expand north, while simultaneously retracting from the south due to increased droughts. Increased flooding due to climate change in large parts of Europe, including Bosnia and Herzegovina, makes the black alder an interesting species to consider for erosion and flood control due to its tolerance of humid soils. This research aimed to develop a predictive spatial model of black alder habitats distribution in Bosnia and Herzegovina based on known black alder habitat locations and climate data.

Data were obtained from 130 temporary plots across Bosnia and Herzegovina and WorldClim database in the form of raster layers for 19 bioclimatic variables. Modelling was performed using the maximal entropy method integrated into the software MaxEnt. The obtained results confirmed the model with very good prediction accuracy based on the calibration and validation of the subset data (AUC>0.85). MaxEnt was used and proved extremely important for species modeling and environmental impact assessment in different research. In this study, the WorldClim variables BIO06 (the minimal temperature of the coldest month of the year) and BIO14 (precipitation during the driest month of the year) were found to have the highest statistical significance and therefore influence on the model of the spatial extent of the ecological niche of the black alder. Research indicates that the combined effect of climate variables and other environmental predictors, particularly hydrology variables, has the greatest effect on modelling the potential distribution and migration of *Alnus* species.

Regarding the importance of black alder communities in erosion prevention, flood mitigation and contribution to biodiversity, the obtained results can contribute to effective and careful management of black alder habitats in the context of monitoring ecosystem stability. Black alders may be key for preserving and maintaining riparian communities due to buffer flooding. Further research should include hydrological components as differential aspect of black alder habitat distribution. In addition, considering the complexity of habitat conditions, it would be necessary to consider the role and influence of other environmental factors (geomorphology, geology, pedology, interactions of black alder communities with other vegetation and others).

DOI: 10.5644/PI2024.211.17
Originalni naučni članak

Zaštita šumskih staništa u okviru europske ekološke mreže Natura 2000 u Hrvatskoj

Damir Barčić
Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije
E-mail: dbarcic@sumfak.hr

Tomislav Dubravac
Hrvatski šumarski institut, Jastrebarsko

Mario Ančić
Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije

Milan Pernek
Hrvatski šumarski institut, Jastrebarsko

Apstrakt: Šume su izvor obnovljivih i okolišno prihvatljivih sirovina te imaju važnu ulogu u gospodarskom razvoju, zapošljavanju i napretku u Europi, osobito u ruralnim područjima. Imaju visoku vrijednost biološke raznolikosti, odnosno na područjima gdje se postojeći pritisci tek trebaju riješiti imaju barem visok potencijal za obnavljanje bioraznolikosti. Šume pozitivno pridonose kvaliteti života stvarajući ugodnu životnu okolinu, mogućnosti za rekreaciju i preventivnu zdravstvenu zaštitu, dok u isto vrijeme održavaju i poboljšavaju okolišne uvjete i ekološke vrijednosti. Nadalje, u šumama je zadržan velik dio duhovne i kulturne baštine koja Europu čini takvom kakva jest. Glavne prirodne prijetnje europskim šumama i šumskim područjima iz mreže Natura 2000 predstavljaju: šumski požari, suše, oluje, najezde kukaca, biljne bolesti, invazivne strane vrste i porast temperature. Glavni pritisci koje izaziva čovjek jesu: krčenje šuma, fragmentacija šuma (na područjima mreže Natura 2000 i izvan nje), gubitak staništa, promjena kvalitete staništa u šumama, prenamjene zemljišta, promjene zemljišnog pokrova i zagađivači. Održivo upravljanje šumom istodobno pridonosi postizanju gospodarskih, ekoloških i društvenih ciljeva. Šume kojima se upravlja na održiv način mogu se iskorištavati za proizvodnju drvnih i nedrvnih proizvoda, rekreaciju, lov i dr., a da pri tome društvo od njih i dalje ima koristi kao javnog dobra ili se ostvaruju ciljevi zaštite okoliša. Očuvanje šumskih staništa u Republici Hrvatskoj dobilo je dodatni poticaj uključivanjem u europsku ekološku mrežu. U razdoblju od 2013. godine do 2023. godine provode se ili ugrađuju ciljevi očuvanja za svako područje mreže Natura 2000, tako i za šumska staništa. Tim ciljevima opisuje se željeno stanje svake vrste i svakog stanišnog tipa od značaja za EU (kvantitativno i/ili kvalitativno) koji su prisutni. Uzimaju se u obzir njihovi ekološki zahtjevi te prijetnje i pritisci s kojima se suočavaju na tom određenom području te potencijalni doprinos tog područja postizanju povoljnog stanja očuvanosti na nacionalnoj ili biogeografskoj razini.

Ključne riječi: zaštita prirode, ekološka mreža, održivost, upravljanje

Uvod

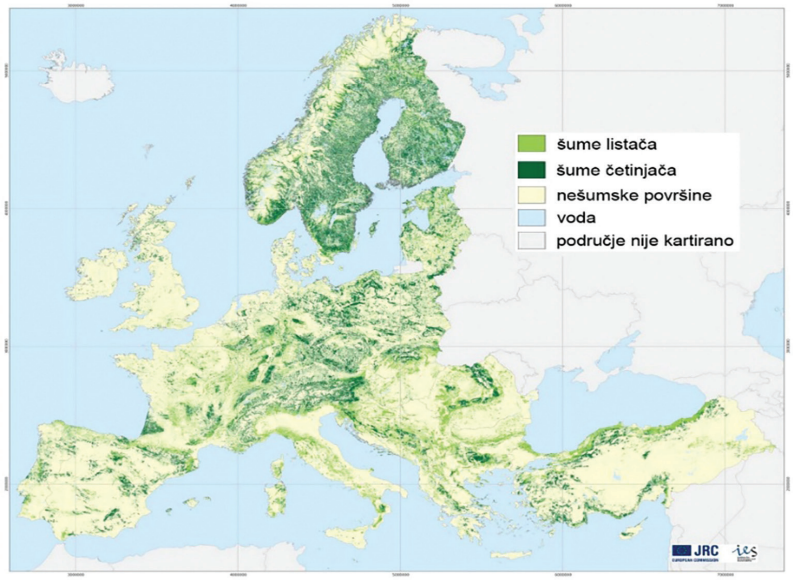
Šume i ostalo šumsko područje u zemljama Europske unije (EU-27) trenutačno pokrivaju 176 milijuna hektara (Slika 1), što predstavlja oko 42 % kopnene površine EU. Pokrivenost šumama uvelike varira u različitim dijelovima EU-a. Države članice s najvećim postotkom šumskog područja jesu Finska i Švedska, u kojima su otprilike tri četvrtine kopnene površine pokrivene šumama ili ostalim šumskim područjem. Najmanje šumskih područja od svih država članica EU-a imaju Malta, Nizozemska i Irska.

U šumama se nalazi znatan dio bioraznolikosti Europe, uključujući mnoge rijetke i ugrožene vrste i stanišne tipove navedene u Direktivi o staništima i Direktivi o pticama. Najprikladnija područja proglašena su dijelom mreže Natura 2000 kako bi se osiguralo njihovo dugoročno očuvanje u EU-u. Rezultat toga je činjenica da je u mrežu Natura 2000, koja obuhvaća 27 zemalja, sada uključeno 375 000 km^2 šuma. Područja Nature zauzimaju 18,5 % ukupne kopnene površine EU. U 2012. godini 47,5 % područja Nature 2000 bilo je pokriveno šumom, od čega su 60,7 % bile zastupljene listače, a 39,3 % četinjače; u 2018. godini pokrivenost šumama dosegla je 48,8 %, od čega su listače zastupljene sa 62,4 % i četinjače s 37,6 % (Santoro et al., 2024). Prema podacima Europske komisije (European Commission, 2015) i Alberdi et al. (2019) šumska staništa imaju vrlo važnu ulogu jer gotovo polovica područja pod Naturom su šume. Država članica s najvećim šumskim područjem uključenim u mrežu Natura 2000 je Španjolska (oko 79 800 km^2), nakon koje slijede Poljska (oko 33 500 km^2) i Francuska (30 090 km^2). U Hrvatskoj Natura 2000 obuhvaća 0,92 milijuna ha šumske površine. U zaštićenim područjima, prevladavajući tipovi šumskih staništa su ilirske bukove šume (*Aremonio-Fagion*, 140 394 ha), zatim ilirske hrastovo-grabove šume (*Etythronio-Carpinion*, 34 074 ha) i subatlantske i srednjoeuropske hrastove ili hrastovo-grabove šume (*Carpinion-Betuli*, 26 599 ha) prema Lovrić et al. (2018).

U prirodnim uvjetima šume bi, uz neke regionalne iznimke, bile prevladavajuća vrsta vegetacijskog pokrova u Europi. Mnogi šumski ekosustavi u Europi ne ovise o gospodarenju i mogu se održavati samo prirodnom dinamikom, uključujući prirodne stadije rasta i razvoja, te dinamikom poremećaja velikih razmjera poput požara, olujnih vjetrova ili najezda kukaca i biljnih bolesti. S druge strane, mnogi šumski stanišni tipovi rezultat su prethodnog gospodarenja i oni još uvijek ovise o gospodarenju. Procesi prirodne dinamike i sukcesije u normalnim su uvjetima oblikovali šumu kao mozaik različitih mikrostaništa, omogućavajući bogatu bioraznolikost šume. Kada je riječ o

proizvodnji drvne sirovine, produktivnost šuma znatno se razlikuje među državama članicama. U prosjeku se posiječe 60 – 70 % godišnjeg prirasta, što znači da se rastuće drvne zalihe i dalje kontinuirano povećavaju. Međutim, neto godišnji prirast samo je jedan od pokazatelja produktivnosti šume.

Europske su šume, osobito one u mediteranskoj regiji, vrlo važan izvor i nedrvnih proizvoda, poput pluta. Posljednje, ali ne i manje važno, one su glavni izvor biomase za grijanje kućanstava i proizvodnju električne energije. Prema posljednjim procjenama očekivalo se da će se njihov udio u ukupnoj raspoloživoj količini biomase u svojstvu obnovljivog izvora energije do 2020. povećati na 66 % (European Commission, 2015).



Slika 1. Karta šuma u Europi i dijelu Male Azije prema: http://forest.jrc.ec.europa.eu/activities/forest-mapping

Figure 1. Map of forests in Europe and part of Asia Minor according to: http://forest.jrc.ec.europa.eu/activities/forest-mapping

Oko 40 % šumskog područja u EU u javnom je vlasništvu. Javno vlasništvo (općina, regija / pokrajina, država itd.) dominira u većini država članica EU-a na području istočne i jugoistočne Europe. Prosječna veličina javnih šumskih gospodarstava u EU je više od 1000 ha, uz velike razlike među državama. Oko 60 % šuma EU-a u privatnim je rukama s oko 16 milijuna privatnih vlasnika šuma. Prosječna veličina privatnih šumskih gospodarstava iznosi 13 ha, ali većina šuma u privatnom vlasništvu manja je od 5 ha. Trenutačno je oko 87 % europskih šuma podvrgnuto nekom obliku ljudske intervencije (EEA,

2016). Većinom šuma upravlja se u skladu s načelima održivog upravljanja šumama (SFM), koja su utvrđena i razvijena u okviru procesa Forest Europe (nekadašnja Ministarska konferencija o zaštiti europskih šuma – MCPFE), a koja se u većini slučajeva nadopunjuju nacionalnim ili regionalnim politikama ili programima za šume (European Commission, 2015). Održivo upravljanje šumama definira se kao čuvanje i upotreba šuma i šumskih zemljišta na način i u mjeri kojima se održavaju njihova bioraznolikost, proizvodnost, sposobnost prirodne obnove, vitalnost i njihov sadašnji i budući potencijal za ispunjavanje relevantnih, ekoloških, gospodarskih i socijalnih funkcija na lokalnoj, nacionalnoj i globalnoj razini te se ne nanosi šteta drugim ekosustavima. U sklopu ekološke mreže šumska staništa trebaju biti u povoljnom stanju. Prema Vukeliću et al. (2008) stanišni tip je u povoljnom stanju ako je stabilno prirodno područje rasprostranjenosti, ako se održava struktura i funkcija šumskog staništa nužna za dugoročni opstanak, te ako je zajamčeno povoljno stanje njegovih značajnih bioloških vrsta.

U Republici Hrvatskoj potrajno ili održivo gospodarenje šumama i šumskim zemljištem od nezavisnosti temelji se na dugoj tradiciji i prihvaćanju novih spoznaja u znanosti koje se primjenjuju u praksi. Osnutak prvih šumarija 1765. godine može se uzeti kao službeni početak razvoja šumarstva u Hrvatskoj. Prva zakonska uredba kojom je ujedno uvedeno potrajno gospodarenje šumama donesena je 1769. godine. Godine 1846. struka se okupila u staleškoj udruzi Hrvatskog šumarskog društva, a 1852. godine donesen je prvi Zakon o šumama na području Hrvatske. Javno poduzeće "Hrvatske šume" d.o.o. od 2002. godine nositelj je međunarodnog FSC certifikata za gospodarenje šumama i šumskim zemljištem. FSC certifikacija znači da se šumom gospodari prema strogim ekološkim, socijalnim i ekonomskim standardima. Ukupna površina šuma iznosi 2 759 039 ha, što čini 49,3 % kopnene površine države. Od toga je 2 097 318 ha u državnom vlasništvu (76 %), a 661 721 ha u vlasništvu privatnih šumoposjednika (24 %). Uređenost šuma, njihova kvaliteta i stabilnost pretpostavka je i za izdvajanje određenih šumskih površina unutar zaštićenih područja, dok je istodobno bila i važan kriterij za izdvajanje šuma unutar ekološke mreže.

Materijal i metode

Analiza i interpretacija šumskih staništa napravljena je sukladno zakonskoj regulativi koja određuje uspostavu Nacionalne klasifikacije staništa i europske ekološke mreže Natura 2000:

- Zakon o zaštiti prirode (Hrvatski sabor, 2013),
- Pravilnik o vrstama stanišnih tipova, karti staništa, ugroženim i rijetkim stanišnim tipovima te o mjerama za očuvanje stanišnih tipova (Ministarstvo kulture, 2006),
- Pravilnik o popisu stanišnih tipova, karti staništa te ugroženim i rijetkim stanišnim tipovima (Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, 2014),
- Pravilnik o popisu stanišnih tipova i karti staništa (Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, 2021),
- Uredba o ekološkoj mreži i nadležnostima javnih ustanova za upravljanje područjima ekološke mreže (Vlada Republike Hrvatske, 2019), koja utvrđuje nadležnost javnih ustanova koje upravljaju zaštićenim područjima i područjima ekološke mreže za upravljanje i donošenje planova upravljanja ekološkom mrežom,
- za upravljanje područjima ekološke mreže donesen je Pravilnik o ciljevima očuvanja i mjerama očuvanja ciljnih vrsta ptica u područjima ekološke mreže (Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, 2020) te Pravilnik o ciljevima očuvanja i mjerama očuvanja ciljnih vrsta i stanišnih tipova u područjima ekološke mreže (Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, 2022),
- Prioritetni akcijski okvir (PAO) za mrežu Natura 2000 u Republici Hrvatskoj (Vlada Republike Hrvatske, 2022),
- Council Directive of 2 April 1979 on the conservation of wild birds (79/409/EEC) (Council of the European Communities, 1979) i Direktiva 2009/147/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 30. studenoga 2009. o očuvanju divljih ptica (Europski parlament i Vijeće Europske unije, 2009),
- Direktiva Vijeća 92/43/EEC od 21. svibnja 1992. o očuvanju prirodnih staništa i divlje faune i flore (Vijeće Europske zajednice, 1992).

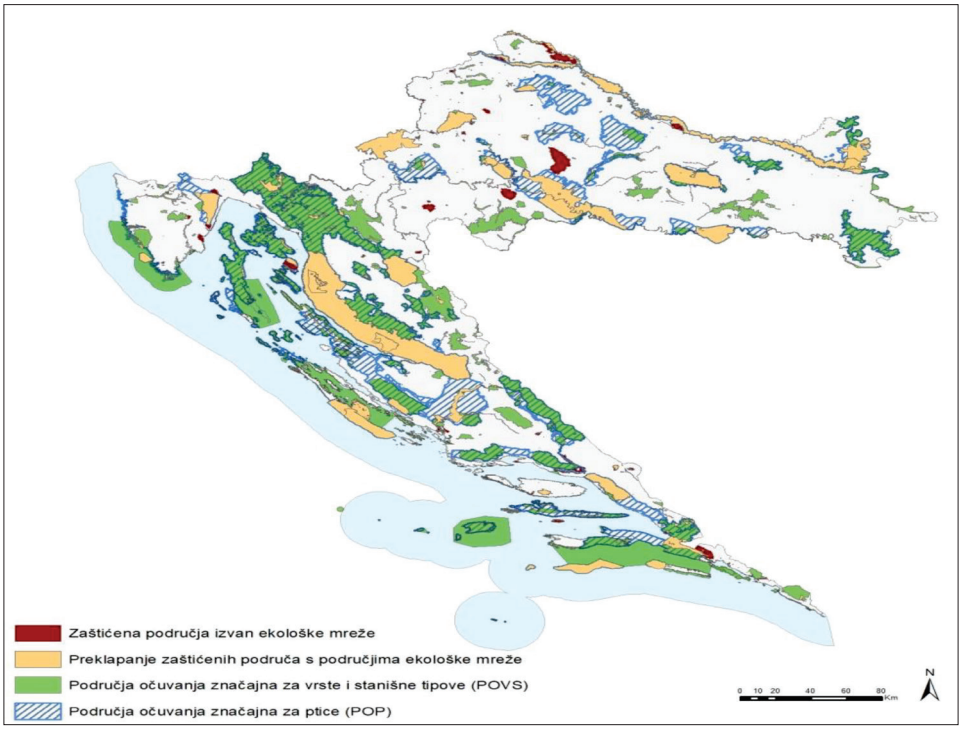
Rezultati

Mreža Natura 2000 je doprinos EU "Emerald mreži" područja od posebnog interesa zaštite koja su uspostavljena u okviru Bernske konvencije o zaštiti europskih prirodnih staništa i divljih vrsta. Zemlje članice EU su u postupku određivanja područja sukladno Direktivi o staništima predlagale pSCI područja. Ova su se područja na biogeografskim seminarima vrednovala te se ocjenjivala dostatnost mreže (Tablica 1.) za svaku pojedinu vrstu i stanišni tip s dodataka I i II Direktive.

Tablica 1. Ocjene prijedloga Natura 2000 za svaku vrstu i stanišni tip
Table 1. Assessments of Natura 2000 proposals for each species and habitat type

Šifra zaključka	Značenje	Potrebne akcije
SUF	Sufficient / Dostatno	Nisu potrebne daljnje akcije
IN MAJOR	Insufficient major / Značajno nedostatno	Nisu izdvojena područja za vrstu ili stanišni tip. Potrebno je značajno dopuniti prijedlog.
IN MOD	Insufficient moderate / Umjereno nedostatno	Potrebno je prijedlog nadopuniti jednim ili više područja (ili proširiti postojeće područje). IN MOD GEO znači da je potrebno dodati područje u određenoj biogeografskoj regiji.
IN MIN	Insufficient minor / Minimalno nedostatno	Nije potrebno izdvajati nova područja u mrežu, no vrsta ili stanišni tip bi se morali dodati kao ciljni na neko od već predloženih područja.
CD	Correction of data / Ispravak podataka	Podatke treba ispraviti / upotpuniti / izbrisati.
Sci Res	Scientific reserve / Znanstvena rezerva	Konačni zaključak nije moguć: potrebno je dodatno istražiti / pojasniti znanstvene nedoumice – interpretaciju stanišnog tipa, upitnu prisutnost vrste i sl.

Svaka zemlja članica morala je napraviti listu najboljih prirodnih područja koja sadrže stanišne tipove i vrste navedene u Direktivi o staništima i Direktivi o pticama te listu dostaviti Europskoj komisiji. U slučaju da je stanište sukladno Direktivi o staništima, evaluacija i selekcijski proces se određuju na europskoj razini, a za Direktivu o pticama takav proces nije predviđen. Zemlja članica mora osigurati nužnu zaštitu staništa i vrsta u području mreže Natura 2000. Nakon što je određeno područje proglašeno zaštićenim, odnosno svrstano u područje ekološke mreže Natura 2000, često se javlja problem s privatnim vlasnicima zemljišta koji se žale na izbor pojedinih područja za mrežu Natura 2000, navodeći da se to sukobljava s njihovim pravima vlasništva, a bez usklađivanja njihovih interesa ili prikladne kompenzacije. Europski je sud donio odluku da vlasnici zemljišta nisu direktno oštećeni odlukom Komisije koja odlučuje o uključenju pojedinih područja u Naturu 2000 jer samim uvrštavanjem nije određena implementacija nekih zaštitnih mjera niti odobravanje planova i projekata. Rješenje problema izvedeno je tako da vlasnici moraju područjem koje ulazi u samu mrežu gospodariti i upravljati na održivi način.



Slika 2. Karta područja ekološke mreže i nacionalnih kategorija zaštićenih područja
Figure 2. Map of the area of ecological network and national categories of protected areas

Na području ekološke mreže potrebno je pridržavati se određenih pravila koja se ukratko mogu sažeti sukladno dvjema Direktivama na sljedeći način: izbjegavati štetne aktivnosti koje mogu imati potencijalni štetni učinak na vrstu ili narušiti njihovo stanište zbog kojeg se to područje i nalazi pod samom zaštitom, te poduzimati pozitivne mjere na onim mjestima gdje je to potrebno kako bi se održalo i obnovilo "povoljno stanje očuvanosti" staništa i vrsta u njihovom prirodnom području rasprostranjenosti i obitavanja.

U slučaju vrsta pokrivenih Direktivom povoljno stanje očuvanosti znači sljedeće:

– populacije se dugoročno održavaju i više ne pokazuju znakove kontinuiranog pada broja jedinki,
– područje prirodne rasprostranjenosti se ne smanjuje,
– postoji, i vjerojatno će dalje postojati, dovoljno veliko stanište za dugoročno održavanje populacije.

U slučaju stanišnih tipova povoljno stanje očuvanosti postignuto je u trenutku kada:

– prirodna rasprostranjenost staništa i područja koje ono pokriva stabilni su ili rastu,
– postoje specifična struktura i funkcije potrebne za njegovo dugoročno održavanje, a vjerojatno će postojati i u doglednoj budućnosti,
– povoljno je stanje očuvanosti uobičajenih vrsta koje žive u danom staništnom tipu.

Tablica 2. Šumska staništa u Hrvatskoj sukladno NKS i Natura 2000
Table 2. Forest habitats in Croatia according to NKS and Natura 2000

Natura 2000 kod	Natura 2000 naziv stanišnog tipa	NKS nacionalna klasifikacija staništa
5210	Mediteranske makije u kojima dominiraju borovice *Juniperus* spp.	E.8.2.3. Makija tršlje i somine
5330	Termo-mediteranske (stenomediteranske) grmolike formacije s *Euphorbia dendroides*	E.8.2.2. Makija divlje masline i drvenaste mlječike
9110	Bukove šume *Luzulo-Fagetum*	E.4.2. Srednjoeuropske, acidofilne bukove šume
9130	Bukove šume *Asperulo-Fagetum*	E.4.1. Srednjoeuropske neutrofilne do slaboacidofilne, mezofilne bukove šume
9160	Subatlantske i srednjoeuropske hrastove i hrastovo-grabove šume *Carpinion betuli*	E.3.1.1. Šuma hrasta lužnjaka i običnog graba (tipična subasocijacija) E.3.1.2. Šuma hrasta lužnjaka i običnog graba (subasocijacija s bukvom) E.3.1.3. Šuma hrasta lužnjaka i običnog graba (subasocijacija s cerom) E.3.1.4. Šuma hrasta lužnjaka i običnog graba (subasocijacija sa srebrnolisnom lipom)
*9180	Šume velikih nagiba i klanaca *Tilio-Acerion*	E.4.4. Šume bukve i plemenitih listača uvala i klanaca
*91D0	Cretne šume	E.7.3.6. Cretne brezove šumice na sfagnumskom cretu
*91E0	Aluvijalne šume (*Alno-Padion*, *Alnion incanae*, *Salicion albae*)	E.1.1. Poplavne šume vrba E.1.2. Poplavne šume topola E.1.3. Šume bijele johe E.2.1.2. Poplavna šuma jasena i johe s razmaknutim šašem E.2.1.3. Šuma crne johe s blijedožućkastim šašem E.2.1.4. Šuma crne johe s trušljom E.2.1.5. Mješovita šuma crne johe i poljskog jasena sa sremzom E.2.1.6. Šuma crne johe s dugoklasim šašem E.2.1.8. Šuma crne johe s gajskom mišjakinjom
91F0	Poplavne miješane šume *Quercus robur*, *Ulmus laevis*, *Ulmus minor*, *Fraxinus excelsior* ili *Fraxinus angustifolia*	E.2.1.1. Šuma veza i poljskog jasena E.2.1.7. Šuma poljskoga jasena s kasnim drijemovcem E.2.2. Poplavne šume hrasta lužnjaka

Natura 2000 kod	Natura 2000 naziv stanišnog tipa	NKS nacionalna klasifikacija staništa
*91H0	Panonske šume s *Quercus pubescens*	E.3.4.7. Šuma hrasta medunca i crnog jasena
91K0	Ilirske bukove šume (*AremonioFagion*)	E.4.3. Mezofilne bukove šume predalpskog prostora E.4.5. Mezofilne i neutrofilne čiste bukove šume E.4.6. Jugoistočnoalpsko-ilirske, termofilne bukove šume E.5. Bukovo-jelove šume E.6. Pretplaninske bukove šume
91L0	Ilirske hrastovo-grabove šume (*Erythronio-Carpinion*)	E.3.1.5. Šuma hrasta kitnjaka i običnog graba E.3.1.6. Šuma hrasta kitnjaka i običnog graba s vlasuljom E.3.1.7. Šuma običnog graba sa šumaricom
91M0	Panonsko-balkanske šume kitnjaka i sladuna	E.3.3. Mezijske šume hrasta sladuna E.3.4.1. Termofilna šuma hrasta kitnjaka s crnim grahorom
91R0	Dinarske borove šume na dolomitu (*Genisto januensis-Pinetum*)	E.7.4.1. Šuma običnog bora s kukurijekom na dolomitima
9260	Šume pitomog kestena (*Castanea sativa*)	E.3.2.1. Mješovita šuma hrasta kitnjaka i pitomog kestena
9320	Šume divlje masline i rogača (Olea i Ceratonion)	E.8.2.1. Makija divlje masline i tršlje ili somine E.8.2.2. Makija divlje masline i drvenaste mlječike E.8.2.4. Makija velike resike i planike E.8.2.5. Makija primorske crnjuše i kapinike
9340	Vazdazelene šume česmine (*Quercus ilex*)	E.8.1.1. Mješovita šuma i makija crnike s crnim jasenom E.8.1.2. Mješovita šuma crnike i duba E.8.1.3. Čista, vazdazelena šuma i makija crnike s mirtom E.8.1.6. Mješovita šuma i makija crnike s crnim grabom E.8.1.7. Šuma dalmatinskog crnog bora i crnike
9410	Acidofilne šume smreke brdskog i planinskog pojasa (*Vaccinio-Piceetea*)	E.7.1.1. Dinarska šuma jele na vapnenačkim blokovima E.7.2. Acidofilne jelove šume E.7.3.2. Pretplaninska šuma smreke s čopocem E.7.3.3. Pretplaninska šuma smreke s ljepikom E.7.3.4. Pretplaninska šuma smreke s alpskom pavitinom E.7.3.5. Šuma smreke s bijelim šašem na dolomitu
*9530	(Sub-)mediteranske šume endemičnoga crnoga bora	E.3.5.7. Mješovita šuma crnoga bora i crnog graba E.7.4.4. Šuma crnoga bora i pustenaste dunjarice E.7.4.5. Šuma crnog bora s trocvjetnom mlječikom na dolomitima E.7.4.6. Šuma dalmatinskog crnog bora s primorskom resikom na dolomitima E.7.4.7. Šuma dalmatinskog crnog bora sa sominom
9540	Mediteranske šume endemičnih borova	E.8.2.6. Mješovita šuma alepskog bora i crnike E.8.2.7. Šuma alepskog bora sa sominom E.8.2.8. Šuma alepskog bora s tršljom

* prioritetni stanišni tip

Osobita pozornost usmjerena je na prioritetne stanišne tipove. Oni predstavljaju prirodni stanišni tip u opasnosti od nestajanja, prisutan na teritoriju na koji se odnosi članak 2. Direktive i za čije očuvanje Zajednica ima posebnu odgovornost zbog veličine njihovog prirodnog područja koje se nalazi unutar teritorija navedenih u članku 2. Direktive. Ta prioritetna prirodna staništa u dodatku I. Direktive o očuvanju prirodnih staništa i divlje faune i flore (92/43/EEC) označena su zvjezdicom (*). U Hrvatskoj se nalaze sljedeći prioritetni stanišni tipovi: *9180 – Šume bukve i plemenitih listača uvala i klanaca, *91DO – Cretne brezove šume na sfagnumskom cretu, *91E0 – Poplavne šume vrba, Poplavne šume topola, Šume bijele johe, Poplavna šuma jasena i johe s razmaknutim šašem, Šuma crne johe s blijedožućkastim šašem, Šuma crne johe s trušljom, Mješovita šuma crne johe i poljskog jasena sa sremzom, Šuma crne johe s dugoklasim šašem, Šuma crne johe s gajskom mišjakinjom, *91H0 – Šuma hrasta medunca i crnog jasena, *9530 – Mješovita šuma crnoga bora i crnog graba, Šuma crnoga bora i pustenaste dunjarice, Šuma crnog bora s trocvjetnom mlječikom na dolomitima, Šuma dalmatinskog crnog bora s primorskom resikom na dolomitima, Šuma dalmatinskog crnog bora sa sominom. Dominantno prioritetna područja nalaze se u nizinskom i poplavnom području, gdje obuhvaćaju i veliki dio močvarnih staništa. Uz ta područja ključna su i staništa na dinarskom području krša.

Glavne prirodne prijetnje hrvatskim i europskim šumama i šumskim područjima iz mreže Natura 2000 jesu: suše, šumski požari, oluje, najezde kukaca, bolesti, invazivne strane vrste i porast temperature. Glavni pritisci koje izaziva čovjek jesu: krčenje šuma i prenamjena šumskog zemljišta, fragmentacija šuma (na područjima mreže Natura 2000 i izvan nje) i gubitak staništa.

Rasprava

Šumska područja uključena su u mrežu Natura 2000 zato što predstavljaju vrijedna područja u EU za vrste i šumske stanišne tipove zaštićene dvjema direktivama EU o prirodi (Cantarello i Newton, 2008). Smatra se kako su šumska staništa glavno mjesto diversifikacije i rasprostiranja kopnenog života, kako biljnog tako i životinjskog (Willis i McElwain, 2008). Posebno je zahtjevan proces potreba za integraciju mjera zaštite prirode kroz očuvanje bioraznolikosti i očuvanja vrsta u odnosu prema planiranju i zahtjevima u gospodarenju šumama (Alterio et al., 2023). Stoga se područja za ekološku mrežu biraju na znanstveno utemeljenoj osnovi. U slučaju Direktive o staništima, proces odabira uključuje nekoliko koraka, od kojih je prvi određivanje

najprikladnijih područja na nacionalnoj razini, kao što je opisano u Prilogu III. te direktive. Komisija nakon toga pregledava nacionalne popise u suradnji s državama članicama i znanstvenim stručnjacima kako bi se osiguralo da u svojoj sveukupnosti osiguravaju dovoljnu zastupljenost za svaki stanišni tip i svaku vrstu, uzimajući u obzir njihov ukupni prirodni areal u EU, i da tvore jedinstvenu mrežu. U slučaju Direktive o pticama, države članice klasificiraju područja i ona se izravno uključuju u mrežu Natura 2000 nakon znanstvene ocjene.

Šume se imenuju područjem mreže Natura 2000 i ako se u njima nalaze važna staništa za razmnožavanje, odmor ili hranjenje jedne ili više vrsta od europskog značaja navedenih u Prilogu II. Direktive o staništima ili Prilogu I. Direktive o pticama ili migratornim vrstama ptica koje se redovito pojavljuju, a koje nisu navedene u Prilogu I. Prvi popis uključuje sljedeće vrste povezane sa šumama: 43 biljke, 44 beskralježnjaka, 23 sisavca i 11 vodozemaca, dok drugi popis uključuje 63 vrste ptica blisko povezane sa šumama. Mnoge od tih vrsta imaju ograničenu rasprostranjenost zbog njihove iznimne ugroženosti ili zbog ograničenog areala njihova staništa.

Međutim, šuma može biti uključena u mrežu Natura 2000 čak i ako nije osnovno stanište vrste ili stanišnog tipa koji su zaštićeni u EU, ali je unatoč tome od životnog značaja za sveukupnu ekološku povezanost područja ili mreže (npr. ekološki koridor koji povezuje ključna staništa zaštićenih vrsta unutar određenog područja, sigurnosna zona koja okružuje područje za razmnožavanje itd.).

Za svako područje određuju se posebni ciljevi očuvanja, a oni bi se trebali temeljiti na dobrom poznavanju područja i prisutnih vrsta / staništa, njihovih ekoloških zahtjeva te bilo kakvih pritisaka i prijetnji njihovoj daljnjoj prisutnosti na tom području. Razlog tomu je činjenica što svako područje mreže Natura 2000 predstavlja posebni skup biotičkih, abiotičkih i društveno-gospodarskih uvjeta koji se mogu znatno razlikovati od jednog područja do drugog, čak i kada se na njima nalaze iste vrste i ista staništa. Ekološki zahtjevi stanišnih tipova i vrsta uključuju sve ekološke potrebe, uključujući abiotičke i biotičke čimbenike, koje se smatraju nužnima za osiguravanje očuvanja stanišnih tipova (tj. karakteristična struktura staništa i funkcije potrebne za njegovo dugoročno održavanje, tipične vrste u tom staništu itd.) i vrsta prisutnih na određenom području, uključujući njihove odnose s okolišnim čimbenicima (zrak, voda, tlo, vegetacija itd.). Ti se zahtjevi temelje na znanstvenim spoznajama i treba ih se posebno određivati za svaki pojedinačni slučaj, što znači da se ekološki zahtjevi mogu razlikovati od jedne vrste ili jednog stanišnog

tipa do drugoga na istom području, ali i za istu vrstu ili stanišni tip na dva različita područja. Oni se razmatraju odvojeno od društveno-gospodarskih čimbenika. Prisutnost vrste ili stanišnog tipa ne znači obavezno promjene u načinu upravljanja i gospodarenja šumom koja je dio mreže Natura 2000. Naime, neka vrsta ili stanišni tip može biti na dobrom stupnju očuvanosti na nekom području upravo zbog načina na koji se njima upravljalo do sada i stoga će u takvim slučajevima biti važno osigurati da se postojeće prakse upravljanja nastave i u budućnosti. Međutim, postojat će situacije u kojima je vrsta ili stanišni tip prisutan, ali nije na dobrom stupnju očuvanosti na nekom području. Ako se ciljevima očuvanja za to područje nastoji poboljšati stanje očuvanosti, bit će potrebne određene promjene upravljanja. Na primjer, možda će biti nužno poboljšati strukturu i funkcije šumskog staništa, uključujući sastav vrsta, ili povećati površinu za stanišni tip koji je u nepovoljnom stanju. U skladu s direktivama EU-a određivanje plana upravljanja šumom za šume u mreži Natura 2000 nije obvezno. Obveza donošenja plana upravljanja u velikoj mjeri ovisi o nacionalnim pravilima koja se primjenjuju u pojedinoj državi članici. U nekoliko država članica ti su planovi obvezni za šume preko određene veličine ili za neke tipove šuma. Strategijom o bioraznolikosti EU poticale su se države članice da do 2020. godine donesu planove upravljanja šumama ili jednakovrijedne instrumente, u skladu s održivim upravljanjem *šumama (SFM), za sve šume koje su u javnom vlasništvu i za šumska gospodarstva preko* određene veličine (koju određuju države članice ili regije i priopćuju je u svojim programima ruralnog razvoja) za koje se primaju financijska sredstva u okviru politike ruralnog razvoja EU-a kako bi se postiglo mjerljivo poboljšanje stanja očuvanosti vrsta i staništa koja ovise o *šumarstvu ili na koje utječe šumarstvo. U svezi s navedenim u Hrvatskoj se donose* programi gospodarenja gospodarskom jedinicom s planom upravljanja područjem ekološke mreže za ona šumska područja koja obuhvaća ekološka mreža.

Prema Izvješću o stanju prirode za razdoblje 2013. – 2017. (Zavod za zaštitu okoliša i prirode, 2019) čak 38 % šuma je u izvrsnom stanju, a 61 % šuma je u dobrom stanju. Šumski ekosustavi često su prošarani raznim staništima, što značajno povećava njihovu biološku raznolikost (tekuća voda, izvori itd.) ili specifičnim mikrostaništima (stara drveća, trulo drvo itd.), a prisutnost velikog broja strogo zaštićenih i/ili ugroženih biljaka, životinja i vrsta gljiva potvrđuje izuzetan doprinos šuma ukupnoj biološkoj raznolikosti Hrvatske. Nadalje, u dinarskom dijelu Hrvatske definirani su šumski lokaliteti s očuvanim obilježjima izvornih (primarnih) prašuma, budući da su se razvijali isključivo pod utjecajem prirodnih čimbenika, bez organiziranog

utjecaja čovjeka. Dakle, površina od 3320,89 ha uvrštena je na UNESCO-v popis svjetske baštine unutar područja "Bukove prašume i izvorne bukove šume Karpata i drugih regija Europe". Većina šumskih staništa pripada jednom od ciljnih stanišnih tipova područja Natura 2000 i važna je za mnoge vrste i stanišne tipove ugrožene na nacionalnoj i/ili međunarodnoj razini. Šume pružaju čitav niz usluga ekosustava koje su u Hrvatskoj prepoznate kao općekorisne funkcije šuma (usluge, koristi i vrijednosti koje šume pružaju). Neke od usluga su zaštita od erozije, bujica i poplava; utjecaj na režim vode i kakvoću vode, utjecaj na plodnost tla, utjecaj na klimu i ublažavanje klimatskih promjena, zaštita i poboljšanje čovjekova okoliša, stvaranje kisika, vezanje ugljikovog dioksida i pročišćavanje atmosfere, rekreacijska, turistička i zdravstvena funkcija, stvaranje povoljnih uvjeta za faunu, doprinos zaštitnih šuma i šuma posebne namjene (posebno u zaštićenim područjima) u očuvanju biološke raznolikosti. Na povoljno i uravnoteženo stanje u šumskim staništima Hrvatske i Europe utječu prirodne prijetnje i antropogeni pritisci. Od prirodnih pojava suša se javlja već niz desetljeća s amplitudama od prosječne do ekstremne. U mediteranskoj regiji u razdoblju 1902. – 2010. godine došlo je do promjene u količini zimskih oborina i stvaranja aridnijih uvjeta. Podaci ukazuju na povećanu učestalost suša nakon otprilike 1970. godine (Hoerling et al., 2011). Nadalje, svake godine u pet južnih država članica EU-a izgori oko 400 000 ha (što predstavlja 85 % ukupnog izgorenog područja u EU-a). Ne postoje naznake bilo kakvog trenda (smanjivanja ili povećavanja) izgorenih površina u tim zemljama. Ako se uzmu u obzir samo područja mreže Natura 2000, svake godine izgori oko 80 000 ha. Statistički podaci o požarima iz Europskog informacijskog sustava za šumske požare (European Commission, 2013; 2014) pokazuju da je u razdoblju između 2000. i 2012. izgorjelo 1 044 917 ha područja mreže Natura 2000, što predstavlja otprilike 3,28 % ukupnog područja mreže Natura 2000 u zahvaćenim zemljama (San-Miguel-Ayanz et al., 2012). Također, od prirodnih pojava koje stvaraju ozbiljne ekološke i gospodarske štete, izdvajaju se olujna nevremena. To je vrlo ozbiljna prijetnja europskim šumama; oluje oštećuju i degradiraju šumska staništa i kvalitetu krajobraza te utječu na usluge ekosustava koje proizlaze iz šuma. Od 1950. godine zabilježeno je više od 130 oluja ili prosječno dvije velike oluje godišnje koje su prouzročile ozbiljne štete u šumama Europe (Gardiner et al., 2010). Oluje su oštetile 1,7 % šuma u zemljama EU tijekom razdoblja 1990. – 2005. godine, što ukupno iznosi oko 2,5 milijuna hektara šuma (Forest Europe, 2011). Samo prošle godine u srpnju olujno nevrijeme u Hrvatskoj na području Posavine, a posebno u Spačvanskom bazenu,

prouzročilo je katastrofalne ekološke i ekonomske štete. Procjene upućuju na 2,7 milijuna m^3 drvne mase, a procijenjena šteta je oko 200 milijuna €.

Najezde štetnika i patogenih organizama uzrokuju znatne štete u europskim šumama, a posljedica je slabljenje vitalnosti i zdravlja šumskih ekosustava te slabljenje usluga ekosustava koje šume osiguravaju društvu. Tijekom razdoblja 1990. – 2005. godine bolesti i nametnici uzrokovali su štete na 2,8 % šuma u EU, to jest na 4,4 milijuna hektara šuma (Forest Europe, 2011). U Hrvatskoj je također zabilježena pojava većih šteta na vrijednim gospodarskim vrstama: odumiranje poljskoga jasena, a uzročnik je patogena gljiva (*Chalara fraxinea*), te na hrastu lužnjaku pojave hrastove mrežaste stjenice (*Corythucha arcuata*). Od antropogenih pritisaka treba istaknuti krčenje šuma koje je glavni uzrok nestajanja i smanjivanja šumskih staništa. Gubitak staništa smatra se glavnim razlogom globalnog smanjenja bioraznolikosti. Osim navedenog, fragmentacija šuma i prenamjena šumskog zemljišta još su uvijek učestale pojave unatoč neprestanom povećanju šumskog zemljišta u zemljama EU od 0,4 % godišnje, što predstavlja povećanje od 11 milijuna hektara između 1990. i 2010. (Forest Europe, 2011).

Fragmentacija utječe na ekološke procese, što pak utječe na sposobnost šume da osigura usluge ekosustava kao što je pružanje staništa (razmjena gena, širenje biljnih i životinjskih vrsta), oprašivanje, regulacija poremećaja (npr. prirodna kontrola širenja nametnika) i kontrola klime. Fragmentacija šuma (na područjima mreže Natura 2000 i izvan njih) lokalni je proces koji je potaknut ljudskom aktivnošću.

Zaključak

Zaštita šumskih staništa i cjelokupnog šumskog ekosustava započela je prvenstveno nastojanjima šumarskih stručnjaka krajem 19. stoljeća i početkom 20. stoljeća. Stoga na tragu te tradicije i u novije vrijeme od 90-ih godina prošlog stoljeća i nadalje uvode se u zakonsku regulativu elementi za zaštitu šumskih staništa. Zakon o šumama (Zakonodavno-pravna komisija Sabora Republike Hrvatske, 1990) uvodi podjelu na zaštitne šume, šume posebne namjene i gospodarske šume. Jačanjem politike zaštite okoliša posljednjih dvadeset i više godina dolazi i do intenzivnijeg razvoja u području zaštite prirode. Najvažniji projekt u tom smislu je uspostava europske ekološke mreže Natura 2000. U Republici Hrvatskoj ekološka mreža Natura 2000 uspostavljena je od 2013. godine. Šumska staništa i posebno prioritetni stanišni tipovi u velikoj mjeri doprinose očuvanju ukupne biološke raznolikosti Europe.

Literatura

Alberdi, I., Nunes, L., Kovac, M., Bonheme, I., Cañellas, I., Castro Rego, F., Dias, S., Duarte, I., Notarangelo, M., Rizzo, M., Gasparini, M. (2019): The conservation status assessment of Natura 2000 forest habitats in Europe: capabilities, potentials and challenges of national forest inventories dana, Annals of Forest Science. 76. 34. https://doi.org/10.1007/s13595-019-0820-4.

Alterio, E., Campagnaro, T., Sallustio, L., Burrascano, S., Casella, L., Sitzia, T. (2023): Forest management plans as data source for the assessment of the conservation status of European Union habitat types, Front. For. Glob. Change, 5, 1069462. doi: 10.3389/ffgc.2022.1069462.

Cantarello, E., Newton, A. C. (2008): Identifying cost-effective indicators to assess the conservation status of forested habitats in Natura 2000 sites, For. Ecol. Management, 256, 815-826.

Council of the European Communities (1979): Council Directive of 2 April 1979 on the conservation of wild birds (79/409/EEC), Official Journal of the European Communities, L (103), 1-18.

EEA (2016): European Environment Agency, European forest ecosystems, EEA Report No 5/2016, Copenhagen.

European Commission (2013): Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2012, European Commission – Joint Research Centre and Directorate-General Environment, EUR 26048 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

European Commission (2014): Climate Impacts in Europe – The JRC PESETA II Project, European Commission – Joint Research Centre, JRC Scientific and Policy Reports, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

European Commission (2015): Directorate-General for Environment: *Natura 2000 and forests. Part I–II*, Publications Office. https://data.europa.eu/doi/10.2779/699873.

Europski parlament i Vijeće Europske unije (2009): Direktiva 2009/147/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 30. studenoga 2009. o očuvanju divljih ptica (kodificirana verzija), Službeni list Europske unije 15 (32), 128-146.

Forest Europe (2011): State of Europe's Forests 2011, Status and Trends in Sustainable Forest Management in Europe, UN, UNECE, FAO, Oslo.

Gardiner, B., Blennow, K., Carnus, J.-M., Fleischer, P., Ingemarson, F., Landmann, G., Lindner, M., Marzano, M., Nicoll, B., Orazio, C., Peyron, J.-L., Reviron, M.-P., Schelhaas, M. J., Schuck, A., Spielmann, M., Usbeck, T. (2010): Destructive Storms in European Forests: Past and Forthcoming Impacts, European Forest Institute, Atlantic European Regional Office – EFIATLANTIC, Final report to European Commission – DG Environment.

Hoerling, M., Eischeid, J., Perlwitz, J., Quan, X., Zhang, T., Pegion, P. (2011): On the Increased Frequency of Mediterranean Drought, J. Climate, 25, 2146-2161.

Hrvatski sabor (2013): Zakon o zaštiti prirode, Narodne novine 80/13, 15/18, 14/19, 127/19.

Lovrić, M., Lovrić, N., Schraml, U., Winkel, G. (2018): Implementing Natura 2000 in Croatian forests: An interplay of science, values and interests, Journal for Nature Conservation, 43, 46-66. doi:10.1016/j.jnc.2018.02.005.

Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja (2021): Pravilnik o popisu stanišnih tipova i karti staništa, Narodne novine, 27/21, 101/22.

Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja (2022): Pravilnik o ciljevima očuvanja i mjerama očuvanja ciljnih vrsta i stanišnih tipova u područjima ekološke mreže, Narodne novine, 111/22.

Ministarstvo kulture (2006): Pravilnik o vrstama stanišnih tipova, karti staništa, ugroženim i rijetkim stanišnim tipovima te o mjerama za očuvanje stanišnih tipova, Narodne novine, 7/06, 119/09, 80/13, 88/14.

Ministarstvo zaštite okoliša i energetike (2020): Pravilnik o ciljevima očuvanja i mjerama očuvanja ciljnih vrsta ptica u područjima ekološke mreže, Narodne novine, 25/20, 38/20.

Ministarstvo zaštite okoliša i prirode (2014): Pravilnik o popisu stanišnih tipova, karti staništa te ugroženim i rijetkim stanišnim tipovima, Narodne novine, 88/14, 27/21, 101/22.

San-Miguel-Ayanz, J., Durrant, T., Boca, R., Camia, A. (2012): Forest Fire Damage in Natura 2000 sites 2000–2012 – Executive report, European Commission – Joint Research Centre, EUR 25718 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Santoro, A., Piras, F., Fiore, B., Bazzurro, A., Agnoletti, M. (2024): Forest-Cover Changes in European Natura 2000 Sites in the Period 2012–2018, Forests, 15, 232. https://doi.org/10.3390/f15020232

Vijeće Europske zajednice (1992): Direktiva Vijeća 92/43/EEC od 21. svibnja 1992. o očuvanju prirodnih staništa i divlje faune i flore, Službeni list Europske unije 15 (2), 14-57.

Vlada Republike Hrvatske (2019): Uredba o ekološkoj mreži i nadležnostima javnih ustanova za upravljanje područjima ekološke mreže, Narodne novine 80/19, 119/23.

Vlada Republike Hrvatske (2022): Prioritetni akcijski okvir (PAO) za mrežu Natura 2000 u Republici Hrvatskoj, Narodne novine, 54/22.

Vukelić, J., Mikac, S., Baričević, D., Bakšić, D., Rosavec, R. (2008): Šumska staništa i šumske zajednice u Hrvatskoj, Nacionalna ekološka mreža, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb.

Willis, K. J, McElwain, J. C. (2002): The evolution of plants, Oxford University Press, Oxford.

Zakonodavno-pravna komisija Sabora Republike Hrvatske (1990): Zakon o šumama, Narodne novine 52/90, 140/05, 68/18.

Zavod za zaštitu okoliša i prirode (2019): Izvješće o stanju prirode u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2013. do 2017. godine, Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, Zagreb.

Posebna izdanja ANUBiH CCXI, OPMN 29, 282-298

Protection of forests habitats within the European Ecological Network Natura 2000 in Croatia

Summary: Forests are a source of renewable and environmentally acceptable raw materials and play an important role in economic development, employment and progress in Europe, especially in rural areas. They have a high biodiversity value, i.e. in areas where existing pressures have yet to be resolved, they have at least a high potential for restoring biodiversity. Forests contribute positively to the quality of life by creating a pleasant living environment, opportunities for recreation and preventive health care, while at the same time maintaining and improving environmental conditions and ecological values. Furthermore, the forests preserve a large part of the spiritual and cultural heritage that makes Europe what it is. The main natural threats to European forests and forest areas from the Natura 2000 network are: forest fires, droughts, storms, insect infestations, plant diseases, invasive alien species and rising temperatures. The main pressures caused by man are: deforestation, forest fragmentation (in areas of the Natura 2000 network and outside), loss of habitat, change in the quality of habitat in forests, conversion of land and changes in land cover and pollutants. Sustainable forest management simultaneously contributes to the achievement of economic, ecological and social goals. Sustainably managed forests can be used for the production of wood and non-wood products, recreation, hunting, etc., while society continues to benefit from them as a public good or achieve environmental protection goals. The preservation of forest habitats in the Republic of Croatia received an additional boost by being included in the European ecological network. In the period from 2013 to 2023, conservation goals are implemented or incorporated for each area of the Natura 2000 network as well as for forest habitats. These objectives describe the desired state of each species and each habitat type of importance for the EU (quantitatively and/or qualitatively) that are present. Their environmental requirements and the threats and pressures they face are taken into account; in that particular area and the potential contribution of that area to achieving a favorable state of conservation at the national or biogeographical level.

DOI: 10.5644/PI2024.211.18
Originalni naučni članak

Prilog poznavanju pridolaska i flornoga sastava prioritetnog Natura 2000 stanišnog tipa *91H0 (Panonske šume s *Quercus pubescens*) u Hrvatskoj

Dario Baričević
Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu
E-mail: dbaricevic@sumfak.hr

Joso Vukelić
Oikon d. o. o. – Institut za primijenjenu ekologiju, Zagreb

Stjepan Lončarević
Massive Houses d. o. o., Otočac

Apstrakt: Hrvatska gorja na južnom rubu panonske nizine imaju značajno mjesto u floističkoj i vegetacijskoj slici Europe. Pri tome posebnu zanimljivost i vrijednost imaju ekstrazonalno razvijene šume hrasta medunca. Njihova posebnost, vrijednost i ugroženost prepoznata je na razini Europske unije, gdje su izdvojene kao prioritetni Natura 2000 stanišni tip *91H0 (Panonske šume s *Quercus pubescens*). U Hrvatskoj je taj stanišni tip definiran fitocenozom *Fraxino orni-Quercetum pubescentis*. Prijašnjim je istraživanjima detaljnije obuhvaćen dio značajnijih lokaliteta na Papuku, Dilj gori i Fruškoj gori, no do sada nisu izvršene detaljnije analize i usporedbe. Stoga je cilj ovoga rada doprinijeti cjelovitijem poznavanju areala i flornoga sastava prioritetnog Natura 2000 stanišnog tipa *91H0 u Republici Hrvatskoj s ciljem donošenja i provođenja mjera za njegovo očuvanje i opstanak.
U vezi s time izvršit će se fitocenološka analiza i usporedba 51 fitocenološke snimke svrstane u pet sintetičkih stupaca prema autorima i području njihova istraživanja. Za svaku grupu snimaka odredit će se postotni udio pojedine vrste te će se izdvojiti dijagnostičke vrste važne za prepoznavanje i izdvajanje toga stanišnog tipa. Uz to će se napraviti detaljna analiza flornoga sastava i izdvajanje vrste prema sintaksonomskim kategorijama i sociološkoj pripadnosti vrsta. Također će se analizirati sinekološki uvjeti pridolaska stanišnog tipa, kao i sličnosti i razlike između pojedinih lokaliteta (Papuk – Dilj – Fruška gora). Utvrdit će se ukupan broj vrsta koje pridolaze na fitocenološkim snimkama toga stanišnog tipa te će se izdvojiti zaštićene i ugrožene vrste. Analizirat će se i stanje, uloga i značaj toga stanišnog tipa te će se dati preporuke u vezi s očuvanjem, opstankom i daljnjim upravljanjem, kao i uloge u vezi s recentnim klimatskim promjenama. To bi u konačnici trebalo dati doprinos boljem poznavanju tih rijetkih, specifičnih i znanstveno vrijednih šuma, a bit će i značajan prilog u uspostavi i provedbi obveznog monitoringa tog stanišnog tipa.

Ključne riječi: panonska nizina, šume hrasta medunca, Natura 2000, *91H0, sinekološko-fitocenološka istraživanja, biološka raznolikost, zaštićene vrste, monitoring

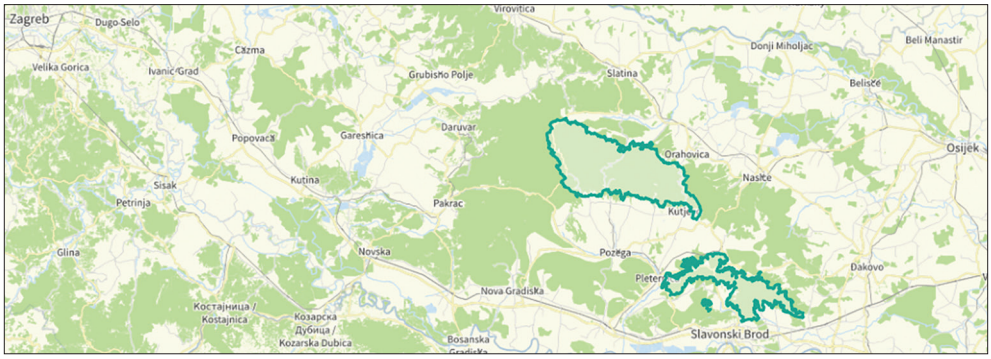
Uvod

Hrvatska gorja na južnom rubu panonske nizine imaju značajno mjesto u florističkoj i vegetacijskoj slici Europe. Zahvaljujući svome položaju, razvitku vegetacije u prošlosti, recentnim ekološkim uvjetima i manjem antropogenom utjecaju, odlikuju se bogatstvom i raznolikošću flore i vegetacije. Pri tome posebnu zanimljivost i vrijednost imaju ekstrazonalno razvijene šume hrasta medunca. Njihova posebnost, vrijednost i ugroženost prepoznata je na razini Europske unije, gdje su izdvojene kao prioritetni Natura 2000 stanišni tip *91H0 (Panonske šume s *Quercus pubescens*). Taj stanišni tip *91H0 obuhvaća kserofilne hrastove šume brežuljaka i rubova panonske nizine u kojima dominira vrsta *Quercus pubescens*. Razvijaju se na krajnje suhim, jugu izloženim mjestima, na plitkom, karbonatnom tlu u uvjetima suše i umjereno tople klime. Zbog ekstremnih uvjeta na staništu katkad su sastavljene od niskoga drveća ili samo šikara, ponekad čine mozaike na suhim travnjacima. Zeljasti prizemni sloj bogat je vrstama i često se u njemu nalaze kserotermne vrste suhih travnjaka i šumskih rubova.

Prema Nacionalnoj klasifikaciji staništa RH taj stanišni tip (E.3.4.7.) zastupljen je u panonskom gorju Hrvatske fitocenozom *Fraxino orni-Quercetum pubescentis* Klika 1955 – šumom hrasta medunca i crnog jasena. Ona se disjunktno rasprostire od Kalnika na zapadu do Dilja na istoku sjeverne Hrvatske. Dolazi na edafskim i klimatskim uvjetima koji pogoduju uspijevanju termofilnih sastojina u kojima su edifikatori *Quercus pubescens* i *Fraxinus ornus* uz prisustvo većeg broja vrsta razreda *Quercetea pubescentis* i njegovih nižih sintaksona, a od nešumskih elemenata prevladavaju vrste razreda *Festuco-Brometea* i *Trifolio-Geranietea*. Sastojine su u najvećem dijelu zaštitnog karaktera i izuzete su iz šumskog gospodarenja.

Šumsku zajednicu *Fraxino orni-Quercetum pubescentis* prvi je u Hrvatskoj identificirao Rauš (1971) na zapadnim obroncima Fruške gore, a kasnije je istraživana na raznim područjima slavonskog gorja (Najvirt, 1997; Škvorc, 2006; Medak et al., 2006; Krstonošić, 2013; Lončarević, 2017).

U okviru ekološke mreže Natura 2000 u Republici Hrvatskoj površine pod stanišnim tipom *91H0 izdvojene su na Papuku na 590 ha u okviru jednog područja i na Dilju na 447 ha u dva područja (Bioportal, Slika 1.). Prema uzgojnom tipu, čak 90 % su panjače, a svega 10 % sastojine iz sjemena.



Slika 1. Područje ekološke mreže Natura 2000 prioritetnog stanišnog tipa *91H0 u Republici Hrvatskoj (izvor: https://biodiversity.europa.eu/habitats/91H0)

*Figure 1 Area of the ecological network Natura 2000 priority habitat type *91H0 in the Republic of Croatia (source: https://biodiversity.europa.eu/habitats/91H0)*

Uz Hrvatsku, taj je prioritetni stanišni tip ustanovljen i izdvojen još u sedam zemalja Europske unije: Slovačkoj, Mađarskoj, Bugarskoj, Italiji, Češkoj, Austriji i Rumunjskoj. Od toga se 80 % izdvojenih područja odnosi na Slovačku (33 %), Mađarsku (27 %) i Bugarsku 20 %), a Hrvatska ima najmanji broj izdvojenih područja (tri područja) (https://biodiversity.europa.eu/habitats/91H0).

Iako pridolazi na malim površinama, taj stanišni tip ima veliko značenje u pogledu biološke raznolikosti istraživanoga područja, ponajprije zbog pridolaska velikoga broja termofilnih vrsta koje predstavljaju posebnost i rijetkost u kontinentalnim šumskim ekosustavima. Također su to staništa značajnog broja zaštićenih i ugroženih biljaka te predstavljaju šume zaštitnog karaktera i omogućavaju njihov opstanak u teškim ekološkim uvjetima. Zbog toga je i cilj ovoga rada doprinijeti cjelovitijem poznavanju areala i flornoga sastava prioritetnog Natura 2000 stanišnog tipa *91H0 u Republici Hrvatskoj s ciljem donošenja i provođenja mjera za njegovo očuvanje i opstanak.

Materijali i metode

Fitocenološka analiza korištenih podataka provedena je prema srednjoeuropskoj fitocenološkoj metodi (Braun-Blanquet 1964). U njoj se koristila 51 fitocenološka snimka koja je svrstana u pet sintetičkih stupaca prema autorima i području njihova istraživanja: 33 snimke s Papuka i dijelom Dilja (Najvirt, 1997; Krstonošić, 2013; Lončarević, 2017), 12 snimaka s Dilja (Škvorc, 2006) i 6 snimaka sa zapadnih obronaka Fruške gore (Rauš, 1971). Za svaku grupu

snimaka određen je postotni udio pojedine vrste te su izdvojene dijagnostičke vrste važne za prepoznavanje i izdvajanje toga stanišnog tipa. Dijagnostičke vrste određene su na način da imaju frekvenciju iznad 60 % od ukupnog broja snimaka i da su evidentirane u najmanje tri stupca. Sintaksonomske kategorije određene su prema Mucini et al. (2016) i Škvorcu et al. (2017), a sociološka pripadnost vrsta prema Vukeliću (2012) i prema vlastitim shvaćanjima.

Znanstveni nazivi viših biljaka usklađeni su prema bazi podataka Flora Croatica Database (https://hirc.botanic.hr/fcd/). Zaštićene i ugrožene vrste određene su prema Pravilniku o strogo zaštićenim vrstama (Ministar zaštite okoliša i prirode, 2013) i prema Crvenoj knjizi vaskularne flore Hrvatske (Nikolić i Topić, 2005).

Rezultati istraživanja i rasprava

Usporedba i analiza flornog sastava pet grupa fitocenoloških snimaka kontinentalnih šuma hrasta medunca i crnog jasena upućuje na njihovu generalnu homogenost uz određene specifičnosti pojedinog područja. Također upućuje na njihovu jasnu klasifikaciju u prioritetni Natura 2000 stanišni tip *91H0, te dominantno kserotermofilni karakter tih sastojina (Tablica 1.). Na to nas upućuju izdvojene dijagnostičke vrste toga tipa, kao i značajan udio vrsta sveze *Quercion pubescenti-petraeae*, reda *Quercetalia pubescenti-petraeae* i razreda *Quercetea pubescentis*. Dijagnostičke vrste, na osnovi kojih prepoznajemo i izdvajamo taj stanišni tip su: u sloju drveća *Quercus pubescens*, *Fraxinus ornus* i *Sorbus torminalis*, u sloju grmlja uz te vrste to su još: *Cornus mas*, *Viburnum lantana*, *Ligustrum vulgare*, *Crataegus monogyna* i *Cornus sanguinea*. U sloju prizemnog rašća to su vrste: *Lithospermum purpurocaeruleum*, *Peucedanum cervaria*, *Tamus communis*, *Cruciata glabra*, *Viola hirta*, *Carex flacca*, *Galium lucidum*, *Clematis vitalba* i *Helleborus odorus*.

Osim tih vrsta, na tople i suhe uvjete šumskih staništa upućuju značajnom frekvencijom još vrste: *Quercus cerris*, *Sorbus domestica*, *Melittis melissophyllum*, *Campanula persicifolia*, *Lathyrus niger*, *Tanacetum corymbosum*, *Convallaria majalis*, *Pulmonaria mollis*, *Mercurialis ovata*, *Polygonatum odoratum*, *Potentilla micrantha* i cijeli niz drugih. To je bilo i očekivano budući da sastojine hrasta medunca na svim područjima pridolaska zauzimaju najsuša i najtoplija staništa na izloženim grebenima i strmim jugu okrenutim stranama. Osim termofilnih vrsta šumskih staništa značajan je udio termofilnih nešumskih staništa, prije svega iz razreda *Festuco-Brometea* i *Trifolio-Geranietea*. Među njima se ističu *Chamaecytisus hirsutus*, *Teucrium*

chamaedrys, *Euphorbia cyparissias*, *Coronilla varia*, *Vincetoxicum hirundinaria*, *Clinopodium vulgare*, *Origanum vulgare*, *Trifolium medium* i druge. One su posebice zastupljene u različitim sukcesijskim formama u kojima se sastojine hrasta medunca spontano šire na više ili manje suha kontinentalna nešumska staništa. Osim termofilnih vrsta značajnije su zastupljene i neke mezofilnije iz razreda *Carpino-Fagetea* i nižih jedinica. To su: *Fagus sylvatica*, *Acer campestre*, *Corylus avellana*, *Primula vulgaris*, *Symphytum tuberosum*, *Melica uniflora*, *Sanicula europaea*, *Glechoma hirsuta*, *Brachypodium sylvaticum* i ostale. Njihova zastupljenost proizlazi iz činjenice da su azonalne medunčeve šume fragmentarne rasprostranjenosti okružene moćnim zonalnim brdskim bukovim šumama u čijem se pojasu nalaze.

Tablica 1. Florni sastav sastojina hrasta medunca u dosadašnjim istraživanjima u panonskom gorju

Table 1. Floristic composition of pubescent oak stands in past research in the Pannonian mountain

1. Najvirt, 1997
2. Škvorc, 2006
3. Krstonošić, 2013
4. Lončarević, 2017
5. Rauš, 1971

Redni broj – *Ordinal number*		**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Broj snimaka – *No. of relevés*		**5**	**12**	**22**	**6**	**6**
Dijagnostičke vrste tipa – *Diagnostic species of type*						
Quercus pubescens	a	100	92	100	100	83
Fraxinus ornus		100	92	59	100	100
Sorbus torminalis		0	42	27	17	33
Fraxinus ornus	b	100	100	100	100	33
Sorbus torminalis		100	58	36	100	33
Cornus mas		100	100	73	100	100
Viburnum lantana		80	67	27	67	100
Ligustrum vulgare		20	83	63	83	100
Crataegus monogyna		100	75	63	100	100
Quercus pubescens		80	75	59	0	17
Cornus sanguinea		0	92	77	17	100
Lithospermum purpurocaeruleum	c	100	67	63	83	83
Peucedanum cervaria		100	75	50	50	33

Tamus communis		100	100	91	100	17
Cruciata glabra		100	92	77	67	33
Viola hirta		100	92	63	83	67
Carex flacca		100	100	95	83	0
Galium lucidum		60	83	55	83	0
Quercus pubescens		100	0	41	83	0
Clematis vitalba		100	67	36	67	33
Helleborus odorus		0	100	83	100	50
Fraxinus ornus		0	0	27	0	33
Viburnum lantana		0	0	18	0	67
Ligustrum vulgare		0	0	9	0	83
Cornus sanguinea		0	0	5	0	0
Crataegus monogyna		0	0	9	0	0
Cornus mas		0	0	23	0	0
Sorbus torminalis		0	0	23	0	0
Quercion pubescenti-petraeae, Quercetalia pubescenti-petraeae, Quercetea pubescentis						
Quercus cerris	a	60	25	14	17	83
Tilia tomentosa		0	8	5	0	100
Quercus frainetto		0	0	0	0	33
Acer tataricum		0	0	0	0	33
Sorbus domestica	b	0	25	23	17	0
Quercus cerris		0	8	9	17	17
Chamaecytisus hirsutus		0	0	0	17	17
Ruscus aculeatus		0	0	0	0	67
Tilia tomentosa		0	0	0	0	50
Euonymus verrucosus		0	0	0	0	66
Acer tataricum		0	0	9	0	50
Melittis melissophyllum	c	100	58	36	83	67
Campanula persicifolia		100	33	18	50	17
Lathyrus niger		100	8	9	33	33
Tanacetum corymbosum		100	17	14	67	50
Convallaria majalis		20	17	5	33	0
Pulmonaria mollis		0	50	36	33	0
Veratrum album		80	0	0	67	0
Mercurialis ovata		40	0	0	67	0
Polygonatum odoratum		40	0	0	33	0
Orchis purpurea		0	25	14	0	0
Lathyrus venetus		0	0	5	17	0
Trifolium rubens		40	0	0	0	17

Aristolochia lutea		40	0	0	17	0
Potentilla micrantha		40	8	9	100	0
Arabis turrita		60	0	0	33	0
Acer tataricum		0	0	14	0	0
Quercus cerris		0	0	0	0	50
Euonymus verrucosus		0	0	0	0	50
Fagetalia sylvaticae, Carpinetalia betuli						
Fagus sylvatica	a	60	83	55	17	0
Acer campestre		20	67	27	0	83
Carpinus betulus		0	17	23	17	0
Prunus avium		0	0	5	17	67
Acer campestre	b	20	67	55	67	67
Fagus sylvatica		0	67	45	33	0
Prunus avium		0	75	41	17	0
Carpinus betulus		0	8	18	17	0
Acer pseudoplatanus		0	25	18	0	0
Ulmus minor		0	17	18	0	0
Viburnum opulus		0	50	23	0	0
Staphylea pinnata		0	0	0	0	50
Lonicera caprifolium		0	0	0	0	33
Melica uniflora	c	40	8	5	33	67
Primula vulgaris		40	75	50	100	0
Symphytum tuberosum agg.		60	0	32	33	0
Glechoma hirsuta		80	17	14	0	17
Sanicula europaea		0	42	32	17	0
Epimedium alpinum		20	50	27	17	0
Brachypodium sylvaticum		0	75	64	67	0
Campanula trachelium		0	8	14	33	0
Knautia drymeia		0	92	59	0	0
Fagus sylvatica		0	25	18	0	0
Lathyrus vernus		0	25	14	0	0
Melampyrum nemorosum		0	33	27	0	0
Salvia glutinosa		0	25	27	0	0
Mycelis muralis		0	17	14	0	0
Galium odoratum		0	25	14	0	0
Asarum europaeum		0	17	5	0	0
Neottia nidus-avis		0	50	18	0	0
Listera ovata		0	17	9	0	0
Heracleum sphondylium		0	25	23	0	0

Euphorbia amygdaloides		0	25	9	0	0
Viola reichenbachiana		0	25	9	0	33
Polygonatum multiflorum		0	8	9	0	0
Asperula taurina		0	8	5	0	0
Pulmonaria officinalis		0	8	5	0	0
Prunus avium		0	0	5	0	33
Acer campestre		0	0	9	0	50
Helleborus atrorubens		100	0	0	0	0
Aremonia agrimonoides		60	0	0	0	0
Lonicera caprifolium		0	0	0	0	100
Carpino-Fagetea						
Quercus petraea	a	60	0	0	17	33
Corylus avellana	b	20	50	55	17	50
Pyrus pyraster		0	83	45	83	0
Malus sylvestris		20	8	5	0	0
Lonicera xylosteum		0	0	0	0	83
Hepatica nobilis	c	60	50	32	67	0
Hedera helix		0	25	9	100	100
Cephalanthera damasonium		0	50	27	17	0
Platanthera bifolia		80	0	0	17	0
Epipactis helleborine		0	8	9	0	0
Galium sylvaticum		0	0	5	0	67
Quercetea robori-petraeae						
Chamaecytisus supinus	b	0	42	14	17	0
Pteridium aquilinum	c	0	42	41	17	0
Hieracium racemosum		0	17	14	17	0
Serratula tinctoria		0	33	32	33	0
Potentilla recta		0	0	5	17	0
Luzula forsteri		0	0	0	50	0
Festuca heterophylla		0	0	0	33	0
Crataego-Prunetea						
Rosa arvensis	b	100	67	27	100	0
Prunus spinosa		0	25	32	17	33
Euonymus europaeus		0	8	5	17	50
Clematis vitalba		60	0	18	0	17
Rhamnus cathartica		0	0	5	17	67
Rubus plicatus		0	17	9	0	0
Vitis vinifera		0	17	9	0	0
Rosa canina s.lat.		0	0	27	0	50

Prunus spinosa	c	0	0	5	0	0
Rosa gallica		0	0	0	0	33
Crataegus laevigata		0	0	0	0	33
Euonymus europaeus		0	0	0	0	50
Erico-Pinetea						
Chamaecytisus hirsutus	b	0	0	0	17	0
Rhamnus saxatilis ssp. tinctoria		0	0	0	0	50
Chamaecytisus hirsutus	c	100	8	14	0	50
Buphthalmum salicifolium		0	42	36	50	50
Iris graminea		60	0	5	17	17
Cephalanthera rubra		0	11	9	0	0
Festuco-Brometea						
Teucrium chamaedrys	c	80	58	36	83	67
Euphorbia cyparissias		0	33	45	33	17
Campanula glomerata		0	33	23	33	0
Eryngium campestre		0	8	5	0	17
Campanula bononiensis		0	8	9	0	0
Sanguisorba minor		0	8	5	0	0
Thymus pulegioides		0	0	5	50	0
Stachys recta		0	0	14	33	0
Trifolio-Geranietea						
Genista tinctoria	b	0	50	18	50	0
Lembotropis nigricans		0	0	23	0	33
Genista tinctoria	c	60	17	14	33	67
Coronilla varia		40	8	14	17	17
Cytisus nigricans		0	33	32	33	33
Vincetoxicum hirundinaria		0	33	23	50	67
Clinopodium vulgare		0	42	23	67	0
Anthericum ramosum		0	17	14	50	0
Astragalus glycyphyllos		0	8	5	50	17
Origanum vulgare		0	8	14	50	17
Trifolium medium		0	17	27	67	0
Agrimonia eupatoria		0	8	14	0	17
Dictamnus albus		100	0	0	17	0
Silene nutans s.lat.		40	0	23	0	0
Genista tinctoria		0	17	0	33	0
Sedum telephium ssp. maximum		0	0	9	33	0
Digitalis grandiflora		0	0	5	17	0
Silene italica		0	0	14	33	0

Dorycnium germanicum		0	0	18	0	33
Molinio-Arrhenatheretea						
Veronica chamaedrys	c	80	8	9	33	50
Ajuga reptans		100	58	27	83	0
Dactylis glomerata		100	25	27	83	0
Achillea millefolium		0	8	9	17	0
Symphytum officinale		0	75	0	0	0
Centaurea macroptilon		0	17	18	0	0
Ostale vrste – Other species						
Juniperus communis	b	80	58	36	67	50
Juglans regia		0	17	14	0	0
Frangula alnus		0	8	5	0	0
Robinia pseudacacia		0	8	0	0	0
Rubus hirtus s.lat.	c	0	17	14	33	0
Geum urbanum		0	8	5	67	0
Lapsana communis		0	8	9	67	0
Solidago virgaurea		0	8	5	67	0
Robinia pseudacacia		0	17	18	0	0
Calamagrostis epigejos		0	8	5	0	0
Carex divulsa		0	8	0	50	0
Orchis simia		60	0	0	33	0
Peucedanum carvifolia		0	17	14	0	0
Linaria vulgaris		0	17	5	0	0
Digitalis ferruginea		0	8	18	0	0
Erigeron annuus		0	8	5	0	0
Orchis tridentata		0	8	5	0	0
Gymnadenia odoratissima		0	17	5	0	0
Eupatorium cannabinum		0	8	5	0	0
Fragaria vesca		0	0	5	0	17
Orchis sp.		60	0	0	0	0
Asplenium trichomanes		0	0	0	50	0
Thymus serpyllum		0	0	0	0	33

+ 60 vrsta evidentiranih samo u jednoj koloni ispod 20 % – + 60 species recorded in only one column below 20%

Najveći dio sastojina tipa *91H0 raste i razvija se na litološkoj podlozi dolomita, litotamnijskih vapnenaca i karbonatnih pješčenjaka, na plitkim i srednje dubokim karbonatnim rendzinama. Tla su bazične reakcije, u sastojinama na Dilju pH površinskoga dijela tla u vodi iznosi 7,91 (7,88 − 7,97). Florne razlike između pojedinih lokaliteta (Papuk – Dilj – Fruška gora) posljedica

su razlike između ekoloških uvjeta, ali i biogeografskog položaja pojedinog gorja. Tako Najvirt (1997) i Škvorc (2006) navode da medunčeve sastojine rastu na Dilju na blažim nagibima, nešto dubljim i svježijim tlima pa su u njihovu sastavu slabije zastupljene termofilne vrste, a nešto znatnije zastupljeni su bukva, obični grab i vrste njihovih zonalnih fitocenoza. Škvorc (2006) navodi da se u pojedinim starijim, zatvorenijim sastojinama hrasta medunca na Dilju pojavljuje velik broj mladih stabala obične bukve, koji zapravo čine novu mladu sastojinu.

Medunčeve sastojine na Fruškoj gori rastu na plitkom, erodiranom černozemu povrh praporne podloge, u području u kojem je godišnja količina padalina u pravilu ispod 700 mm godišnje. U flornom sastavu, uz temeljne vrste toga stanišnog tipa, vidljiva je i značajnija pojava elemenata polusuhoga šumostepskog podneblja. To su prije svega: *Quercus cerris*, *Tilia tomentosa*, *Quercus frainetto*, *Acer tataricum* i ostale vrste koje su značajnije vezane uz balkanske šume sladuna i cera.

Značenje šuma hrasta medunca

Značenje šuma hrasta medunca s flornog je i vegetacijskog gledišta u južnopanonskom prostoru iznimno veliko. U našoj analizi 51 fitocenološke snimke zabilježena je 221 biljna vrsta, što je velik broj za jedan stanišni tip koji se rasprostire na malim, fragmentiranim i ograničenim površinama. To je vrlo značajan doprinos biološkoj raznolikosti područja panonskoga gorja, a Škvorc (2006) ističe da su upravo medunčeve šume u flornom smislu najbogatija šumska zajednica na Dilj gori. Pored toga, te šumske sastojine rastu na plitkim, strmim i suhim terenima pa nemaju prinose značajne za šumarsku privredu. No, čuvaju tlo, sprječavaju eroziju, reguliraju klimu, osiguravaju biološku i krajobraznu raznolikost te su stanište brojnim biljnim i životinjskim vrstama. U njima je na području analiziranog gorja registrirano 13 strogo zaštićenih te dvanaest vrsta koje imaju različite kategorije ugroženosti (NN 164/2016, Nikolić i Topić, 2005). Od strogo zaštićenih vrsta njih osam pripada porodici orhideja ili kaćunovica (*Orchidaceae*), jedna je vrsta iz porodice ljiljana (*Liliaceae – Lilium martagon*), jedna iz porodice perunika (*Iridaceae – Iris graminea*), jedna iz porodice *Asparagaceae* (*Polygonatum latifolium*), a dvije iz porodice leptirnica (*Fabaceae – Trifolium pannonicum*, *Chamaecytisus ratisbonensis*). Orhideje su zastupljene s pet rodova, a vrste su: *Orchis purpurea*, *O. tridentata*, *Cephalanthera damasonium*, *C. rubra*, *Neottia nidus-avis*, *Listera ovata*, *Epipactis helleborine* i *E. atrorubens*. Osim

strogo zaštićenih, veći je broj rijetkih i ugroženih vrsta koje također u Hrvatskoj imaju poseban status (Nikolić i Topić, 2005). U kategoriji kritično ugrožene vrste (CR) je *Chamaecytisus ratisbonensis*, u kategoriji gotovo ugrožene vrste (NT) su: *Digitalis grandiflora*, *Cephalanthera damasonium*, *C. rubra* i *Anacamptis pyramidalis*, kategoriji osjetljivih vrsta (VU) pripadaju *Orchis purpurea*, *Digitalis feruginea*, *Ruscus aculeatus* i *Trifolium pannonicum*, a u kategoriji najmanje zabrinjavajuće ugroženosti (LC) je *Serratula tinctoria*. Status nedovoljno poznate ugroženosti (DD) imaju vrste: *Gymnadenia odoratissima* i *Veratrum album*.

Osim analiziranog područja i vrsta u sastojinama hrasta medunca u gorju sjeverozapadne Hrvatske također je prisutan još veći broj rijetkih, ugroženih i zaštićenih vrsta. Na šezdesetak snimaka s Medvednice i Strahinščice (Horvat, 1938, Regula-Bevilacqua, 1978, Cerovečki, 2006, Plišo Vusić, 2019) od strogo zaštićenih vrsta evidentirane su još: *Orchis militaris*, *Lilium carniolicum*, *L. bulbiferum*, *Helleborus niger*, *H. atrorubens*, *Sesleria sadlerana*, *Taxus baccata*, *Platanthera bifolia*, *Cephalanthera longifolia*, *Dianthus croaticus* i *Iris croatica*. Od vrsta koje imaju određen status ugroženosti, na snimcima su osim nekih već navedenih prisutne još: *Galanthus nivalis* (LC), *Cyclamen purpurascens* (NT) i *Carex michelii* (DD). Prema sveukupnoj analizi, u šumama hrasta medunca u sjevernoj Hrvatskoj zabilježeno je 25 strogo zaštićenih vrsta, osim njih još 10 s određenom kategorijom ugroženosti.

Uzmemo li u obzir šikare i degradirane sastojine hrasta medunca, različite sukcesijske stadije i neposredne rubove šume, njihov je broj sigurno veći. To posebice proizlazi iz činjenice da međunčeve sastojine često graniče ili se pak razvijaju na suhim travnjacima čiji sintaksoni i vrste pripadaju razredima: *Festuco-Brometea* Braun-Blanquet et Tüxen ex Soó 1947 i *Trifolio-Geranietea sanguinei* Th. Muller 1961. No, pri tome moramo biti svjesni da treba spriječiti ili barem ograničiti širenje šumskih staništa na suhe travnjake jer su oni iznimno važna staništa za velik broj orhideja i drugih zaštićenih, rijetkih i ugroženih vrsta u sjevernoj Hrvatskoj (Krstonošić et al., 2016, Borovečki Voska, 2010). Zima i Štefanić (2008) navode da je nestanak suhih travnjaka Požeške kotline najuže vezan uz sukcesijske stadije u koje nadiru grmolike (*Juniperus communis*, *Rosa canina*, *R. arvensis*, *Rubus plicatus*) i drvenaste vrste *Fraxinus ornus*, *Pyrus piraster* i *Quercus pubescens*.

Sadašnje stanje šumskih sastojina

Šume hrasta medunca u panonskom gorju Hrvatske proglašene su zaštitnim šumama i u njima se ne provode gospodarski postupci. Prema sadašnjem stanju možemo zaključiti da su u bližoj prošlosti bile iskorištavane jer se najveći dio nalazi u šumskouzgojnom obliku panjača. Prosječan obujam na takvim sastojinama iznosi oko 120 m^3. U sjemenjačama je stanje nešto bolje i prosječan je obujam oko 190 m^3/ha. Lončarević (2017) navodi da su sastojine hrasta medunca i crnog jasena na južnom Papuku pretežito panjače, lošije kvalitete i nepotpunog sklopa (Slika 2.), s niskim, kvrgavim i kržljavim, pojedinačno suhim stablima hrasta medunca. Gospodarski vrednije sastojine su na Dilju, gdje će dio sklopljenijih i očuvanijih sastojina na dubljem tlu polako prelaziti u termofilne bukove šume. Nadalje, dio sastojina nalazi se u grmolikoj ili formi rijetke mlade šume s mnogim vrstama suhih travnjaka i šikara razreda *Crataego-Prunetea*. Krstonošić (2013) ih za Papuk navodi kao dio sukcesijskog niza koji počinje od suhih travnjaka, preko termofilnih grmastih zajednica, a najčešće završava termofilnom šumom hrasta medunca (*Fraxino orni-Quercetum pubescentis*) te u rjeđim slučajevima termofilnim bukovim ili hrastovo-grabovim sastojinama.

Premda su u gospodarskom smislu šume stanišnog tipa *91H0 najčešće degradirane, prema bazi podataka Natura 2000 SDF one su prosječno vrlo dobro očuvane i taj status trebaju zadržati. Stupanj njihova očuvanja na području Južnog Dilja (HR2000488) definiran je kao izvrstan, a stupanj je očuvanja navedenog stanišnog tipa na području Papuka (HR2000580) definiran kao dobar. Status očuvanosti tog stanišnog tipa na području šume na Dilj gori (HR2000623) definiran je kao prosječan ili smanjen (Oikon d. o. o., 2023).

U svjetlu klimatskih promjena koje idu u smjeru sve toplijih i suših uvjeta, temeljne vrste tog stanišnog tipa jesu one koje su otpornije i imaju potencijal za širenje svog areala na području sjeverne Hrvatske. Taj je proces posebice potaknut raseljavanjem ruralnih područja i napuštanjem poljoprivrednih aktivnosti, posebice u posljednjih tridesetak godina.

Zbog svoje ljepote i submediteranskog ugođaja sastojine toga stanišnog tipa atraktivne su za odmor i rekreaciju. Također, zbog svoje posebnosti i rijetkosti takva staništa treba dodatno zaštititi u smislu očuvanja biološke raznolikosti i genofonda, posebice ako su, kao na dijelu istraživanih sastojina, ugrožene mogućim širenjem kamenoloma i vinograda. Jedan od načina održanja tih sastojina dosljedno je pridržavanje zakonskih propisa koji uređuju upravljanje i postupanje u zaštićenim prirodnim objektima. S druge strane,

prirodoznanstveno vrijedne lokalitete koji se ne nalaze u njima može se uz utemeljeno obrazloženje zaštititi nižim i lokalnim kategorijama, potom definirati programe i smjernice njihove zaštite i upravljanja.

Rezultati navedenih istraživanja samo su malen doprinos boljem poznavanju tih rijetkih, specifičnih i znanstveno vrijednih šuma, a bit će značajan prilog u uspostavi i provedbi obveznog monitoringa toga stanišnog tipa.



Slika 2. Tipičan izgled sastojina stanišnog tipa *91H0 na južnom Papuku (autor: Stjepan Lončarević)

*Figure 2. Typical appearance of stands of *91H0 habitat type in southern Papuk (author: Stjepan Lončarević)*

Zaključci

Prioritetni šumski stanišni tip *91H0 obuhvaća sastojine hrasta medunca (*Quercus pubescens*) u gorju Panonske nizine. U Hrvatskoj je definiran fitocenozom *Fraxino orni-Quercetum pubescentis*, a kartiran je na 1037 ha površine. Prijašnjim je istraživanjima detaljnije obuhvaćen dio značajnijih lokaliteta na Papuku, Dilj gori i Fruškoj gori. Na njima je u 51 plohi evidentirana 221 vrsta vaskularne flore, od kojih je 13 strogo zaštićeno, a 12 ugroženo u raznim kategorijama.

U flornom sastavu posebno su važne termofilne vrste, od kojih su za identifikaciju i kartiranje tipa izdvojene sljedeće: od drveća *Quercus pubescens*, *Fraxinus ornus* i *Sorbus torminalis*, osim njih još *Cornus mas*, *Viburnum lantana*, *Ligustrum vulgare*, *Crataegus monogyna* i *Cornus sanguinea* u sloju grmlja, a od prizemnog rašća to su: *Lithospermum purpurocaeruleum*, *Peucedanum cervaria*, *Tamus communis*, *Cruciata glabra*, *Viola hirta*, *Carex flacca*, *Galium lucidum*, *Clematis vitalba* i *Helleborus odorus*. Visokom frekvencijom od vrsta šumskih staništa ističu se još ostali termofilni elementi iz razreda *Quercetea pubescentis* i nižih sintaksona, kao i više vrsta mezofilnijeg karaktera prisutnih u okolnim zonalnim bukovim šumama.

Stanišni tip *91H0 dijelom čine suvisle sastojine s dominacijom hrasta medunca, no dio njih razvijen je u grmolikoj formi i nalazi se u različitim sukcesijskim stadijima kojima obrasta bivše livade i druge nešumske površine. U njima su dominantne vrste razreda *Festuco-Brometea* i *Trifolio-Geranietea*, od koji se mnoge dulje zadržavaju na rubovima šuma i u svjetlijim sastojinama.

Prema podatcima u istraživanjima koja se provode sa svrhom utvrđivanja početnog stanja za provedbu monitoringa u EU, sastojine tipa *91H0 najvećim su dijelom u dobrom stanju, izuzete su iz redovnog gospodarenja i imaju istaknutu ulogu u zaštiti, opstanku i razvoju cjelokupnog ekosustava.

Literatura

Borovečki Voska, Lj. (2010): Orhideje na Strahinjščici i susjednim područjima, Alfa, Zagreb.

Braun-Blanquet, J. (1964): Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde, Springer, Wien, New York.

Cerovečki, Z. (2006): *Seslerio sadlerianae-Ostryetum* ass. nova (*Ostryo-Carpinion orientalis* Ht. 1959) u gorju sjeverozapadne Hrvatske, Šumarski list, 130 (5–6), 75-181.

European Commission, DG Enviroment (2013): Interpretation Manual of European Union Habitats, EUR 28.

Horvat, I. (1938): Biljnosociološka istraživanja šuma u Hrvatskoj, Glas. šum. pokuse, 6, Zagreb, 127-279.

Krstonošić, D. (2013): Sukcesija vegetacije na mezofilnim i kserofilnim travnjacima slavonskoga gorja, doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb.

Krstonošić, D., Guzmić, M., Franjić, J., Škvorc, Ž., Sever, K. (2016): Flora termofilnih travnjaka u sukcesiji na južnim obroncima Papuka, Glas. Hrvat. bot. druš., 4 (1), 4-21.

Lončarević, S. (2017): Fitocenološke karakteristike šuma hrasta medunca na području G. J. "Južni Papuk", diplomski rad, Sveušilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb.

Medak, J., Medvedović, J., Perić, S. (2006): Fitocenološka istraživanja na tipu šume II-E-11 na dijelu slavonskog gorja, Radovi, izvanredno izdanje 9, Šumarski institut Jastrebarsko, 53-64.

Ministar zaštite okoliša i prirode (2013): Pravilnik o strogo zaštićenim vrstama, Narodne novine, 144/13, 73/16.

Ministarstvo zaštite okoliša i energetike RH (2016): Nacionalna klasifikacija staništa RH, verzija V., Zagreb.

Mucina, L., Bueltmann, H., Dierssen, K. et al. (2016): Vegetation of Europe: Hierarchical floristic classification system of plant, lichen, and algal communites, Applied Vegetation Science, 19, 3-264.

Najvirt, Ž. (1997): Gospodarenje šumama hrasta medunca (*Quercus pubescens* Willd.) u Slavonskom gorju, magistarski rad, Šumarski fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

Nikolić, T. (ur.) (2020): Flora Croatica Database. Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Botanički zavod, Zagreb. http:/hirc.botanic.hr/fcd.

Nikolić, T., Topić, J. (2005): Crvena knjiga vaskularne flore Hrvatske, Ministarstvo kulture, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb.

Oikon d. o. o. – Institut za primijenjenu ekologiju (2023): Program praćenja stanja očuvanosti za *91H0 Panonske šume *s Quercus pubescens*. OPKK projekt "Razvoj sustava praćenja stanja vrsta i staništnih tipova" – GRUPA 2: "Izrada i razvoj programa praćenja za kopnenu floru i stanišne tipove s jačanjem kapaciteta dionika sustava praćenja i izvješćivanja", Oikon d. o. o., za Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja.

Pannonian Woods with *Quercus Pubescens*, Habitats Directive Annex I code 91H0, Biodiversity, Information System for Europe. https://biodiversity.europa.eu/habitats/91H0.

Plišo Vusić, I. (2019): Ekološko-vegetacijske značajke šumskih staništnih tipova Grada Zagreba obuhvaćenih ekološkom mrežom Natura 2000, doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb.

Rauš. Đ. (1971): Fitocenološke osobine šuma na obroncima zapadnog dijela Fruške gore, Radovi centra za organizaciju naučnoistraživačkog rada u Vinkovcima, Knjiga 1, 37-144.

Regula-Bevilacqua, Lj. (1978): Biljni pokrov Strahinščice u Hrvatskom zagorju, disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.

Škvorc, Ž., Jasprica, N., Alegro, A., Kovačić, S., Franjić, J., Krstonošić, D., Vraneša, A., Čarni, A. (2017): Vegetation of Croatia: Phytosociological classification of the high-rank syntaxa, Acta botanica Croatica, 76 (2), 200-224.

Škvorc. Ž. (2006): Florističke i vegetacijske značajke šuma Dilja, disertacija, Šumarski fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

Vukelić, J. (2012): Šumska vegetacija Hrvatske, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet.

Zima, D., Štefanić, E. (2008): Suhi travnjaci Požeške kotline i mogućnosti njihove zaštite, u: 44th Croatian & 4th International Symposium on Agriculture, 16th – 20th February 2009, Opatija, Proceedings, Croatia, Faculty of Agriculture, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek, Osijek, 122-126.

A CONTRIBUTION TO THE KNOWLEDGE OF THE OCCURRENCE AND FLORISTIC COMPOSITION OF THE PRIORITY NATURA 2000 HABITAT TYPE *91HO (PANNONIAN WOODS WITH *QUERCUS PUBESCENS*) IN CROATIA

Summary: The Croatian mountains along the southern edge of the Pannonian Plain play an important role in the floristic and vegetation pattern of Europe. Their position, development of vegetation in the past, recent ecological conditions and minor anthropogenic influences have led to the richness and diversity of flora and vegetation. In this respect, extrazonally developed forests of pubescent oak are of distinct interest and value. Their uniqueness, worth and threatened state have been recognized at the European Union level and have been classified as a priority Natura 2000 habitat type *91H0 (Pannonian woods with *Quercus pubescens*). This type comprises stands of pubescent oak (*Quercus pubescens*) in the mountains of the Pannonian Plain. In Croatia, it is defined by the phytocoenosis *Fraxino orni-Quercetum pubescentis* and is mapped over an area of 1,037 ha. Five localities on Papuk, Dilj Gora and Fruška Gora were covered in more detail in previous research.

This paper aims to contribute to a more comprehensive knowledge of the distribution range and floristic composition of the Natura 2000 priority habitat type *91H0 in the Republic of Croatia, the goal being to adopt and implement measures for its preservation and survival. In order to do so, a phytocoenological analysis and comparison of 51 phytocoenological relevés was made, which were classified into five synthetic columns according to the authors and the field of their research. The percentage of a particular species was determined for each group of relevés, and the diagnostic species important for recognizing and distinguishing this habitat type were identified.

The comparison and analysis of the floristic composition shows their general homogeneity in combination with certain specific features of each area. It also shows their clear classification in the priority Natura 2000 habitat type *91H0, as well as the dominantly xerothermophilic character of these stands. This is confirmed by the identified diagnostic species of this type, as well as a significant participation of the species belonging to the alliance *Quercion pubescenti-petraeae*, order *Quercetalia pubescenti-petraeae* and class *Quercetea pubescentis*. The diagnostic species used to identify and classify this habitat type are as follows: in the tree layer they consist of *Quercus pubescens*, *Fraxinus ornus* and *Sorbus torminalis*, and in the shrub layer these species are also combined with *Cornus mas*, *Viburnum lantana*, *Ligustrum vulgare*, *Crataegus monogyna* and *Cornus sanguinea*. The layer of ground vegetation includes *Lithospermum purpurocaeruleum*, *Peucedanum cervaria*, *Tamus communis*, *Cruciata glabra*, *Viola hirta*, *Carex flacca*, *Galium lucidum*, *Clematis vitalba* and *Helleborus odorus.* In addition to these species, the warm and dry conditions of forest habitats are also identified by the significant frequency of the species *Quercus cerris*, *Sorbus domestica*, *Melittis melissophyllum*, *Campanula persicifolia*, *Lathyrus niger*, *Tanacetum corymbosum*, *Convallaria majalis*, *Pulmonaria mollis*, *Mercurialis ovata*, *Polygonatum odoratum*, *Potentilla micrantha* and many others. This was expected since stands of pubescent oak cover the driest and warmest habitats on exposed ridges and steep south-facing sides in all areas of their occurrence. Along with thermophilic species of forest habitats, there is also a significant proportion of thermophilic non-forest habitats, primarily those of the class

Festuco-Brometea and *Trifolio-Geranietea*. A prominent place is taken by *Chamaecytisus hirsutus*, *Teucrium chamaedrys*, *Euphorbia cyparissias*, *Coronilla varia*, *Vincetoxicum hirundinaria*, *Clinopodium vulgare*, *Origanum vulgare*, *Trifolium medium* and others. They are particularly prevalent in different successional forms in which stands of pubescent oak spontaneously spread to more or less dry continental non-forest habitats.

The majority of the stands belonging to type *91H0 grow and develop on a lithological bedrock of dolomites, lithothamnium limestones and carbonate sandstones, over shallow and medium deep carbonate rendzinas. The soils are of alkaline reaction. The floristic differences among different localities (Papuk – Dilj – Fruška Gora) are the consequence of differences in the ecological conditions, but also of the biogeographic position of a particular mountain. Pubescent oak stands on Dilj cover milder slopes and slightly deeper and fresher soils, so that their composition consists of a smaller proportion of thermophilic species; however, there is a more distinct occurrence of beech, common hornbeam and species of their zonal phytocoenoses. Stands of pubescent oak on Fruška Gora occur on shallow, eroded chernozem over the loess bedrock, in the area in which annual rainfall is below 700 mm as a rule. In addition to the basic species of this habitat type, the floristic composition also contains a larger proportion of elements of the semi-arid forest-steppe climate. These include primarily *Quercus cerris*, *Tilia tomentosa*, *Quercus frainetto*, *Acer tataricum* and other species which are more closely related to the Balkan forests of Hungarian oak and Turkey oak.

In terms of flora and vegetation, forests of pubescent oak in the south-Pannonian area have exceptional importance. A total of 221 plant species were recorded in our analysis. This is a very significant contribution to the biological diversity of the Pannonian montane area. Yields of these forest stands do not have much commercial importance for the forestry industry, but they protect the soil, prevent erosion, regulate the climate, ensure biological and landscape diversity and provide habitats for numerous plant and animal species. Thirteen strictly protected species and twelve species in different threat categories were registered in the area of the analysed mountains. Of strictly protected species, eight belong to the orchid family (*Orchidaceae*), one to the lily family (*Liliaceae – Lilium martagon*), one to the iris family (*Iridaceae – Iris graminea*), one to the family *Asparagaceae* (*Polygonatum latifolium*), and two to the legume family (*Fabaceae – Trifolium pannonicum*, *Chamaecytisus ratisbonensis*). Orchids are represented with five genera, and the species include *Orchis purpurea*, *O. tridentata*, *Cephalanthera damasonium*, *C. rubra*, *Neottia nidus-avis*, *Listera ovata*, *Epipactis helleborine* and *E. atrorubens*.

If we also take into account thickets and degraded stands of pubescent oak, as well as different stages of succession and immediate forest edges, their number is certainly higher. However, we should take care to prevent or at least limit the spread of forest stands to dry grasslands, as they provide highly important habitats for a large number of orchids and other protected, rare and threatened species.

Forests of pubescent oak in the Pannonian mountains of Croatia have been declared protected and no silvicultural treatments are carried out in them. Their present condition allows us to conclude that they were exploited in the recent past because most of them are in the silvicultural form of coppice forests. Although from a management standpoint the forests of the *91H0 habitat type are most often degraded, according to the Natura 2000 SDF database they are on average very well preserved and should maintain this status.

In the light of climate change shifting towards warmer and drier conditions, the basic species of this habitat type are those which are more resistant and have the potential to expand their range in the area of northern Croatia.

The beauty and the sub-Mediterranean atmosphere of the stands of this habitat type make them attractive for relaxation and recreation. Also, due to their uniqueness and rarity, such habitats should be additionally protected in terms of preserving the biological diversity and the gene pool, especially if, as in some of the investigated stands, they are threatened by the possible expansion of quarries and vineyards. One of the ways to maintain these stands is to consistently comply with the legal acts that regulate the management and treatment of protected natural sites.

The results of this research represent a small contribution to a better understanding of these rare, specific and scientifically valuable forests. They will also enhance the establishment and implementation of mandatory monitoring of this habitat type.

DOI: 10.5644/PI2024.211.19
Originalni naučni članak

Doprinos certificiranja gospodarenja šumskim resursima održivom razvoju u Bosni i Hercegovini

Mersudin Avdibegović
Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu
E-mail: m.avdibegovic@sfsa.unsa.ba

Bruno Marić
Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu

Špela Pezdevšek Malovrh
Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani

Apstrakt: Certificiranje gospodarenja šumskim resursima je u nekoliko prethodnih decenija evoluiralo od teoretskog modela ka aplikativnom konceptu široko prihvaćenom od strane šumarske struke i drugih aktera šumarske politike. Kao tržišno zasnovan pristup, osnažen zabrinutošću krajnjih kupaca proizvoda šumarstva za globalna ekološka pitanja, certificiranje je učvrstilo svoju poziciju specifičnog instrumenta šumarske politike, koji je u stanju odgovoriti na promjenjive zahtjeve društva u odnosu na šumske ekosisteme. Održivo gospodarenje šumskim resursima, kao ultimativni cilj certificiranja, u sebi sadrži suštinu paradigme održivog razvoja – zadovoljenje sadašnjih ekoloških, sociooloških i ekonomskih potreba društva bez ugrožavanja interesa budućih generacija. U ovom radu su prikazani efekti koje certificiranje gospodarenja šumskim resursima po programu FSC (*Forest Stewardship Council*) ima na ostvarenje univerzalnih ciljeva održivog razvoja (*Sustainable Development Goals* – SDGs) u Bosni i Hercegovini. Metodološki pristup je zasnovan na analizi standarda FSC za Bosnu i Hercegovinu, korektivnim aktivnostima koje su najčešće zahtijevane od poduzeća šumarstva u procesu certificiranja, ekspertnim procjenama šumarskih stručnjaka o pitanju doprinosa certificiranja održivom gospodarenju šumskim resursima, te ocjeni efikasnosti certificiranja od strane aktera šumarske politike u Bosni i Hercegovini. Rezultati istraživanja pokazuju da certificiranje najviše doprinosi ostvarenju SDG 15 (zaštita, uspostava i promocija održivog korištenja kopnenih ekosistema, održivo upravljanje šumama, sprečavanje širenja pustinja, degradacije zemljišta i gubitka biodiverziteta). Pored toga, certificiranje doprinosi i ostvarenju ostalih ciljeva održivog razvoja koji se odnose na dostojanstven rad i ekonomski rast, osiguranje čiste vode i zaštitu ekosistema povezanih sa vodom, vladavinu prava, rodnu ravnopravnost, dostupnost energije iz obnovljivih resursa, odgovornu proizvodnju i potrošnju, ublažavanje i prilagođavanje klimatskim promjenama i partnerstvo u ostvarenju ciljeva. Može se zaključiti da certificiranje, doprinoseći postizanju održivog gospodarenja šumskim resursima i očuvanju širokog dijapazona koristi od šumskih ekosistema, predstavlja važan instrument za postizanje univerzalnih ciljeva održivog razvoja u Bosni i Hercegovini.

Ključne riječi: certificiranje gospodarenja šumskim resursima, održivi razvoj, šumarska politika.

Uvod

Šumarska nauka i struka su se razvijale na temelju izučavanja strukture i dinamike šumskih ekosistema, razmatranja složenih odnosa između biljnih i životinjskih vrsta koje žive u njima, i razumijevanja stalne interakcije između čovjeka i šume. U konceptu održivog upravljanja i gospodarenja šumskim resursima, koji podrazumijeva istovremeno i uravnoteženo zadovoljenje dinamičnih ekoloških, sociološko-kulturoloških i ekonomskih zahtjeva društva prema šumi, sadržana je suština održivog razvoja na način kako je to definirano u tzv. "Brundtland" izvještaju[1] – zadovoljenje sadašnjih potreba društva bez ugrožavanja mogućnosti budućih generacija da i one zadovolje svoje potrebe. Nastojeći da prevaziđe jaz između ekonomskog rasta i ugrožavanja okoliša, održivi razvoj je kao integralni koncept prihvaćen od strane većine vlada, poslovnih subjekata, nevladinih organizacija i civilnog društva (Avdibegović et al., 2023). Napredak ka održivom razvoju sagledava se kroz 17 univerzalnih i međusobno povezanih globalnih ciljeva održivog razvoja (engl. *Sustainable Development Goals* – SDGs), usvojenih 2015. godine od strane Generalne skupštine Ujedinjenih Nacija, koji se trebaju postići do 2030. godine (Agenda 2030). Već sada je jasno da ovi ciljevi neće biti postignuti do planiranog roka, ali oni i dalje predstavljaju strateški orijentir u naporima usmjerenim ka zaštiti planete i osiguranju općeg prosperiteta. Pored poštivanja principa kao što su: univerzalnost (odnosi se na sve države, bez obzira na stepen razvoja), nulta stopa isključenosti (niko ne smije biti izostavljen u postizanju održivog razvoja) i partnerstvo (implementacija zahtjeva saradnju između vlada, međunarodnih organizacija, civilnog društva i privatnog sektora), Agenda 2030 podrazumjeva integrirani pristup ekonomskim, socijalnim i ekološkim aspektima razvoja, prepoznajući njihovu međuzavisnost (Slika 1).

[1] Brundtland izvještaj, poznat i kao "Naša zajednička budućnost" (*Our Common Future*), objavila je 1987. godine Svjetska komisija za okoliš i razvoj Ujedinjenih nacija (*United Nations World Commission on Environment and Development*). U ovom dokumentu je po prvi put predstavljen koncept održivog razvoja, kao strateško-politička platforma koja prepoznaje uzajamnu vezu između društvene jednakosti, ekonomskog rasta i ekoloških pitanja, https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf.



Slika 1. Grupiranje ciljeva održivog razvoja koji se odnose na biosferu, društvo i ekonomiju (Metternicht et al., 2020)

Picture 1. Clustering of the sustainable development goals that relate to the biosphere, society and economy (Metternicht et al., 2020)

Problematika raspoloživosti šumskih resursa, u uslovima stalnog rasta populacije i smanjenja površina pod šumom na globalnom nivou, neminovno vodi ka pitanju koliko šume se može koristiti, a da se ne ugrozi njen kontinuiran prirast i stabilnost šumskih ekosistema. Pitanje održivosti u šumarstvu problematizirano je još od vremena von Carlowitza (Hans Carl von Carlowitz), koji je 1713. godine u svom djelu *Sylvicultura Oeconomica* pozvao na očuvanje šuma bez njihovog prekomjernog iskorištavanja. Termin *Nachhaltigkeit* (održivost) se već 300 godina koristi u njemačkoj literaturi da se njime objasne principi i fundamentalni ciljevi održivog gospodarenja šumskim resursima (Schmithüsen i Rojas-Briales, 2012). FAO (*Food and Agriculture Organisation of the United Nations*) definiše održivo gospodarenje šumama kao "dinamičan i evoluirajući koncept koji ima za cilj održati i poboljšati ekonomske, sociološke i ekološke vrijednosti svih tipova šuma za dobrobit sadašnjih i budućih generacija" (FAO, 2022).

Za razliku od problematike održivog gospodarenja šumskim resursima, koja je često bila predmet interesa šumarske nauke i struke, rijetki su radovi u kojima se prikazuje doprinos sektora šumarstva održivom razvoju u Bosni i Hercegovini (u daljem tekstu: BiH). Na naučnom skupu "Budućnost obrazovanja – Visoko obrazovanje za održivi razvoj 2030" koji je organizirao Univerzitet u Sarajevu, prezentiran je rad grupe autora (Avdibegović et al., 2023), u kojem je, pored identificiranja efekata i potencijala održivog upravljanja i gospodarenja šumskim resursima kao faktora održivog razvoja, prikazan i doprinos obrazovno-istraživačkog procesa na Šumarskom fakultetu općim ciljevima održivog razvoja iz Agende 2030. Rezultati ovog rada pokazuju da koncept održivog upravljanja šumskim resursima doprinosi očuvanju biodiverziteta, ublažavanju efekata klimatskih promjena i skladištenju karbona, sprečavanju prirodnih nepogoda, uticaju na stabilnost režima vode i zemljišta, osiguranju energije iz obnovljivih izvora, kontinuiranom ekonomskom rastu, društveno odgovornoj proizvodnji i potrošnji, osiguranju radnih mjesta, te održavanju i unapređenju psihofizičkog zdravlja stanovništva. S obzirom na kompleksnost šumarstva, kao specifične naučne i privredne discipline, za preciznije razumijevanje potencijala koje održivo gospodarenje šumskim resursima ima u smislu doprinosa univerzalnom konceptu održivog razvoja, neophodno je analizirati pojedinačne instrumente šumarske politike, odnosno njihov doprinos ostvarenju konkretnih ciljeva održivog razvoja. U tom smislu su u ovom radu analizirani efekti koje na održivi razvoj u BiH može imati implementacija certificiranja gospodarenja šumskim resursima po programu *Forest Stewardship Council* (u daljem tekstu: FSC).

Za nepunih 30 godina postojanja FSC program certificiranja gospodarenja šumskim resursima postao je prepoznatljiv širom svijeta. Ukupna površina FSC certificiranih šuma iznosi preko 160 miliona ha u 89 država svijeta, a izdato je preko 1.500 FSC certifikata za održivo gospodarenje i preko 58.000 FSC certifikata nadzornog lanca. U BiH je trenutno certificirano preko 2 miliona ha državnih šuma kojima gospodari 8 preduzeća šumarstva (FSC Connect, 2023). Problematika certificiranja gospodarenja šumskim resursima dobro je istražena u BiH. Od početnih istraživanja koja su se odnosila na potencijale certificiranja za razvoj marketinga u sektoru šumarstva (Avdibegović, 2001a), analizu najvažnijih međunarodnih programa certificiranja (Avdibegović, 2001b; 2004), doprinos certificiranja u izgradnji i unapređenju konkurentskih prednosti poslovnih sistema unutar drvnog kompleksa (Avdibegović, 2002) i mogućnosti korištenja principa FSC kao potencijalnih eksternih standarda za certificiranje u BiH (Avdibegović et al., 2003), preko analize ekoloških efekata

gospodarenja šumskim resursima (Avdibegović i Delić, 2008) i primjene certificiranja kao modaliteta *forest governance* (Avdibegović et al., 2017), do doprinosa certificiranja održivom gospodarenju šumskim resursima i poteškoća sa kojima su se susretala preduzeća šumarstva u procesu certificiranja (Avdibegović et al., 2014; Halalisan et al., 2016; Pezdevšek Malovrh et al., 2019; Solaković et al., 2020), certificiranje je predstavljalo važno istraživačko pitanje u oblasti šumarske politike i ekonomike. Višegodišnja teoretska i praktična iskustva o pitanju certificiranja sublimirana su u publikaciji u kojoj su prikazani najvažniji teoretski aspekti certificiranja, praktična iskustva koja se odnose na pripremu preduzeća šumarstva za certificiranje te institucionalni i proceduralni detalji u procesu izrade i usvajanje standarda FSC na državnom nivou (Avdibegović et al., 2021).

Kao što je već naglašeno, u ovom radu su analizirani efekti koje certificiranje gospodarenja šumskim resursima može imati za održivi razvoj u BiH. Pored prikaza ovih potencijala certificiranja, kao inovativnog instrumenta šumarske politike čiju je efektivnost potrebno stalno preispitivati, rezultati do kojih se došlo prevazilaze okvire sektora šumarstva i mogu biti korisni donosiocima strateških odluka, posebno u kontekstu ispunjavanja međunarodnih obaveza BiH.

Metode

Metodološki pristup korišten u ovom radu je zasnovan na konceptu triangulacije, odnosno kombiniranju različitih istraživačkih metoda. Na taj način se doprinos certificiranja gospodarenja šumskim resursima održivom razvoju u BiH sagledava iz više perspektiva i provjerava validnost rezultata dobijenih pojedinačnim metodološkim pristupima. Većina saznanja o efektima certificiranja u smislu dostizanja održivog gospodarenja šumskim resursima zasnovana je na izvještajima akreditiranih tijela za certificiranje, odnosno na analizi identificiranih korektivnih mjera, koje su poduzimala poduzeća šumarstva u procesu certificiranja. Za dobijanje kompletne slike o efektima certificiranja neophodno je primijeniti kombinirani metodološki pristup (Romero et al., 2013) koji, pored analize korektivnih mjera (direktni efekti), u obzir uzima i stavove različitih aktera uključenih u proces certificiranja (indirektni efekti). U tom kontekstu su u ovom radu, pored analize najčešćih identificiranih korektivnih mjera, prikazani stavovi šumarskih eksperata direktno uključenih u proces certificiranja, kao i stavovi predstavnika najvažnijih aktera šumarske politike u BiH. Zahtijevane korektivne mjere identificirane su u službenim

izvještajima o provedenim procjenama (*Official Audit Public Summary Reports*), koje su u periodu 2014–2018. godine, u sedam javnih preduzeća šumarstva u BiH (ŠPD Unsko-sanske šume d. o. o., ŠPD Srednjobosanske šume d. o. o., ŠGD Hercegbosanske šume d. o. o., JP Šume Tuzlanskog Kantona d. d., KJP Sarajevo šume d. o. o., JP Šumsko-privredno društvo Zeničko-dobojskog kantona d. o. o. i JPŠ Šume Republike Srpske a. d.), pripremila neovisna akreditirana tijela za certificiranje i koji su javno dostupni na web-stranici FSC-a. Rezultati se odnose na korektivne mjere u odnosu na generičku verziju 4 principa i kriterija FSC, jer se do donošenja standarda FSC za održivo gospodarenje šumama u BiH (2019. godine) certificiranje provodilo po ovoj verziji principa i kriterija FSC. Stavovi šumarskih eksperata u navedenim poduzećima koji su bili direktno uključeni u proces certificiranja, dobijeni su provođenjem polustrukturiranog intervjua, koji se sastojao od pitanja zatvorenog (korištena je petostepena Likertova skala) i otvorenog tipa. Protokol za intervju se sastojao od 3 tematske sekcije: ukupni doprinos certificiranja održivom gospodarenju šumskim resursima, ispunjenje kriterija u pojedinim principima FSC i efekti certificiranja na pojedine ekonomske, ekološke i sociološke aspekte gospodarenja šumskim resursima (Pezdevšek Malovrh et al., 2019).

U okviru projekta "Procjena stanja prirode i upravljanja prirodnim resursima u BiH", a u svrhu identificiranja opcija upravljanja i institucionalnih aranžmana za donošenje odluka, realizirano je istraživanje efikasnosti instrumenata za očuvanje i održivu upotrebu biodiverziteta i koristi od prirode. Istraživanje je provedeno tokom 2022. godine i prikupljeni su stavovi predstavnika relevantnih aktera šumarske politike u BiH (resorna entitetska ministarstva, javna poduzeća šumarstva, strukovna šumarska udruženja, šumarski fakulteti, Fond za zaštitu okoliša FBiH, Vanjskotrgovinska komora BiH i Grupa za razvoj FSC standarda BiH) o efikasnosti certificiranja u cilju postizanje održivog (ekološki opravdanog, sociološki prihvatljivog i ekonomski isplativog) gospodarenja šumskim resursima. Visok procenat dobijenih odgovora (84,21%) omogućava donošenje zaključaka o pitanju efikasnosti certificiranja kao instrumenta šumarske politike i zaštite prirode.

Jedan od ciljeva projekta "Promoviranje održivog gospodarenja šumama u BiH", koji je koordinirao WWF Adria i realizirao Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, odnosio se na formiranje Grupe za razvoj FSC standarda u BiH i izradu FSC standarda na državnom nivou. Jedinstvene standarde za kompletnu BiH pripremila je multidisciplinarna grupa, a prihvatio FSC 2019. godine, čime je BiH postala prva država u regionu sa vlastitim

standardima na osnovu kojih se provodi certificiranje gospodarenja šumskim resursima. U ovom radu je analiziran sadržaj 10 principa i njima pripadajućih kriterija standarda FSC za BiH i njihov direktni i indirektni doprinos ostvarenju globalnih ciljeva održivog razvoja.

Rezultati

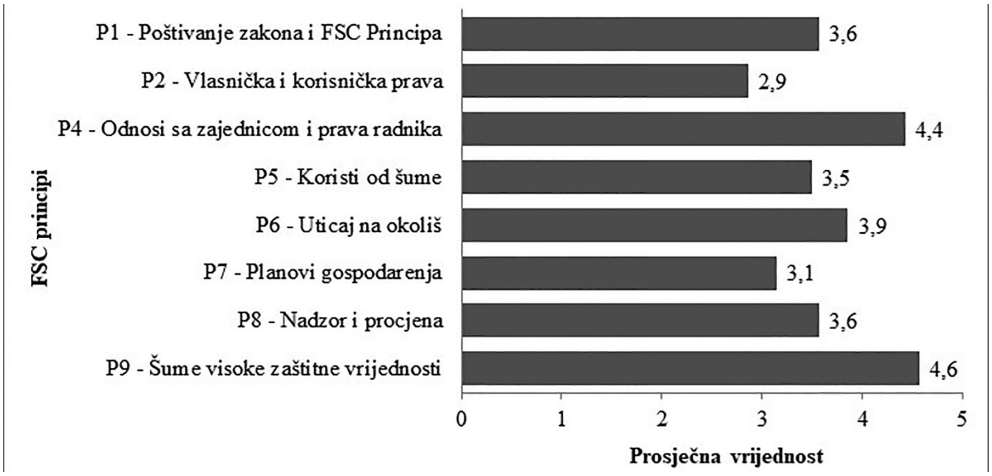
Komparativna istraživanja doprinosa FSC certificiranja održivom gospodarenju šumskim resursima, provedena u BiH, Sloveniji, Hrvatskoj i Srbiji (Pezdevšek Malovrh et al., 2019), zasnovana na analizi zahtijevanih korektivnih mjera (službeni izvještaji tijela za certificiranje u periodu 2014–2018. godine) i stavovima stručnjaka za certificiranje u poduzećima šumarstva, pokazala su da certificiranje doprinosi skoro svim aspektima gospodarenja šumskim resursima i poslovanja analiziranih javnih poduzeća šumarstva u BiH. Prosječan broj zahtijevanih korektivnih mjera po jednom poduzeću u posmatranom periodu iznosio je 16,3. Najveći broj zahtijevanih korektivnih mjera odnosio se na male korektivne mjere (71,1%), dok se 7,9% odnosio na velike korektivne mjere (21% se odnosi na primjedbe koje ne zahtijevaju nikakve korektivne mjere). Pored toga, evidentno je da se broj korektivnih aktivnosti smanjuje od prvog certificiranja do perioda ponovnog certificiranja.

Najveći procenat svih neusklađenosti (skoro dvije trećine) utvrđen je u principima FSC koji se odnose na odnose sa zajednicom i prava radnika (38,6% svih korektivnih mjera) te na uticaj na okoliš (25,4% svih korektivnih mjera). U okviru principa FSC "Odnosi sa zajednicom i prava radnika" najviše neusklađenosti (66,6% u okviru ovog principa) odnosilo se na kriterij koji tretira problematiku poštivanja primjenjivih zakona i propisa koji se odnose na zdravlje i sigurnost uposlenika i članova njihovih porodica. Ove neusklađenosti se uglavnom odnose na nepostojanje odgovarajuće lične zaštitne opreme na poslovima iskorištavanja šuma, nepoštivanje pravilnika o zaštiti zdravlja i bezbjednosti na radu u šumarstvu, kao i na nepostojanje procedura za hitne slučajeve i odgovornosti povezane s identificiranim rizicima. Također su utvrđene neusklađenosti (21,7% u okviru principa "Odnosi sa zajednicom i prava radnika") koje se odnose na nedostatak liste interesnih grupa i konsultacija sa lokalnim stanovništvom i interesnim grupama, posebno sa šumskim radnicima, o pitanju uslova rada i sa dobavljačima na koje aktivnosti gospodarenja direktno utiču. Osim toga, utvrđeno je da se ne provodi procjena sociološkog uticaja planiranja i aktivnosti gospodarenja. Utvrđene neusklađenosti u okviru principa FSC "Uticaj na okoliš" najčešće su povezane

sa nedostatkom pisanih uputstava i procedura za kontrolu erozije te sprečavanjem i ublažavanjem negativnih uticaja aktivnosti gospodarenja na okoliš, tla i vodotoke (36,8% neusklađenosti). Pored toga, 22,8% neusklađenosti u okviru ovog principa FSC odnosi se na kriterij koji tretira odgovarajuće skladištenje pesticida i upravljanje otpadnim materijalom na okolišno prihvatljiv način, a 12,3% na nedostatak programa za smanjenje ili prestanak korištenja pesticida i vođenje zapisnika o korištenju pesticida.

U svrhu poređenja sa sličnim istraživanjima u drugim državama / regionima, utvrđene korektivne mjere su objedinjene u četiri metakategorije (sociološka, ekonomska-pravna, ekološka i metakategorija gospodarenje šumama), u skladu sa metodikom razvijenom u ove svrhe (Blackman et al., 2013). Najzastupljenija je "sociološka" metakategorija (44,7% svih korektivnih mjera), a slijede je metakategorija "gospodarenje šumom" (22,8%), "ekonomsko-pravna" metakategorija (21,1%) i "ekološka" metakategorija (11,4%). Potrebno je naglasiti da su "ekološke" korektivne mjere koje se uglavnom odnose na sadržaj principa FSC "Uticaj na okoliš" u znatnoj mjeri obuhvaćene metakategorijom "gospodarenje šumama".

Pored analize zahtijevanih korektivnih mjera, u cilju potpunijeg razumijevanja efekata certificiranja na održivo gospodarenje šumskim resursima, poduzeta su kvalitativna istraživanja (Pezdevšek Malovrh et al., 2019), tj. utvrđeni su stavovi uposlenika u analiziranim poduzećima šumarstva, koji su bili zaduženi za realizaciju procesa certificiranja (šefovi ili članovi internih timova za certificiranje). Ispitanici su ocjenjivali doprinos principa FSC održivom gospodarenju šumskim resursima (pomoću Likertove petostepene skale, gdje 1 označava "vrlo mali doprinos", a 5 "vrlo visok doprinos") i dali stavove o različitim aspektima certificiranja. Opći doprinos certificiranja FSC održivom gospodarenju šumskim resursima ocijenjen je kao visok (prosječna ocjena 3,7), a najveću prosječnu ocjenu dobili su principi FSC 9 (prosječna ocjena: 4,6), 4 (prosječna ocjena 4,4), te princip FSC 6 (prosječna ocjena 3,9). Najniže prosječne ocjene su dobili princip FSC 2 (prosječna ocjena 2,9) i princip FSC 7 (prosječna ocjena 3,1) (Grafikon 1). Rezultati se odnose na generičku verzije 4 principa i kriterija FSC (standardi FSC za BiH usvojeni su 2019. godine), a principi FSC 3 i 10 nisu analizirani jer nisu primjenjivi u BiH.



Grafikon 1. Prosječne ocjene doprinosa principa FSC održivom gospodarenju šumama
Graf 1. The average values of FSC principles contribution to sustainable forest management

Ispitanici su naglasili da je poslovanje poduzeća šumarstva postalo ekološki prihvatljivije kao posljedica realizacije procesa FSC certificiranja. To se posebno povezuje sa izdvajanjem šuma visoke zaštitne vrijednosti (princip FSC 9), što je prepoznato kao participatoran i efikasan pristup koji omogućava proaktivno djelovanje u pravcu zaštite prirode. Ispitanici su prepoznali brojne pozitivne efekte certificiranja na okoliš i ekosistemske usluge (princip FSC 6) u smislu zaštite rijetkih i ugroženih vrsta, pravilnog upravljanja otpadom, zabrane korištenja nedozvoljenih hemijskih sredstava i zaštite vodnih resursa. Stavovi ispitanika o pitanju doprinosa principa FSC 4 održivom gospodarenju šumskim resursima uglavnom se odnose na unapređenje socijalnog i ekonomskog blagostanja šumskih radnika i lokalne zajednice. Kada je riječ o pravima radnika i zaštiti na radu, svi ispitanici smatraju da je certificiranje pomoglo poduzećima šumarstva da osiguraju poštivanje zakona i propisa iz domena rada i zaštite zdravlja na radu (npr. usklađivanje kolektivnih ugovora o radu i Pravilnika o radnim odnosima preduzeća, usklađivanje Pravilnika o korištenju lične zaštitne opreme sa odredbama ILO Konvencija), te da su time poboljšani uslovi rada za uposlenike, prije svega njihovu sigurnost (radnici javnih poduzeća i izvođača radova su dobili i moraju koristiti odgovarajuću ličnu zaštitnu opremu, redovno se održava obuku uposlenika o sigurnosti i zaštiti na radu itd.). Po riječima ispitanika, evidentan je i napredak u odnosima poduzeća sa lokalnom zajednicom i ostalim interesnim grupama, koji se ogleda u boljem održavanju lokalnih puteva, izgradnji rekreacione

infrastrukture u šumi, doniranju sadnica obrazovnim institucijama, organizaciji raznih tematskih radionica o značaju šuma, sanaciji divljih deponija u saradnji sa lokalnom zajednicom itd. Kada je u pitanju doprinos ostalih principa FSC održivom gospodarenju šumskim resursima, ispitanici su naveli upoznavanje sa međunarodnim sporazumima i konvencijama iz oblasti zaštite prirode i okoliša (princip FSC 1), kao i važnost poštivanja svih pozitivnih zakonskih propisa u uslovima nepostojanja zakonskog okvira za upravljanje i gospodarenje šumama u Federaciji BiH. Iako su pojedina poduzeća šumarstva imala dodatne ekonomske koristi kao posljedicu certificiranja (npr. povećanje prihoda od sporednih šumskih proizvoda i šumske biomase), ekonomski efekti certificiranja povezani sa principom FSC 5 su ocjenjeni kao relativno skromni. Posjedovanje certifikata FSC nije samo po sebi donijelo povećanje cijena šumskih drvnih sortimenata, ali je uticalo na poboljšanje poslovnog imidža poduzeća šumarstva u očima javnosti i lokalne zajednice. U tom smislu ispitanici su istakli važnost korištenja zaštitnog znaka FSC i označavanja certificiranih proizvoda radi njihovog lakšeg uočavanja na tržištu.

Kada je u pitanju ocjena efikasnosti instrumenata za očuvanje i održivu upotrebu biodiverziteta i koristi od prirode, realizirana u okviru projekta "Procjena stanja prirode i upravljanja prirodnim resursima u BiH", akteri šumarske politike u BiH su certificiranju gospodarenja šumskim resursima dali najveću ocjenu (4,18 na skali 1–5). Pored visokog procenta dobijenih odgovora (84,21%) i dosta ujednačenih stavova predstavnika kontaktiranih aktera/institucija, važno je istaći da se izdvajanje šuma visoke zaštitne vrijednosti (što je princip FSC sam po sebi) nalazi na drugom mjestu po ocjeni efikasnosti (ocjena 3,82 uz procenat dobijenih odgovora od 89,47%).

Kao što je već pomenuto, standardi FSC za BiH su na snazi od 2019. godine i prvi su nacionalni standardi za održivog gospodarenja šumskim resursima u regionu. Standardi FSC za BiH se sastoje od 10 principa (Tabela 1), 64 kriterija i većeg broja indikatora.

Tabela 1. FSC principi održivog gospodarenja šumama u BiH
Table 1. FSC principles of sustainable forest management in BiH

Princip 1	Usklađenost sa zakonima
Princip 2	Prava radnika i uvjeti za zapošljavanje
Princip 3	Prava starosjedilačkih naroda
Princip 4	Odnosi sa lokalnom zajednicom
Princip 5	Koristi od šume
Princip 6	Okolišne vrijednosti i uticaji
Princip 7	Planiranje gospodarenja
Princip 8	Monitoring i procjena
Princip 9	Visoke zaštitne vrijednosti
Princip 10	Implementacija aktivnosti gospodarenja

FSC certificiranje u BiH najviše doprinosi globalnom cilju održivog razvoja 15 (Očuvanje života na zemlji) kojim se nastoji zaštititi, uspostaviti i promovirati održivo korištenje kopnenih ekosistema, održivo upravljati šumama, suzbiti širenje pustinja, zaustaviti i preokrenuti degradaciju tla te spriječiti uništavanje biološke raznolikosti. U okviru ovog cilja SDG definiran je potcilj 15.2 (promoviranje implementacije održivog upravljanja svim vrstama šuma, zaustavljanje krčenja šuma, obnova uništenih šuma i znatno povećanje pošumljavanja na globalnom nivou). Kriterij 1.8. standarda FSC za BiH predviđa da poduzeća šumarstva i vlasnici šuma moraju dokazati dugoročnu posvećenost principima i kriterijima FSC te da izjava o toj posvećenosti mora biti javno dostupna. Pored toga, Kriterij 5.2. predviđa da korištenje proizvoda i usluge šumskih ekosistema ne smije premašiti trajno održivi nivo. Ova dva kriterija upućuju na obavezu poštivanja principa FSC i održivog upravljanja šumskim resursima, čime se na direktan način doprinosi ostvarenju globalnog potcilja održivog razvoja 15.2.

S obzirom na to da standardi FSC za BiH nameću poduzećima šumarstva i vlasnicima šuma obavezu sprečavanja nestanka i degradacije šuma te očuvanja biodiverziteta i usluga šumskih ekosistema, certificiranje doprinosi i drugim potciljevima u okviru SDG 15. Važan pokazatelj potcilja 15.1 (osiguranje, očuvanje, obnova i održivo korištenje kopnenih i slatkovodnih ekosistema i njihovog okruženja, posebno šuma, močvara, planina i isušenih zemljišta, u skladu sa obavezama prema međunarodnim sporazumima) jest udio zaštićenih područja u cilju zaštite biodiverziteta. Površina zaštićenih područja u BiH iznosi oko 3,5% (176.911,99 ha) ukupne površine države (FZO FBiH, 2023; ZPRS, 2023) i u procentualnom smislu zaostaje za ostalim evropskim državama. U svjetlu obaveza koje proizilaze iz globalnih (UN konvencija o biološkom diverzitetu i Kunming-Montreal globalni okvir o biodiverzitetu) i EU (EU Strategija biodiverziteta i EU Strategija šumarstva) sporazuma, nizak procenat zaštićenih područja u BiH može predstavljati ozbiljnu prepreku na putu ka evropskim integracijama. U tom smislu, implementacija certificiranja na bazi standarda FSC za BiH može doprinijeti prevazilaženju postojećeg stanja. Kriterij 6.5. standarda FSC za BiH predviđa identifikaciju i zaštitu reprezentativnih uzoraka područja izvornih ekosistema i/ili njihovo vraćanje u prirodno stanje, a Indikator 6.5.5. precizira da ovi reprezentativni uzorci, u kombinaciji sa drugim komponentama mreže zaštićenih područja, čine minimalno 10% površine šumskog područja. Pored toga, kompletan Princip 9 standarda FSC za BiH predviđa izdvajanje šuma koje sadrže visoke zaštitne vrijednosti (biodiverzitet vrsta, ekosistemi na nivou pejzaža i mozaika, rijetki

i ugroženi ekosistemi i staništa, šumski ekosistemi koji osiguravaju važne usluge, npr. zaštitu vodenih slivova i kontrolu erozije, ekosistemi važni za potrebe lokalnog stanovništva, npr. za snabdijevanje vodom, ekosistemi i lokacije koji sadržavaju različite kulturološke vrijednosti). Šume visoke zaštitne vrijednosti izdvajaju se participatorno i u saradnji sa svim zainteresiranim stranama (Kriterij 9.1.), za njih se moraju izraditi (Kriterij 9.2.) i implementirati (Kriterij 9.3.) posebni planovi upravljanja i strategije koje održavaju i/ili poboljšavaju identificirane visoke zaštitne vrijednosti, te provoditi monitoring atributa kako bi se blagovremeno utvrdile promjene, prilagodile aktivnosti gospodarenja i osigurala efikasna zaštita visokih zaštitnih vrijednosti (Kriterij 9.4.).

Certificiranje doprinosi i postizanju potcilja 15.3 (borba protiv širenja pustinja, obnova degradiranog zemljišta i tla, uključujući zemljište pod uticajem dezertifikacije, suša i poplava, i težnja da se neutralizuje degradacija zemljišta). Kroz Kriterij 6.1. standarda FSC za BiH, koji predviđa procjenu okolišnih vrijednosti u šumskom području koje bi potencijalno mogle biti pod uticajem aktivnosti gospodarenja, te Kriterije 6.2. (procjena stepena, intenziteta i rizika od potencijalnih uticaja aktivnosti gospodarenja na identificirane okolišne vrijednosti prije početka aktivnosti gospodarenja) i Kriterija 6.3. (provođenje efikasnih aktivnosti u cilju sprečavanja negativnih uticaja na okoliš, te njihovo ublažavanje ukoliko se javljaju), u operativno planiranje (prilikom izrade izvedbenih projekata) uvedena je praksa procjene okolišnog uticaja planiranih aktivnosti gospodarenja. Imajući u vidu da šume i šumska zemljišta zauzimaju 3.231.500 ha (oko 63% teritorije BiH) (FIRMA projekat, 2013), kao i činjenicu da se radi o najzastupljenijim ekosistemima u planinskim područjima, nesporna je uloga certificiranja i održivog gospodarenja šumskim resursima u ostvarenju potcilja održivog razvoja 15.4 (očuvanje planinskih ekosistema, uključujući njihov biodiverzitet, kako bi se njihovi kapaciteti unaprijedili tako da pružaju korist koja ima suštinski značaj za održivi razvoj).

Snažnu podršku postizanju potcilja održivog razvoja 15.5 (aktivnosti za smanjivanje degradacije prirodnih staništa, zaustavljanje gubitka biodiverziteta, zaštita ugroženih vrsta i sprečavanje njihovog izumiranja) pružaju kriteriji standarda FSC za BiH 6.4. (zaštita rijetkih i ugroženih vrsta i njihovih staništa, pomoću uspostave zona zaštite, zaštićenih područja, koridora i/ili drugih direktnih mjera za njihovo preživljavanje i održivost) i 6.6. (efikasno održavanje kontinuiranog postojanja prirodnih autohtonih vrsta i genotipova i sprečavanje gubitka biološke raznolikosti, uključujući i provođenje mjera za kontrolu lova, ribolova, postavljanja zamki i sakupljanja). Pored toga, standardi FSC za BiH doprinose ostvarenju potciljeva 15.6 (osiguranje pravedne

i jednake raspodjele koristi koja proizilazi iz korištenja genetskih resursa i promovisanje odgovarajućeg pristupa njima) i 15.8 (provođenje mjera za sprečavanje i značajno smanjenje uticaja invazivnih stranih vrsta na kopnene i vodene ekosisteme). U tom smislu su relevantni Kriterij 10.2. (korištenje autohtonih vrsta i lokalnih genotipova za obnovu šuma, osim ako ne postoji jasno i odgovarajuće opravdanje za korištenje drugih vrsta), Kriterij 10.3. (korištenje alohtonih vrsta samo onda kada znanja i/ili iskustva pokazuju da se bilo kakav invazivni uticaj može kontrolirati i da se mogu koristiti efikasne mjere za ublažavanje negativnih uticaja) i Kriterij 10.4 (zabrana korištenja genetski modificiranih organizama).

Aktivnosti usmjerene na borbu protiv krivolova, trgovine zaštićenim životinjskim i biljnim vrstama i potražnje/ponude ilegalnih proizvoda izrađenih od divljih životinja (potciljevi održivog razvoja 15.7 i 15.c) prepoznate su u standardima FSC za BiH kroz Kriterij 1.5. (poštivanje pozitivnih zakonskih propisa, ratificiranih međunarodnih konvencija i obavezujućih stručnih uputstava, koja se odnose na prevoz i trgovinu šumskim proizvodima unutar i izvan šumskog područja), a posebno kroz Indikator 1.5.2. (obezbjeđivanje dokaza o poštivanju CITES konvencije, uključujući posjedovanje odgovarajućih certifikata za prikupljanje i trgovinu sa bilo kojom od CITES vrsta). Pored navedenog, Kriterij 1.6.5. standarda FSC za BiH predviđa da poduzeća šumarstva i vlasnici šuma sarađuju sa institucijama koje provode praćenje poštivanja Uredbe o drvetu EU, koja se odnosila na zabranu stavljanja u promet ilegalnih proizvoda šumarstva na tržište država članica EU.

Princip 2 standarda FSC za BiH (Prava radnika i uslovi zapošljavanja) doprinosi SDG cilju 8 (Dostojanstven rad i ekonomski rast) kojim se promovira konstantan, uključiv i održiv ekonomski rast, puna i produktivna zaposlenost i dostojanstven rad za sve. To se posebno odnosi na ostvarenje potciljeva 8.5 (puna i produktivna zaposlenost i dostojanstven rad za sve radnike, kao i ista plata za rad jednake vrijednosti) i 8.8 (zaštita radnih prava i promoviranje bezbjednog i sigurnog radnog okruženja za sve radnike). U tom smislu su relevantni Kriteriji 2.1. (poštivanje principa i prava na rad na način kako je to definirano ILO Deklaracijom o temeljnim principima i pravima na radu i ILO konvencijama o radu), 2.4. (obaveza isplate plata koje zadovoljavaju ili premašuju minimalne standarde u sektoru šumarstva ili druge postojeće sporazume o visini plata u sektoru šumarstva ili zajamčene plate) i 2.3. (provođenje zdravstvenih i sigurnosnih mjera za zaštitu radnika na radnom mjestu u skladu sa preporukama ILO stručnih uputstava za sigurnost i zdravlje na poslovima u šumarstvu).

Ispunjenju SDG cilja 6 (Čista voda i sanitarni uslovi), koji se odnosi na osiguranje pristupa pitkoj vodi, održivo upravljanje vodama i osiguranje higijenskih uslova za sve, a posebno potcilja 6.6 (zaštita i obnova ekosistema povezanih sa vodom, uključujući planine, šume, plavna zemljišta, rijeke, izdane i jezera), doprinosi Princip 6 standarda FSC za BiH (Okolišne vrijednosti i uticaji), preko Kriterija 6.7. koji se odnosi na obavezu zaštite ili vraćanja u prirodno stanje vodotoka, vodenih površina i priobalnih zona, te izbjegavanje i ublažavanje negativnih uticaja na kvalitetu i količinu vode.

Princip 1 standarda FSC za BiH koji propisuje obavezu poštivanja svih primjenjivih zakona, propisa i međunarodnih ugovora, konvencija i sporazuma nedvojbeno doprinosi ispunjenju SDG cilja 16 (Mir, pravda i snažne institucije), odnosno vladavini prava na nacionalnom i međunarodnom nivou. Kriterij 1.7. standarda FSC za BiH koji predviđa obavezu preduzeća šumarstva i vlasnika šuma da neće ponuditi niti primati mito u novcu ili bilo kojem drugom obliku korupcije, da će poštivati antikorupcijsku legislativu i provoditi antikorupcijske mjere, na direktan način doprinosi ispunjenju potcilja održivog razvoja 16.5 koji se odnosi na borbu protiv korupcije i podmićivanja u svim njihovim pojavnim oblicima.

Kada je u pitanju SDG cilj 5 (Rodna ravnopravnost), a posebno potcilj 5.5. kojim se želi osigurati da žene u potpunosti i djelotvorno učestvuju i imaju jednake mogućnosti da učestvuju u rukovođenju na svim nivoima donošenja odluka u političkom, privrednom i javnom životu, u okviru Principa 2 standarda FSC za BiH (Prava radnika i uslovi zapošljavanja) nalazi se Kriterij 2.2. koji se odnosi na ravnopravnost spolova u postupku zapošljavanja, mogućnostima za obuku, pri sklapanju ugovora, u procesu uključenosti i aktivnostima gospodarenja. U tom smislu je u standardima FSC za BiH razvijen niz indikatora koji se odnose na jednake uslove zapošljavanja, obuke, podjednakog i sigurnog plaćanja za obavljanje istog posla, detalje u vezi s porodiljskim i roditeljskim dopustom, učešće u upravljačkim tijelima i mehanizme za prijavljivanje i otklanjanje slučajeva seksualnog uznemiravanja i diskriminacije na temelju spola, bračnog statusa, roditeljstva ili seksualne orijentacije.

Diskusija

Rezultati koji se odnose na doprinos FSC certificiranja održivom gospodarenju šumskim resursima u BiH ne odstupaju od rezultata sličnih istraživanja u drugim državama. Komparativna istraživanja efekata FSC certificiranja na održivo gospodarenje šumskim resursima u Evropi (Rametsteiner i Simula,

2003), utvrdila su unapređenja u segmentu planiranja i nadzora gospodarenja šumama. Pored toga, utvrđeni su pozitivni efekti certificiranja na sociološke (poboljšanje sigurnosti radnika, unapređenje njihovih prava, bolja saradnja sa lokalnim zajednicama) i ekološke (očuvanje biološke raznolikosti) aspekte gospodarenja šumskim resursima. Istraživanje efekata certificiranja provedeno u 32 evropske države (Hain i Ahas, 2011) potvrdilo je da se najviše korektivnih mjera odnosi na sociološke (zaštita na radu) i ekološke (uticaj na okoliš prilikom sječe i izvlačenja šumskih drvnih sortimenata) aspekte gospodarenja. Istraživanja provedena u državama EU (Gommez-Zamalloa et al., 2011) utvrdila su da su efekti certificiranja: (a) pozitivno-neutralni kada su u pitanju ekološki aspekti (certificiranje je doprinijelo zaštiti biodiverziteta), (b) pozitivno-negativni kada su u pitanju ekonomski aspekti (iako su kupci spremni platiti više za certificirane proizvode, oni često ne postižu premijske cijene na tržištu) i (c) pozitivno-neutralni kada su u pitanju socijalni aspekti gospodarenja šumama (certificiranje samo djelomično doprinosi poboljšanju blagostanja šumskih radnika, ali unapređuje odnose sa lokalnom zajednicom). U istraživanjima koja su obuhvatala pet evropskih država (BiH, Estonija, Rumunija, Slovenija i Velika Britanija) utvrđeno je da se najviše korektivnih mjera odnosilo na uticaj na okoliš, te odnose sa zajednicom i prava radnika (Halalisan et al., 2016).

U poređenju sa državama u regionu (Pezdevšek Malovrh et al., 2019), prosječan broj zahtijevanih korektivnih mjera po jednom poduzeću u BiH je manji nego u Srbiji (21,5) i Hrvatskoj (17), a veći nego u Sloveniji (11), što ukazuje na relativno visok stepen zadovoljenja standarda FSC u šumarstvu BiH. Male korektivne mjere se najčešće pojavljuju u svim analiziranim državama i potrebno ih je otkloniti do narednog godišnjeg periodičnog pregleda (u suprotnom one prerastaju u velike korektivne mjere), što ukazuje na važnost certificiranja za kontinuirano unapređenje poslovanja poduzeća šumarstva. Gospodarenje šumskim resursima u BiH opterećeno je sličnim problemima kao i u drugim državama regiona, na što ukazuje činjenica da je najveći procenat svih neusklađenosti u procesu FSC certificiranja u Srbiji, Sloveniji i Hrvatskoj također utvrđen u principima FSC koji se odnose na uticaj na okoliš te na odnose sa zajednicom i prava radnika. Tome u prilog ide i činjenica da je kategorizacija (po metakategorijama) korektivnih mjera u bh. poduzećima šumarstva slična kao i u poduzećima šumarstva u Sloveniji, Hrvatskoj i Srbiji. Dobijeni rezultati su u najvećoj mjeri u skladu sa rezultatima sličnih istraživanja u drugim dijelovima svijeta (Blackman et al., 2017; Hermudananto et al., 2018; Buliga i Nichiforel, 2019). Istraživanja

korektivnih mjera u procesu certificiranja na primjeru pojedinačnih poduzeća šumarstva u BiH (ŠPD Unsko-sanske šume d. o. o.) potvrdila su utvrđene efekte certificiranja na održivo gospodarenje šumskim resursima na nivou kompletne BiH (Solaković et al., 2020).

Na osnovu stavova šumarskih stručnjaka koji su bili direktno uključeni u proces certificiranja u analiziranim poduzećima, evidentan je doprinos FSC certificiranja održivom gospodarenju šumskim resursima. Pored efekata ekološkog i sociološkog karaktera, realizacija procesa FSC certificiranja pokrenula je i niz strateških promjena u načinu gospodarenja šumskim resursima kao javnim dobrom. Na taj je način certificiranje gospodarenja šumskim resursima doprinijelo zadovoljenju važnih principa koncepta *Forest Governanca*, kao što su transparentnost, participatorno planiranje, decentralizacija u donošenju odluka, jačanje partnerskih odnosa i učešće javnosti u upravljanju i gospodarenju šumskim resursima. Kada su u pitanju rezultati ocjene efikasnosti instrumenata za očuvanje i održivu upotrebu biodiverziteta i koristi od prirode, veoma je važno naglasiti da su certificiranje gospodarenja šumskim resursima i izdvajanje šuma visoke zaštitne vrijednosti, kao marketinški bazirani instrumenti šumarske politike, ocijenjeni bolje od niza klasičnih regulatornih instrumenata zaštite prirode koji se koriste u BiH, kao što su: proglašavanje zaštićenih područja, izdavanje okolinskih dozvola, procjena uticaja na okoliš, uspostava ekološke mreže, definiranje crvenih lista i prostorni planovi. To ukazuje na činjenicu da certificiranje ima odličnu reputaciju kod aktera šumarske politike u BiH, te da je postalo važan faktor u svim diskusijama o održivom gospodarenju šumskim resursima i zaštiti prirode.

FSC certificiranje doprinosi postizanju najmanje 14 ciljeva i 40 potciljeva održivog razvoja, a od 2017. godine je izvještavanje o površini i udjelu certificiranih šuma uključeno kao pokazatelj napretka ostvarenja potcilja 15.2 (FSC, 2023). Većina poduzeća šumarstva u BiH posjeduje certifikate FSC, što na direktan ili indirektan način doprinosi ostvarenju globalnih ciljeva održivog razvoja, posebno SDG 15 (Očuvanje života na zemlji). Važno je napomenuti da površina šuma kojima se održivo gospodari (koje su FSC certificirane) predstavlja jedan od indikatora praćenja stanja okoliša (Indikatori Evropske agencije za okoliš – EEA indikatori), koje je usvojilo Vijeća ministara BiH (Fond za zaštitu okoliša FBiH, 2022). Kada je u pitanju doprinos certificiranja i standarda FSC za BiH u ispunjenju potcilja 15.1, posebno u dijelu koji se odnosi na procenat zaštićenih područja, šumska područja koja nisu formalno zaštićena, ali su izdvojena u okviru Kriterija 6.5. (Identifikacija i zaštita reprezentativnih uzoraka područja izvornih ekosistema) i Principa 9 (Izdvajanje

šuma koje sadrže visoke zaštitne vrijednosti), mogu biti interesantna u kontekstu ispunjenja međunarodnih obaveza BiH. Kunming-Montreal globalni okvir o biodiverzitetu usvojen je u decembru 2022. godine i predviđeno je da se do 2030. godine na globalnom nivou zaštiti najmanje 30% područja od značaja za biodiverzitet i funkcije i usluge ekosistema. Da bi se postigao ovaj ambiciozni cilj, osmišljen je tzv. mehanizam "Drugih efikasnih mjera očuvanja zasnovanih na području" (*Other Effective area-based Conservation Measures* – OECMs), koji je definiran kao "geografski definirano područje koje nije formalno zaštićeno, ali kojim se upravlja na način da se postižu pozitivni i održivi dugoročni rezultati za *in-situ* očuvanje biodiverziteta, uključujući pripadajuće funkcije i usluge ekosistema i, gdje je to primjenjivo, kulturološke, socio-ekonomske i druge lokalno relevantne vrijednosti". U vezi sa navedenim potrebno je razmotriti mogućnost da se područja izdvojena po osnovu Kriterija 6.5. i Principa 9 standarda FSC za BiH prikažu kao područja OECM i na taj način značajno povećaju izgledi da BiH ispuni obaveze koje proizilaze iz pomenutih međunarodnih sporazuma.

Doprinos postizanju globalnih potciljeva održivog razvoja 15.3, 15.4, i 15.5 ogleda se u implementaciji internih mjera i procedura u poduzećima šumarstva, koje su postale sastavni dio redovnih aktivnosti gospodarenja, a odnose se na procjenu uticaja na okoliš, unapređenje planiranja na operativnom nivou te razvoj i implementaciju programa zaštite staništa i biodiverziteta flore i faune u šumskim ekosistemima. Evidentan je doprinos certificiranja borbi protiv ilegalnih aktivnosti, u smislu prepoznavanja poštivanja CITES konvencije i podrške provedbi Uredbe EU o drvetu. Od juna 2023. godine, na snazi je nova Uredba EU (*Regulation on Deforestation-free products*), koja se zasniva na postojećem sistemu "dužne pažnje" i kojom se garantuje da široka lepeza proizvoda na tržištu EU ne doprinosi degradaciji šuma na globalnom nivou. U kontekstu primjene ove uredbe i zahtjeva za sljedljivošću (prikupljanje podataka o području na kojem je roba proizvedena, kako bi se utvrdilo da na toj lokaciji nema degradacije šuma), primjena Kriterija 1.6.5. standarda FSC za BiH, u kombinaciji sa postojanjem FSC certifikata nadzornog lanca, još više dolazi do izražaja.

Imajući u vidu ulogu šumarstva u socio-ekonomskom razvoju ruralnih područja u BiH, mogućnostima zapošljavanja lokalnog stanovništva i potencijalima ovoga sektora u zaustavljanju migratornih procesa na relaciji selo – grad i BiH – inostranstvo, važnost Principa 2 standarda FSC za BiH (Prava radnika i uslovi zapošljavanja) i njegov doprinos postizanju SDG cilja 8 (Dostojanstven rad i ekonomski rast) od nemjerljivog su značaja. U uslovima

višegodišnjeg nepostojanja zakonskog okvira za upravljanje i gospodarenje šumskim resursima na nivou Federacije BiH, implementacija standarda FSC za BiH, a posebno Principa 1. (Poštivanje svih primjenjivih zakona, propisa i međunarodnih ugovora, konvencija i sporazuma) prepoznata je kao instrument za osiguranje vladavine prava na nacionalnom (standardi FSC su jedini zajednički okvir koji se primjenjuje u sektoru šumarstva na kompletnom području BiH) i međunarodnom nivou. Direktan ili indirektan doprinos FSC certificiranja gospodarenja šumskim resursima u dostizanju niza ciljeva održivog razvoja u BiH (SDG 6 – Čista voda i sanitarni uslovi, SDG 5 – Rodna ravnopravnost, SDG 7 – Pristupačna energija iz čistih izvora, SDG 12 – Odgovorna potrošnja i proizvodnja, SDG 13 – Očuvanje klime i SDG 17 – Partnerstvom do ciljeva) značajan je, što svakako treba biti predmet narednih istraživanja.

Zaključci

Provedba procesa certificiranja gospodarenja šumskim resursima u BiH rezultirala je poboljšanjem konkurentskih prednosti poduzeća šumarstva i održivijim gospodarenjem šumskim resursima. U cilju dobijanja i održavanja FSC certifikata, poduzeća šumarstva su morala poduzeti značajna unapređenja ekološko-sociooloških aspekata gospodarenja šumskim resursima, što je dovelo do pozitivnih promjena u pristupu upravljanju i gospodarenju šumskim resursima. Na osnovu analize korektivnih aktivnosti koje su provedene u procesu certificiranja, stavova šumarskih stručnjaka i aktera šumarske politike te principa i kriterija standarda FSC za BiH, može se zaključiti da FSC certificiranje gospodarenja šumskim resursima značajno doprinosi održivom razvoju u BiH. Taj doprinos se posebno ogleda u ostvarenju SDG 15 (Zaštita, uspostava i promocija održivog korištenja kopnenih ekosistema, održivo upravljanje šumama, sprečavanje širenja pustinja, degradacije zemljišta i gubitka biodiverziteta), ali i kroz niz drugih aspekata koji su sadržani u ostalim SDG ciljevima, a koji se odnose na: dostojanstven rad i ekonomski rast, osiguranje čiste vode i zaštitu ekosistema povezanih sa vodom, vladavinu prava, rodnu ravnopravnost, dostupnost energije iz obnovljivih resursa, odgovornu proizvodnju i potrošnju, ublažavanje i prilagođavanje klimatskim promjenama i partnerstvo u ostvarenju ciljeva. Najveći dio javnih šuma u BiH je certificiran, a skoro sva poduzeća šumarstva posjeduju i uspješno održavaju FSC certifikat, čime se osigurava formalni dokaz da se javnim šumama u BiH gospodari u skladu sa međunarodno prihvaćenim principima i kriterijima

održivog gospodarenja. Kredibilitet procesa certificiranja osiguran je činjenicom da procjene i godišnje kontrole performansi gospodarenja obavljaju nezavisne akreditirane institucije iz inostranstva. Na osnovu svega navedenog, kao i činjenice da šumski resursi, po svojoj površini i diverzitetu ekosistemskih usluga koje obezbjeđuju društvu, predstavljaju dragocjeno javno dobro, može se zaključiti da certificiranje gospodarenja šumskim resursima, doprinoseći postizanju održivog gospodarenja šumskim resursima i očuvanju širokog dijapazona koristi od šumskih ekosistema, predstavlja važan instrument za postizanje univerzalnih ciljeva održivog razvoja u BiH.

Literatura

Avdibegović, M., Marić, B., Bećirović, Dž., Brajić, A., Hodžić, R., Pezdevšek Malovrh, Š. (2021): Teoretski i praktični aspekti certificiranja u šumarstvu Bosne i Hercegovine, Šumarski fakultet Univerzitet u Sarajevu.

Avdibegović, M. (2001a): Certificiranje u funkciji razvoja marketinga u šumarstvu BiH, magistarski rad, Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu.

Avdibegović, M. (2001b): Primjena principa FSC-a kao eksternih standarda u procesu certificiranja gazdovanja šumskim resursima BiH, Radovi šumarskog Fakulteta Univerziteta u Sarajevu, XXXI, 65-71.

Avdibegović, M. (2002): Certificiranje gazdovanja šumskim resursima kao izvor konkurentskih prednosti poslovnih sistema unutar drvnog kompleksa BiH, Naše šume, 1, 18-24.

Avdibegović, M. (2004): Analiza najvažnijih međunarodnih programa certificiranja i izbor adekvatnog programa za primjenu u šumarstvu BiH, Naše šume, 3, 9-12.

Avdibegović, M., Delić, S. (2008): Ecological aspects of forest management improvements in Bosnia-Herzegovina as the consequences of forest certification, u: Book of abstracts from international conference: Forestry Science Between Economy and Society Demands, Faculty of forestry, University of Sarajevo, 7.

Avdibegović, M., Delić, S., Bećirović, Dž., Marić, B., Brajić, A., Hukić, E., Bogunić, F., Vojniković, S., Ballian, D., Halilović, V., Hajrudinović-Bogunić, A., Avdagić, A., Lojo, S., Dautbašić, M. (2023): Obrazovanje, istraživanje i održivo upravljanje šumskim resursima kao faktor održivog razvoja u Bosni i Hercegovini, Pregled: časopis za društvena pitanja, 1 (Savjetovanje: Budućnost obrazovanja – Visoko obrazovanje za održivi razvoj 2030 – Supplement 1), Univerzitet u Sarajevu, 15-37.

Avdibegović, M., Delić, S., Nonić, D., Bećirović, Dž., Marić, B., Mutabdžija Bećirović, S., Pezdevšek Malovrh, Š. (2017): Primjena koncepta "forest governance" u šumarstvu Bosne i Hercegovine, u: u: Simpozij Unapređenje poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede u kraškim, brdskim i planinskim područjima – racionalno korištenje i zaštita, Sarajevo, 23. juna/lipnja 2016. Zbornik radova (ur. Šarić, T, Beus, V.), Posebna izdanja, knj. CLXIX, Odjeljenje prirodnih i matematičkih nauka, knj. 26, ANUBiH, Sarajevo, 177-194.

Avdibegović, M., Marić, B., Bećirović, Dž., Mutabdžija Bećirović, S., Pezdevšek Malovrh, Š. (2014): Forest Certification in Bosnia-Herzegovina and Slovenia: Obstacles and Effects, u: Radojčić Redovniković, I., Jakovljević, T., Halambe, J., Vuković, M., Erdec Hendrih,

D. (ur.) Natural Resources, Green Technology Sustainable Development, Faculty of Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb, Zagreb, 8-14.

Avdibegović, M., Šaković, Š., Koričić, Š. (2003): Međusektorski dijalog kao osnova za definiranje internih standarda certificiranja gazdovanja šumskim resursima u BiH, u: Zbornik radova Šumarstvo i hortikultura. Prvi Simpozij poljoprivrede, veterinarstva i šumarstva, Neum, 14. – 17. maj 2003. godine, Šumarski fakultet, Sarajevo, 257-267.

Blackman, A., Raimondi, A., Cubbage, F. (2013): Analysis of Corrective Action Requests Issued to FSC Certified Forests in Mexico. http://www.alianza-mredd.org/wp-content/uploads/Files/Biblioteca%20Territorios/pa00ks6b.pdf.

Blackman, A., Raimondi, A., Cubbage, F. (2017): Does forest certification in developing countries have environmental benefits? Insights from Mexican corrective action requests, International Forest Review, 19, 247-264.

Buliga, B., Nichiforel, L. (2019): Voluntary forest certification vs. stringent legal frameworks: Romania as a case study, Journal of Cleaner Production, 207, 329-342.

FAO (2022): Sustainable forest management. https://www.fao.org/forestry/sfm/en/ (25. 12. 2023)

FIRMA projekat (2013): Mogućnost korištenja niskovrijednih drvnih sortimenata i konverzija izdanačkih šuma u Bosni i Hercegovini (završni izvještaj), USAID, Sida.

Fond za zaštitu okoliša FBiH (2022): Izvještaj o stanju okoliša Federacije Bosne i Hercegovine 2022. https://fzofbih.org.ba/wp-content/uploads/2022/10/ISO_FBiH_izvjestaj.pdf.

FSC Connect (2023): Facts & Figures. https://connect.fsc.org/impact/facts-figures (26. 12. 2023)

FSC (2023): FSC Contributions to Achieving the Sustainable Development Goals. https://anz.fsc.org/impact/sustainable-development-goals#:~:text=The%20work%20of%20FSC%20is,15%20(Life%20on%20Land) (28. 12. 2023)

FZO FBiH (2023): Zaštićena područja FBiH. http://e-prirodafbih.ba/en/protectedsites/ (28. 12. 2023)

Gommez-Zamalloa, M. G., Caparros, A., Avanz, A. S. (2011): 15 years of Forest Certification in the European Union. Are we doing things right?, Forest Systems, 1, 81-94.

Hain, H., Ahas, R. (2011): Impacts of sustainable forestry certification in European forest management operations, u: Brebbia, C. A., Zubir, S. S. (ur.) Management of Natural Resources, Sustainable Development and Ecological Hazards, WIT Press, 207-218.

Halalisan, A. F., Ioras, F., Korjus, H., Avdibegović, M., Marić, B., Pezdevšek Malovrh, Š., Abrudan, I. V. (2016): An Analysis of Forest Management Non-Conformities to FSC Standards in Different European Countries, Journal Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 44, 634-639.

Hermudananto, H., Romero, C., Ruslandi, R., Putz, F. E. (2018): Analysis of corrective action requests from Forest Stewardship Council audits of natural forest management in Indonesia, Forest Policy and Economics, 96, 28-37.

Metternicht, G., Mueller, N., Lucas, R. (2020): Digital Earth for Sustainable Development Goals (Chapter 13), u: Guo, H., Goodchild, M. F., Annoni, A. (ur.) Manual of Digital Earth, Springer, 443-471.

Pezdevšek Malovrh, Š., Bećirović, Dž., Marić, B., Nedeljković, J., Posavec, S., Petrović, N., Avdibegović, M. (2019): Contribution of Forest Stewardship Council Certification to Sustainable Forest Management of State Forests in Selected Southeast European Countries, Forests, 10 (8), 648.

Rametsteiner, E., Simula, M. (2003): Forest certification – an instrument to promote sustainable forest management?, Journal of Environmental Management, 67, 87-98.

Romero, C., Putz, E. F., Guariguata, M. R., Sills, E. O, Cerutti, P. O., Lescuyer, G. (2013): An overview of current knowledge about the impacts of forest management certification: A proposed framework for its evaluation, Occasional paper 91, CIFOR.

Schmithüsen, F., Rojas-Briales, E. (2012): From sustainable wood production to multifunctional forest management – 300 years of applied sustainability in forestry, Working Papers 12(1)/1, Forest Policy and Forest Economics, Institute for Environmental Decisions, Department of Environmental Sciences, ETH, Zurich.

Solaković, K., Marić, B., Bećirović, Dž., Avdibegović, M. (2020): Korektivne mjere u procesu certificiranja gospodarenja šumskim resursima na području Unsko-sanskog kantona, Naše šume, 58–59, 21-32.

ZPRS (2023): Zaštićena područja RS. http://e-priroda.rs.ba/en/protectedsites/ (28. 12. 2023)

Contribution of forest certification to sustainable development in Bosnia and Herzegovina

Summary: Within the past few decades forest certification has evolved from a theoretical model to an applied concept, widely accepted by the forestry professionals and other forest policy actors. As a market-based approach, reinforced by the concern of the final buyers of forestry and wood-based products for global environmental issues, forest certification has strengthened its position as a specific instrument of forest policy, capable to respond to the changing demands of society towards forest ecosystems. Sustainable forest management, as the ultimate goal of forest certification, contains the essence of the paradigm of sustainable development – meeting the current ecological, sociological and economic needs of society without jeopardizing the interests of future generations. This paper deals with the effects that FSC (Forest Stewardship Council) certification has on the achievement of the Sustainable Development Goals (SDGs) in Bosnia and Herzegovina. The methodological approach (triangulation) is based on the analysis of FSC standards for Bosnia and Herzegovina, the corrective activities that are most often required from forestry companies in the certification process, assessments of forestry experts regarding the contribution of forest certification to the sustainable forest management, and the assessment of the effectiveness of certification by forest policy actors in Bosnia and Herzegovina. The results show that forest certification contributes the most to achieving SDG 15 (Protection, restoration and promotion sustainable use of terrestrial ecosystems, sustainable forest management, combating desertification, land degradation and loss of biodiversity). In addition, forest certification contributes to the achievement of other sustainable development goals related to decent work and economic growth, ensuring clean water and protecting water-related ecosystems, rule of law, gender equality, availability of energy from renewable resources, responsible production and consumption, mitigation and adaptation to climate change and partnership in achieving SDG goals. It can be concluded that forest certification, by contributing to the achievement of sustainable forest management and the preservation of a wide range of forest ecosystem services, represents an important instrument for achieving the universal goals of sustainable development in Bosnia and Herzegovina.

DOI: 10.5644/PI2024.211.20
Pregledni članak

Smjernice za *in situ* očuvanje Pančićeve omorike (*Picea omorika* /Pančić/ Purkyně)

Milan Mataruga
Šumarski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci
E-mail: milan.mataruga@sf.unibl.org

Đorđije Milanović
Šumarski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci

Ana Ćurić
Republički Zavod za zaštitu kulturno-istorijskog i prirodnog nasljeđa, Banja Luka

Aleksandra-Anja Dragomirović
Centar za životnu sredinu, Banja Luka

Darko Jovanić
Republički Zavod za zaštitu kulturno-istorijskog i prirodnog nasljeđa, Banja Luka

Dragan Kovačević
Republički Zavod za zaštitu kulturno-istorijskog i prirodnog nasljeđa, Banja Luka

Branislav Cvjetković
Šumarski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci

Apstrakt: Šume Pančićeve omorike (*Picea omorika* /Pančić/ Purkyně) su pod određenim režimom zaštite u Bosni i Hercegovini i Srbiji, kao posljedica zabrane sječe ove vrste, još iz vremena SFRJ – tačnije od 1955. godine. Više od 70 godina izostaju bilo kakve mjere njege i obnove, kako sa ovom vrstom tako i sa njenim sastojinama. Zato su danas ove šume gotovo prašumskog tipa. S obzirom na lošu prirodnu regeneraciju omorike, pristup pasivne zaštite danas je doveden u pitanje.

Biološka specifičnost ove vrste (povlačenje pred konkurentskom vegetacijom), veoma nepristupačan teren, prostorno izolovane male populacije i pojedinačna stabla, promjene klime (kroz povećanje prosječne temperature i redistribuciju padavina), strogi režim zaštite bez mogućnosti bilo kakve intervencije, česti požari, odroni, klizišta i sl., samo su neke od specifičnosti gazdovanja šumama Pančićeve omorike. Upravo zato gazdovanje Pančićevom omorikom, kao tercijarnim reliktom, endemitom, koja je od 1998. godine na IUCN listi ugroženih vrsta, opterećeno je nizom problema na njenom prirodnom staništu.

Iz ovih razloga Smjernice za upravljanje (prvenstveno podrška prirodnoj obnovi) i očuvanje omorike treba da uvaže principe adaptivnog gazdovanja šumama, uz naglašenu činjenicu da se radi o rijetkoj i ugroženoj vrsti od međunarodnog značaja. Dakle, potrebno je imati detaljan uvid u postojeće stanje šuma u kojima se javlja omorika na cijelom arealu, detaljne mikroklimatske uslove, analizirati dosadašnje gazdovanje, detaljnu analizu njenih bioekoloških

karakteristika, te sva do danas poznata naučna i stručna saznanja. Budući plan gazdovanja, predstavljen u ovom radu, treba biti realan, naučno i stručno utemeljen i posebno važno – primjenjiv u praksi.

Ključne riječi: *Picea omorika*, prirodna obnova, plan gazdovanja

1. Uvod

Malo je drvenastih vrsta o kojima se do sada toliko pisalo i istraživalo kao što je Pančićeva omorika (*Picea omorika* /Pančić/ Purkyně). Iako posljednja opisana drvenasta vrsta na starom kontinentu (Pančić, 1887), u njenoj 150 godina dugoj istoriji, brojna istraživanja iz različitih naučnih disciplina svjedoče o značaju ove vrste. U početku se pisalo o njenom arealu, zatim o njenoj istoriji i evolucionom razvoju, što je bio preduslov njenog kategorisanja kao tercijarnog relikta i ugrožene vrste, te potrebi njene zaštite. Omorika je zakonski zaštićena vrsta u Srbiji i Bosni i Hercegovini od 1964. godine i nalazi se u Crvenoj listi ugroženih vrsta IUCN (*The International Union for Conservation of Nature*) (Mataruga et al., 2019). Danas su u Srbiji skoro svi lokaliteti sa Pančićevom omorikom proglašeni strogim prirodnim rezervatima (Službeni glasnik Republike Srbije, 100/2010; Ostojić i Dinić, 2009), odnosno spadaju u "kategoriju Ia" u kojoj su zabranjene sve aktivnosti čovjeka izuzev naučnih istraživanja. U Republici Srpskoj (BiH) sastojine Pančićeve omorike ne uživaju strogi režim zaštite, već je vrsta zaštićena Zakonom o šumama (Službeni glasnik Republike Srpske, 75/2008) i strogo zaštićena Uredbom o strogo zaštićenim i zaštićenim divljim vrstama (Službeni glasnik Republike Srpske, 65/20). To je za posljedicu imalo i zaustavljanje bilo kakvih gazdinskih mjera kako sa ovom vrstom tako i sa svim ostalim vrstama drveća koja grade šumske zajednice sa omorikom (Stojanović i Krstić, 2000). Međutim, s obzirom na lošu prirodnu regeneraciju omorike, pristup pasivne konzervacije danas je doveden u pitanje.

Omorika je pionirska vrsta, ali po dolasku drugih vrsta u njena primarna staništa, ona se povlači u druge površine manje naseljene svojim konkurentima. Ove lokacije karakterišu visoka vlažnost, ravnomjerno raspoređene godišnje padavine, slaba osunčanost, teški sniježni pokrivač i niske zimske temperature, a nalazi se na visinama od 800 do 1.400 m n. v. pretežno na sjevernim ekspozicijma, obično vrlo strmim, padinama (Mataruga i Milanović, 2020). Uprkos tako uskoj ekološkoj niši i specijalizovanim staništima, prilagodljivost ove vrste je i dalje nepoznata, jer norma reakcije nikada nije testirana u testovima potomstva (Vidaković, 1991).

U prirodi je ovo samooplodna, ali i stranooplodna vrsta (Kuittinen i Savolainen, 1992) karakterisana godišnjom i pojedinačnom oscilacijom u proizvodnji sjemena (Jevtić, 1960). Omorika sprječava samooplodnju uglavnom prostornom izolacijom muških strobila (na najnižoj grani) od ženskih strobila (pronađeno isključivo na kratkim granama u gornjem dijelu krune) i protogini (ranije sazrijevanje drugog tipa). Njen polen i sjeme sa kriocetom su nešto manji od onih kod smrče (Kohlermann, 1950), što ukazuje na potencijalno veću disperziju vjetrom kod omorike nego kod obične smrče. Godišnje i individualno, primijećene su oscilacije u proizvodnji sjemena, zavisno od karakteristika staništa (Jevtić, 1960). Postoje dokazi da je aditivna genetička varijansa za toleranciju na sjenku prilično niska (Tucić i Stojković, 2001), što ukazuje na to da prirodna regeneracija ove vrste zavisi od dostupnosti povoljnih staništa i konkurencije drugih vrsta drveća. Preživljavanje sadnica je dirigovano uticajem karakteristika staništa (Ostojić, 2005).

Novija genetička i druga istraživanja pokazuju da pristup stroge zaštite, naročito posljednjih decenija, u promijenjenim klimatskim i stanišnim uslovima nije adekvatan u očuvanju postojećih populacija omorike (Mataruga et al., 2020b). Osnovni problem koji opterećuje gazdovanje i očuvanje Pančićeve omorike je najčešće identifikovan u slaboj kompeticiji ove vrste sa konkurentskim vrstama i u slaboj prirodnoj obnovi (Ostojić, 2005), naročito u ovako strogo "konzerviranim" uslovima. Dodatni problem je kontinuirano smanjenje areala, a posljednjih decenija izraženo je sušenje i devitalizacija stabala, kao i čitavih sastojina Pančićeve omorike. I dendrohronološka istraživanja su pokazala negativne trendove prirasta i rasta te inicirala neka saznanja o ugroženosti ove vrste na prirodnim nalazištima u budućnosti (Dell'Oro et al., 2020). Procjena budućeg rasprostranjenja Pančićeve omorike primjenom biometeoroloških indeksa i klimatskih modela upozorava nas i na dodatne probleme koje možemo očekivati u budućem gazdovanju (Matović et al., 2020a). Međutim, izražen genetički diverzitet (Aleksić et al., 2022) daje nadu da se adekvatnim gazdinskim mjerama ova ugrožena vrsta ipak može dugoročno očuvati.

Konkurencija, loša prirodna regeneracija, prostorna izolovanost i požari ostaju glavne prijetnje za populacije omorike (Ivetić i Aleksić, 2016). Klimatske promjene predstavljaju novu prijetnju, čiji je značaj za omoriku mnogo veći nego za neke druge vrste drveća zbog male veličine njenih populacija i nedostatka prirodne regeneracije. Na kraju, kao opšti zaključak današnjeg areala omorike može se reći da on nije posljedica uništavanja od strane čovjeka, već uticaja promjene klime. Time se može objasniti činjenica da je

njen rast u prirodnim staništima manji nego u krajevima gdje je prenesena i gdje je našla povoljnije faktore klime.

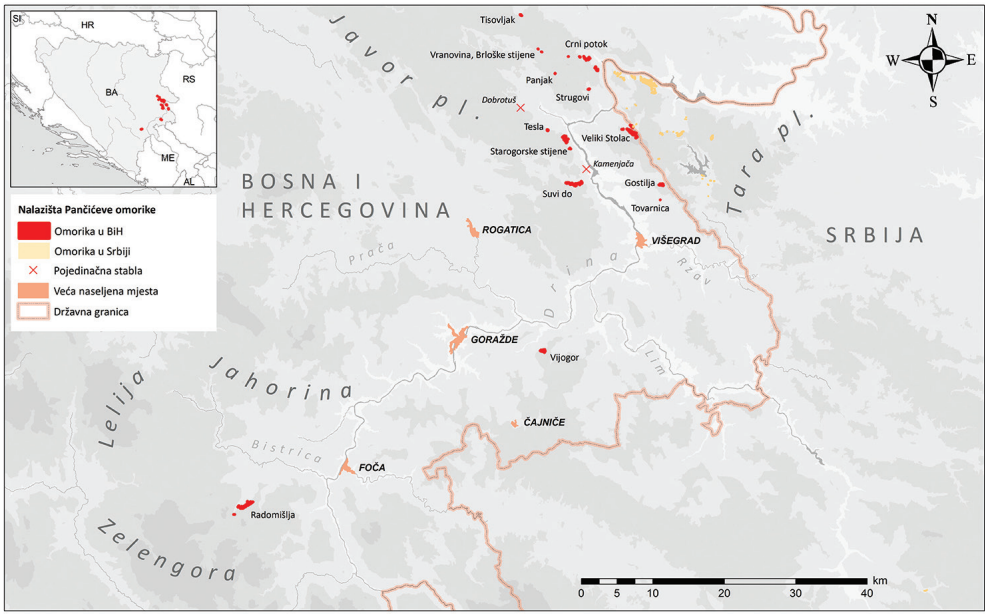
Upravo zato je gazdovanje Pančićevom omorikom opterećeno nizom problema na njenim prirodnim nalazištima. Iz ovih razloga smjernice za upravljanje (prvenstveno podrška prirodnoj obnovi) i očuvanje omorike treba da uvaže principe adaptivnog gazdovanja šumama, uz naglašenu činjenicu da se radi o rijetkoj i ugroženoj vrsti od međunarodnog značaja (Matović et al., 2020b). Dakle, potrebno je imati detaljan uvid u postojeće stanje šuma u kojima se javlja omorika na cijelom arealu i trendove populacija, detaljne mikroklimatske uslove, analizirati dosadašnje gazdovanje, detaljnu analizu njenih bioekoloških karakteristika, te sva do danas poznata naučna i stručna saznanja. Budući plan gazdovanja treba biti realan, naučno i stručno utemeljen i posebno važno – primjenjiv u praksi.

2. Stanje šuma Pančićeve omorike

Rasprostranjenost Pančićeve omorike, od momenta otkrića do danas, stalno je predmet istraživanja. U početku bi svako novo nalazište omorike bilo novo otkriće, da bi tek 1983. bilo otkriveno posljednje nalazište u kanjonu rijeke Mileševke. U drugoj polovini XX vijeka praćene su promjene, najčešće kao posljedica požara ili sporadičnog sušenja omorike na njenim ranije opisanim nalazištima. Najsveobuhvatniji pregled iz tog vremena daje Fukarek 1951. godine (Fukarek, 1951). Najsvježiji pregled nalazišta u Republici Srpskoj (Bosni i Hercegovini) detaljno su obradili Mataruga i Milanović (2020), dok isti autori rade na inventarizaciji i reviziji svih današnjih nalazišta u Srbiji (u pripremi).

2.1. Lokaliteti Pančićeve omorike u Republici Srpskoj (BiH) i Srbiji

Sva danas poznata nalazišta Pančićeve omorike u Republici Srpskoj (BiH) su prikazana na slici 1. i označena su crvenom bojom sa topografskim imenom lokaliteta. Preglednosti radi, prostorno bliske subpopulacije grupisane su u šire toponime, dok su pojedinačna stabla označena simbolom "x". Za detaljniji prikaz svih nalazišta Pančićeve omorike vidjeti Mataruga i Milanović (2020).

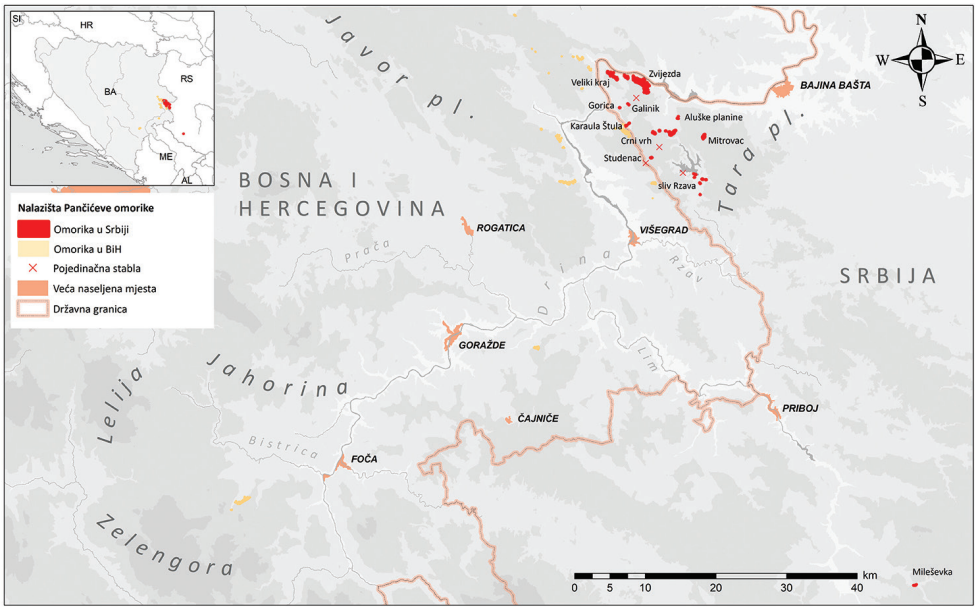


Slika 1. Rasprostranjenje prirodnih sastojina Pančićeve omorike u Republici Srpskoj (BiH) (izvor: Mataruga i Milanović, 2020)

Figure 1. Distribution of natural populations of Serbian spruce in the Republic of Srpska (B&H) (source: Mataruga and Milanović, 2020)

Omorika u Republici Srpskoj (BiH) je danas rasprostranjena na 26 lokaliteta (idući od sjeverozapada prema jugoistoku: 1. Tisovljak; 2. Sklopovi u Brloškim stijenama; 3. Vranovina; 4. Pliština; u Crnom potoku: 5. Šarena bukva; 6. Borov vrh; 7. Crvene stijene; 8. Grad; zatim: 9. Panjak; 10. Strugovi; 11. Tesla; na području Velikog Stoca: 12. Božurevac; 13. Vidikovac; 14. Karaula štula; 15. Veliki Stolac i 16. Dugi do; zatim na području Starogorskih stijena: 17. Baba; 18. Šipova lokva; 19. Teferič; 20. Perine kamare; na području potoka Suvi do: 21. Arsenov rid; 22. Smrčevo točilo; zatim: 23. Gostilja; 24. Tovarnica; 25 Vijogor i 26. Radomišlja). Opisana su tri lokaliteta sa manjim pojedinačnim stablima (27. Kamenjača iznad Duluma kod Starog Broda; 28. Mala Gostilja (stablo stradalo u požarima 2021. godine); 29. Dobrotuš kod sela Laze), dok na 11 ranije opisanih lokaliteta nije utvrđeno njeno prisustvo. Značajno je navesti da mnogi lokaliteti na kojima je poslije požara 1946/47. godine napisano da omorike više nema (Fukarek, 1951) danas obiluju brojnim stablima omorike prosječne starosti 50–60 godina. Takođe, konstatovana je redukcija broja stabala omorike na izdvojenim i "usamljenim" lokalitetima sa slabom prirodnom obnovom. Pored činjenice da brojnost stabala i populacija

ima tendenciju jednakosti kroz posmatrano vrijeme, treba naglasiti zapaženu pojavu sušenja, redukcije broja stabala kod "usamljenih" lokaliteta, što s pravom ovu vrstu zadržava u kategoriji ugroženih i zahtijeva intervencije sa ciljem njenog opstanka. Za više podataka o nalazištima omorike u Republici Srpskoj čitalac se upućuje na referencu Mataruga i Milanović (2020).
Nalazišta omorike u Srbiji su prikazana na slici 2. Prostorno bliska nalazišta takođe su grupisana u šire toponime.



Slika 2. Rasprostranjenje prirodnih sastojina Pančićeve omorike u Srbiji (izvor: Mataruga i Milanović, u štampi)
Figure 2. Distribution of natural population of Serbian spruce in Serbia (source: Mataruga and Milanović, in press)

Omorika je u Srbiji do sada registrovana na sljedećim lokalitetima: Veliki kraj: 1. Vrano osoje (pod Kićcom); 2. Badanj; 3. Pod Čajirima (Obla glava i Teferič); 4. Jelin do; Zvijezda; 5. Soko stene; 6. Pod Odrlijama; 7. Crni potok; 8. Topla peć; 9. Bilješke stene; na području Crnog vrha: Crvene stene; 10. Ljuti breg; 11. Bilo; 12. Pod Golim drvetom; 13. Kremići; 14. Povratič; 15. Ispod Kika; 16. Crvene stene (Okuke) i 17. Pakova kosa?; 18. Crveni potok na Mitrovcu (Crvene bare, Crvena voda); 19. Gorušički rid; na Aluškim planinama: 20. Kolo; 21. Omar; 22. Njivice; Pod Janjčem: 23. Studenac (Poravni) i 24. Janjač; Pod Velikim Stocem: 25. Karaula štula i 26. Pod Omarom –Trešnjica; 27. Na Galinama; 28. Galinik; 29. Kameno brdo; 30. Gornja Klačnica; 31.

Gorica i Mala kosa; u dolini Rzava u Zaovinama: 32. Jabučica; 33. Vis (ova dva lokaliteta su potopljena izgradnjom brane na Zaovinskom jezeru); 34. Sklopovi (srednji Kik); 35. Omorika u Rzavu; 36. Vranjak; 37. Zmajevački potok (Jajački potok); 38. Pod Pasjom stenom; 39. Trenica (Šljivanski potok, Đurići); 40. Pološnica; 41. Ravnište u kanjonu Mileševke.

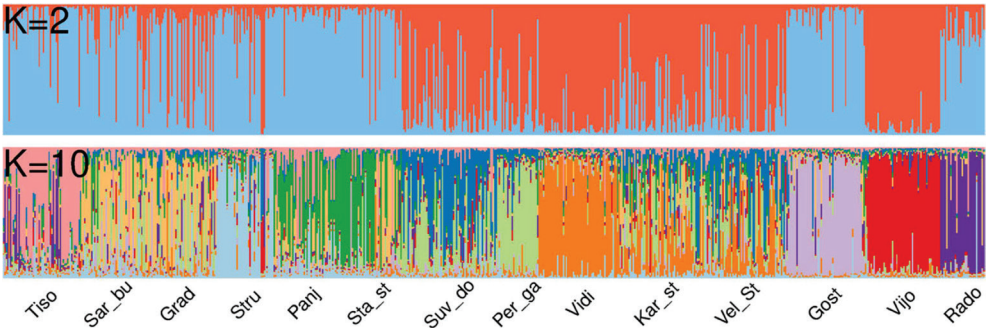
2.2. Dosadašnja istraživanja Pančićeve omorike sa akcentom na genetičku raznolikost

Iako se genetsko znanje o omorici počelo akumulirati tokom protekle 3–4 decenije, rezultati su nedovoljni i trenutno je iznenađujuće visok broj kontradiktornih rezultata, u smislu nivoa genetičke raznolikosti i strukturiranja. Do danas ne postoji saglasnost oko nivoa genetske varijacije kod omorike. Generalno, omorika se smatrala genetički prilično uniformnom (Isajev, 1987; Geburek i Krusche, 1985; Langner, 1959; Ballian et al., 2006), ali se može naći i suprotno mišljenje (Kuittinen et al., 1991; Aleksić, 2008; Aleksić et al., 2009; Aleksić i Geburek, 2010; 2014). Otuda se lako može zaključiti da su napori na očuvanju omorike, sprovedeni sredinom 20. vijeka bez ikakvog genetskog znanja o vrsti, vjerovatno neefikasni u održavanju genetičkog diverziteta i očuvanju adaptivnog potencijala ove vrste. Ovi zbunjujući nalazi i nepostojanje znanja o osobinama životne istorije omorike, uključujući sposobnost prilagođavanja, disperzije sjemena i polena, ontogenetskog razvoja sadnica, čine ovu vrstu jednom od genetski najmanje poznatih četinarskih vrsta u Evropi i dovode u pitanje ne samo već realizovane konzervacione mjere, već i one koje su nedavno predložili Šijačić-Nikolić et al. (2009).

Tek početkom XXI vijeka sa razvojem molekularnih markera i njihovom upotrebom u jasnijem i preciznijem definisanju varijabilnosti drvenastih vrsta, počinju i značajnija istraživanja ovog tipa kod omorike. Novija istraživanja Aleksić i Geburek (2010) ukazuju na to da veličina geografske distribucije nije dobar prediktor genetičke raznovrsnosti za omoriku i da rezultati potvrđuju stav da omorika ima mnogo višu genetsku raznolikost nego što se očekivalo kod stenoendemskih vrsta. Uglavnom, trenutni rezultati idu u prilog visoke genetske raznolikosti, uprkos sadašnjem uskom prirodnom opsegu te malim i prostorno ograničenim populacijama ove vrste.

Najnovija genetička istraživanja su sprovedena na cijelom arealu Pančićeve omorike i rezultati su detaljno prikazani u dvije studije (Aleksić, 2020; Mataruga et al., 2020a). Ova istraživanja, za razliku od ranijih istraživanja, pokazuju da Pančićeva omorika ipak ima izražen genetički diverzitet i

unutar postojećih populacija i između populacija. S obzirom na to da gotovo svaka istraživana populacija predstavlja zaseban genetički entitet (Slika 3), autori predlažu da je sasvim opravdano izdvojiti sve istražene populacije kao zasebne jedinice za genetičku konzervaciju (engl. *Gene Conservation Unit* – GCU) i buduće gazdovanje. Zbog toga bi odabir pojedinačnih populacija za dinamičku konzervaciju vrste mogao biti rizičan. Ipak, data je prioritetna lista populacija za očuvanje na osnovu prikupljenih genetičkih informacija. Rangiranje i prioritizacija određenih populacija može biti korisna samo u slučaju potrebe da se optimizuje upotreba raspoloživih resursa (prevashodno finansijskih), ali to treba uzeti sa oprezom (Mataruga et al., 2020b). Takođe, autori smatraju da prelazak sa sadašnjih neadekvatnih mjera zaštite bez aktivne intervencije na savremenu dinamičku konzervaciju predstavlja jedino rješenje koje može omogućiti opstanak Pančićeve omorike u budućnosti.



Slika 3. Bajesonovo grupisanje analiziranih populacija omorike u Republici Srpskoj (izvor: Mataruga et al., 2020b)

Figure 3. Bayesian clustering of the analyzed Serbian spruce populations in the Republic of Srpska (source: Mataruga et al., 2020b)

2.3. Znanja i praktična iskustva u prirodnoj obnovi

Iako je Pančićeva omorika istraživana sa različitih aspekata i objavljen je veliki broj naučnih radova, bioekologija ove vrste još uvek nije detaljno proučena. Naročito je neistražena njena regenerativna sposobnost, mogućnost prirodne obnove ove vrste na različitim staništima i kompeticija u odnosu na konkurentske vrste drveća sa kojima gradi šumske zajednice. Ipak, objavljen je određen broj radova koji je istraživao regenerativnu moć i načine prirodne obnove Pančićeve omorike (Stojanović, 1973; 1994; Dinić, 1989; 1994; Tomanić, 1991; Ostojić, 2005; Ostojić i Dinić, 2009). Dinić (1989, 1994) je utvrdila relativno slabu moć klijanja sjemena i preživljavanja ponika u

različitim stanišnim uslovima prirodnog areala omorike. Nešto bolju obnovu je utvrdila na progaljenim mjestima, izvan sklopa šume. Takođe, ona je utvrdila da je sjeme i ponik omorike veoma osjetljiv na mnoge abiotičke i biotičke faktore sredine: rani jesenji i kasni proljetni mrazevi, gust sklop sastojine, debeo sloj stelje, gust zeljasti pokrivač, kiselost zemljišta, pregrijavanje zemljišta za vrijeme ljetnog sušnog perioda i dr. Smatra se da je u očuvanim sastojinskim uslovima omorika generalno inferiorna u odnosu na konkurentske vrste sa kojima gradi zajednice, osim na većim progalama koje nastaju usljed neke katastrofe, gdje se ponaša kao pionir i, ako su povoljni stanišni uslovi, može doći do njene značajnije obnove.

Početkom ovog vijeka, prema Stojanović i Krstić (2000), pokrenuta je inicijativa da se izvrši revizija svih rezervata i promijeni kategorija zaštite, sve u smislu da se pomogne razvoj omorike, odnosno njena prirodna obnova. Isti autori preporučuju grupimično-oplodne ili čak grupimično-prebirne sječe, doziranjem dovoljne količine svjetlosti neophodne za prirodnu regeneraciju omorike. Takođe u ekstremno nepovoljnim uslovima staništa (npr. na tresetištu) preporučuju određene vještačke intervencije u cilju stvaranja povoljnih uslova za pojavu i održavanje prirodnog podmlatka omorike.

2.4. Požar kao faktor obnove

Dva velika požara koja su gotovo uništila nalazišta omorike na Velikom Stocu i Gostilji, tokom ljeta 2021. godine, zahtijevaju poseban aspekt sagledavanja odnosa i uticaja požara na omoriku. Analizu stanja šuma omorike poslije katastrofalnih požara na području "višegradskog sreza" 1946/47. godine među prvima je izvršio Fukarek (1951). Tada je konstatovan ogroman gubitak u broju populacija i stabala omorike (područje Karaule Štule, Suvog dola i Crnog potoka, Sklopova u Brloškim stijenama i Vranovine). Danas imamo više lokaliteta na kojima se omorika obnovila (poslije gotovo 70 godina), zbog čega Mataruga i Milanović (2020) konstatuju da su ovi požari, u jednom segmentu, imali pozitivan uticaj na obnovu omorike. Posljednja potvrda su i istraživanja Dell'Oro et al. (2020) kojim je utvrđeno da je većina ovih sastojina strukturno homogena i utvrđena starost na prsnoj visini iznosi 50 do 60 godina.

Obnovom omorike poslije požara najviše se bavio Čolić (1957; 1965; 1966). On je istraživao ulogu omorike u sukcesijama nakon požara te utvrdio da požari mogu imati, pored nesporno negativnog, i pozitivan uticaj na prirodnu obnovu ove vrste drveća. Zato će ovdje, kao rezime dosadašnjih istraživanja, biti predstavljeni upravo njegovi zaključci (Čolić, 1966):

1. Veliki broj lokaliteta sa omorikom je bio izložen djelovanju požara i njegovim posljedicama kroz istoriju. U sadašnjim uslovima omorika je požarom ugroženija i to prije svega zbog toga što je danas ima na mnogo manjem prostoru i manjem broju lokaliteta nego u prošlosti.
2. Faktori koji olakšavaju djelovanje požara na staništima sa omorikom su: strm nagib terena, krečnjačka geološka podloga, karakter i sastav stelje, pedološki supstrat, dobro razvijen živi zemljišni pokrivač i sastav spratova drveća i žbunja.
3. Omorika se odlikuje mnogo širom valencom u odnosu na niz uslova sredine u kojima se nalazi. Ona je pionirska vrsta koja dolazi do izražaja u sekularnoj i recentnoj progresivnoj i regresivnoj sukcesiji.
4. Požar se najčešće javlja u jako mješovitim kanjonskim sastojinama, u kojima, pored omorike, učestvuju i: bukva, jela, smrča, crni bor, bijeli bor, jasika, iva, breza, jarebika i mnoge druge vrste. Ovakve zajednice imaju reliktan karakter, a zbog izraženih pionirskih osobina sve vrste se dobro obnavljaju. Upravo zato efekat požara generalno nije negativan po ovu zajednicu, pa ni po omoriku, prvenstveno iz razloga što omorika ima pionirski karakter.
5. Drugi tip zajednice po čestini javljanja požara su čiste fitocenoze omorike. U ovakvim zajednicama šumski požar dobija katastrofalne razmjere i često dovodi do uništavanja svih stabala omorike.
6. Mješovite šume crnog i bijelog bora sa pojedinačno i grupimično primiješanim omorikama u slučaju požara obično vode potpunom nestanku omorike.
7. Mezofilne zajednice bukve, jele i smrče sa primiješanim gorskim javorom i drugim vrstama u kojima se javlja i omorika, nalaze se na dobro razvijenom zemljištu, dobro su sklopljene i višespratne. Ovdje se požari najrjeđe dešavaju, ali je omorika ugrožena i vremenom obično biva eliminisana usljed prirodne konkurencije.
8. Slabiji, kratkoročni požari ne ostavljaju teže posljedice i mogu čak imati pozitivne promjene na pojavu ponika omorike.
9. Uslovi nastali poslije jakog požara otežavaju naseljavanje i opstanak regionalno uslovljenim vrstama, ali pružaju određena preimućstva vrstama pionirskog karaktera kao što je omorika.
10. Katastrofalni požar koji zadesi sastojinu omorike može potpuno da eliminiše ovu vrstu iz određenog predjela ako je njeno prostiranje imalo “ostrvski” karakter.

11. Požar uopšte, pa i katastrofalni, ne predstavlja uvijek faktor koji isključivo vodi eliminaciji omorike.
12. Čiste sastojine omorike odlikuju se velikim brojem jedinki po jedinici površine, što otežava prirodno podmlađivanje omorike. Zato je najveća "katastrofa" koja se može desiti ovdje upravo požar. Ako on oslobađa manje površine, onda je sjeme sa okolnih stabala u mogućnosti da osjemeni požarišta i tako održi čistu zajednicu omorike.
13. Do naseljavanja omorike posredstvom požara može doći i u slučajevima kada požar uništi manje ili veće dijelove dobro sklopljenih mezofilnih zajednica u kojima omorike nije bilo, jer nije bila u stanju da "prodre" u njih.
14. Upravo čiste sastojine omorike se mogu smatrati manje klimatogenim, već su, u mnogo većem stepenu, kontrolisane požarom.
15. U najčešće zastupljenoj kanjonskoj reliktnoj mješovitoj zajednici sa omorikom (79 biljnih vrsta), poslije požara se dešava sljedeće:
    a) dolazi veoma brzo (u toku prve dvije godine) do formiranja polazne inicijalne zajednice jasike sa brojnim ponikom omorike,
    b) u daljem procesu razvoja (oko pet godina) dolazi do formiranja dvospratne sastojine u kojoj je sprat žbunja znatno izražen (malina, breza, kupina i crna zova),
    c) nešto kasnije (5–7 godina) u zajednici potpuno preovlađuje sprat žbunja u kome dominira omorika i jasika,
    d) u toku dvije decenije dolazi do formiranja regenerisane, skoro jednodobne, sastojine omorike, uglavnom trospratne strukture, vrlo gustog sklopa, sa oko 80 vrsta i svim zastupljenim vrstama prije požara.
16. Požar djeluje pozitivno na stepen fruktifikacije omorike.
17. Vatra ne djeluje samo na ubrzano već i na pojačano otvaranje omorikinih šišarica i prosipanje sjemena. Zrele omorikine šišarice se najbolje otvaraju na temperaturi većoj od 60°C.
18. Sjemenke iz šišarica koje su bile izložene dejstvu bliskog požara imaju povećan stepen i intenzitet klijavosti.
19. Uticaj požara na živi i mrtvi zemljišni pokrivač posredno povoljno utiče na poboljšanje uslova i mogućnost klijanja sjemena omorike.
20. Požar i visoke temperature negativno utiču na vegetativnu moć omorike.
21. Omorika u znatnom stepenu predstavlja "požarnu" (pirofilnu) biljnu vrstu.
22. Veliki broj momenata ukazuje na to da je požar bio veoma značajan faktor u filogenezi, evoluciji i genetskoj konstituciji omorike. Požar je igrao ključnu ulogu u suzbijanju omorike, likvidiranju na većem broju

lokaliteta, nego što je doprinosio i doprinosi osvajanju novih staništa od strane ove vrste.

2.5. Trenutna istraživanja na in situ *očuvanju omorike*

Međunarodni projekat finansiran od nevladine organizacije "Franklinija" pod naslovom "Podrška *in situ* restauraciji i očuvanju najstarije evropske vrste drveća – Pančićeve omorike (*Picea omorika* (Panč.) Purkyne)" u periodu 2020–2024. ima za cilj stvaranje osnove za buduće dugoročne prakse očuvanja omorike. Specifični ciljevi su:

1. da se podrži prirodna obnova omorike *in situ* u ciljnim područjima,
2. da se stvori osnova za izradu, usvajanje i primjenu budućih dugoročnih praksi očuvanja ove vrste na osnovu upravo ovih "smjernica za očuvanje omorike", uz saglasnost svih važnih aktera koji su se pridružili projektnom timu,
3. da se planira i sprovede edukativna kampanja i kampanja podizanja svijesti o značaju omorike sa posebnim fokusom na širu javnost i relevantne aktere u ciljnoj oblasti projekta.

U prijavi projekta bilo je planirano da se eksperimenti postave na pet najugroženijih lokaliteta gdje se danas nalazi omorika, i to: Panjak, Pliština, Tesla, Božurevac (u BiH) i Studenac (Srbija). Ovi lokaliteti su birani zbog ranijih procjena da je omorika na njima najugroženija i da bez intervencije čovjeka neće opstati. Na ovim lokalitetima je planirano da se primijene tri metode podrške prirodnoj obnovi, i to:

1. potpuno uklanjanje konkurentske vegetacije: jedna pilot površina veličine 100 x 50 metara,
2. uklanjanje konkurentske vegetacije kontrolisanom vatrom: jedna pilot površina veličine 100 x 50 metara,
3. priprema zemljišta za prirodnu regeneraciju omorike: najmanje 50 površina veličine 1 x 1 metar.

Nažalost, u ljeto 2021. godine buktila su dva velika požara u dva velika nalazišta omorike: Gostilja i Veliki Stolac. Posljedica ovih požara je gotovo potpuno uništena Pančićeva omorika na ovim staništima. Zbog toga je predložena izmjena plana praćenja prirodne obnove omorike, što je prihvaćeno revizijom plana projekta.

Od 2022. godine do momenta pripreme rada za štampu prikupljeno je nešto više od miliona podataka koji se odnose na sljedeće klimatske parametre:

temperatura i vlažnost vazduha 15 cm iznad zemlje; temperatura i vlažnost zemljišta 15 cm ispod nivoa zemlje i intenzitet svjetlosti na 15 cm visine iznad zemlje. Uređaji su postavljeni na sljedeće lokalitete:

– Gostilja – opožarena i neopožarena površina;
– Veliki Stolac – opožarena i neopožarena površina;
– Tesla – vještački simuliran požar i površina očišćena od korova i konkurenata;
– Trenica – potpuno uklonjena konkurentska vegetacija i nedirnuta kontrolna površina;
– Studenac – površina gdje se od prirode pojavio obilan pomladak omorike i nedirnuta površina.

Na svakoj od ovih deset oglednih površina (površine 400 m^2 = 20 x 20 m) se prati promjena vegetacije, pojava ponika omorike i dovodi u vezu sa klimatskim parametrima koje uređaji očitavaju svakih sat vremena. Svi dobijeni parametri će biti uzeti u obzir prilikom definisanja budućih sistema obnove na prirodnim staništima omorike.

3. Preporuke gazdovanja i budućih istraživanja u cilju prirodne obnove omorike

Analizom postojećeg stanja i dosadašnjeg sistema gazdovanja šumama u kojima se javlja omorika može se konstatovati da je trenutno stanje nepovoljno i da mjere gazdovanja koje su do sada korišćene (stroga zaštita) nisu bile adekvatne u kontekstu očuvanja i popravljanja stanja. Generalno, važan zadatak planiranja gazdovanja šumama je upravo definisanje ciljeva budućeg gazdovanja, koji zajedno sa analizom postojećeg stanja šuma i analizom dosadašnjeg gazdovanja treba da stvori realne pretpostavke za izbor odgovarajućih mjera, čijim sprovođenjem se omogućava optimalan razvoj, očuvanje, zaštita i popravljanje postojećeg stanja šuma omorike.

S obzirom na to da se u posljednjih 60–70 godina sastojinama omorika nije aktivno gazdovalo i prema njima se odnosilo kao prema šumama u strogom režimu zaštite (bez obzira na to da li su one formalno proglašene strogim šumskim rezervatima ili ne), ne postoje skoro nikakva iskustva koja bi nam pomogla da na osnovu njih objektivno definišemo mjere budućeg gazdovanja. Postoje samo određeni događaji i pojave koje nas mogu navesti na neke više ili manje logične zaključke. Na primjer, iz literature možemo vidjeti da su neke populacije omorike u prošlosti opožarene ili potpuno izgorjele, a

danas na tim lokalitetima imamo mlade obnovljene čiste sastojine omorike ili sastojine sa značajnim učešćem omorike. Na osnovu ove činjenice mi možemo zaključiti da su požari imali pozitivan uticaj na obnovu omorike, ali na žalost imamo malo naučno utemeljenih dokaza koji nam mogu jasno potvrditi ovakve zaključke.

Sačuvati genetički identitet na nivou lokalne populacije

S obzirom na areal, bioekologiju, ugroženost, ekosistemski i genetički diverzitet omorike, većina dosadašnjih naučnih istraživanja nas upućuje na to da sve postojeće populacije treba i u gazdinskom smislu posmatrati kao nezavisne. Otuda sve aktivnosti na *in situ* očuvanju ove vrste treba realizovati na nivou lokaliteta, odnosno populacije.

Autori savremenih genetičkih istraživanja (Aleksić, 2020; Mataruga et al., 2020b) preporučuju izdvajanje svake populacije kao zasebne jedinice za genetičku konzervaciju. Sve postojeće populacije omorike zajedno trebaju činiti mrežu u kojoj je sadržan maksimalan genetički diverzitet ove vrste. U konkretnom slučaju to praktično znači da je, zarad očuvanja postojećeg genofonda Pančićeve omorike, neophodno obezbijediti njen opstanak u svim postojećim prirodnim populacijama. To se može postići jedino kroz obezbjeđivanje neophodnih uslova za njenu prirodnu obnovu, koja je otežana ili potpuno nedostaje u brojnim populacijama, naročito onim koje su prostorno najmanje i imaju mali broj preostalih živih stabala (Panjak, Vranovina, Božurevac (Ridova glava), Pliština, Dugi do i Tovarnica u BiH). Paralelno sa ovim aktivnostima neophodno je organizovati sakupljanje sjemena i proizvodnju sadnica poznatog porijekla, pri čemu prioritet treba dati upravo pomenutim malim populacijama, u kojima je i stepen klijavosti sjemena najmanji (neobjavljeni rezultati), kako bi se, u mogućem scenariju neuspjele prirodne obnove *in-situ*, obezbijedio sadni materijal istog porijekla za pošumljavanje na najugroženijim lokalitetima.

Aktivna i/ili pasivna zaštita

Brojna istraživanja ukazuju na to da princip stroge konzervacije prirodnih sastojina nije dobar po opstanak omorike, kao i da je podmladak najrjeđi ili potpuno izostaje u stabilnim sastojinama starijih razvojnih faza. To znači da u najodraslijim i najljepšim jednodobnim čistim ili mješovitim šumama omorike ima najviše problema sa podmlađivanjem. Pošto se, pored osnovnih ekoloških faktora, razvojne faze omorikinih šuma dovode u vezu sa njenim

biljnim zajednicama (Milanović, 2022; Milanović i Stupar, 2022), to je poznavanje zajednice od presudne važnosti za definisanje seta aktivnih mjera neophodnih za prirodnu regeneraciju omorike. Zato se predlaže vrlo ciljano i jasno definisano, unaprijed temeljno planirano, provođenje intenzivnijih mjera u šumama omorike pod nadzorom stručnjaka u cilju podrške prirodnoj obnovi, koje mogu podrazumijevati:

- uklanjanje kompetitora u spratu drveća (otvaranje sklopa), što obuhvata:
  - uklanjanje stabala drugih vrsta koja svojim položajem sprečavaju razvoj i opstanak stabala omorike sa ciljem da se olakša prirodna regeneracija omorike (Ostojić i Dinić, 2009; Aleksić i Geburek, 2014). Ovaj potreban, ali često nedovoljan uslov mora da se ispuni u godini punog uroda omorike, kako bi se sjemenu obezbijedili optimalni svjetlosni uslovi za klijanje. Međutim, Fukarek (1956) navodi da bi sječa drugih stabala u neposrednoj blizini stabala omorike ponekad mogla biti fatalna, jer može izazvati varijacije u mikroekološkom stanju lokaliteta, te ostaviti omorike nezaštićenim od mogućeg djelovanja drugih negativnih pojava (vjetrolomi, snjegolomi, izvale). Ipak, uklanjanje pojedinačnih stabala konkurentskih vrsta drveća može biti od koristi jer može stvoriti praznine sa povoljnim svjetlosnim uslovima za razvoj ponika omorike;
  - gdje god je moguće, a naročito u većim sastojinama, skupinastim sječama otvarati više prostora za svjetlost do samog prizemnog sloja. Neka istraživanja naznačuju da bi, na osnovu poznavanja bioekologije vrste, primjena oplodnih i grupimičnih sječa mogla obezbijediti prirodnu obnovu omorike (Stojanović i Krstić, 2000; Ostojić, 2005). U prilog ovome govori i uspješan podmladak omorike na lokalitetu Studenac u Srbiji, gdje se na mjestu sušenja više stabala u gornjem spratu pojavio obilan podmladak omorike (Slika 4). Nasuprot tome, jedan takav ogled postavljen je na lokalitetu Tesla (ŠG "Sjemeć" Rogatica) sa grupimično selektivnom sječom sa podmladnim jezgrom prečnika približno jednakim prosječnoj visini odraslih stabala. Ipak, na ovom mjestu se ispostavilo da se na oglednom polju korovska vegetacija jako brzo razvila i sklopila otvorenu površinu (Slika 5), a neznatna obnova omorike pripisuje se vrlo slaboj klijavosti sjemena sa ovog lokaliteta, te su na drugim mjestima, gdje je klijavost sjemena bolja, poželjna dalja istraživanja;




Slike 4–5. Podmladak omorike na lokalitetu Studenac (lijevo) i ogledno polje obraslo korovskom vegetacijom na Tesli (desno) (Đ. Milanović)
Figures 4–5. Serbian spruce sapling on the Studenac site (left) and an experimental field with weed vegetation on Tesla (right) (Đ. Milanović)

  - sanitarnim sječama uklanjati i sva bolesna i oštećena stabla omorike, kako ne bi poslužila kao potencijalni prenosioci zaraze;
- uklanjanje kompetitora u prizemnom sloju vegetacije (meliorativni radovi) vrši se u kombinaciji sa prethodnim uklanjanjem kompetitora u gornjem spratu i podrazumijeva:
  - mehaničko uklanjanje korovske vegetacije, koja u brojnim sastojinama omorike potpuno pokriva zemljište, u cilju stvaranja povoljnijih mikrostanišnih uslova za klijanje sjemena i razvoj ponika omorike. Ovaj zahvat podrazumijeva skidanje površinskog sloja niskih žbunova (*Erica carnea*, *Vaccinium myrtillus*), trava (*Festuca drymeja*, *Poa stiriaca*, *Calamagrostis varia*, *Brachypodium pinnatum* i dr.), paprati (*Pteridium aquilinum*) ili mahovina (*Pseudocleropodium purum*) pogodnim alatima ili potpuno prekopavanje i skidanje gornjeg sloja do pedološkog supstrata, zavisno od stepena zakorovljenosti. Postavljanjem jednog takvog ogleda na Trenicama postigao se izuzetan uspjeh u prirodnoj obnovi omorike, što govori da se na serpentinskim staništima ova metoda može uspješno primijeniti. Naime, iako su se neki raniji eksperimenti na malim površinama (1 x 1 m) na bliskom lokalitetu (Zmajevački potok) pokazali kao neuspješni (Ostojić i Dinić, 2009), meliorativni radovi na većim površinama (dvije bliske parcele veličine 7 x 15 m) tokom 2023. godine obilovali su ponikom omorike.




Slike 6–7. Zakorovljena sastojina na Trenicama (lijevo) i izgled očišćenog dijela sastojine na kojem je došlo do obnove omorike (desno) (Đ. Milanović)

Figures 6–7. Site "Trenice" with weed vegetation (left) and cleared part of the stand, where the Serbian spruce was successfully restored (right) (Đ. Milanović)

– strogo kontrolisano paljenje prizemnog sloja vegetacije na većim oglednim površinama (minimalno 5 x 10 m, a poželjno i više) uz obezbjeđenje neophodne opreme da se požar nipošto ne otme kontroli. Sva dosadašnja iskustva govore da lokalizovani požari pogoduju obnovi omorike, dok veći požari jakog intenziteta mogu da potpuno unište njene sastojine (ukoliko ne opstane jezgro živih stabala ili djelimično oštećenih stabala koja će osjemeniti opožarenu površinu). Primjera radi, požar koji je zahvatio dio sastojine na Strugovima (oko 1995. godine), u kojem je oko pola tadašnje sastojine omorike potpuno stradalo, danas je najsvjetliji primjer uspješne obnove u Republici Srpskoj (BiH) (Aleksić et al., 2022). Istovremeno, stravični požari koji su tokom 2021. godine skoro potpuno uništili sastojinu na Gostilji i uništili najveći dio najbrojnije populacije omorike ispod Velikog Stoca svjedoče o tome koliko požari mogu uništiti i suzbiti rasprostranjenje Pančićeve omorike na mjestima gdje se smatralo da je ona u najstabilnijim i najljepšim sastojinama. Kojim uspjehom će se omorika obnoviti na ovim lokalitetima i da li će uopšte doći do njene obnove, ostaje da se tek utvrdi na osnovu trajnih oglednih polja, koja su takođe postavljena i u ovim zgarištima (Slika 8 i 9).



Slike 8–9. Potpuno stradali dijelovi sastojina u požarima 2021. godine na kojima su podignuti ogledi: Gostilja (lijevo) i Veliki Stolac (desno) (Đ. Milanović)
Figures 8–9. Completely damaged parts of the forest stands in the fires 2021, where experiment plots were established: Gostilja (left) and Veliki Stolac (right) (Đ. Milanović)

– vršiti kontinuirani monitoring cijelih populacija, uključujući i stalno praćenje stanja na uspješno obnovljenim parcelama, kako bi preventivnim i recentnim aktivnim mjerama u značajnoj mjeri spriječili moguće negativno djelovanje biotičkih i abiotičkih faktora i obezbijedili adekvatnu njegu ponika i podmlatka u kasnijim fazama razvoja. Ove dalje mjere takođe će biti sastavni dio započetih istraživanja.

U isto vrijeme veliki broj populacija omorike (na čitavom arealu) se nalazi na izrazito kupiranim i nepristupačnim terenima na kojima se i ne mogu primijeniti aktivne gazdinske mjere ili bi njihova primjena bila izuzetno složena i skupa. Na ovim lokalitetima se predlaže nastavak pasivne konzervacije uz primjenu istraživanja i monitoringa.

Podrška prirodnoj obnovi omorike sadnjom sadnica

Na lokalitetima gdje sama prirodna obnova nije dovoljan garant opstanka omorike predlaže se potpomognuta prirodna regeneracija (sadnjom sadnica) unutar pa čak i u blizini sadašnjeg prirodnog areala omorike koji trenutno ne zauzima ova vrsta, ali na kojima je bila prisutna u prošlosti. Populacije omorike na ovakvim lokalitetima su možda uništene požarom i/ili drugim nesrećama, a zatim zaposjednute drugim vrstama.

Kao što je ranije napomenuto, odabrani lokaliteti moraju se pošumljavati sadnicama koje potiču sa istih lokaliteta, kako bi se izbjegla "kontaminacija genetičkog materijala" i očuvao postojeći genofond Pančićeve omorike. To podrazumijeva ranije organizovano sakupljanje sjemena i proizvodnju sadnica, što je već započeto 2022. godine kroz projekat "*Ex situ*

konzervacija Pančićeve omorike iz najugroženijih populacija u Republici Srpskoj". Nažalost, kroz proizvodnju sadnog materijala potvrđena je prethodno postavljena hipoteza da sjeme sa prostorno najmanjih i najugroženijih lokaliteta ima najslabiji procenat klijavosti (Mataruga i Cvjetković u pripremi za štampu), što dodatno govori o činjenici da su ove izolovane sastojine dovedene pred rub iščezavanja i zahtijevaju podršku pri prirodnoj obnovi.

Mjere njege u cilju stvaranja optimalnih uslova za klijanje sjemena i razvoj sadnica

Jako važne mjere koje mogu uticati na rast, vitalnost, optimalno korišćenje stanišnih potencijala i povećanje kompetitivnosti omorike u odnosu na druge vrste drveća su mjere njege posmatrajući omoriku kao dio ekosistema koji čini. U svim populacijama u kojima je izražena velika gustina, a time i oštra konkurencija za prostor i rast, te korišćenje zemljišnih resursa, treba sprovoditi umjerene, ali česte sječe u vidu proreda. Individue koje imaju direktan uticaj na stabla omorike treba uklanjati, dok ostale individue konkurentskih vrsta treba čuvati zbog mješovitosti kao važnog faktora koji pozitivno utiče na ekološku stabilnost čitavih sastojina. Ovaj važan dio pomoći prirodnoj obnovi omorike biće predmet daljih istraživanja i podizanja novih oglednih površina, kada obnovljeni dijelovi sastojina dostignu dimenzije potrebne za njihovo sprovođenje.

Plan mjera prirodne obnove i zaštita od požara za svaku populaciju

Svjedoci smo požara katastrofalnih šteta tokom ljeta 2021. godine kada su izgorjele dvije populacije: Gostilja i Veliki Stolac. Na ova dva lokaliteta je za samo par mjeseci izgorjelo više od 50% ukupnog broja stabala omorike na čitavom njenom prirodnom arealu. Kao glavni problem u gašenju požara ističe se nepristupačnost terena. Tokom požara izgrađen je put do ispod vrha Velikog Stoca koji je obezbjeđivao pristup protivpožarnim vozilima, cisternama i ljudstvu (nažalost dosta kasno). Kako bi se ubuduće spriječile štete ovakvih razmjera potrebno je izraditi plan zaštite za svaku populaciju omorike te ih infrastukturnim objektima učiniti pristupačnijim za brze i blagovremene intervencije. Bazirano na negativnim iskustvima iz 2021. godine, ovdje bi primat trebalo dati najvećim i najbolje očuvanim sastojinama: Radomišlja, Suvi do, Starogorske stijene, Crni potok (u BiH), te Bilo, ispod Kika, sastojine na Zvijezdi (u Srbiji). Samo pojedine populacije omorike, kao npr. Trenica,

Zmajevački potok, Vranjak, Studenac, Tisovljak, mogu se, sa ovog aspekta, smatrati zadovoljavajućim u smislu blizine postojećih šumskih komunikacija.

Promocija značaja očuvanja i zaštite omorike u javnosti

Očuvanje Pančićeve omorike ne treba da bude samo naučni i stručni problem koji će interesovati biologe i šumare. Sa ovim problemom treba upoznati i sve zaljubljenike prirode, donosioce odluka, ali i cjelokupno stanovništvo Srbije i Bosne i Hercegovine. Najveći dio stanovništva ovih zemalja i ne zna da postoji Pančićeva omorika, a o njenom značaju i ugroženosti je obaviješten veoma mali broj stanovnika.

Promocija budućeg monitoringa i istraživanja koja mogu doprinijeti očuvanju i zaštiti omorike

Preostale populacije omorike u Srbiji i Bosni i Hercegovini je neophodno dugoročno posmatrati i pratiti primjenom adekvatnog monitoringa koji podrazumijeva primjenu terestričkog monitoringa, ali i monitoringa pomoću daljinske detekcije. U prvom redu je važno pratiti promjene u brojnosti, strukturnoj izgrađenosti, fertilitetu, prirodnoj obnovi, vitalnosti i zdravstvenom stanju populacija omorike. Na ovaj način se stvaraju objektivni kriterijumi koji nam pokazuju dugoročne pozitivne i negativne promjene stanja ovako ugroženih sastojina. Tako je u okviru izrade programa monitoringa za odabrane grupe organizama Pančićeva omorika odabrana kao prva biljna vrsta u BiH za koju će se jedan ovakav program pokrenuti već tokom 2024. godine.

Kontinuirani monitoring je preduslov za utvrđivanje prijetnji po biodiverzitet, stanje i vitalnost sastojina omorike i eventualno utvrđivanje potencijalno odgovarajućih gazdinskih mjera za ublažavanje. Ovo je preduslov i za definisanje detaljnijih i krajnje aplikativnih mjera adaptivnog gazdovanja u Srbiji i Bosni i Hercegovini.

Naučna istraživanja i njihova praktična primjena

Zbog postojećeg nepovoljnog stanja omorike i zbog nedovoljne istraženosti bioekologije, rasta, načina prirodne obnove i introdukcije omorike na druga staništa potrebna su kontinuirana naučna istraživanja. Buduća naučna istraživanja treba da budu multidisciplinarnog karaktera kako bi se istražili svi spoljašnji i unutrašnji faktori koji mogu imati pozitivan ili negativan uticaj na stanje, rast, očuvanost, vitalnost i ugroženost populacija omorike. Takođe,

veoma važan preduslov uspjeha očuvanja Pančićeve omorike na prirodnim staništima jeste dugoročno praćenje i evidentiranje promjena stanja u ovim šumama.

4. Zaključci

Sagledavajući stanje i dinamiku šuma Pančićeve omorike, posebno ističući lošu prirodnu obnovu, pristup pasivne konzervacije danas je doveden u pitanje. Režim stroge zaštite ovu vrstu kroz vrijeme sve više "gura" u status ugrožene vrste, zbog čega dalji pristup u cilju prirodne obnove treba biti baziran na aktivnoj, a ne pasivnoj zaštiti. Dosadašnja genetička istraživanja ukazuju na specifičnost genofonda velikog broja analiziranih populacija omorike, zbog čega se promoviše koncept "jedna populacija jedan plan gazdovanja". Otud i sve aktivnosti na prirodnoj obnovi i regeneraciji ove vrste treba raditi uz strogo praćenje porijekla sjemena i sadnog materijala.

Iako su oskudna istraživanja na prirodnoj obnovi ove vrste, sve češće se zagovara revizija kategorija zaštite ove vrste u smislu da se pomogne razvoj omorike, odnosno prirodna obnova. Takođe, uvažavajući požar kao krucijalan faktor današnjeg rasprostiranja i obnove omorike, zagovara se sagledavanje i mogućnost njegovog korišćenja kao podrška prirodnoj obnovi. Zato se preporučuje: očuvanje genetičkog identiteta na nivou lokalne populacije, pasivne mjere zaštite mijenjati aktivnim tamo gdje teren dozvoljava i gdje je stepen ugroženosti omorike veći, nedovoljnu prirodnu obnovu sjemenom pomoći sadnjom sadnica poznatog porijekla, obnovi pristupati sagledavajući složenost ekosistema čiji je omorika dio, uraditi plan mjera prirodne obnove i zaštite od požara za svaku populaciju te kreirati dugoročne oglede koji će dati rezultat u praktičnoj primjeni.

Svakako da, uz ovdje analizirane i preporučene mjere *in situ*, potpune mjere očuvanja genetičkih resursa omorike će se realizovati tek uz adekvatnu i potpunu primjenu *in situ* i *ex situ* strategija očuvanja.

Literatura

Aleksić, M. J. (2008): Genetic structure of natural populations of Serbian spruce *Picea omorika* [(Panč.) Purk.], PhD thesis, University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna, Austria.

Aleksić, M. J. (2020): Inventarizacija Pančićeve omorike, Studija u okviru projekta "Safeguarding Unique Biodiversity of Drina Valley Environment", Cross-border

Programme Serbia – Bosnia and Herzegovina under the Instrument of Pre-accession Assistance (IPA II) of the European Commission.

Aleksić, M. J., Geburek, T. (2010): Mitochondrial DNA reveals complex genetic structuring in a stenoendemic conifer *Picea omorika* [(Panč.) Purk.] caused by its long persistence within the refugial Balkan region, Plant Syst Evol, 285, 1-11.

Aleksić, M. J., Mataruga, M., Daničić, V., Cvjetković, B., Milanović, Đ., Vendramin, G. G., Avanzi, C., Piotti, A. (2022): High pollen immigration but no gene flow via-seed into a Genetic Conservation Unit of the endangered *Picea omorika* after disturbance, Forest Ecology and Management, 510, 1-12. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120115.

Aleksić, M. J., Schueler, S., Mengl, M., Geburek, T. (2009): EST-SSRs developed for other *Picea* species amplify in *Picea omorika* and reveal high genetic variation in two natural populations, Belg J Bot, 142, 89-95.

Aleksić, M. J., Geburek, T. (2014): Quaternary population dynamics of an endemic conifer, *Picea omorika*, and their conservation implications, Cons Genet, 15, 87-107.

Ballian, D., Longauer, R., Mikić, T., Paule, L., Kajba, D., Gömöry, D. (2006): Genetic structure of a rare European conifer, Serbian spruce (*Picea omorika* (Pančić) Purk.), Plant Syst Evol, 260, 53-63.

Čolić, D. (1957): Neki pionirski karakteri Pančićeve omorike i njena uloga u sukcesiji biljnih zajednica, Arhiv bioloških nauka, 9 (1–4), 51-60.

Čolić, D. (1965): Porijeklo i sukcesija šumskih zajednica sa Pančićevom omorikom (*Picea omorika* Panč.) na planini Tari, Zaštita prirode, 29–30, 65-90.

Čolić, D. (1966): Požar kao ekološki faktor u sukcesiji zajednica Pančićeve omorike i pri redukciji njihovih površina, Zaštita prirode, 33, 1-167.

Dell'Oro, M., Mataruga, M., Sass-Klaassen, U., Fonti, P. (2020): Climate change threatens on endangered relict Serbian spruce, Dendrochronologia, 59. https://doi.org/10.1016/j.dendro.2019.125651.

Dinić, A. (1989): Eksperimentalna ispitivanja klijavosti semena Pančićeve omorike na različitim staništima u rezervatu Crveni potok na Tari, Zaštita prirode, 41–42, 87-95.

Dinić, A. (1994): Klijanje semena i preživljavanje ponika omorike u šumskim rezervatima Nacionalnog parka Tara. Monografska studija Omorika – *Picea omorica* (Pančić) Purkyne na području Nacionalnog parka Tara, Bajina Bašta.

Fukarek, P. (1951): Staništa Pančićeve omorike nakon šumskih požara 1946/47. godine, Šumarski list, 1–2, 61-71.

Fukarek, P. (1956): Zaštita endemne Pančićeve omorike u NR Bosni i Hercegovini, Naše starine, III, 289-298.

Geburek, T., Krusche, D. (1985): Wachstum von Hybriden zwischen *Picea omorika* und *P. sitchensis* im Vergleich zu den Elternarten, Allg.Forst- u. Jagdztg., 156, 47-54.

Isajev, V. (1987): Oplemenjivanje omorike (*Picea omorika* /Panč./ Purkyne) na genetičko-selekcionim osnovama, doktorska disertacija, Šumarski fakultet, Beograd.

Ivetić, V., Aleksić, J. (2016): Response of rare and endangered species *Picea omorika* to climate change – The need for speed, Reforesta [S.l.], 2, 81-99.

Jevtić, J. (1960): Neka zapažanja o urodu semena Pančićeve omorike na Tari, Šumarstvo, 1–2, 79-85.

Kohlermann, L. (1950): Untersuchungen über die Windverbreitung der Früchte und Samen mitteleuropäischer Waldbäume, Forstwiss Cbl, 69, 606-624.

Kuittinen, H., Muona, O., Kärkkäinen, K., Borzan, Ž. (1991): Serbian spruce, a narrow endemic, contains much genetic variation, Canadian Journal of Forest Research, 21 (3), 363-367.

Kuittinen, H., Savolainen, O. (1992): *Picea omorika* is a self fertile but outcrossing conifer, Heredity, 68, 183-187.

Langner, W. (1959): Selbstfertilität und Inzucht bei *Picea omorika* (Pančić) Purkyne, Silvae Genet., 8, 84-93.

Mataruga, M., Daničić, V., Cvjetković, B., Dukić, V., Petrović, D., Stupar, V., Milanović, Đ. (2020a): Assesment study Bosnia, Molecular-genetics and dendrochronology study of Serbian spruce, Final report on the study in project "Safeguarding Unique Biodiversity of Drina Valley Environment", Cross-border Programme Serbia – Bosnia and Herzegovina under the Instrument of Pre-accession Assistance (IPA II) of the European Commission.

Mataruga, M., Isajev, V., Gardner, M. F., Christian, T., Luscombe, D. (2019): Picea omorika, Threatened Conifers of The World. https://threatenedconifers.rbge.org.uk/conifers/picea-omorika (9. 1. 2024).

Mataruga, M., Milanović, Đ. (2020): Prirodne populacije Pančićeve omorike u Republici Srpskoj (Bosna i Hercegovina), Glasnik Šumarskog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci, 30, 77-113. http://glasnik.sf.unibl.org/index.php/gsfbl/article/view/224/209

Mataruga, M., Piotti, A., Daničić, V., Cvjetković, B., Fussi, B., Konnert, M., Vendramin, G. G., Aleksić, J. (2020b): Towards the dynamic conservation of Serbian spruce (*Picea omorika*) western populations, Annals of Forest Science, 77, 1. https://doi.org/10.1007/s13595-019-0892-1.

Matović, B., Miletić, B., Stojanović, D., Stojnić, S., Orlović, S., Đurić, A., Mataruga, M. (2020a): Procena rasprostranjenja Pančićeve omorike u budućnosti korišćenjem biometeoroloških indeksa i klimatskih modela, u: Konferencija: "Očuvanje jedinstvenog biodiverziteta doline reke Drine – izazovi za budućnost". Hotel Omorika, Nacionalni park Tara, 14–15. 10. 2020.

Matović, B., Orlović, S., Stojnić, S., Stojanović, D., Zlatković, M., Đurić, A., Josipović, M., Miletić, B., Mataruga, M., Milanović, Đ. (2020b): Plan upravljanja za zaštitu Pančićeve omorike (*Picea omorika*) u Srbiji i BiH, Novi Sad.

Milanović, Đ. (2022): Biljne zajednice sa Pančićevom omorikom (*Picea omorika* (Pančić) Prukyne) u Bosni i Hercegovini, master rad, Univerzitet u Banjoj Luci, Šumarski fakultet, Banja Luka.

Milanović, Đ., Stupar, V. (2022): Disentangling the syntaxonomy and nomenclature of Serbian spruce (*Picea omorika* (Pančić) Purk.) communities, u: Book of Abstracts. Department of Biology and Ecology, Faculty of Sciences and Mathematics, University of Niš and Institute for Nature Conservation of Serbia, Kladovo, RS, 49.

Ostojić, D. (2005): Ekološki činioci prirodnog održavanja i obnove cenopopulacija Pančićeve omorike u NP Tara, doktorska disertacija, Šumarski fakultet, Beograd.

Ostojić, D., Dinić, A. (2009): Eksperimentalna fitocenološka ispitivanja prirodnog obnavljanja omorike (*Picea omorika* /Pančić/Purkyně) u Nacionalnom parku Tara, *Šumarstvo*, 1–2, 23-35.

Pančić, J. (1887): Omorika, nova fela četinara u Srbiji, Preštampano iz "Težak" kao posebna brošura, Beograd.

Stojanović, Lj. (1973): Istraživanje uticaja nekih faktora staništa i sastojina na dinamiku razvitka stabala Pančićeve omorike na karakterističnim nalazištima u SR Srbiji, magistarski rad, Šumarski fakultet, Beograd.

Stojanović, Lj. (1994): Ekološko-proizvodne karakteristike Pančićeve omorike i način prirodnog obnavljanja na karakterističnim nalazištima u Nacionalnom parku Tara, u: Omorika – *Picea omorika* (Pančić) Purkyne na području Nacionalnog parka Tara, Monografska studija, Bajina Bašta.

Stojanović, Lj., Krstić, M. (2000): Gajenje šuma III – Obnavljanje i nega šuma glavnih vrsta drveća, Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu.

Šijačić-Nikolić, M., Milovanović, J., Katičić-Trupčević, I. (2009): Model of Serbian spruce genetic diversity conservation applying MPBS method for adaptability improvement, Int J Biodiv Conserv, 1, 1-3.

Tomanić, L. (1991): Istraživanje Pančićeve omorike na Tari, Glasnik Šumarskog fakulteta, 73, Beograd, 259-263.

Tucić, B., Stojković, B. (2001): Shade avoidance syndrome in *Picea omorika* seedlings: a growth-room experiment, J Evol Biol, 14, 444-455.

Vidaković, M. (1991): Conifers, morphology and variation, 2nd ed, Grafički zavod Hrvatske, Zagreb.

Guidelines for *in situ* Serbian spruce conservation

Summary: After more than 70 years of varying degrees of protection in the Serbian spruce forests in Bosnia and Herzegovina and Serbia, there are no measures to restore this species. That's why this species is becoming more and more endangered every year, and the passive conservation approach is being questioned nowadays.
Looking at previous activities and the current state of forests with Serbian spruce, past research on genetic variability, knowledge and experience gained in support of natural regeneration, the following is being promoted today:

– Preservation of genetic identity at the level of the local population
– Active instead of passive protection
– Supporting the natural regeneration of Serbian spruce by sowing and planting seedlings of known origin
– Silviculture measures aimed at creating optimal conditions for seed germination and seedling development
– Plan of natural regeneration and fire protection for each population
– Promotion of the importance of preserving and protecting the Serbian spruce
– Promotion of future monitoring and research that can contribute to the preservation
– Scientific research and its practical application

Certainly, with the *in situ* conservation measures of this species analyzed and recommended here, the complete conservation measures of the genetic resources of Serbian spruce will only be realized with the adequate *in situ* and *ex situ* conservation strategies.

DOI: 10.5644/PI2024.211.21
Pregledni članak

Gljive kao indikatori stabilnosti šumskih ekosistema

Tarik Treštić
Univerzitet u Sarajevu – Šumarski fakultet
t.trestic@sfsa.unsa.ba

Nedim Jukić
Mikološko udruženje MycoBH Sarajevo

Nihad Omerović
Mikološko udruženje MycoBH Sarajevo

Apstrakt: Gljive u šumskim ekosistemima igraju ključnu ulogu u očuvanju biodiverziteta, regulaciji klimatskih promjena i osiguravanju resursa. Ovaj rad fokusira se na analizu uloge gljiva kao pokazatelja ekoloških faktora u šumama, koristeći rezultate novijih istraživanja. Općenito, gljive koriste raspoloživu organsku materiju, bilo da je u živom ili mrtvom obliku. Pri tome se one sukcesivno smjenjuju i zajedno s drugim organizmima sudjeluju u potpunoj razgradnji organske materije. S obzirom na to, gljive pripadaju različitim grupama u pogledu ishrane. Mikorizne gljive uspostavljaju simbiotske veze s drvećem, grmljem i drugim biljkama kojima tako pomažu u bržem razvoju i jačoj otpornosti prema štetnim uticajima. Posredujući između korijena biljaka i supstrata u kojem se on nalazi, gljive direktno utiču na rast biljaka i općenito pospješuju proizvodnju biomase. Tako na primjer, *Cenococcum geophilum* Fr., *Russula ochroleuca* Pers., *Imleria badia* (Fr.) Vizzini i neke druge vrste gljiva potiču brži rast drveća i pomažu im u stresnim situacijama. Velika grupa gljiva koriste i mrtvu organsku materiju, čime sprječavaju njeno nagomilavanje u ekosistemima, a u krajnjem, vraćaju je u mineralni oblik ponovo dostupan autotrofnim, prvenstveno biljnim organizmima. Iz ove grupe gljiva, *Hericium coralloides* (Scop.) Pers. je pokazatelj dobrog i nenarušenog stanja šuma bukve i hrasta, dok gljiva *Biscogniauxia nummularia* (Bull.) Kuntze ukazuje na pogoršano zdravstveno stanje u ovim šumama.
Zbog ovih uloga, zastupljenost mikoriznih i saprotrofnih gljiva u šumskim ekosistemima može se koristiti kao indikator njihove opće stabilnosti, a pojedini predstavnici iz obje navedene grupe kao specifični indikatori kvalitativnih promjena u njima. Međutim, pojavljivanje pojedinih vrsta gljiva u šumskim ekosistemima teško je predvidjeti zbog njihove ovisnosti o brojnim faktorima (klima, stanište, gazdovanje šumama, fenologija i uzrast drveća, čovjek i dr.), zbog čega postoje brojne nedoumice u njihovoj primjeni kao pokazatelja kvaliteta staništa, vitalnosti i zdravstvenog stanja drveća i šuma.
U radu se pojašnjava ekološka uloga indikatorskih gljiva s obzirom na podršku rastu i vitalnosti drveća, zdravlju šuma i drveća općenito te kruženju hranljivih materija u šumskom ekosistemu. Posebno se naglašava kako prisustvo ili odsutnost indikatorskih gljiva može signalizirati specifične uslove u šumi. Cilj rada je da pruži uvid u značaj indikatorskih gljiva u šumskim ekosistemima, ističući njihovu važnost u očuvanju potencijala i zdravlja šuma u održivom upravljanju šumama.

Ključne riječi: gljive, bioindikatori, mikoriza, ekološke funkcije, usluge ekosistema

Uvod

Šumski ekosistemi imaju ogroman značaj za planetu Zemlju i za čovječanstvo. Kao prirodni rezervati, igraju ključnu ulogu u očuvanju raznovrsnosti života na Zemlji (pružaju staništa za brojne endemične vrste, ugrožene vrste i vrste koje su važne za očuvanje biodiverziteta), igraju vitalnu ulogu u regulaciji klimatskih uslova i pružaju brojne druge ekosistemske usluge koje su od suštinskog značaja za čovječanstvo. Svjesni ovakvog značaja šuma, naučnici već duže vrijeme tragaju za znanjima koja pomažu u održivom upravljanju šumskim resursima. Korištenje bioindikatorskih organizama predstavlja samo jedan od alata koji se koriste pri ranoj detekciji poremećaja koji bi mogli uzrokovati ozbiljnije promjene u šumskim ekosistemima.

Vrste, grupe vrsta ili zajednice različitih organizama koje omogućavaju donošenje zaključaka o kvaliteti životne sredine na osnovu njihovog prisustva, količine i karakteristika nazivaju se bioindikatorima (Holt i Miller, 2010). Prva upotreba bioindikatora u ekologiji pripisuje se britanskom biologu i prirodnjaku Patricku Geddesu, koji je koristio ovaj termin i koncept bioindikacije u drugoj polovini 19. vijeka, kako bi proučavao uticaj zagađenja na živi svijet u urbanom okruženju Edinburgha u Škotskoj. On je primijetio kako neke biljke i organizmi pokazuju promjene u svojoj prisutnosti i zdravlju u zavisnosti od nivoa zagađenja u okolini. Kada je pak riječ o korištenju gljiva za praćenje zagađenja i ekoloških promjena u okolini, smatra se da je švedski botaničar Albert J. Lundberg prvi proveo istraživanja i eksperimente s gljivama kao indikatorima, 1950-ih i 1960-ih godina.

Praktična primjena bioindikatora uslovljena je njihovom dovoljno širokom ekološkom tolerancijom, reproduktivnim sposobnostima i lakoćom sakupljanja i identifikacije. Vrste koje imaju usku ekološku toleranciju previše su osjetljive na promjene, dok vrste s naglašeno širokom tolerancijom nisu dovoljno osjetljive na promjene u okolini i ne mogu se koristiti kao bioindikatori (Holt i Miller, 2010).

Šumski ekosistemi su kompleksni i podložni uticaju različitih ekoloških faktora. Analiza ovih faktora je od posebne važnosti za razumijevanje stanja i funkcije šuma (Thomas i Packham, 2007). Klimatski faktori, uključujući sezonske i godišnje varijacije, igraju značajnu ulogu u rastu i razvoju biljaka u šumi. Promjene u temperaturi odražavaju se na fenologiju biljaka i životinja, količina i raspodjela padavina određuju dostupnost vode u šumskom

ekosistemu, sušna ili vlažna razdoblja karakterišu se snažnim promjenama u funkcionisanju šumskih ekosistema. Intenzitet svjetlosti i trajanje dnevnog svjetla utiču na fotosintezu i rast biljaka, a gustoća krošnji drveća također može uticati na količinu svjetlosti koja dopire do nižih slojeva vegetacije u šumi. Navedeni faktori određuju šumovitost i raspodjelu šumskih resursa u svijetu (FAO i UNEP, 2020).

Različite vrste tla imaju različite fizičke i hemijske karakteristike koje utiču na sposobnost šuma da se razvijaju i rastu (Thomas i Packham, 2007). Kiselost (pH vrijednost), tekstura i dubina tla su važni faktori, a prisustvo i dostupnost hranjivih materija u tlu (npr. azot, fosfor, kalij) igraju ključnu ulogu u ishrani biljaka u šumskom ekosistemu. Nagib terena odražava se na drenažu vode, što je važno za regulaciju vlage u šumi. Nagib također može uticati na mikroklimatske uslove i raspodjelu vrsta. Visina iznad nivoa mora utiče na temperaturu i klimu u šumi. Šumske ekosisteme na različitim nadmorskim visinama karakterišu različite vrste i uslovi. Blizina rijeka, potoka ili jezera može imati značajan uticaj na ekološke uslove u šumi.

Raznolikost biljnih i životinjskih vrsta u šumi ima presudan uticaj na ekosistem. Prisustvo predatora, plijena, konkurencija i simbiotskih odnosa igraju ključnu ulogu u regulaciji ekosistema. Posebno važnu ulogu imaju simbiotski odnosi između biljaka i mikroorganizama (Thomas i Packham, 2007).

Šumski ekosistemi pružaju brojne ekosistemske usluge, zbog čega su izloženi jačem ili slabijem antropogenom uticaju (Ali, 2023). Aktivnosti poput sječe drveća, promjene staništa, urbanizacije i poljoprivrede negativno utiču na šumske ekosisteme. Održivo upravljanje šumama ključno je za minimiziranje ovih negativnih uticaja, a analiza navedenih ekoloških faktora pomaže u razumijevanju kompleksnih odnosa u šumskim ekosistemima i omogućava bolje upravljanje i očuvanje ovih važnih prirodnih resursa.

Promjene u šumskim i drugim ekosistemima mogu se utvrditi mjerenjima brojnih parametara i njihovom analizom ili, u novije vrijeme sve više zastupljenim, praćenjem bioindikatora. Za razliku od konkretnih mjerenja pojedinih parametara, koji pokazuju stanje ekosistema s obzirom na određenu karakteristiku u trenutku njihovih mjerenja, bioindikatori pružaju daleko širu sliku o stanju ekosistema i pri tome mogu ukazivati na više kvalitativnih promjena i međudjelovanje različitih uticajnih faktora tokom vremena (Holt i Miller, 2010). U tom pogledu, gljive koje su opšteprisutne u svim ekosistemima pružaju mogućnost njihove upotrebe kao pouzdanih bioindikatora (Warnasuriya et al., 2023).

Primjena indikatorskih gljiva kao pokazatelja promjena u šumskim ekosistemima

Procjenjuje se da biomasa gljiva u tlu iznosi 2–45 tona po hektaru. Više ih je u tlu koje je bogato organskom materijom (Ritz i Young, 2004). Njihove ključne uloge u tlu ogledaju se u: razgradnji teško razgradivih organskih jedinjenja, vezivanju anorganskog azota iz atmosfere, pretvaranju fosfornih jedinjenja u oblike koji su dostupni biljkama i poboljšanju fizičkih karakteristika tla kroz stvaranje agregata (Edwards et al., 2011; Pulleman et al., 2012; Boa, 2004). Naseljavajući tlo, gljive uspostavljaju različite odnose s korijenjem biljaka i tako značajno utiču na njihovo prisustvo, razvoj, opštu kondiciju i zdravstveno stanje (Fei et al., 2022). U tom pogledu posebno su značajne mikorize čiji tipovi (ektomikoriza ili endomikoriza) opredjeljuju u kojoj mjeri biljke i gljive zadovoljavaju svoje potrebe, odnosno imaju koristi od mikoriznog partnera (Van Der Heijden i Horton, 2009; Brundrett, 2002).

Šumsko drveće i grmlje umjerenog i borealnog pojasa Evrope najčešće ima ektomikorizne gljive na korjenovom sistemu. Ovaj tip mikorize karakteriše se prisustvom hifa između kortikalnih ćelija korijena i naglašeno na njegovoj površini, čime se značajno povećava apsorpciona moć korijena. Ektomikorizne gljive prisutne su na oko 8000 biljnih vrsta, među kojim je većina najvažnijih gospodarskih vrsta šumskog drveća (Dahlberg, 2001). Ektomikorizna gljiva pomaže biljci da lakše usvoji vodu i mineralne materije, a ujedno štiti kolonizirane dijelove korijena od patogenih organizama u tlu. S druge strane, zauzvrat, gljiva usvaja ugljikohidrate iz korijena biljke i koristi ih za izgradnju svog tijela (Brundrett, 2002). Postoje značajne razlike među vrstama ektomikoriznih gljiva u pogledu njihove podrške bržem rastu i boljoj vitalnosti šumskog drveća. Zajedno s klimom, tlom i sastojinskim karakteristikama, neke vrste se karakterišu slabijim uticajem, dok su druge prepoznatljive po snažnom uticaju na rast drveća, četinarskih ili lišćarskih vrsta, ili pak vrsta iz obje navedene grupe (Anthony et al., 2022). Za razliku od ektomikoriznih gljiva, endomikorizne gljive prodiru u ćelijske zidove i invaginate (udubljenja, ulegnuća ćelijske membrane) kortikalnih ćelija. Na površini korijena grade oskudan splet hifa, usljed čega je njihov doprinos rastu biljaka manje naglašen nego u ektomikoriznih gljiva. Međutim, endomikorizne gljive grade simbiotsku zajednicu s oko 80% biljnih vrsta i puno su zastupljenije od ektomikoriznih gljiva (Brundrett, 2002). Ipak, za šumske vrste drveća puno su važnije ektomikorizne gljive (Wang i Qiu, 2006).

Posebno je važna uloga ektomikorize u prvim godinama mlade biljke. Istraživanja u kontrolisanim uslovima okoline pokazala su da sadnice rastu značajno brže ukoliko na korijenu imaju odgovarajućeg gljivičnog partnera (Dalong et al., 2011; Kipfer et al., 2012). Međutim, u uslovima koji karakterišu prirodne šumske ekosisteme ovakvu podržavajuću ulogu ektomikorize teže je utvrditi zbog složenih odnosa koji su prisutni u tim ekosistemima. Prema istraživanjima koja su provedena na plohama Međunarodnog programa za procjenu i praćenje uticaja zračnog zagađenja na šume (*International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests* – ICP Forests), u kojim su poređeni prosječni prirasti drvne mase po vrstama drveća i prisustvo ektomikoriznih gljiva po vrstama, najbolji prirast je utvrđen kod vrsta drveća čiji je korijen povezan s manje i srednje bujnim vegetativnim tijelom gljive (Anthony et al., 2022). Vrste gljiva koje imaju naglašeno bujan hifalni sloj troše puno više ugljikohidrata od biljke, što se dijelom odražava na njihov prirast. S druge strane, ektomikorizne gljive s bujnim vegetativnim tijelom pružaju bolju podršku biljkama u stresnim situacijama, pogotovo u sušnim etapama vegetacionog perioda.

Mikorizne gljive igraju važnu ulogu u obezbjeđivanju biljkama dostupnih oblika fosfora i azota. Zahvaljujući enzimatskom sistemu ovih gljiva, fosfor u tlu biva preveden u oblik koji je dostupan biljkama i koji se preko hifa transportuje u korijen biljaka ili njegovu neposrednu blizinu. Što se tiče azota, gljive ga, zavisno od vrste, obezbjeđuju iz atmosfere ili razgradnjom organske materije (Brundrett, 2002).

Mikoriznim gljivama pripisuje se značajna uloga u prostornoj distribuciji vrsta na Zemlji. U tropskim predjelima više je zastupljena endomikoriza, koja je od posebne važnosti za biljke nižih spratova i pojavljivanje jedinki iste biljne vrste na manjim međusobnim udaljenostima. Ektomikoriza, koja je više zastupljena u umjerenim i borealnim predjelima, utiče na pojavu pojedinih vrsta biljaka i njihovu prostornu distribuciju, tako da omogućava širenje vegetacije prema neobraslim dijelovima i jača njihovu konkurentsku sposobnost (Bennett et al., 2017; Liang et al., 2020).

Ovo su samo neki od razloga zbog kojih se gljive preporučuju kao indikatori kvaliteta i kondicije tla, s jedne, te raznolikosti vrsta u šumskim i urbanim ekosistemima s druge strane. Gljive vrše brojne funkcije u ekosistemu koje se ogledaju u: obezbjeđivanju hranljivih materija za primarnu proizvodnju, povećanju ili smanjenju obima primarne proizvodnje, učešću u sekundarnoj proizvodnji, uzrokovanju bolesti na životinjama, bioremedijaciji (obnovi) zagađenih staništa (Dighton, 2016).

Općenito je prihvaćeno i potvrđeno da veće prisustvo ektomikoriznih gljiva u odnosu na saprotrofne gljive ukazuje na veću stabilnost, jaču produktivnost i vitalnost šumskog drveća i grmlja. Međutim, postoji nesuglasje oko procentualnog učešća pojedinih kategorija gljiva i njihove indikatorske vrijednosti pri procjeni zdravstvenog stanja šumskog ekosistema (Fellner, 1989; Arnolds, 1991; Fellner i Pešková, 1995; Egli, 2011; Zgrablić et al., 2015; 2016). Šumski ekosistemi se karakterišu kao prirodni i očuvani ako je prisustvo plodnih tijela ektomikoriznih gljiva zastupljeno s 40–60% od ukupnog broja svih plodnih tijela gljiva. S druge strane, ukoliko se u šumskom ekosistemu pojavljuju saprotrofne gljive u većoj mjeri, to je indikator nagomilavanja mrtve organske materije, pada vitalnosti i povećanja smrtnosti šumskog drveća i grmlja, odnosno narušenih bioekoloških prilika u njemu. S obzirom na značaj koji mikorizne gljive imaju u produktivnosti biljaka, ciklusu hranjivih materija i odgovoru ekosistema na globalne promjene, bolje razumijevanje povezanosti između raznovrsnosti biljaka i mikoriznih gljiva na različitim nivoima smanjit će nesigurnosti u predviđanju negativnih ekoloških posljedica (Fei et al., 2022). Prisustvo gljiva koje parazitiraju na drveću ili se hrane trulim dijelovima drveća može dodatno ukazivati na pad vitalnosti ili bolest stabala, pri čemu se ove gljive smatraju uzročnicima ili patogenima, makar se njihovo prisustvo može također smatrati indikatorom negativnih promjena (Usčuplić, 1996).

Praćenje pojavnih oblika gljiva može biti korisno u razvoju strategija za očuvanje šuma, upravljanju prirodnim resursima i održivom korištenju šumskih ekosistema. Najzad, indikatorske gljive igraju važnu ulogu u obrazovanju i istraživanju. Prateći njihovu pojavu i raznolikost, naučnici i istraživači mogu bolje razumjeti šumske ekosisteme i procese koji se u njima odvijaju. U suštini, indikatorske gljive su dragocjeni alati za praćenje i razumijevanje šumskih ekosistema, što pomaže u očuvanju prirode, održivom upravljanju šumskim resursima i očuvanju biodiverziteta.

U svijetu se koriste brojne vrste indikatorskih gljiva, a njihov izbor zavisi od konkretnog ekosistema, regiona i ekoloških faktora koji se žele pratiti. Neke vrste indikatorskih gljiva ukazuju na dobro i stabilno stanje u ekosistemu, dok druge svojom pojavom, kvalitativnim i kvantitativnim karakteristikama ukazuju na jači ili slabiji poremećaj ekoloških funkcija ekosistema.

Tabela 1. Najvažnije vrste indikatorskih gljiva i njihova ekološka funkcija
Table 1. The most important types of indicator fungi and their ecological function

Vrsta gljive *Fungi species*	Bioindikatorska karakteristika *Bioindicator characteristic*	Ekološka funkcija ili proces koja se indicira *The ecological function or process that is indicated*	Izvor *Reference*
Brojne vrste ektomikoriznih gljiva (*Inocybe curvipes*, *Pisolithus albus*, *Suillus bovinus*, *Suillus granulatus*, *Suillus luteus*...)	Izostanak plodnih tijela ili tolerantno pojavljivanje	Povišen sadržaj teških metala u tlu	Ediriweera et al., 2022.
Schizosaccharomyces	Obilno prisustvo	Prisustvo organskog ugljika i azota u vodi	Bai et al., 2018.
Adelphella babingtonii	Umjereno prisustvo	Čisti vodotoci	Jukić et al., 2020a. Jukić et al., 2020b. Jukić et al., 2022b. Treštić et al., 2021.
Psilopezia nummularialis	Oskudno prisustvo		
Lasiobelonium belanense	Oskudno prisustvo		
Resinomycena saccharifera	Oskudno prisustvo	Očuvana obalna staništa s posebnim mikroklimatom	Jukić et al., 2022a. Treštić et al., 2021.
Geopora tenuis	Oskudno prisustvo		
Vibrissea filisporia	Umjereno prisustvo		
Otidea propinquata	Umjereno prisustvo	Očuvano stanište s ekološkim kontinuitetom	Jukić et al., 2020a. Jukić et al., 2022. Treštić et al., 2021.
Cystoderma amianthinum	Umjereno prisustvo		
Multiclavula mucida	Oskudno prisustvo		
Geopyxis delectans	Oskudno prisustvo		
Geopyxis alpina	Oskudno prisustvo		
Pseudoplectania nigrella	Oskudno prisustvo		
Scutellinia nigrohirtula	Umjereno prisustvo		
Peziza depressa	Umjereno prisustvo		
Lachnellula splendens	Oskudno prisustvo	Očuvanost šuma smrče s ekološkim kontinuitetom	Treštić et al., 2021.
Hericium coralloides	Oskudno prisustvo	Prašumska staništa	Treštić et al., 2021.
Ossicaulis lachnopus	Oskudno prisustvo		
Ischnoderma resinosum	Umjereno prisustvo		
Pluteus petasatus	Umjereno prisustvo		
Pholiota adiposa	Umjereno prisustvo		

Vrsta gljive *Fungi species*	Bioindikatorska karakteristika *Bioindicator characteristic*	Ekološka funkcija ili proces koja se indicira *The ecological function or process that is indicated*	Izvor *Reference*
Botryobasidium aureum	Umjereno prisustvo	Prirodne vrijednosti šuma	Blaschke et al., 2009.
Ceriporiopsis gilvescens	Umjereno prisustvo		
Phellinus hartigii	Umjereno prisustvo		
Fomes fomentarius	Obilno prisustvo		
Pluteus hispidulus	Umjereno prisustvo		
Poliporus badius	Umjereno prisustvo		
Hericium erinaceus	Oskudno prisustvo	Zdrave šume hrasta i bukve	Blaschke et al., 2009. Holec et al., 2015.
Hericium coraloides	Oskudno prisustvo		
Marasmius limosus	Oskudno prisustvo	Očuvana močvarna staništa sa stabilnim vodostajem	Jukić et al., 2022a.
Xerocomellus pruinatus	Umjereno prisustvo	Brzi rast lišćara	Anthony et al., 2022.
Russula griseascens	Oskudno prisustvo	Brzi rast četinara	Anthony et al., 2022.
Tricholoma inamoenum	Oskudno prisustvo		
Otidea leporina	Oskudno prisustvo		
Lactifluus glaucescens	Oskudno prisustvo		
Piloderma byssinum	Umjereno prisustvo		
Piloderma fallax	Umjereno prisustvo		
Cenococcum geophilum	Obilno prisustvo		
Russula ochroleuca	Obilno prisustvo	Brzi rast lišćara i četinara	Anthony et al., 2022.
Boudiera tracheia	Oskudno prisustvo	Osjetljiva i specifična mikrostaništa	Jukić et al., 2019. Jukić et al., 2020a. Jukić et al., 2020b. Jukić et al., 2022b. Treštić et al., 2021.
Chloroscypha alutipes	Oskudno prisustvo		
Ciboria brunneorufa	Oskudno prisustvo		
Donadinia lusitanica	Oskudno prisustvo		
Geopora cervina	Oskudno prisustvo		
Geopyxis majalis	Umjereno prisustvo		
Helvella leucomelaena	Umjereno prisustvo		
Ombrophila pileata	Umjereno prisustvo	Zamočvarivanje i eutrofikacija jezera	Jukić et al., 2022a.
Octospora ithacaensis	Oskudno prisustvo		
Lorelia marchantiae	Oskudno prisustvo		
Scutellinia patagonica	Oskudno prisustvo		
% ektomikoriznih u ukupnom broju vrsta	Obilno prisustvo i visok diverzitet	Zdravstveno stanje drveća i sastojine	Lagana et al., 2002.

Vrsta gljive *Fungi species*	Bioindikatorska karakteristika *Bioindicator characteristic*	Ekološka funkcija ili proces koja se indicira *The ecological function or process that is indicated*	Izvor *Reference*
Tuber borchii	Oskudno prisustvo	Spori rast lišćara	Anthony et al., 2022.
Lactarius quietus	Umjereno prisustvo		
Lactifluus vellereus	Obilno prisustvo	Spori rast četinara	Anthony et al., 2022.
Imleria badia	Obilno prisustvo		
Russula mustelina	Umjereno prisustvo	Manja vitalnost stabala smrče	Fellner, 1990.
Biscogniauxia nummularia	Obilno prisustvo	Pogoršano zdravlje bukve i hrasta	Luchi i sar. 2015.

Identifikacija i prikupljanje podataka o indikatorskim gljivama zahtijeva pažljiv pristup i korištenje odgovarajućih tehnika i alata. Klasični pristup u identifikaciji gljiva, koji se oslanja na makroskopsku i mikroskopsku analizu uzoraka, predstavlja glavnu ograničavajuću okolnost zbog koje su gljive među najmanje proučenim živim organizmima na Zemlji. U novije vrijeme se pri analizi prisustva vrsta gljiva i njihovih zajednica koriste molekularna i genetska istraživanja koja omogućavaju brzu i pouzdanu identifikaciju gljiva na bazi male količine vegetativnog tijela gljiva. Posebno su značajna dostignuća koja preko analize enzimskog kompleksa gljiva pružaju uvid u njihove ekološke funkcije i funkcionisanje šumskog ekosistema.

Istraživanje interakcija između indikatorskih gljiva i drugih organizama, kao što su insekti, ptice ili biljke, pruža uvid u složene ekosistemske veze. Njihovo prisustvo, kvalitativni i kvantitativni pokazatelji tokom vremena mogu na vrijeme signalizirati poremećaje u rastu i razvoju šumskog drveća i/ili šumske sastojine. Ako drveće u šumi dobro raste i vitalno je, očekivati je da je i dobrog zdravlja jer u takvim uslovima može stvarati potrebne metabolite i uspješno se odbraniti od štetnih uticaja širokog spektra. Zahvaljujući vezama koje ektomikorizne gljive uspostavljaju između korijenja šumskog drveća i grmlja moguće je pravovremeno signalizirati prisustvo nekog štetnog agensa pa čak i vršiti preraspodjelu organske materije između snažnih i manje snažnih jedinki biljaka. Sve to utiče na to da se zajednica biljaka u šumi lakše bori sa štetnim abiotskim i biotskim faktorima.

Indikatorske gljive često su povezane sa specifičnim staništima i ekosistemima. Prisutnost određenih gljiva može ukazivati na prisustvo rijetkih ili osjetljivih vrsta biljaka i životinja. Ove informacije koriste se za identifikaciju

ključnih staništa koja zahtijevaju posebnu zaštitu, donošenje odluka o održivom upravljanju šumama, prilagođavanje šumske zajednice uticajima klimatskih promjena, edukaciju javnosti o značaju očuvanja šuma i biodiverziteta.

Nepovratni gubitak pojedinih vrsta gljiva razlog je sve veće zabrinutosti savremenog čovjeka. Jedan od načina kako sačuvati biodiverzitet gljiva jeste i izdvajanje zaštićenih područja u kojim će ovi i drugi organizmi biti manje izloženi nepovoljnom uticaju čovjeka (Usčuplić, 2013). Izdvajanjem specifičnih staništa koja su od značaja za opstanak pojedinih vrsta gljiva (*Important Fungus Areas* – IFA) teži se ka još efikasnijem uticaju provedenih zaštitnih mjera (Jukić et al., 2022a; 2022b; 2019; Jukić i Omerović, 2017; Treštić et al., 2021).

Zaključak

Indikatorske gljive su vrste gljiva koje se koriste kao pokazatelji stanja i zdravlja ekosistema. Ove gljive su posebno važne pri: praćenju i očuvanju šumskih ekosistema, analizi zdravlja šuma, otkrivanju rijetkih staništa, procjeni biodiverziteta, donošenju odluka o održivom upravljanju šumama i njihovom prilagođavanju klimatskim promjenama.

Indikatorske gljive često reaguju na promjene u ekosistemima prije nego što one postanu očigledne po drugim znakovima. Prisustvo ili odsustvo ovih gljiva može ukazivati na ekološke promjene koje bi inače mogle proći neprimijećeno.

Identifikacija indikatorskih gljiva zahtijeva kombinaciju vizuelnog osmatranja na terenu, mikroskopske, molekularne i hemijske analize u laboratoriji te korištenje ključeva za identifikaciju i elektronskih baza podataka o vrstama gljiva i njihovoj rasprostranjenosti.

Indikatorske gljive su važan alat u ekološkim istraživanjima i upravljanju šumskim ekosistemima. Njihova uloga u identifikaciji ekoloških promjena, očuvanju prirode i održivom upravljanju prirodnim resursima čini ih ključnim elementom očuvanja biodiverziteta i održivosti planete.

Literatura

Ali, A. (2023): Linking forest ecosystem processes, functions and services under integrative social-ecological research agenda: current knowledge and perspectives, Science of The Total Environment, Volume 892. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164768.

Anthony, M. A., Crowther1, T. W., van der Linde, S., Suz, L. M., Bidartondo, M. I., Cox, F., Schaub, M., Rautio, P., Ferretti, M., Vesterdal, L., De Vos, B., Dettwiler, M.,

Eickenscheidt, N., Schmitz, A., Meesenburg, H., Andreae, H., Jacob, F., Dietrich, H-P., Waldner, P., Gessler, A., Frey, B., Schramm, O., van den Bulk, P., Hensen, A., Averill, C. (2022): Forest tree growth is linked to mycorrhizal fungal composition and function across Europe, The ISME Journal, 16, 1327-1336. https://doi.org/10.1038/s41396-021-01159-7.

Arnolds, E. (1991): Decline of ectomycorrhizal fungi in Europe, Agr Ecosyst Environ, 35, 209-244.

Bai, Y., Wang, Q., Liao, K., Jian, Z., Zhao, C., Qu, J. (2018): Fungal community as a bioindicator to reflect anthropogenic activities in a river ecosystem, Front. Microbiol., 9, 3152. https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.03152.

Bennett, J. A., Maherali, H., Reinhart, K. O., Lekberg, Y., Hart, M. M., Klironomos, J. (2017): Plant-soil feedbacks and mycorrhizal type influence temperate forest population dynamics, Science, 355,181-184. https://doi:10.1126/science.aai8212.

Blaschke, M., Helfer, W., Ostrow, H., Hahn, C., Loy, H., Bussler, H., Krieglsteiner, L. (2009): Naturnähezeiger-Holz bewohnende Pilze als Indikatoren für Strukturqualität im Wald, Natur & Landschaft, 48, 560-566.

Boa, E. (2004): Wild edible fungi – A global overview of their use and importance to people. FAO.

Brundrett, M. C. (2002): Coevolution of roots and mycorrhizas of land plants, New Phytol., 154 (2), 275-304. https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2002.00397.x.

Dahlberg, A. (2001): Community ecology of ectomycorrhizal fungi: an advancing interdisciplinary field, New Phytol, 150 (3), 555-562.

Dalong, M., Luhe, W., Guoting, Y., Liqiang, M., Chun, L. (2011): Growth response of Pinus densiflora seedlings inoculated with three indigenous ectomycorrhizal fungi in combination, Braz J Microbiol., 42, 1197-1203.

Dighton, J. (2016): Fungi in Ecosystem Processes, CRC Press.

Ediriweera, A. N., Karunarathna, S. C., Yapa, P. N., Schaefer, D. A., Ranasinghe, A. K., Suwannarach, N., Xu, J. (2022): Ectomycorrhizal mushrooms as a natural bio-indicator for assessment of heavy metal pollution, Agronomy, 12 (5), 1041. https://doi.org/10.3390/agronomy12051041.

Edwards, I. P., Zak, D. R., Kellner, H., Eisenlord, S. D., Pregitzer, K. S. (2011): Simulated atmospheric N deposition alters fungal community composition and suppresses ligninolytic gene expression in a northern hardwood forest, PLoS One, 6 (6), 20421. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0020421.

Egli, S. (2011): Mycorrhizal mushroom diversity and productivity – an indicator of forest health?, Annals of Forest Science, 68, 81-88.

FAO, UNEP. (2020): The State of the World's Forests 2020. Forests, biodiversity and people, Rome.

Fei, S., Kivlin, S. N., Domke, G. M., Jo, I., LaRue, E. A., Phillips, R. P. (2022): Coupling of plant and mycorrhizal fungal diversity: its occurrence, relevance, and possible implications under global change, New Phytol, 234, 1960-1966. https://doi.org/10.1111/nph.17954.

Fellner, R. (1989): Mycorrhiza-forming fungi as bioindicators of air pollution, Agaric Ecosystems Environ, 28, 115-120.

Fellner, R. (1990): Mycorrhiza-forming fungi as bioindicators of air pollution, Agric. Ecosyst. Environ., 28 (1–4), 115-120. https://doi.org/10.1016/0167-8809(90)90025-9.

Fellner, R., Pešková, V. (1995): Effects of industrial pollutants on ectomycorrhizal relationships in temperate forests, Can J Bot, 73 (Suppl. 1), 1310-1315.

Holec, J., Kríž, M., Pouznar, Z., Šandova, M. (2015): Boubínský prales virgin forest, a Central European refugium of boreal-montane and old-growth forest fungi, Czech Mycol., 67, 157-226.

Holt, E. A., Miller, S. W. (2010): Bioindicators: Using Organisms to Measure Environmental, Nature Education Knowledge, 3 (10), 8.

Jukić, N., Omerović, N. (2017): Gljive reda Pezizales u Bosni i Hercegovini – Ugroženost, ekologija i biogeografija, AMU MycoBH, Sarajevo.

Jukić, N., Matočec, N., Kušan, I., Gašić, R., Omerović, N., Tomić, S. (2019): Diversity of Ascomycetous Fungi in the Territories of Protected Areas and in the Areas Evaluated for the Protection in Bosnia-Herzegovina – Establishing Important Fungus Areas (IFA), Mycological Society MYCOBH, Sarajevo.

Jukić, N., Omerović, N., Tomić, S. (2020a): Inventarizacija gljiva na teritoriji zaštićenih područja Kantona Sarajevo (SP Vrelo Bosne, ZP Bijambare, SP Skakavac). Smjernice i preporuke za upravljanje specifičnim tipovima staništa na teritoriji zaštićenih područja, Mikološko udruženje MycoBH, Sarajevo.

Jukić, N., Omerović, N., Tomić, S. (2022a): Gljive gorskih očiju – svijet koji nestaje, Mikološko udruženje MycoBH, Sarajevo.

Jukić, N., Omerović, N., Tomić, S., Treštić, T., Gašić, R. (2022b): Gljive Spomenika prirode Tajan, Mikološko udruženje MycoBH, Sarajevo.

Jukić, N., Tomić, S., Gašić, R. (2020b): Prilog poznavanju gljiva odjeljka Ascomycota na teritoriji Parka prirode "Orjen", Glasnik Šumarskog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci, 30, 115-133.

Kipfer, T., Wohlgemuth, T., van der Heijden, M. G., Ghazoul, J., Egli, S. (2012): Growth response of drought-stressed *Pinus sylvestris* seedlings to single- and multi-species inoculation with ectomycorrhizal fungi, PLoS One, 7 (4), e35275. https://doi:10.1371/journal.pone.0035275.

Lagana, A., Salerni, E., Barluzzi, C., Perini, C., De Dominicis, V. (2002): Macrofungi as long-term indicators of forest health and management in central Italy, Cryptogamie, Mycologie, 23 (1), 39-50.

Liang, M., Johnson, D., Burslem, D. F. R. P., Yu, S., Fang, M., Taylor, J. D., Taylor, A. F. S., Helgason, T., Liu, X. (2020): Soil fungal networks maintain local dominance of ectomycorrhizal trees, Nat Commun, 11, 2636. https://doi.org/10.1038/s41467-020-16507-y.

Luchi, N., Capretti, P., Feducci, M., Vannini, A., Ceccarelli, B., Vettraino, A. M. (2015): Latent infection of *Biscogniauxia nummularia* in *Fagus sylvatica*: a possible bioindicator of beech health conditions, iForest, 9 (1), 49. https://doi.org/10.3832/ifor1436-008.

Pulleman, M., Creamer, R., Hamer, U., Helder, J., Pelosi, C., Peres, G., Rutgers, M. (2012): Soil biodiversity, biological indicators and soil ecosystem services – an overview of European approaches, Curr. Opin. Environ. Sustain., 4 (5), 529-538. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2012.10.009.

Ritz, K., Young, I. M. (2004): Interactions between soil structure and fungi, Mycologist, 18, 52-59. https://doi.org/10.1017/S0269915XO4002010.

Thomas, P., Packham, J. (2007): Ecology of Woodlands and Forests: Description, Dynamics and Diversity, Cambridge University Press.

Treštić, T., Jukić, N., Omerović, N. (2021): Diverzitet gljiva Zaštićenog pejzaža "Konjuh" – Inventarizacija, zaštita i promocija, Javna ustanova Zaštićeni pejzaž "Konjuh", Mikološko udruženje MycoBH, Banovići, Sarajevo.

Usčuplić, M. (1996): Patologija šumskog i ukrasnog drveća, Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo.

Usčuplić, M. (2013): Više gljive – Macromycetes, Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine, Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo.

Van Der Heijden, M. G., Horton, T. R. (2009): Socialism in soil? The importance of mycorrhizal fungal networks for facilitation in natural ecosystems, J. Ecol., 97, 1139-1150. https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2009.01570.x.

Wang, B., Qiu, Y. L. (2006): Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants, Mycorrhiza, 16, 299-363. https://doi.org/10.1007/s00572-005-0033-6.

Warnasuriya, S. D., Udayanga, D., Manamgoda, D. S., Biles, C. (2023): Fungi as environmental bioindicators, Science of The Total Environment, 892, https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164583.

Zgrablić, Ž., Marjanović, H., Diminić, D. (2016): Can we predict *Sphaeropsis sapinea* outbreak by monitoring fungal diversity in Austrian pine plantations?, Šumarski list, 140 (1–2), 7-16.

Zgrablić, Ž., Tkalčec, Z., Mešić, A., Marjanović, H., Diminić, D. (2015): Do ectomycorrhizal fungi reduce Austrian pine (*Pinus nigra* J. F. Arnold) susceptibility to *Sphaeropsis sapinea* (Fr.) Dyko et Sutton infection?, Šumarski list, 139 (7–8): 329-337.

Posebna izdanja ANUBiH CCXI, OPMN 29, 365-378

Mushrooms as an indicators of the stability of forest ecosystems

Summary: Fungi in forest ecosystems play a key role in preserving biodiversity, regulating climate change, and securing resources. This paper focuses on the analysis of the role of these fungi as indicators of ecological factors in forests, using the results of recent research. In general, fungi use available organic matter, whether it is in living or dead form. At the same time, they successively replace each other and, together with other organisms, participate in the complete decomposition of organic matter. That being said, mushrooms belong to different nutritional groups. Mycorrhizal fungi establish symbiotic relationships with trees, shrubs, and other plants, which help in faster development and stronger resistance to harmful effects. Mediating between plant roots and the substrate in which they are found, fungi directly influence plant growth and generally promote biomass production. So, for example, *Cenococcum geophilum* Fr., *Russula ochroleuca* Fr., *Imleria badia* (Fr.) Vizzini, and some other types of mushrooms promote faster growth of trees and help them in stressful situations. A large group of fungi also use dead organic matter, which prevents its accumulation in ecosystems and, in the end, returns it to a mineral form available again to autotrophic organisms, primarily plant organisms. From this group of mushrooms, *Hericium coralloides* (Scop.) Pers. is an indicator of a good and intact state of beech and oak forests, while the fungus *Biscogniauxia nummularia* (Bull.) Kuntze indicates a deteriorating state of health in said forests.
Due to the aforementioned roles, the presence of mycorrhizal and saprotrophic fungi in forest ecosystems can be used as an indicator of their general stability, and individual representatives from both groups can be used as specific indicators of qualitative changes in them. However, the occurrence of certain types of fungi in forest ecosystems is difficult to predict due to their dependence on numerous factors (climate, habitat, forest management, phenology and age of trees, humans, etc.), which is why there are numerous doubts about their application as indicators of habitat quality, vitality, and the health status of trees and forests. The paper clarifies the ecological role of indicator fungi with regard to supporting the growth and vitality of trees, the health of forests and trees in general, and the circulation of nutrients in the forest ecosystem. It is particularly emphasised how the presence or absence of indicator fungi can signal specific conditions in the forest. The goal of the paper is to provide insight into the importance of indicator fungi in forest ecosystems, emphasising their importance in preserving the potential and health of forests through sustainable forest management.

DOI: 10.5644/PI2024.211.22
Stručni članak

Prilog biodiverzitetu i dinamici pojavljivanja jesenskog aspekta gljiva (*Macromycetes*) u hrastovo-grabovoj šumi

Anis Hasanbegović
Zemaljski muzej Bosne i Hercegovine, Sarajevo
E-mail: anishasanbegovic@yahoo.com

Dario Pintarić
Srednja škola za okoliš i drvni dizajn, Sarajevo

Apstrakt: Biodivezitet gljiva je vrlo slabo istražen u Bosni i Hercegovini. Također, kvalitativno-kvantitativni sastav te dinamika pojavljivanja gljiva još su slabije istraženi. Samim tim, cilj rada je da prezentuje nove podatke o kvalitativno-kvantitativnom sastavu i dinamici gljiva (*Macromyceta*) u jesenskom aspektu hrastovo-grabove šume na lokalitetu Donji Mišević kod Rakovice. Na ovom području je izabrano 5 lokacija gdje je istraživan biodiverzitet gljiva. Praćen je jesenski dio sezonskog diverziteta pojavljivanja gljiva. Istraživanje je počelo 10. X, a završilo 9. XII 2023. godine. Urađeni su i osnovni parametri za zemljište: pH vrijednost, količina humusa, fosfor i kalij.

Ključne riječi: gljive, diverzitet, hrastovo-grabova šuma, jesen, Donji Mišević

Uvod

Postoji jako malo radova koji obrađuju mikološki sastav hrastovo-grabovih šuma. Bogunić (2000) istražuje mikološki diverzitet ovih šuma na području sela Barice. Hasanbegović (2002) istražuje kvalitativno-kvantitativne odnose diverziteta gljiva hrastovo-grabovih šuma na lokalitetima Šamin gaj i Bušće. Nažalost, ovo su jedina dva rada koja se ili djelimično ili kompletno bave diverzitetom gljiva u hrastovo-grabovim šumama. Postoji i realna opasnost od gubitka ovih šuma jer se većina ljudskih naselja Kantona nalazi u pojasu za koji su vezane zajednice ovog ekosistema, veliki broj ovih sastojina je na udaru antropogenih uticaja (Đug et al., 2008). Također sječa, naročito hrastova, a i drugog drveća iz ovih šuma, vodi do toga da hrastovo-grabove šume postanu rijetkost, naročito kvalitetne sastojine, a s tim u vezi je i nestanak gljiva kao sastavnih dijelova ekosistema, bez obzira na to što se radi, kako to ističe Lakušić (1989) “o klimatogenim šumama brdskog pojasa Evrope”.

Istraživanja biodiverziteta i dinamike pojavljivanja jesenjeg aspekta gljiva (*Macromycetes*) obavljeno je u šumi hrasta kitnjaka i graba ilirskog područja (*Querco-Carpinetum illyricum* Horv. et al. 1974), izdanačkog (vegetativnog) porijekla, na kiselo smeđem i ilimerizovanom zemljištu na flišnim sedimentima, na lokalitetu Donji Miševići (Karta 1). Marinović (1973) ističe da su gljive "naseljenici podloga kiselih reakcija i za većinu pH vrijednost podloge oko pH 6 je optimalna".

Materijal i metode rada

Odabrana je hrastovo-grabova šuma na lokalitetu Donji Miševići (Karta 1) i izabrano je 5 ploha veličine 100 m^2 gdje je istraživan biodiverzitet gljiva. Urađeni su i osnovni parametri za zemljište: pH vrijednost u H_2O i u KCL-u, količina humusa, P i K. Vrijednosti pH utvrđene su pH metrom (ISO 10390), sadržaj humusa u zemljištu determinisan je dihromatskom metodom (ISO 14235), a očitan je na Thermo Spectronic Genesys 20 spektrofometru, sadržaj lako pokretnih formi K i P u zemljišnim uzorcima bio je determinisan metodom amonium lactate (AL) (Enger et al., 1960), sadržaj samo P utvrđen je uz pomoć spektrofotometra Thermo Spectronic Genesys 20, a K uz pomoć Microprocessor plamenofotometra 671 Labtronics.

Praćen je sezonski diverzitet pojavljivanja te utvrđeno koje se gljive najviše i kada javljaju. Utvrđene su glavne jestive, otrovne i smrtno otrovne gljive koje se pojavljuju na ovom području te ekološka pripadnost.

Brojnost gljiva data je prema Tortić i Lisiewska (1971): + – pojedinačan primjerak, ++ – nekoliko i +++ – mnogo primjeraka, ali usljed nedostatka prostora u tabeli 5, ove vrijednosti smo izrazili brojčano (1–3). Terenska osmatranja vršena su svakih 8–15 dana u zavisnosti od vremenskih prilika. Istraživanje je počelo 10. X, a završilo 9. XII 2023.

Nomenklatura

Prilikom determinacije mikološkog materijala služili smo se sljedećom literaturom: od opštih ključeva: Breitenbach i Kränzlin (1984–2000), Cetto (2004–2008), Courtecuisse i Duhem (2000), Eyssartier i Roux (2017), Ewald (1997), Focht (1979; 1987; 1990), Hafner (1997), Hansen i Knudsen (1992–1997), Keizer (2003), Kränzlin (2005), Pace (1977), Pilat (1951), Pilat i Ušák (1962) i Usčuplić (2004; 2012). Za rod *Cortinarius* – Bertaux (1966), Breitenbach i Kränzlin (2000) i Calleda et al. (2021), *Hygrophorus* – Candusso (1997),

Mycena – Robich (2007), *Russula* – Schaeffer (1952), Galli (2003), Kränzlin (2005) i Socha et al. (2015) i familiju *Boletaceae* – Focht (1987). Za utvrđivanje otrovnosti gljiva: Focht (1990), Mužic i Božac (1997), Forenbacher (1998) i Lukić (2012).

Rezultati istraživanja i diskusija

Iz tabele 1. se vidi da je najveći broj taksona zabilježen u petom osmatranju, i to na snimku 5, gdje je konstatovan i najveći broj taksona u sezoni, te na snimku 3, sa nešto manjim brojem vrsta. Najveći broj taksona ukupno je zabilježen na snimku 4 (25), nešto manje na snimcima 5 (23) i 3 (22). Razlog se vjerovatno krije u tome što su ovo snimci na blažem nagibu terena i s vlažnijim tlom nego kod snimaka 1 i 2.

Iz tabele 2. se vidi da je ukupno zabilježeno 46 taksona iz dvije divizije. U okviru *Basidiomycota* zabilježeno je pet redova, a u *Ascomycota* dva. Unutar *Basidiomycota* najbrojniji red i sa porodicama i taksonima je *Agaricales*, a znatno manji broj imaju ostali redovi. Međutim, red *Russulales* te porodica *Russulaceae* su najbrojniji po konstatovanim taksonima (devet). Znatno manji broj taksona je konstatovan u okviru porodica *Amanitaceae*, *Mycenaceae* i *Cortinariaceae* (po pet) te *Tricholomataceae* (četiri). Iz tabele 2. se vidi da mikorizne gljive preovladavaju sa 32 konstatovana taksona nad saprobiontnim (15). U ovoj sezoni najbrojnije jestive gljive su *Hydnum repandum* i *Kuehneromyces mutabilis*. Od otrovnih gljiva konstatovane su: *Amanita citrina*, *Lepiota cristata*, *Inocybe flocculosa*, *Hebeloma cristuliniforme* te *Cortinarius cotoneus*. Od smrtno otrovnih zabilježeni su sljedeći taksoni: *Amanita phalloides*, koja je dosta česta u istraživanoj šumi, *A. p.* var. *Alba*, dosta manje brojna od tipskog oblika, *A. pantherina* i *Cortinarius splendens*.

Autori ovo područje istražuju nekoliko godina te možemo reći da ovaj jesenski aspekt ni približno ne pokazuje kvalitativno-kvantitativni diverzitet gljiva istraživane šume, naročito kada se usporedi sa prošlogodišnjim, kada su bili izuzetno povoljni uslovi za njihov razvoj. Čitava plejada gljiva se ne pojavljuje u ovoj sezoni, a spomenućemo najvažnije: *Cantharellus cibarius*, *Craterellus cornucopioides* i *C. Cinereus*, koje se na pojedinim dijelovima istraživanog područja masovno javljaju, cijeli niz najobičnijih i vrlo čestih krasnica: *Russula cyanoxantha*, *R. virescens*, *R. lutea* i drugih manje čestih kao *R. foetens*, a skoro je potpuno odsustvo pripadnika familije vrganjevki, kao na primjer *Boletus quercicola* i *Xerocomellus chrysenteron*, koje se relativno često javljaju u ovoj šumi. Zanimljivo je i odsustvo hrastovače

(*Collybia fusipex*) u ovoj šumi, jer je u susjednoj sađenoj borovoj šumi, usljed velikog broja hrastovih panjeva, ova vrsta masovna. Ovo govori i o stanju istraživane šume, jer su hrastovi panjevi dosta rijetki, a i ekološkim uslovima, koji očigledno ne odgovaraju hrastovači. Ova gljiva je konstatovana i u hrastovo-grabovoj šumi u Šaminom gaju (Hasanbegović, 2002), koja se za razliku od istraživane nalazi na ravnom terenu te je dosta osvjetljenija, kao i susjedne borove šume. Očigledno je da ovoj gljivi za razvoj, osim hrastovih panjeva, treba i nešto veća količina svjetlosti. Također, iz tabele 3. se može vidjeti da je pH reakcija jako kisela te je slabo do humozno zemljište vrlo slabo opskrbljeno sa P, a K ima od niskog do srednjeg nivoa opskrbljenosti.

I na kraju, potrebno je produžiti istraživanja na ovom lokalitetu i na proljetno-ljetni aspekt te obavljati višegodišnji monitoring gdje bi se dobila jasnija slika o mikološkom diverzitetu, sezonskoj distribuciji, uticaju gljiva na šumu, naročito ECM (ektomikoriznih) gljiva.

Zaključci

1. Ukupno je zabilježeno 46 taksona iz dvije divizije, 7 redova i 20 porodica.
2. U okviru *Basidiomycota* zabilježeno je pet redova, a u *Ascomycota* dva.
3. Najbrojniji red u ukupnom istraživanju i sa svim porodicama i taksonima je *Agaricales*.
4. Red *Russulales* te porodica *Russulaceae* su najbrojniji po konstatovanim taksonima (devet).
5. Najznačajniji jestivi taksoni su *Kuehneromyces mutabilis* i *Hydnum repandum*.
6. Otrovne pronađene su *Amanita citrina*, *Lepiota cristata*, *Inocybe flocculosa*, *Hebeloma cristuliniforme* te *Cortinarius cotoneus*.
7. Smrtno su otrovne: *Amanita phalloides*, *A. p.* var. *alba*, *A. pantherina* i *Cortinarius splendens*.
8. Najveći broj taksona utvrđen je u V osmatranju (16. XI 2023), i to u okviru snimka broj 5.
9. Najveći broj ukupno zabilježenih taksona u snimku je 4 (25).
10. Mikorizne gljive preovladavaju sa 32 konstatovana taksona.

Literatura

Bertaux, A. (1966), Les Cortinaires. Etudes Mycologiques II, P. Lechevalier, Paris.

Bogunić, F. (2000): Ekološka diferencijacija makromiceta na vertikalnom profilu Sarajevo – Crepoljsko, diplomski rad, Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Sarajevu, Sarajevo.

Breitenbach, J., Kränzlin, F. (1984–2000): Champignons de Suisse Tome 1–V, Edition Mykologia, Lucerne.

Calleda, F., Campo, E., Floriani, M., Mazza, R. (2021): Cortinarius in Europa, Edizioni Osiride, Rovereto.

Candusso, M. (1997): Hygrophorus s. l. (Fungi Europaei), Libreria Basso, Alasio.

Courtecuisse, R., Duhem, B. (2000): Guide des champignons de France et d'Europe, Delacaux et Niestlé, Paris.

Cetto, B. (2004–2008): I funghi dal vero, Vol. 1–6, Saturnia, Trento.

Đug, S., Dreško vić, N., Hamzić, A., Švrakić, A. (2008): Prirodna baština Kantona Sarajevo, Kantonalni zavod za zaštitu kulturno-historijskog i prirodnog naslijeđa, Sarajevo.

Enger, H., Fheim, H., Domingo W. (1960): Unterscungen über die chemische Bodenanalyse als Extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kaliumbestimmung, Kungliga Lantbrukshögskollen Annaler, 26, Uppsala, 199-215.

Eyssartier, G., Roux, P. (2017): Le Guide des Champignons France et Europe, Belin, Paris.

Ewald, G. (1997): Der große BLV Pilzführer fur unterwegs, BLV VmbH, München.

Focht, I. (1979): Gljive Jugoslavije, NOLIT, Beograd.

Focht, I. (1987): Naši vrganji, Nakladni zavod Znanje, Zagreb.

Focht, I. (1990): Ključ za gljive – III izdanje, Naprijed, Zagreb.

Forenbacher, S. (1998): Otrovne biljke i biljna otrovanja životinja, Školska knjiga d. d., Zagreb.

Galli, R. (2003): Le Russule, 2ª edizione, Milano.

Hafner, K. (1997): Svijet gljiva, Dušević & Kršovnik, Rijeka.

Hansen, L., Knudsen, H. (1992–1997): Nordic Macromycetes, vol. 2–3, Nordswamp, Copenhagen.

Hasanbegović, A. (2002): Kvalitativno-kvantitativna analiza diverziteta gljiva hrastovo-grabovih šuma, diplomski rad, Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Sarajevu, Sarajevo.

Keizer, G. J. (2003): Gljive enciklopedija, Veble komerc, Zagreb.

Kränzlin, F. (2005): Champignons de Suisse Tome 6 – Russulaceae, Mykologia, Lucerne.

Lakušić, R. (1989): Ekologija biljaka, Svjetlost, Sarajevo.

Lukić, T. (2012): Toksikologija gljiva, Gradska knjižnica Slavonski Brod, Slavonski Brod.

Marinović, R. Ž. (1973): Osnovi mikologije i lihenologije, BIGZ, Beograd.

Mužic, S., Božac, R. (1997): Kuhanje i ljekovitost gljiva, Školska knjiga, Zagreb.

Pace, G. (1977): Atlas gljiva, Prosvjeta, Zagreb.

Pilat, A. (1951): Klič kurčováninašich hub hřibovitých a bedlovtých – Agaricales Agaricalum Europaeum Clavis Dichotomica, Brazda, Praha.

Pilat, A., Ušák, O. (1962): Mushrooms, Spring Books, London.

Robich, G. (2007): Mycena D'Europe, A. M. G., Trento.

Schaeffer, J. (1952): Russula – Monographie, Verlag Julius Klinghart, Bad Heilbrunn.

Socha, R., Hálek, V., Baier, J., Hák, J. (2015): Atlas Holubinky, Academia, Praha.

Tortić, M., Lisiewska, M. (1971): Mikološka istraživanja u nekim bosanskim šumama, GZMBiH (NS) PN, X, Sarajevo, 65-72.

Usčuplić, M. (2004): Svijet gljiva, Djela, knj. LXXX, Odjeljenje prirodnih i matematičkih nauka, knj. 7, ANUBiH, Sarajevo.

Usčuplić, M. (2012): Više gljive – Macromycetes, Djela, knj. LXXXV, Odjeljenje prirodnih i matematičkih nauka, knj. 8, ANUBIH, Sarajevo.

Karta

Topografske karte 1: 50 000 (TK 50) Sarajevo (525-1) – II izdanje (1982) Vojno-geografskog instituta Beograd.

Apendix

Tabele

Tabela 1. Kvalitativno-kvantitativni sastav, dinamika pojavljivanja i kretanja brojnosti gljiva na istraživanim plohama

Table 1. Qualitative-quantitative composition, dynamics of appearance and movement of number of mushrooms in the investigated plots

	Broj plohe																																		
	I							II							III							IV							V						
	Terenski izlasci																																		
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Trametes versicolor															3	3	3	3	3	3	3															
T. hirsuta															2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2							
Russula fellea					2				1	2	1				1				2				2	2	2	2	2			1	2	1	2		
R. delica															1								2	2						2	3	2	2	2	
Amanita pantherina										2					2	2																			
Tricholoma sulphureus		1	1	1	2							2							2																
Mycena fagetorum			2	2		2			2	2	2						2	2	2	2				2	2	2					2	2	2		
Hydnum repandum						2			2										3	3	2					2	2							1	
Clitopilus prunulus									2	1	2	2					1	2	2					1	2	2	2						1		
Russula sylvestris					2				1	1	2	2	2						2	2						2	2	1		1	1		2	2	
R. vesca											1						1		1						1										
Ischnoderma benzionum																						3	3	3	3	3	3	3							
Amanita phalloides				1																			2	1					2	3	1	1	1	
Lactarius chrysorrheus																							2		1	1		1					1	1	1
Cortinarius splendens																							1	2	2						1				
Amanita phalloides var. *alba*										2							2							1							2				
Russula ionochlora			2	2	2	2						2	2											2		2	2					2	2	
R. fragilis											1	2	2				1		2					2		1						2		
Hebeloma cristuliniforme					2	2						2	2													2	2			2	2	1	2	2	
Amanita citrina			2	1	2				2	2	2																				2				
Clitocybe nebularis				1	1																					1								
Lepiota cristata				1																					2									

| | | |

Tabela 2. Spisak redova, porodica i taksona sa ekološkom pripadnošću
Table 2. List of orders, families and taxons with ecological affiliation

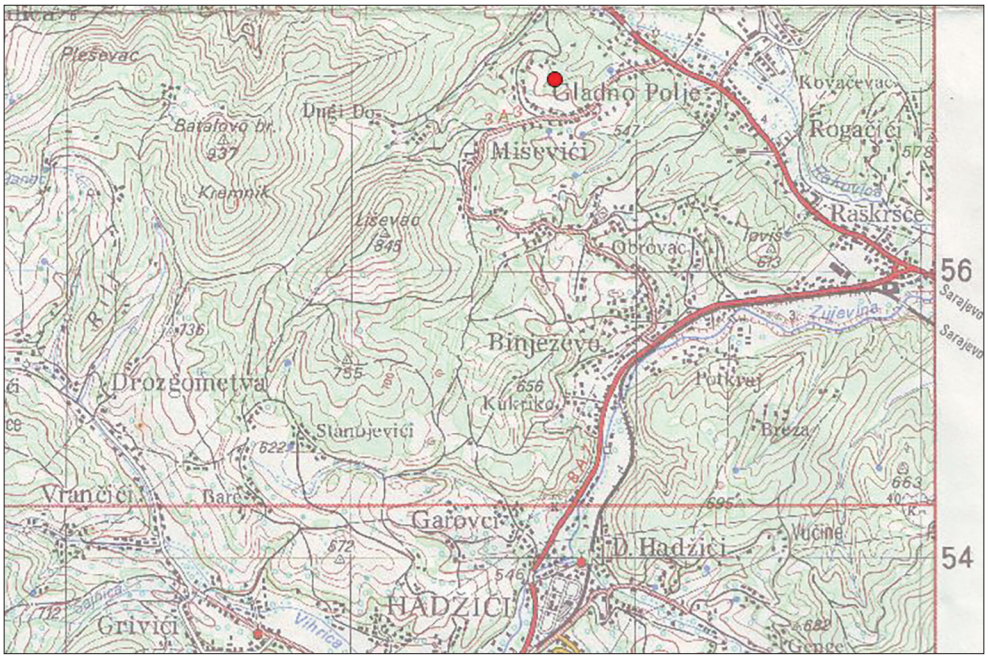
Divizija, red, porodica i vrsta	Ekološka pripadnost				
	Saprobionti	Mikorizne	Divizija, red, porodica i vrsta	Saprobionti	Mikorizne
I. *Basidiomycota*			**XI. *Strophariaceae***		
1. *Agaricales*			27. *Kuehneromyces mutabilis*	+	
I. *Amanitaceae*					
1. *Amanita citrina*		+	**XII. *Entolomataceae***		
2. *A. phalloides*		+	28. *Clitopilus prunulus*		+
3. *A. p.* var. *alba*		+			
4. *A. pantherina*		+	**XIII. *Hygrophoraceae***		
5. *A. rubescens*		+	29. *Hygrophorus cossus*		+
II. Agaricaceae			**2. *Russulales***		
6. *Lepiota cristata*	+		**I. *Russulaceae***		
7. *Macrolepiota mastoides*	+		30. *Russula delica*		+
			31. *R. fellea*		+
III. *Tricholomataceae*			32. *R. fragilis*		+
8. *Clitocybe nebularis*		+	33. *R. nigricans*		+
9. *Tricholoma scalpturatum*		+	34. *R. ionochlora*		+
10. *T. sejunctum*		+	35. *R. sylvestris*		+
11. *T. sulphureus*		+	36. *R. vesca*		+
			37. *Lactarius chrysorrheus*		+
IV. *Mycenaceae*			38. *L. decipiens*		+
12. *Mycena fagetorum*	+				
13. *M. polygrama*	+		**3. *Boletales***		
14. *M. rosea*	+		**I. *Boletaceae***		
15. *Panellus mitis*	+		39. *Xerocomus subtomentosum*		+
16. *P. stipticus*	+				
			4. *Cantharellales*		
V. *Marasmiaceae*			**I. *Hydnaceae***		
17. *Marasmius alliaceus*		+	40. *Hydnum repandum*		+
VI. *Pluteaceae*			5. Polyporales		
18. *Pluteus cervinus*	+		I. Polyporaceae		

			41. *Trametes hirsuta*	+	
VII. *Hydnangiaceae*			42. *T. versicolor*	+	
19. *Laccaria laccata*		+			
			II. *Ischnodermataceae*		
VIII. *Inocybaceae*			43. *Ischnoderma benzionum*	+	
20. *Inocybe flocculosa*		+			
			II. *Ascomycota*		
IX. *Cortinariaceae*			**1. *Xylariales***		
21. *Cortinarius cotoneus*		+	**I. *Xylariaceae***		
22. *C.decipiens*		+	44. *Xylaria hipoxylon*	+	
23. *C. melanotus*		+	45. *X. polymorpha*	+	
24. *C. splendens*		+			
25. *C. talus*		+	**2. *Pezizales***		
			II. *Pyronemataceae*		
X. *Hymenogastraceae*			46. *Otidea onotica*	+	
26. *Hebeloma cristuliniforme*		+	Σ	**15**	**32**

Tabela 3. Kvalitativno-kvantitativni sastav zemljišta istraživanih snimaka
Table 3. Qualitative-quantitative soil composition of the researched plots

Broj snimka	pH (H_2O)	pH (KCl)	Reakcija	Humus (%)	P_2O_5 (mg/100)	K_2O (mg/100)
1	4,77	3,75	jako kisela	5,88 humozno	2,60 vrlo slabo opskrbljeno	13,1 srednji nivo opskrbljenosti
2	4,52	3,40	jako kisela	4,36 humozno	2,11 vrlo slabo opskrbljeno	10,6 nizak nivo opskrbljenosti
3	5,21	3,94	jako kisela	5,66 humozno	2,42 vrlo slabo opskrbljeno	12,6 srednji nivo opskrbljenosti
4	4,93	3,83	jako kisela	2,18 slabo do umjereno humozno	1,33 vrlo slabo opskrbljeno	7,4 nizak nivo opskrbljenosti
5	4,32	3,68	jako kisela	3,48 umjereno humozno	1,11 vrlo slabo opskrbljeno	9,0 nizak nivo opskrbljenosti

Karte i slike



Karta 1. Položaj istraživanog lokaliteta
(preuzeto sa topografske karte Vojno geografskog instituta Beograd, 1982)
Map 1. Location of the researched locality
(the map taken from Military geographic institute Belgrade 1982)



Slika 1. *Amanita phalloides* (Zelena pupavka), česta gljiva istraživanog područja
Picture 1. Amanita phalloides *(Death Cap Mushroom) common mushroom of the researched area*



Slika 2. *Hydnum repandum* (Prosenjak). jedna od posljednjih gljiva na istraživanom području, slika je napravljena 9. XII 2023.
Picture 2. Hydnum repandum *(Sweet Tooth Mushroom) one of the last mushrooms on researched area, picture was made 9. 12. 2023*

Posebna izdanja ANUBiH CCXI, OPMN 29, 379-390

Contribution to biodiversity and dynamics of the appearance of the autumn aspect of mushrooms (*Macromycetes*) in the oak-hornbeam forest

Summary: Biodiversity of mushrooms is very poorly researched. Also, qualitative-quantitative composition and dynamics of the appearance of mushrooms are even less explored. Therefore, primarly, the aim of this paper is to present new data on qualitative-quantitative composition and dynamics of mushrooms (*Macromyceta*) in the autumn aspect of sesslie oak-common hornbeam forest at the site of Donji Mišević, near Rakovica. Five locations in this area have been selected for the places where the biodiversity of mushrooms will be studied. The autumn part of the seasonal diversity of the appearance of mushrooms has been monitored in order to determine which ones occur the most and when. The research began on 10 October 2023 and ended on 9 December 2023.
Primarily, the aim of this paper is to present new data on qualitative-quantitative composition and dynamics of mushrooms in autumn aspect of the sessile oak-common hornbeam forest at the site of Donji Mišević, near Rakovica.

DOI: 10.5644/PI2024.211.23
Originalni naučni članak

Molekularne analize prisustva vrsta *Ophiostoma* na brijestu u Bosni i Hercegovini

Tarik Treštić
Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu
E-mail: t.trestic@sfsa.unsa.ba

Aldin Vranić
Grad Essen, Grün und Gruga

Kenan Zahirović
JP Šumsko privredno društvo Ze-do kantona d. o. o., Zavidovići

Apstrakt: U okviru istraživanja analizirano je prisustvo uzročnika holandske bolesti brijesta (*Ophiostoma ulmi*, *Ophiostoma novo-ulmi ssp. novo-ulmi*, *Ophiostoma novo-ulmi ssp. americana* te njihovih hibrida) molekularnim analizama u Bosni i Hercegovini. Molekularnim analizama je utvrđeno da je ukupno četiri od sedam izolata dobijenih s brijesta pripadalo gljivama iz roda *Ophistoma* sp. Utvrđeno je da je područje Bosne i Hercegovine "zona hibridnosti", te su svi analizirani izolati bili hibridi između podvrsta *Ophiostoma novo-ulmi* ssp. *novo-ulmi* i *Ophiostoma novo-ulmi* ssp. *americana*. Ovo je prvo istraživanje ovoga tipa na području Bosne i Hercegovine.

Ključne riječi: *Ulmus* sp., *Ophiostoma* sp., PCR, hibridizacija

Uvod

Holandska bolest brijesta jedna je od ekonomski najštetnijih bolesti šumskog drveća na svijetu. Uzrokuju je gljive askomicete iz roda *Ophiostoma*. Bolest je otkrivena 1918. godine u zapadnoj Evropi, ali pošto prva istraživanja potiču iz Nizozemske, gdje je gljiva otkrivena 1919. godine, dobila je ime koje je općeprihvaćeno. U evropskim uslovima, vektori prenošenja ove bolesti na velike razdaljine su brijestovi potkornjaci iz roda *Scolytus*, dok u Sjevernoj Americi bolest primarno prenosi *Hylurgopinus rufipes*. Širenje bolesti može se ostvariti i žilnim kontaktom, ukoliko se zaraženo nalazi u blizini zdravog stabla.

Historijski gledano, dogodile su se dvije pandemije holandske bolesti brijesta: prva, koju je uzrokovala vrsta *O. ulmi*, i tekuća pandemija ove bolesti, koju uzrokuje *O. novo-ulmi* (podvrsta *novo-ulmi* i podvrsta *americana*) (Brasier, 1979). Treća vrsta *O. himal-ulmi* predstavlja endemsku vrstu

zapadnog dijela Himalaja gdje se smatra endofitom na autohtonim brijestovima (Brasier i Mehrotra, 1995).

Prva pandemija holandske bolesti brijesta uzrokovana s *O. ulmi* započela je u sjeverozapadnoj Evropi oko 1910. Nakon toga, bolest se brzo proširila na istok Evrope i jugozapadne Azije. U početku, širenje *O. ulmi* rezutiralo je intenzivnom epidemijom u Evropi. Tokom 1940-ih godina prva pandemija bolesti je naglo prestala nakon gubitka 10–40% stabala brijesta u većini evropskih zemalja (Peace, 1960, prema Brasier i Buck, 2001).

Drugu pandemiju holandske bolesti brijesta uzrokovala je *O. novo-ulmi* (podvrsta *novo-ulmi i* podvrsta *americana*). Pandemija je počela 1940-ih godina s dva različita lokaliteta: moldavsko-ukrajinski region na istoku Evrope (podvrsta *novo-ulmi*) i južni dio Velikih jezera u Sjevernoj Americi (podvrsta *americana*) (Brasier, 1990; 1996). Podvrsta *novo-ulmi* migrirala je zapadno širom Evrope, dopirući do Nizozemske sredinom 1970-ih i istočno do jugozapadne Azije. Podvrsta *americana* proširila se širom Sjeverne Amerike dopirući do istočne i zapadne obale do 1970-ih i 1980-ih godina. Introdukcija podvrste *americana* iz Kanade u Veliku Britaniju ostvarila se uvozom zaraženih trupaca brijesta tokom 1960-ih godina. Brzo se proširila Nizozemskom, Francuskom, Španijom i mnogim drugim zemljama zapadne Evrope (Brassier i Buck, 2001). Pandemije ove bolesti značajno su uticale na smanjenje populacije, pa skoro i nestanak brijesta u šumama širom svijeta.

Širenjem patogena preklopili su se geografski areali rasprostranjenja vrsta, odnosno podvrsta, što je imalo za posljedicu nastanak zona pojave hibrida podvrsta (Tabela 1). Interakcija između *O. ulmi* na njenom području rasprostranjenja i *O. novo-ulmi* koja je introdukovana na njena područja, uzrokovala je rapidno slabljenje i nestanak *O. ulmi* na velikom dijelu njenog areala i zamjene s *O. novo-ulmi* (Brasier, 1986a; 2000; Brasier i Buck, 2001).

Kako se, za razliku od *O. ulmi* i *O. novo-ulmi*, podvrste *O. novo-ulmi* slobodno hibridiziraju u prirodi, bilo je očekujuće da će doći do pojave njihovih hibrida. Preliminarne studije na dvije lokacije – Limburg u Nizozemskoj i Orvieto u Italiji – to su i potvrdile, jer su njihovi hibridi zamijenili prvobitno prisutne "čiste" podvrste. U budućnosti, postoji velika vjerovatnoća da će se ovi hibridi međusobno križati s drugim hibridima, koji će se dalje križati s preživjelim primjercima "čistih" podvrsta (Brasier i Buck, 2001).

Tabela 1. Distribucija podvrsta *O. novo-ulmi* u Evropi u 1990. godini
Table 1. Distribution of subspecies of O. novo-ulmi *in Europe in 1990*

Podvrsta / *subspecies*	Država / *Country*
O. novo-ulmi ssp. *americana*	Portugal, Španija, Francuska, zapadna Njemačka, Nizozemska, Danska
O. novo-ulmi ssp. *novo-ulmi*	Rusija, Turska, Grčka, Rumunija, Bugarska, Srbija, Mađarska, Poljska, Slovačka
Zona preklapanja areala i potencijalno zona hibridnosti	Italija, Njemačka, Nizozemska, Irska, Norveška, Švedska, Slovenija, Austrija

Vrste *O. ulmi* i *O. novo-ulmi* međusobno se razlikuju po izgledu kolonija koje rastu na vještačkoj podlozi, brzini rasta micelije i njenoj optimalnoj temperaturi, dužini vrata peritecija, patogenosti, proizvodnji toksina ceratoulmina, izgledu DNA u mitohondrijama i nukleusu, fertilnoj/genetičkoj barijeri i drugim karakteristikama. Kako vrste, tako i podvrste se međusobno razlikuju po nekim od karakteristika kao što su: dimenzije peritecija, oblik kolonija, brzina rasta micelije i patogenosti (Brasier, 1991; Brasier i Kirk, 2010). U prosjeku, podvrsta *novo-ulmi* je veće patogenosti od podvrste *americana*, ali obje podvrste su veoma agresivni patogeni evropskih i sjevernoameričkih brijestova (Brasier, 1991). Ipak, za diferencijaciju među različitim uzročnicima holandske bolesti brijesta prema navedenim kriterijima potrebno je izdvojiti mnogo vremena.

Zahvaljujući napretku tehnika molekularne biologije, razvijen je veliki broj DNK markera za detekciju genskih polimorfizama koji omogućavaju determinaciju vrsta i/ili sojeva (Hintz et al., 1989). Razvoj PCR pristupa kasnih 1980-ih godina potaknulo je analiziranje populacione strukture patogena holandske bolesti brijesta. Random amplified polymorphic DNA (RAPD) predstavlja jednu od tehnika na bazi PCR koja je korištena za utvrđivanje patotipova *O. ulmi* i podvrsta *O. novo-ulmi*. Ova tehnika je korištena kako bi se dokazalo prisustvo *O. ulmi* i dvije podvrste *O. novo-ulmi* u Švicarskoj (Hoegger et al., 1996).

Prema istraživanjima Brasier i Buck (2001) vidljivo je da područje gdje dolazi do preklapanja areala podvrsta, odnosno potencijalno područje pojave hibrida podvrsta, zahvata i Bosnu i Hercegovinu. Istraživanja koja se tiču uzročnika holandske bolesti brijesta u prošlosti nisu provođena na području Bosne i Hercegovine. Upravo nedostatak bilo kakvih informacija o uzročnicima holandske bolesti brijesta, kao i činjenica da Bosna i Hercegovina predstavlja područje na kojem je moguća pojava *O. novo-ulmi* ssp. *novo-ulmi* x

ssp. *americana* hibrida bili su glavni motivi ovog istraživanja. Stoga, cilj istraživanja bio je molekularnom analizom prikupljenih uzoraka na dijelu Bosne i Hercegovine (centralna Bosna) utvrditi populacionu strukturu *Ophiostoma novo-ulmi*, što predstavlja prvo istraživanje takve vrste na području Bosne i Hercegovine.

Materijal i metode istraživanja

Materijal sa stabala brijesta, potreban za istraživanje, prikupljen je u dva navrata na području centralne Bosne. Uzorci su prikupljeni sa stabala koja su pokazivala znake umanjene vitalnosti i simptome koji podsjećaju na holandsku bolest brijesta (stabla u procesu sušenja ili sušenje pojedinih grana na vitalnim stablima). Stabla su imala prsne prečnike 12–21 cm. Uzorci su isijecani u zoni prelaza bolesnog u zdravo biljno tkivo i sadržavali su koru i dio debla.

Prvi uzorci prikupljeni su na lokalitetu Zvijezda, u okolini Vareša 11. 5. 2016. godine, a drugi na obroncima Vranice, u blizini Busovače 20. 7. 2016. godine. Na lokalitetu u okolini Vareša, biljni materijal potreban za istraživanje prikupljen je s pet simptomatičnih stabala u odjeljenjima 21, 22 i 26, koji pripadaju GJ "Gornja Misoča" i GJ "Gornja Stavnja", ŠGP "Gornjebosansko". Na drugom lokalitetu u blizini Busovače, objekti istraživanja bila su odjeljenja 169 i 170 koji pripadaju GJ "Busovača", ŠGP "Lašvansko". Prikupljeno je devet uzoraka sa simptomatičnih stabala. Osnovne karakteristike odjela prikazane su u tabeli 2.

Tabela 2. Osnovne karakteristike lokaliteta istraživanja
Table 2. The main characteristics of research sites

Odjeljenje / *Department*	Gospodarska jedinica / *Management unit*	Lokaliteti / *Sites*	Nadmorska visina / *Altitude* (m)	Ekspozicija / *Exposure*	Površina / *Area* (ha)
21	"Gornja Misoča"	Zvijezda	1120–1320	J–I / *S–E*	71,51
22	"Gornja Misoča"	Zvijezda	1100–1320	J–I, I / *S–E, E*	71,73
26	"Gornja Stavnja"	Zvijezda	900–1060	J, J–I, Z / *S, S–E, W*	41,20
169	"Busovača"	Busovača	500–700	S / *N*	41,50
170	"Busovača"	Busovača	500–700	S / *N*	85,50

Izolacija patogena vršena je na MEA (*malt extract agar*) hranjivoj podlozi koja je pripremljena po standardnoj recepturi proizvođača. Isijecani su komadići biljnog materijala na prelazu bolesnog u zdravo tkivo, pažljivo sterilisani

u alkoholu i na plamenu, a potom stavljeni na MEA podlogu. Nakon inkubacije na sobnoj temperaturi (20–22°C) i pojave micelija vršeno je presijavanje u novu Petrijevu podlogu te su tako dobijene čiste kulture patogena.

Identifikacija kultura uzgojenih na sobnoj temperaturi vršena je na bazi prosječne brzine rasta i izgleda kolonija na MEA podlozi. Kulture su inkubirane sedam dana u tami, a potom 10 dana na difuznom svjetlu. Morfološki izgled kultura poređen je s dostupnim literaturnim podacima (Liberato et al., 2006).

Za ekstrakciju DNK iz micelija s hranjive podloge korišten je protokol Tel-Zur et al. (1999). Za amplifikaciju ciljanog segmenta DNK korištene su tubice s pripremljenim reagensima, proizvod ReadyToGo PCR beads firme Amersham, Bioscience.

Reagensi su pripremljeni u formi bijele kuglice u količinama koje obezbjeđuju da se u tubicama dopunjenim do 25 µl nalazi:

– 1,5 jedinica Taq DNK polimeraze,
– 10 mM Tris-HCl (pH 9,0 pri temperaturi ambijenta),
– 50 mM KCl,
– 1,5 mM $MgCl_2$,
– 200 µM dNTP i
– 200 µM stabilizatora.

Najčešće korištene količine prajmera, vode i ekstrakta DNK u mikrotubicama za PCR za *Ophiostoma* spp. su:

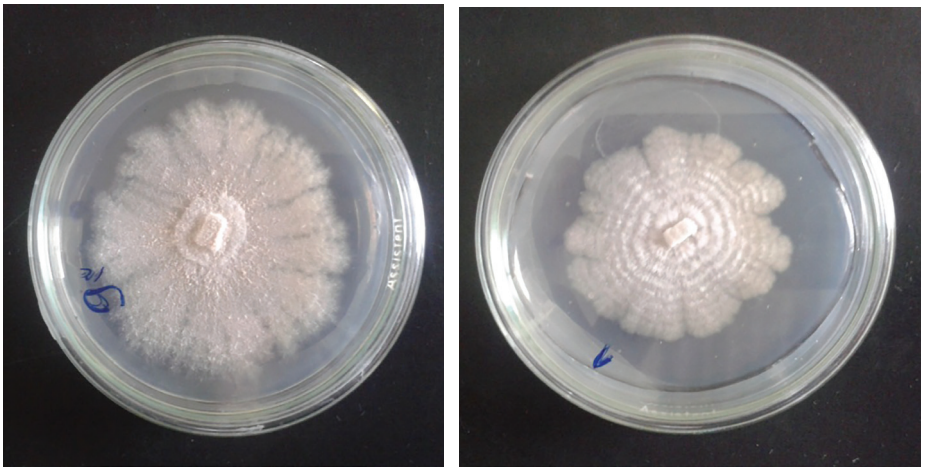
– 1 µl prajmer 1 /OPA2 (TGCCGAGCTG); OPA4 (AATCGGGCTG); OPA8 (GTGACGTAGG); OPB17 (AGGGAACGAG); OPK16 (GAGCGTCGAA); OPK19 (CACAGGCGGA); OPK20 (GTGTCGCGAG) za ITS region/,
– 8 µl ekstrakta DNK i
– 16 µl destilovane vode.

Za postupak amplifikacije korišten je termociklusar Eppendorf Mastercycler Personal. Program amplifikacije ITS regiona vrsta *Ophiostoma* spp. sastojao se od sljedećih ciklusa: 1 ciklus u trajanju 04′00″ pri temperaturi 94°C (denaturacija); 2 ciklusa od kojih se svaki sastojao od tri potciklusa: 0′30″ pri 94°C (denaturacija), potom 1′00″ pri 37°C (hibridizacija) i 2′00″ pri 72°C (elongacija), zatim 40 ciklusa, od kojih se svaki sastojao od tri potciklusa: 0′30″ pri 94°C (denaturacija), potom 1′00″ pri 37°C (hibridizacija) i 2′00″ pri 72°C (elongacija) i, najzad, završnog ciklusa u trajanju 8′00″ pri temperaturi 72°C (elongacija).

Provjera uspješnosti amplifikacije vršena je elektroforetskim razdvajanjem molekula DNK na agaroznom gelu koncentracije 1,5% u koji je dodano 0,4 µg/ml etidij-bromida (Ethidium Bromide Solution 10 mg/ml, Amersham Biosciences). Provjera uspješnosti amplifikacije molekula DNK izvršena je na agaroznom gelu pomoću uređaja za elektroforezu koji se sastoji od jedinice za napajanje električnom energijom (Consort E865) i jedinice za horizontalnu elektroforezu (Roth, Horizontal Electrophoresis Unit N562.1) pri naponu od 80 V u trajanju od 1 h i 30 min. Za utvrđivanje udaljenosti odsječaka na gelu korišteni su markeri 100 bp (Carl Roth GmbH) i marker 1kb (New England Biolabs).

Rezultati istraživanja

Poslije izolacije iz prikupljenih uzoraka, dobijeno je ukupno 7 izolata. Izvršena je identifikacija izolata uzgojenih na sobnoj temperaturi na bazi opisa kolonija (Slika 1. i 2). Na osnovu opisa kolonija dobijena su dva različita tipa kolonija. Prvi dobijeni tip kolonija ustanovljen je kod 2 izolata (91 i 92) i karakterističan je za *Ophiostoma novo-ulmi* vrstu, podvrstu *novo-ulmi* (Slika 1). Drugi tip kolonija koji je dobijen kod preostalih izolata (6, 7, 11, 12 i 14) nije karakterističan ni za *O. ulmi* ni za *O. novo-ulmi* i moguće je da se radi o hibridima (Slika 2).



Slika 1. i 2. Kultura *Ophiostoma novo-ulmi s* lokaliteta kod Busovače (lijevo); kultura potencijalnog hibrida *Ophiostoma novo-ulmi* (desno)

Figure 1. and 2. Culture of Ophiostoma novo-ulmi *from the location near Busovača (left); Culture of potential hybrid of* Ophiostoma novo-ulmi *(right)*

Izmjerena je brzina rasta kultura izolata 91 koji ima koloniju karakterističnu za podvrstu *novo-ulmi*. Brzina rasta izolata dobijena je na osnovu premjerenih prečnika pomoću formule:

$$(D2–D1)/2*(T2–T1), \text{ gdje je;}$$

D1 – zbir prečnika kulture drugog dana nakon zasijavanja,
D2 – zbir prečnika kulture sedmog dana nakon zasijavanja,
T1 – vrijeme prvog mjerenja, 2. dan i
T2 – vrijeme drugog mjerenja, 7. dan.

Na osnovu navedene formule izračunata je prosječna brzina rasta kulture koja iznosi 4 mm/dan.

U tabeli 3. su prikazani rezultati RAPD analize izolata.

Tabela 3. RAPD analiza izolata
Table 3. RAPD analysis of isolates

Lokalitet / *Site*	Izolat / *Isolate*	Vrsta prajmera i dužina odsječka (bp) / *Primer and fragment size (bp)*										*Ophiostoma* spp.
		OPA2	OPA4	OPA8	OPK19	OPK20	OPB17	OPK16	OPK16	OPK16	OPK16	
		1000	1900	800	1400	1750	1750	550	410	840	930	
Zvijezda	6	x	x	x	x	x	x	○	○	○	x	Nije / *Negative*
Zvijezda	7	○	●	○	●	●	○	●	●	○	○	*O. novo-ulmi* H
Zvijezda	11	x	x	x	x	x	x	○	○	○	x	Nije / *Negative*
Zvijezda	12	x	x	x	x	x	x	○	○	○	x	Nije / *Negative*
Zvijezda	14	○	○	○	●	○	○	●	○	○	○	*O. novo-ulmi* H
Busovača	91	○	○	○	○	●	●	○	○	○	○	*O. novo-ulmi* H
Busovača	92	○	●	○	○	○	●	○	○	○	○	*O. novo-ulmi* H

x – nije testirano / *not tested*
○ – nema odsječka / *no band*
● – ima odsječak / *have band*
H – hibrid / *hybrid*

Diskusija

Ovo je prvo istraživanje *Ophiostoma* sp. vrsta na brijestu u Bosni i Hercegovini, čime je potvrđeno prisustvo hibrida između dvije podvrste *Ophiostoma novo-ulmi* ssp. *novo-ulmi* i *Ophiostoma novo-ulmi* ssp. *americana*. Naime, za četiri od ukupno sedam analiziranih uzoraka potvrđeno je da se radi o navedenim hibridima, dok tri izolata nisu pripadala vrstama iz roda *Ophiostoma*.

Za izolate 6, 11 i 12 molekularnim analizama je utvrđeno da ne pripadaju vrstama i podvrstama roda *Ophiostoma*, jer prilikom testiranja prajmerom OPK16 nisu sadržavali karakteristične odsječke za *Ophiostoma* vrste (550, 410 i 840 bp) (43% uzoraka), dok je za 4 uzorka (57% uzoraka) utvrđeno da se radi o *Ophiostoma* vrstama.

Izolat 7 ima karakteristične odsječke s prajmerima OPA4 (1900 bp), OPK19 (1400 bp), OPK20 (1750 bp), OPK16 (550 bp), koji odgovaraju odsječcima koje su dobili Brasier i Kirk (2010), te odsječak s prajmerom OPK16 (410 bp) koji odgovara rezultatima istraživanja koje je dobio Solla i drugi (2008). Utvrđeno je da je izolat *O. novo-ulmi* hibrid, jer po položaju odsječaka koje su dobili Brasier i Kirk (2010) ponajbliže odgovora izolatu H723.

Izolat 14 ima karakteristične odsječke s prajmerima OPK19 (1400 bp), OPK16 (550 bp), koji odgovaraju odsječcima koje su dobili Brasier i Kirk (2010) i za koje je utvrđeno da je *O. novo-ulmi* hibrid. Po položaju odsječaka koje su dobili Brasier i Kirk (2010) ponajbliže odgovora izolatu H765.

Izolat 91 ima karakteristične odsječke s prajmerima OPK20 (1750 bp), OPK17 (1750 bp), koji odgovaraju odsječcima koje su dobili Brasier i Kirk (2010), a koji odgovara izolatu H729, za koji je utvrđeno da je *O. novo-ulmi* hibrid.

Izolat 92 ima karakteristične odsječke s prajmerima OPA4 (1900 bp), OPK17 (1750 bp), koji odgovaraju odsječcima koje su dobili Brasier i Kirk (2010), a koji odgovara izolatu H747 za koji je utvrđeno da je *O. novo-ulmi* hibrid (Tabela 2).

Iako kod nekih uzoraka nisu uočeni neki odsječci koji su uočeni kod rezultata koje su proveli Brasier i Kirk (2010), ovi uzorci su hibridi, jer su i njihovi uzorci bili kombinacija pozitivnih i negativnih očitanja. Jedan od argumenata na osnovu kojeg možemo tvrditi da se radi o hibridima je i fenotipski izgled kultura na hranjivoj podlozi, koje odgovaraju izgledu kultura za hibride koje su ustanovili ranije navedeni autori.

Potvrda da se radi o hibridu (Slika 2) je i istraživanje koje su objavili Kirisits i Konrad (2004), gdje je izolat L/16 imao iste morfološke karakteristike kao i izolati koji su okarakterisani kao potencijalni hibridi. U kontrolisanim laboratorijskim uslovima ovaj izolat je karakterističan po koncentričnom načinu rasta, izraženom zonacijom i obilnom proizvodnjom micelija. Prema Kirisits i Konrad (2004) ovo ukazuje na mogućnost da su ovakve kulture hibridi između *O. ulmi* i *O. novo-ulmi*. Kako bismo dodatno potvrdili da je riječ o navedenoj podvrsti, izmjerena je brzina rasta kultura izolata 91 koji ima koloniju karakterističnu za podvrstu *O. novo-ulmi* ssp. *novo-ulmi*. Brzina

rasta izolata izmjerena je po metodi koja je prethodno opisana (Brasier, 1981). Utvrđena brzina rasta kulture odgovara intervalu brzine rasta za datu podvrstu koji je naveden u literaturi (Brasier 1981; 1986b).

Prema Brasier i Kirk (2001), u Nizozemskoj je 1980. godine prikupljen 171 uzorak sa stabala zaraženim gljivama roda *Ophiostoma*. Molekularnim analizama je utvrđeno da 16 izolata (9%) pripada vrsti *O. ulmi*, 14 izolata nije se moglo izdiferencirati, dok je 139 izolata pripadalo vrsti i podvrsti *O. novo-ulmi* ssp. *americana*. *O. novo-ulmi* ssp. *novo-ulmi* je utvrđena na 14 izolata. Međutim, dva izolata su imali dimorfizam vrste *O. novo-ulmi* ssp. *novo-ulmi*, a tip plodonošenja od vrste *O. novo-ulmi* ssp. *americana*. Utvrđeno je da su to prvi nalazi hibrida između ove dvije podvrste.

RAPD analizom je utvrđeno da je na istim uzorcima 70–80% izolata sadržavalo DNK od obje vrste, što nas dovodi do zaključka da se radilo o hibridima (Brasier i Kirk, 2010). Prema istom modelu provedena su istraživanja i na području Bosne i Hercegovine. Potvrda hibridizacije ovih dviju podvrsta u prirodi u Evropi su i istraživanja brojnih autora: Brasier i Buck (2001), Konrad et al. (2002), Brasier et al. (2004) Kirisits i Konrad (2004); Dvořák et al. (2007), Solla et al. (2008), te Brasier i Kirk (2010). Posmatrajući takva istraživanja može se utvrditi da je upravo područje Bosne i Hercegovine "zona hibridnosti". Isti autori navode da hibridi sadrže fenotipske karakteristike obje podvrste, koji su istog stepena agresivnosti prema brijestu i polako zamjenjuju "čiste" podvrste ovog patogena.

Zaključci

Na osnovu provedenog istraživanja mogu se donijeti sljedeći zaključci:

- Istraživanjem je obuhvaćeno 7 stabala brijesta na 3 lokaliteta, na kojima je utvrđivano prisustvo *Ophiostoma* vrsta.
- 57% stabala u uzorku je bilo zaraženo *Ophiostoma* vrstama.
- Kod četiri analizirana uzorka potvrđeni su hibridi između dvije podvrste *Ophiostoma novo-ulmi* ssp. *novo-ulmi* i *Ophiostoma novo-ulmi* ssp. *Americana*, čime je utvrđeno da područje Bosne i Hercegovine pripada "zoni hibridnosti".
- Potrebna su obuhvatnija istraživanja u narednom periodu kako bi se ustanovio areal ovog patogena na širem području Bosne i Hercegovine.

Literatura

Brasier, C. M. (1979): Dual origin of recent Dutch elm disease outbreaks in Europe, Nature, 281, 78-79.

Brasier, C. M. (1981): Laboratory investigation of *Ceratocystis ulmi*, u: Stipes, R. J., Campana, R. J. (ur.) Compendium of Elm Diseases, St. Paul, USA, APS Press, 76-79.

Brasier, C. M. (1986a): The population biology of Dutch elm disease: its principal features and some implications for other host-pathogen systems, u: Ingram, D. S., Williams, P. H. (ur.) Advances in Plant Pathology, Academic Press 5, London, New York, 55-118.

Brasier, C. M. (1986b): Comparison of pathogenicity and cultural characteristics in the EAN and NAN aggressive subgroups of *Ophiostoma ulmi*, Transactions of the British Mycological Society, 87 (1), 1-13.

Brasier, C. M., Webber, J. F. (1987): Positive correlations between *in vitro* growth rate and pathogenesis in *Ophiostoma ulmi*, Plant Pathol., 36, 462-466.

Brasier, C. M. (1990): China and the origins of Dutch elm disease: an appraisal, Plant Pathology, 39, 5-16.

Brasier, C. M. (1991): *Ophiostoma novo-ulmi* sp. nov., causative agent of the current Dutch elm disease pandemics, Mycopathologia, 115, 151-161.

Brasier, C. M., Mehrotra M. D. (1995): *Ophiostoma himal-ulmi* sp. *nov*., a new species of Dutch elm disease fungus endemic to the Himalayas, Mycological Research, 99, 205-215. doi: 10.1016/S0 953-7562(09)80887-3.

Brasier, C. M. (1996): New horizons in Dutch elm disease control, u: Report on Forest Research, Her Majesty's Stationery Office, London, 20-28.

Brasier, C. M. (2000): Intercontinental spread and continuing evolution of the Dutch elm disease pathogens, u: Dunne, C. P. (ur.) The Elms: Breeding, Conservation and Disease Management, Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, USA, 61-72.

Brasier, C. M., Buck, K. W. (2001): Rapid evolutionary changes in a globally invading fungal pathogen (Duch elm disease), Biological inovations, 3, 223-233.

Brasier, C. M., Buck, K. W., Paoletti, M., Crawford, L., Kirk, S. A. (2004): Molecular analysis of evolutionary changes in populations of *Ophiostma novo-ulmi*, Invest Agrar: Sist Recur For, 13 (1), 93-103.

Brasier, C. M., Kirk, S. A. (2010): Rapid emergence of hybrids between the two subspecies of *Ophiostoma novo-ulmi* with high level of pathogenic fitness, Plant Pathology, 59, 186-199.

Dvoŕák, M., Tomšovský, M., Jankovský, L., Novontný, D. (2007): Contribution to identify the causal agents of Dutch elm disease in the Czech Republic, Plant Protect. Sci., 43, 142-145.

Hintz, W. E., Anderson, J. B., Horgen, P. A. (1989): Relatedness of three species of *Agaricus* inferred from restriction fragment length polymorphism analysis of the ribosomal DNA repeat and mitochondrial DNA, Genome, 32, 173-178.

Hoegger, P. J., Binz, T., Heiniger, U. (1996): Detection of genetic variation between *Ophiostoma ulmi* and the NAN and EAN races of *O. novo-ulmi* in Switzerland using RAPD markers, European Journal of Forest Pathology, 26, 57-68. doi:10.1111/j.1439-0329.1996.tb00710.x.

Kirisits, T., Konrad, H. (2004): Dutch elm disease in Austria, Forest Systems, 13 (1), 81-92.

Konrad, H., Kirisits, T., Riegler, M., Halmschlager, E., Stauffer, C. (2002): Genetic evidence for natural hybridization between the Dutch elm disease pathogens *Ophiostoma novo-ulmi* ssp. *novo-ulmi* and *O. novo-ulmi* ssp. *americana*, Plant Pathology, 51, 78-84.

Liberato, J. R., Scott C. R., Dick, M. A., Inglis, C. (2006): Dutch elm disease (*Ophiostoma*), PaDIL, Updated on 7/19/2016. http://www.padil.gov.au.

Peace, T. (1960): The status and development of elm disease in Britain, Forestry Commission Bulletin, 33, 1-44.

Solla, A., Dacasa, M. C., Nasmith, C., Hubbes, M., Gil, L. (2008): Analysis of Spanish populations of *Ophiostoma ulmi* and *O. novo-ulmi* using phenotypic characteristics and RAPD markers, Plant Pathology, 57, 33-44.

Tel-Zur, N., Abbo, S., Myslabodski, D., Mizrahi, Y. (1999): Modified CTAB procedure for DNA isolation from epiphytic cacti of genera *Hylocereus* and *Selenicereus* (*Cactaceae*), Plant Molecular Biology Reporter, 17, 249-254.

Posebna izdanja ANUBiH CCXI, OPMN 29, 391-402

Molecular analysis of the presence of species *Ophiostoma* on the elm in Bosnia and Herzegovina

Summary: Within this study, the presence of pathogens of Dutch elm disease (*Ophiostoma ulmi*, *O. novo-ulmi* ssp. *novo-ulmi*, *O. novo-ulmi* ssp. *americana*, and their hybrids) was analysed molecularly in Bosnia and Herzegovina. Molecular analyses showed that a total of 4 of the 7 isolates from Elm belonged to fungi of the genus *Ophistoma* sp. It was found that the area of Bosnia and Herzegovina is a "zone of hybridity," and all four of the analysed isolates were hybrids between subspecies *O. novo-ulmi* ssp. *novo-ulmi* and *O. novo-ulmi* ssp. *americana*. This is the first study of this pathogen in Bosnia and Herzegovina.