

UNIVERZITET U BEOGRADU

ŠUMARSKI FAKULTET

Milan V. Gazdić

Edafsko stanišne karakteristike jele (*Abies alba* Mill.) u severnoj  
Crnoj Gori

Doktorska disertacija

Beograd, 2021. godine

UNIVERSITY OF BELGRADE

FACULTY OF FORESTRY

Milan V. Gazdić

Edipic habitat characteristics of silver fir (*Abies alba* Mill.) in  
northern Montenegro

Doctoral disertation

Belgrade, 2021.

# UNIVERZITET U BEOGRADU



## ŠUMARSKI FAKULTET



Doktorska disertacija

Mentor: dr Milan Knežević,  
redovni profesor

Kandidat: MSc Milan Gazdić



**„A forest of these trees is a spectacle too much for one man to see.“**

*David Douglas*

**UNIVERZITET U BEOGRADU ŠUMARSKI FAKULTET**  
**KLJUČNA DOKUMENTACIONA INFORMACIJA**

Tip dokumentacije (TD)	Monografska publikacija
Tip zapisa (TZ)	Tekstualni štampani materijal
Vrsta rada (VR)	Doktorska disertacija
Autor (AU)	mr Milan Gazdić
Mentor (MN)	dr Milan Knežević, redovni profesor
Naslov rada (NS)	Edafsko stanišne karakteristike jela (Abies alba Mill.) u severnoj Crnoj Gori
Jezik publikacije (JZ)	Srpski
Zemlja publikovanja (ZP)	Srbija
Geografsko područje (GP)	Srbija
Godina (GO)	2021
Izdavač (IZ)	Autor
Mjesto i adresa (MS)	11030 Beograd, Srbija, Kneza Višeslava 1,
Fizički opis rada (broj poglavlja/strana/literaturnih citata/tabela/grafikona/slika/karata)	Poglavlja-7 Strana-139 Literaturnih citata-157 Tabela-12 Grafikona-10 Slika-20
Naučna oblast (NO)	Šumarstvo-ekologija šuma
Naučna disciplina (DIS)	Pedologija za šumare
Predmetna odrednica/ključne reči (PO)	Bjelasica, obična jela, mješovite planinske šume, modeli rasprostranjenosti vrsta, stanišni uslovi, struktura staništa, floristički sastav
UDK	
Čuva se (ČU)	Biblioteka Šumarskog fakulteta, 11 030 Beograd, Srbija, Kneza Višeslava 1.
Važna napomena (VN)	Nema
Izvod (IZ)	
Datum prihvatanja teme od strane NN	Odluka Nastavno-naučnog veća Šumarskog fakulteta broj: 01-2/280, datum: 28.12.2016
Datum odbrane (DO)	
Članovi komisije (KO)	dr Milan Knežević, red.prof. Univerzitet u Beogradu, Šumarskog fakulteta dr Rade Cvjetičanin, red.prof.

	<p>Univerzitet u Beogradu, Šumarskog fakulteta dr Olivera Košanin, van. prof.</p> <p>Univerzitet u Beogradu, Šumarskog fakulteta dr Danka Petrović Caković, van. prof.</p> <p>Univerzitet Crne Gore</p>
--	---

**UNIVERSITY OF BELGRADE, FACULTY OF FORESTRY**  
**KEY WORDS DOCUMENTATION**

Document Type (DT)	Monographic publication
Type of Record (TR)	Textual printed article
Contains Code (CC)	Ph. D. Thesis
Author (AU)	MSc. Milan Gazdić
Mentor (MN)	Dr Milan Knežević, full professor
Title (TI)	Ediphic habitat characteristics of silver fir ( <i>Abies alba</i> Mill.) in northern Montenegro
Language of text (LT)	Serbian
Country of Publication (CP)	Serbia
Locality of Publication (LP)	Serbia
Publication Year (PY)	2021
Publisher (PB)	Author
Publication Place (PL)	11030 Beograd, Srbija, Kneza Višeslava 1,
Physical description (PD) (number of chapters/ pages/ citations/ tables/ charts /images/ maps)	<p>Number of chapters-7</p> <p>Pages-139</p> <p>Citations-157</p> <p>Tables-12</p> <p>Charts-10</p> <p>Images-20</p>
Science field (SF)	Forestry: Forest Ecology
Science discipline (SD)	Soil Science for Foresters
Subject/Key words (CX)	Bjelasica, silver fir, mixed mountain forests, species distribution models, site condition, stand structure, vegetation,
UC	

Holding Data (HD)	Library of Faculty of Forestry, Belgrade
Note (N)	None
Abstract (AB)	
Accepted by Scientific Board on (ACB)	Teaching and Scientific Council of the Faculty of Forestry number: 01-2/280, from 28.12.2016
Defended on (DE)	
Thesis Defend Board (DB)	dr Milan Knežević, full.prof. Faculty of Forestry, Belgrade; dr Rade Cvjetičanin, full.prof. Faculty of Forestry, Belgrade; dr Olivera Košanin, Faculty of Forestry, Belgrade; dr Danka Petrović Čaković, University of Montenegro.

## SADRŽAJ:

<b>1. UVOD</b> .....	<b>19</b>
1.1. OBIČNA JELA U CRNOJ GORI.....	22
<b>2. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA</b> .....	<b>26</b>
2.1. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA ŠUMA BUKVE I JELE I ŠUMA BUKVE, JELE I SMRČE	27
2.2. ADAPTACIJA OBIČNE JELE NA KLIMATSKE PROMJENE .....	30
<b>3. PROBLEMATIKA I ZADACI RADA</b> .....	<b>32</b>
3.1. CILJEVI ISTRAŽIVANJA .....	32
3.2. POLAZNE HIPOTEZE.....	33
<b>4. MATERIJAL I METOD</b> .....	<b>34</b>
4.1. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA.....	34
4.1.1. <i>Površina</i> .....	35
4.1.2. <i>Orografski uslovi</i> .....	36
4.1.3. <i>Edafski uslovi</i> .....	38
4.1.4. <i>Klimatski uslovi</i> .....	39
4.1.5. <i>Dendroflora gazdinske jedinice „Bjelasica”</i> .....	40
4.1.6. <i>Struktura šuma</i> .....	40
4.2. PRIKUPLJANJE PODATAKA NA TERENU .....	42
4.2.1. <i>Prikupljanje podataka i istraživanje vegetacije na terenu</i> .....	44
4.2.2. <i>Prikupljanje podataka i istraživanje zemljišta na terenu</i> .....	45
4.3. ANALIZA PODATAKA.....	47
4.3.1. <i>Analiza vegetacije</i> .....	47
4.3.2. <i>Florni elementi i areal tipovi</i> .....	48
4.4. PODACI NACIONALNE INVENTURE ŠUMA .....	49
4.5. KLIMATSKI PODACI.....	50
4.6. MODELI RASPROSTRANJENOSTI VRSTA .....	50
4.7. ODGOVARAJUĆE KRIVE I MAPE RASPROSTRANJENJA.....	52
4.8. STATISTIČKA ANALIZA.....	55
<b>5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA</b> .....	<b>57</b>
5.1. SORTIRANJE OGLEDNIH POVRŠINA .....	65
5.2. KLASIFIKACIJA PLANINSKIH ŠUMA.....	69
5.3. SPEKTRI ŽIVOTNIH FORMI I AREAL TIPOVA .....	72
5.4. EVALUACIJA MODELA I SELEKCIJA PROMJENLJIVIH.....	76
5.5. NIŠA OBIČNE JELE .....	78
5.6. RASPROSTRANJENOST OBIČNE JELE .....	82
<b>6. DISKUSIJA</b> .....	<b>85</b>
6.1. FIZIČKE KARAKTERISTIKE STANIŠTA.....	85



6.1.1. Osobine zemljišta.....	88
6.2. REGIONALNA I EVROPSKA KLASIFIKACIJA.....	91
6.2.1. Mješovite planinske šume bukve, jele i smrče .....	91
6.2.2. Čiste planinske šume bukve i mješovite šume bukve i jele na umjereno kiselim smeđim zemljištima .....	95
6.2.3. Heliofilne mješovite planinske šume.....	99
6.3. ŽIVOTNE FORME I AREAL TIPOVI .....	102
6.4. ZNAČAJ ISTRAŽIVANJA ZA UNAPRJEĐENJE SAVREMENOG GAZDOVANJA ŠUMAMA 103	
6.5. MODELI KLIMATSKIH NIŠA RASPROSTRANJENOSTI JELE .....	104
<b>7. ZAKLJUČCI .....</b>	<b>107</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>111</b>
<b>DODATAK.....</b>	<b>127</b>
DODATAK A: LISTA SKRAĆENICA.....	127
DODATAK B: LISTA TABELA.....	128
DODATAK C: LISTA SLIKA .....	130
DODATAK D: LISTA GRAFIKONA .....	133
DODATAK E: LABORATORIJSKA ISTRAŽIVANJA.....	135
DODATAK F: MANUALI KORIŠĆENI NA TERENU ZA PRIKUPLJANJE PODATAKA.....	137
<i>Obrazac 1</i> .....	137
<i>Obrazac 2</i> .....	138
DODATAK G: FITOCENOLOŠKA TABELA .....	139

## **Zahvalnica:**

Želim da iskažem duboko poštovanje i zahvalnost velikom broju ljudi širom Evrope, koji su mi pomogli pri izradi doktorske disertacije. Svim članovima komisije upućujem neizmjernu zahvalnost na prenesenom znanju, izdvojenom vremenu, komentarima i sugestijama.

Moja iskrena zahvalnost mentoru prof. dr Milanu Kneževiću, koji me je prihvatio kao doktoranta, pružio priliku da radim na DBU projektu u Crnoj Gori i dao korisna uputstva i savjete za vrijeme studija. Neizmjerno cijenim slobodu koju sam imao, kao i njegovo povjerenje u mene. Takođe sam zahvalan prof. dr Radetu Cvjetićaninu, dr Oliveri Košanin, vanrednom profesoru, dr Marku Peroviću, docentu, dr Saši Eremiji, na odličnoj saradnji i korisnim savjetima iz oblasti pedologije i fitocenologije.

Specijalnu zahvalnost dugujem Prof. Dr Dr h.c. Albertu Reifu, koji mi je pomogao u realizaciji dokorskog projekta, determinaciji biljnih vrsta sa oglednih površina i određivanju tipova vegetacije. Bez njegove nesebične podrške ne bi bilo moguće završiti ovo istraživanje. Zahvaljujući njegovoj nesebičnoj podršci imao sam mogućnost studiranja na Albert-Ludwigs Univerzitetu u Frajburgu (Njemačka), što je bilo neprocjenjivo iskustvo za mene.

Takođe, veliko hvala dr Klari Dološ, koja mi je pružila mogućnost da se pridružim njenom timu, omogućila pristup laboratoriji i istraživačkim objektima i pomogla kod statističke obrade podataka i modelinga. Bila mi je velika privilegija biti dio Instituta za geografiju i geoekologiju na Tehničkom Institutu u Karlsruheu (Njemačka).

Dugujem veliku zahvalnost kolegici i prijateljici dr Danki Caković Petrović, vanrednom profesoru na Prirodno-matematičkom fakultetu u Podgorici.

Posebnu zahvalnost dugujem i kolegama i prijateljima dr Marku Stojanoviću i MSc Jelici Gazdić, njihove uređivačke sposobnosti znatno su poboljšale ovu disertaciju. Takođe, zahvaljujem se i MSc Srđanu Pejoviću i Blažu Jokanoviću za pomoć kod prikupljanja podataka na terenu.

Na kraju, htio bih da se zahvalim ocu Vukomanu, sestri Jelici i vjerenici Miljani na neizmjernoj podršci i ljubavi koju su mi pružali tokom cijelog trajanja studija i pisanja ove doktorske disertacije. Ovu disertaciju posvećujem njima.

Doktorsku disertaciju finansijski je podržao DBU (Deutsche Bundesstiftung Umwelt - German Federal Environmental Foundation) i Ministarstvo poljoprivrede i ruralnog razvoja Crne Gore u okviru projekta: Unapređenje šumsko ekološke baze podataka za održivo gazdovanje i očuvanje šuma Crne Gore No. AZ 30623.

## Abstract

Silver fir (*Abies alba* Mill.), in the *Pinaceae* family, is one of the most valuable conifer trees in Europe for ecological and economic reasons. Silver fir forms a relatively large number of forest associations across Europe, either individually or with other conifers (*Picea abies*, locally *Pinus sylvestris*) or mixed with beech (*Fagus sylvatica*), maples (*Acer pseudoplatanus*, *Acer platanoides*), hop hornbeam (*Ostrya carpinifolia*) and sessile oak (*Quercus petraea*).

To characterize the subject of our research as a whole it is necessary to consider the basic regularities of distribution, ecology and interrelationships of all biogeocenoses of Silver fir forests. In doing this, we have done research on three levels. First, in the “Bjelasica” management unit (Mt Bjelasica) as an example that represents the usual habitats of Silver fir in Montenegro, we have done phytocenological research. The results of phytocenological research provide a basis for setting up a large-scale framework - regional communities of Silver fir forests and basic forest types within them. Second, based on National Forests Inventory of Montenegro (NFI), we tried to assess Silver fir niche in Montenegro. In the end we compared Silver fir niches of Montenegro and Germany.

Data on vegetation composition and physical factors were collected at 158 sites from June to September in 2014 and 2015. The plot size was 100 m<sup>2</sup>, represented homogeneous site conditions and had a shape either of 10 m × 10 m or 20 m × 5 m, depending on relief and forest structure. The structure of the vegetation was described by three layers: Field layer (height < 1 m), shrub layer (height 1–5 m) and tree layer (height > 5 m). For each layer, the occurring vascular plant species were listed and their cover abundance in the respective layer was estimated using the modified Braun-Blanquet-scale. At each site the following physical parameters were surveyed: location (latitude/longitude), land-form (terrain form, slope, aspect, curvature, elevation, terrain position), land use and soil. Soil description was done on a pit of approximately 1 m width dug to 1 m depth (or reaching the parent material), on which soil depth and pH (extraction in KCl) were recorded (from the following depths: 0–30, 30–60 and > 60 cm).

The Hellinger-transformed plot matrix was subjected to Isopam classification (non-hierarchical partitioning) to obtain floristically defined vegetation types, which were projected in ordination space by plot symbols and group centroids. The statistical relationship of species composition with site characteristics was studied by fitting variables to Non-metric multidimensional scaling (NMDS) axes 1 and 2 with 999 permutations and by testing differences between Isopam forest types displayed in boxplots by a Kruskal-Wallis test.

Species distribution models (SDMs) were calculated with MaxEnt using three different response data sets: the German national forest inventory (NFI), the Montenegrin national forest inventory (NFI) and a combined dataset. Models were fitted for each dataset for all combinations of one temperature and one precipitation related variable resulting in 49 variable combinations and 147 models in total. For each temperature and precipitation variable the sum of maxKappa values of the models containing the variable was calculated. To assess models discriminatory power for each prediction, we computed the area under the receiver operating characteristic curve (AUC) and correlation among observed and fitted values (COR). Interpretation and discussion of the results was done based on response curves and distribution maps. We selected two variable combinations to be discussed. For each dataset (Germany, Montenegro, combined dataset) response curves and distribution maps were calculated.

In total we recorded 160 species in 158 vegetation plots. The most common species was beech (*Fagus sylvatica*) (in 91% of the plots). Other common tree species were sycamore maple (*Acer pseudoplatanus*) (56%), silver fir (*Abies alba*) (52%) and spruce (*Picea abies*) (26%).

Vegetation releves were separated by the first two ordination axes. The first axis was defined by a gradient from rather low competitive species such as *Pinus nigra*, *Ostrya carpinifolia*, *Potentilla erecta*, *Populus alba*, *Populus tremula* and *Rosa canina* to competitive species in the tree layer, namely *Fagus sylvatica*. The floristic gradient of the second axis was determined by the presence of *Abies alba*, *Anemone hepatica*, *Daphne blagayana* with high scores, and *Hedera helix* and *Polytrichum formosum* with low scores. Species such as *Galium sylvaticum*, *Luzula luzuloides*, *Prenanthes*

*purpurea*, *Galeobdolon luteum*, *Rubus fruticosus* agg. and *Pteridium aquilinum* had intermediate scores on both axes.

The most significant vegetation variables were cover of trees and herbs ( $p < 0.001$ ), species richness ( $p < 0.001$ ) and Simpson diversity ( $p < 0.001$ ). The most significant site variables were elevation ( $p < 0.001$ ), temperature and precipitation ( $p < 0.001$ ).

Clustering the sample plots using the Isopam algorithm provided three plot groups, that were clearly separated in NMDS-space. The first group was located at higher altitudes (mean altitude 1218.7 m a.s.l.), where pre-cipitation was higher and temperature was lower. Also, this Isopam group was located farthest from roads and had the highest tree cover (mean 0.77). Compared to the othertwo groups, this group was moderately rich in plant species. The second Isopam group occurred at lowest altitudes (mean altitude 963.2 m a.s.l.), with higher temperature and lower precipitation. The soil depth was the largest (mean 89.15 cm) and this group was the most homogeneous (0.23 medium distance to group center in NMDS). Compared to the other two groups, this group was poorest in plant species (richness 14.68, Simpson index 0.61). Floristically, the third Isopam group clearly differed from the two others by a higher species richness and the occurrence of rather light demanding tree species such as black pine (*Pinus nigra*) and other pioneer tree species (*Populus tremula*, *Betula pendula*). Because of low tree layer cover (mean 0.51), shrub and herb layers were rich in plant species (species richness 21.07, Simpson index 0.83).

The climatic predictor variables were highly correlated. Therefore, variable selection was based the statistical procedure described above and also ecological reasoning. For Montenegro precipitation of the warmest quarter (BIO18) was the most important precipitation variable. Mean Temperature of Warmest Quarter (BIO10) and precipitation variable BIO12 were chosen considering their statistical importance, there ecological meaning and the trade-off among thethree datasets.

Modeled niches were at intermediate temperatures and precipitation relative to the climatic ranges of both countries (axes ranges) for all three datasets. Niche centers were also similar but not identical. Also the size of the niches differed considerably. The

German dataset yielded a wider niche than the Montenegrin dataset and was slightly shifted to warmer temperatures.

For each model and the projection to its corresponding region the modeled distribution matched with the current distribution of silver fir. Cross-projection of the Montenegrin niche to Germany resulted in a smaller distribution area, but at least in the same locations, i.e. in the mountainous belt of Germany's mid elevation mountains. For Montenegro it was the other way around, so that the cross-projection resulted in a broader distribution area of silver fir than using the native niche model. The projection applying the German model on Montenegro revealed the influence of a missing upper precipitation limit in the German niche.

**Key words:** Bjelasica, silver fir, mixed mountain forests, species distribution models, site condition, stand structure, vegetation,

## Rezime

Obična jela (*Abies alba* Mill.), iz porodice *Pinaceae*, podporodice *Abietoideae*, jedna je od najvrijednijih četinarskih vrsta drveća u Evropi, u ekološkom i ekonomskom smislu. Obična jela formira relativno veliki broj šumskih zajednica širom Evrope, rijetko gradi čiste sastojine, mješovite zajednice najčešće gradi sa bukvom (*Fagus sylvatica*), sa smrčom (*Picea abies*) (bez bukve) ili sa bukvom i smrčom. U ovim šumama često se javljaju i bijeli bor (*Pinus sylvestris*), gorski javor (*Acer pseudoplatanus*), javor mleč (*Acer platanoides*), crni grab (*Ostrya carpinifolia*) i hrast kitnjak (*Quercus petraea*), koji su primiješani u ovim šumama.

U ovoj doktorskoj disertaciji su prikazane osnovne zakonitosti rasprostranjenja, ekologije i međusobnih odnosa šumskih zajednica obične jele (*Abies alba*) na sjeveru Crne Gore.

Na osnovu pedoloških istraživanja u gazdinskoj jedinici „Bjelasica“ su opisani sljedeći tipovi zemljišta: smeđe kiselo zemljište – distrični kambisol na škriljcima, smeđe kiselo zemljište – distrični kambisol na pješčarima, smeđa kisela zemljišta - na krečnjacima i dolomitima.

U okviru fitocenoloških istraživanja ukupno je determinisano 160 biljnih vrsta na 158 oglednih površina. Najrasprostranjenija vrsta je bila bukva (*Fagus sylvatica*) na 91% oglednih površina. Česte drvenaste vrste su: gorski javor (*Acer pseudoplatanus*) sa 56%, obična jela (*Abies alba*) sa 52% i smrča (*Picea abies*) sa 26%.

Vegetacione grupe su razdvojene Isopam klasifikacijom, korišćenjem prve dvije ordinacione ose. Prva osa je definisana gradijentom, od prilično malo zastupljenih vrsta kao što su crni bor (*Pinus nigra*), crni grab (*Ostrya carpinifolia*), srčenjaka (*Potentilla erecta*), petoprsta bijela (*Potentilla alba*), jasika (*Populus tremula*) i pasija ruža (*Rosa canina*) do konkurentnih vrsta u sloju drveća, kao što je bukva (*Fagus sylvatica*). Floristički gradijent druge ose je definisan prisustvom obične jele (*Abies alba*), jetrenke (*Anemone hepatica*), Blagajevog likovca (*Daphne blagayana*) na većim vrijednostima bršljena (*Hedera helix*) i mahovina (*Polytrichum formosum*) na nižim vrijednostima. Vrste kao što su broćika (*Galium sylvaticum*), bekica bjelkasta (*Luzula luzuloides*), gorčika (*Prenanthes purpurea*), mrtva žuta kopriva (*Galeobdolon luteum*), kupina



(*Rubus fruticosus* agg.) i bujad (*Pteridium aquilinum*) imale su srednje vrijednosti na obe ose.

Najreprezentativnije promjenljive vegetacije su bile pokrovnost u spratu drveća i žbunja ( $p < 0.001$ ), bogatstvo vrstama ( $p < 0.001$ ) i Simpson indeks ( $p < 0.001$ ). Najreprezentativnije promjenljive staništa su bile nadmorska visina ( $p < 0.001$ ), temperatura vazduha i padavine ( $p < 0.001$ ). Što se tiče parametara zemljišta, oni nijesu bili statistički značajni.

Klastiranje uzoraka uz pomoć Isopam algoritma rezultiralo je tri grupe, koje su bile jasno razdvojene u NMDS (Nemetričko multidimenzionalno skaliranje) prostoru. Prva grupa se nalazi na višim nadmorskim visinama (srednja nadmorska visina je 1218.7 m), gdje su količine padavina veće, a temperature vazduha niže. Takođe, ova Isopam grupa se nalazi najudaljenije od saobraćajnica i ima najveću pokrovnost u spratu drveća (0.77). U poređenju sa drugom i trećom Isopam grupom, ova grupa je srednje bogata biljnim vrstama. Ova grupa je okarakterisana kao mješovite planinske šume bukve, jele i smrče *Piceo-Fago-Abietetum* Čolić 1965. Druga Isopam grupa je rasprostranjena na nižim nadmorskim visinama (srednja nadmorska visina 963.2 m), gdje su temperature vazduha veće, a količina padavina manja. Dubina zemljišta je najveća (srednja dubina zemljišta 89.15 cm) i ova grupa je bila najhomogenija (0.23 srednja udaljenost od centra NMDS). U odnosu na prvu i treću Isopam grupu, ova grupa je najsiromašnija biljnim vrstama (species richness 14.68, Simpson indeks 0.61). Ova Isopam grupa je okarakterisana kao čiste planinske bukove šume (*Fagetum montanum* Ht. 1938 s. lat.) i mješovite šume bukve i jele (*Abieti-Fagetum* (Ht. 1938) Treg. 1957 s. lat.). Floristički, treća Isopam grupa se jasno razlikuje od ostale dvije po velikom bogatstvu biljnih vrsta i po prisustvu heliofitnih i pionirskih vrsta kao što su crni bor (*Pinus nigra*), jasika (*Populus tremula*) i breza (*Betula pendula*). Zbog slabe pokrovnosti u spratu drveća (0.51), sprat žbunja i prizemni sprat su bogati biljnim vrstama (bogatstvo vrstama 21.07, Simpson indeks 0.83). Ova grupa predstavlja prelazni stadijum u razvoju šuma, na kojima se jela obnavlja, okarakterisana je kao heliofitne mješovite šume sa crnim borom (*Pinus nigra*) (*Fago-Pinetum nigrae* Em. 1981.) i crnim grabom (*Ostrya carpinifolia*) (*Erico-Ostryetum* Horvat 1959 s.l.).

Klimatski parametri su bili u međusobnoj kao i visokoj korelaciji sa vegetacijom. Stoga, selekcija promjenljivih je bila bazirana na statističkoj proceduri prethodno opisanoj ali takođe i na bazi ekoloških razloga. Za Crnu Goru najznačajnija promjenljiva za padavine je količina padavina u najtoplijem kvartalu (BIO18). Srednja temperatura vazduha za najtopliji mjesec (BIO10) i srednja godišnja količina padavina BIO12 su izabrane s obzirom na njihovu statističku važnost, njihovo ekološko značenje i odnos između tri baze podataka (NIŠ - Nacionalna inventura šuma Crne Gore, BWI II - Nacionalna inventura šuma Njemačke i NIŠ-BWI II - baza podataka u kojoj su ove dvije inventure inkorporirane).

Modeli rasprostranjenosti vrsta su računati u MaxEnt algoritmu pri čemu su korišćene različite baze podataka. Izrađeni su modeli za svaki skup podataka, za sve kombinacije jedne promjenljive vezane za temperaturu vazduha i jedne vezane za padavine, što je na kraju rezultiralo sa 49 kombinacija promjenljivih i ukupno 147 modela.

Modelirane niše bile su sa srednjim temperaturama vazduha i padavinama u odnosu na klimatske opsege obje države (opseg na osama) za sva tri skupa podataka. Centri niša su takođe slični ali nijesu identični. Takođe veličina niša se značajno razlikovala. Njemačka baza podataka davala je širu nišu od crnogorskog skupa podataka i bila je preusmjerena na toplije temperature vazduha.

Za svaki model i projekciju u određenom regionu modelirana raspodjela se podudara sa trenutnom raspodjelom obične jele. Projekcija crnogorske na njemačku nišu dovela je do manjeg područja distribucije, ali na istim lokacijama, to jest u njemačkom planinskom pojasu srednje visokih planina. Za Crnu Goru situacija je bila obrnuta, tako da je unakrsna projekcija između država rezultirala širom distribucijom obične jele nego matični model niša (Slika 12 i 16). Projekcija njemačkog modela na Crnu Goru pokazala je uticaj gornjih granica padavina u njemačkoj niši.

**Ključne riječi:** Bjelasica, mješovite planinske šume, floristički sastav, obična jela, modeli rasprostranjenosti vrsta, stanišni uslovi, struktura staništa, smeđe kiselo zemljište na škriljcima, smeđe kiselo zemljište na pješčarima, smeđe kiselo zemljište na krečnjacima i dolomitima

## 1. Uvod

Crnu Goru karakteriše visok stepen šumovitosti, šume i šumsko zemljište čine 69.4% (964.262 ha). Ukupna zapremina je procjenjena na 122 miliona m<sup>3</sup> i trenutni zapreminski prirast je 2,9 miliona m<sup>3</sup>. Srednja zapremina po hektaru iznosi 159,6 m<sup>3</sup>. Državne šume čine 52,3% dok privatne šume čine 47,7%. Visoke šume čine 51% dok su izdanačke šume zastupljene sa 48% od ukupne površine pod šumama. Većina crnogorskih šuma (78,7%) su planinske šume, koje se nalaze između 800-1.800 m nadmorske visine. Šume koje se nalaze u nacionalnim parkovima, emerald zonama i na nepristupačnim terenima čine 23,5%, od toga 5,2% su šume u nacionalnim parkovima i 14,6% su šume u emerald zonama (Dees i sar., 2013).

Uzimajući u obzir srednjeevropske šume, sve više dolazimo do zaključka da su balkanske šume jedine preostale veće prirodne šume u Evropi i da je moguće saznati istinu o pravom životu evropskih šuma kroz njih (Marinšek, 1983). Već je prisutno shvatanje da je neophodno tražiti načine da se evropske šume vrate u prirodne šume sa ciljem održivog upravljanja šumama. Struktura prirodne šume i interakcija između šumskih zajednica predstavlja prirodni izraz optimalne upotrebe i aktivacije datog staništa. Prirodne šume su veoma složene i kompleksne i veoma teško se obnavljaju. U šumarstvu Crne Gore je neophodno posvetiti više pažnje očuvanju i održivom upravljanju šumama.

Sadašnja šumska vegetacija u Crnoj Gori je rezultat uticaja tri glavna faktora: istorijska evolucija vegetacije, specifični prirodni uslovi i antropogeni uticaji.

Koliko su velike promjene u vegetaciji u odnosu na prošlost pokazuju razlike u strukturi bukovih šuma između južnog i sjevernog regiona Crne Gore. Prirodni uslovi, posebno mikroklima, osobine matičnog supstrata i tipovi zemljišta su od velikog značaja. Kroz vijekove, ljudske aktivnosti su imale veliki uticaj u promjeni vegetacijskog pokrivača. Efekti ovih aktivnosti nijesu bili jednaki u svim regionima, a posljedice nijesu uvijek bile iste. Takođe, ljudske aktivnosti različito su uticale na sastav vrsta drveća. Bilo koja intenzivnija eksploatacija četinaru u mješovitim šumama, čini da je njihova regeneracija otežana. Takođe, šumski požari su jedna od većih pretnji crnogorskim šumama. U Crnoj Gori godišnje u požarima strada skoro 1% ukupne površine pod šumama. Velike površine

šuma u Crnoj Gori propadaju zbog nedostatka blagovremene reakcije šumske operative na uticaj klimatskih promjena (Slika 1).



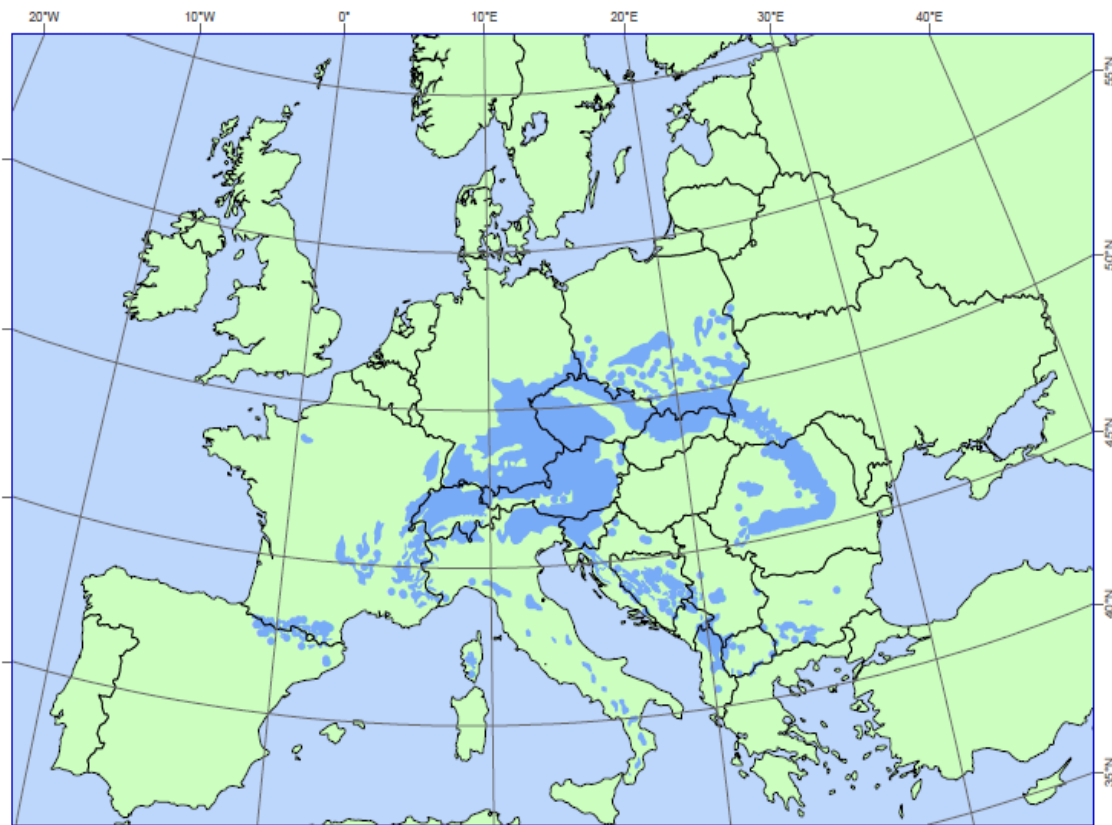
**Slika 1.** Stablo obične jele (*Abies alba*) koje je oštećeno od podkornjaka na planini Ljubišnji na sjevernu Crne Gore.

**Figure 1.** Damaged (bark beetle) silver fir (*Abies alba*) tree in the Ljubišnja Mt (north Montenegro).

Obična jela (*Abies alba* Mill.), iz familije *Pinaceae*, jedna je od najvrijednijih četinarskih vrsta u Evropi, zbog ekoloških ali i ekonomskih razloga. Ekološki, vrsta je bitna jer obezbjeđuje očuvanje biodiverziteta u šumama. Centralni korijen je dubok, uz snažno bočno korijenje obezbjeđuje stabilnost. Drvo jele je čvrsto i lagano i uglavnom se koristi za konstrukcije, namještaj, šperploče i pulpe, a mlada stabla su popularna kao božićna stabla.

Obična jela (*Abies alba*) predstavlja visoko zimzeleno četinarsko stablo, koje pod povoljnim uslovima, može dostići visinu od 60 m i starost od 500 do 600 godina (Wolf, 2003, Cvjetičanin *et al.*, 2016). U Crnoj Gori visinska amplituda rasprostranjenja jele kreće se od 500 do 2.000 m nadmorske visine. Za razliku od Crne Gore visinska amplituda u Njemačkoj je donja granica rasprostranjenja jele na 300 m nadmorske visine. Spada u sciofilne vrste drveća. Preferira duboka, bogata i rastresita zemljišta, ali je u stanju da raste i na siromašnijim i manje razvijenim zemljištima, sa različitim količinama hranjivih materija i pH vrijednostima. Obična jela (*Abies alba*) je otporna na hladna staništa ali ne podnosi kasne mrazeve, takođe je osjetljiva na požare, razne gljive, insekte i na aerozagadenje.

Prirodni areal obične jele (*Abies alba*) su planinski regioni centralne i južne Evrope, zapadna granica rasprostranjenja je na sjeveru Pirinejskog poluostrva, na istoku u istočnoj Rumuniji, sjeverna granica je u Poljskoj i Bjelorusiji, a južna na sjeveru Sicilije (Slika 2). Zbog osjetljivosti monokultura na insekatska oštećenja, plantaže obične jele su rijetke izvan prirodnih staništa (Farjon, 2010).



**Slika 2.** Areal obične jele (*Abies alba* Mill.) u Evropi ([www.euforgen.org](http://www.euforgen.org)).

**Figure 2.** Natural abundance of fir (*Abies alba*) in Europe ([www.euforgen.org](http://www.euforgen.org)).

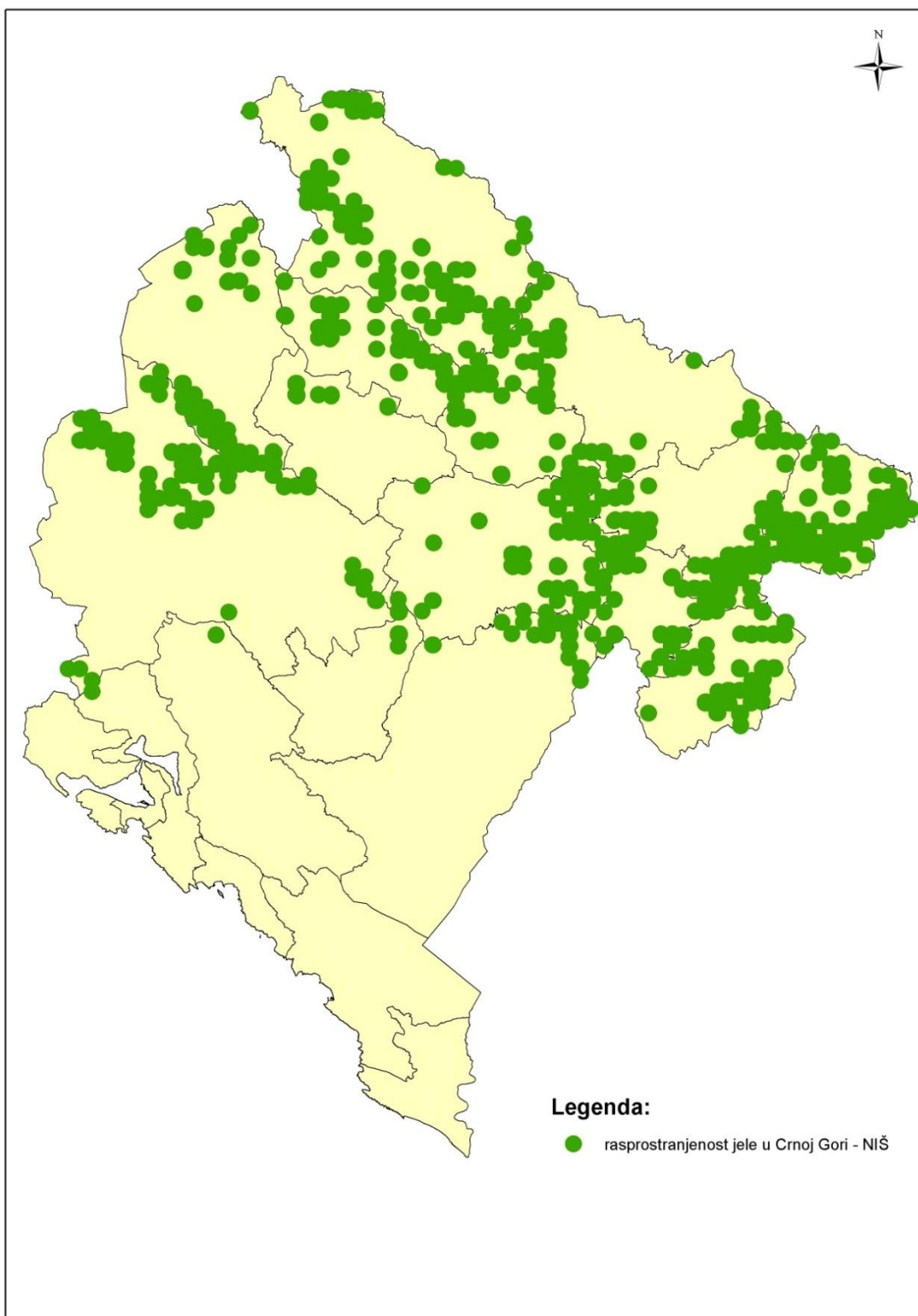
Obična jela (*Abies alba*) formira relativno veliki broj šumskih zajednica širom Evrope, rijetko gradi čiste sastojine, mješovite zajednice najčešće gradi sa bukvom (*Fagus sylvatica*), sa smrčom (*Picea abies*), bez bukve ili sa bukvom i smrčom. U ovim šumama često se javljaju i bijeli bor (*Pinus sylvestris*), gorski javor (*Acer pseudoplatanus*), javor mleč (*Acer platanoides*), crni grab (*Ostrya carpinifolia*) i hrast kitnjak (*Quercus petraea*), koji su primiješani u ovim šumama.

### 1.1. Obična jela u Crnoj Gori

Obična jela (*Abies alba*) u Crnoj Gori je uglavnom rasprostranjena na sjeveru zemlje na visokim planinama (Durmitoru, Ljubišnji, Sinjajevini, Bjelasici, Prokletijama, Vojniku, itd.). Južna granica rasprostranjenja se nalazi na planini Orjen (Dees i sar., 2013) (Slika 3).

Površina koju čini obična jela (*Abies alba*) u Crnoj Gori je 5,8% od ukupne površine pod šumama i značajno je u disproportciji sa zapreminom koja iznosi 12,5% (Dees i sar., 2013). Prema Nacionalnoj inventuri šuma Crne Gore, šume u kojima je obična jela gradijent čine 14,4% od ukupne površine pod šumama ili 32% od ukupne zapremine šuma.





**Slika 3.** Rasprostranjenje obične jele (*Abies alba*) u Crnoj Gori. tačke (ogledne površine) sa običnom jelom (izvor Nacionalna inventura šuma Crne Gore).



**Figure 3.** Silver fir in Montenegro, sampling plots with silver fir (*Abies alba*) (source National Forest Inventory of Montenegro).

U Crnoj Gori, obična jela (*Abies alba*) formira šumske zajednice samostalno ili sa bukvom (*Fagus sylvatica*) koje čine 6,1% od ukupne površine pod šumama, sa bukvom (*Fagus sylvatica*) i smrčom (*Picea abies*) 4,7%, sa smrčom (*Picea abies*) 3,6% (Dees i sar., 2013). Na manjim površinama obična jela (*Abies alba*) formira šumske zajednice sa javorima (*Acer pseudoplatanus* i *Acer platanoides*), crnim grabom (*Ostrya carpinifolia*) ili sa hrastom kitnjakom (*Quercus petraea*).

Ove zajednice su rasprostranjene na veoma različitim staništima u različitim ekološkim uslovima od vlažnih do suvljih, od izrazito acidofilnih na silikatnoj podlozi do bazičnih na krečnjacima i dolomitima, od hladnih borealnih staništa do termofilnih mediteranskih. S obzirom na veoma različite ekološke uslove u kojima se pojavljuje jela kod nje je izražen visok stepen ekotipske varijabilnosti.

## 2. Dosadašnja istraživanja

Pedološko-fitocenološka proučavanja predstavljaju preduslov za većinu praktičnih radova u šumarstvu. U ekološkoj fazi podjele šuma, pedološko-fitocenološka komponenta je neophodna i ona predstavlja sastavni dio radova pri dugoročnim planiranjima u šumarstvu (Antić i sar., 1980). Zemljište je sastavni dio šumskog ekosistema i kao takvo je predmet proučavanja primijenjene pedologije u šumarstvu. Proučavanja zemljišta služe kao osnova za čitav niz radova u šumarstvu, kao što su: planiranje održivog gazdovanja šumama, radovi na podizanju i gajenju šuma, osnivanje šumskih kultura i plantaža, radovi u rasadnicima itd. Fitocenologija, kao nauka koja se bavi proučavanjem biljnih zajednica, njihovim nastankom i razvojem, međusobnim uticajem biljnih zajednica i uticajem staništa, pruža šumarskim stručnjacima neophodna znanja o ekologiji šume kao osnove za stručne šumarske discipline. Fitocenologija nam pruža mogućnost da na osnovu poznavanja svojstvenih vrsta odredimo tip staništa, kao i vrstu i intenzitet uzgojnih mjera za određeni tip šuma. Dakle, fitocenologija i pedologija nam daju osnovne elemente za perspektivno planiranje proizvodnje u šumarstvu i za uspješno izvršenje planova gazdovanja šumama.

Ovakva istraživanja pružaju mogućnost izrade preciznih karata šumskih staništa, koja predstavljaju bazu podataka podložnu stalnim promjenama i zbog toga bi je trebalo stalno ažurirati. U Crnoj Gori, istraživanja šumskih staništa su rađena parcijalno i na pojedinim manjim lokacijama. Tako da u ovom trenutku, u Crnoj Gori ne postoji precizna karta šumskih staništa koja bi trebalo da bude osnova za izradu planova gazdovanja šumama.

Na području bivše SFRJ, rađena su mnogobrojna istraživanja šumskih staništa i uglavnom sve njene bivše republike, a sada samostalne države, imaju bazu podataka i karte šumskih staništa. U većini ovih zemalja u posljednje vrijeme radi se na ažuriranju podataka o šumskim staništima.

## 2.1. Dosadašnja istraživanja šuma bukve i jele i šuma bukve, jele i smrče

Periodične i velike klimatske promjene koje su se desile u Evropi izazvale su migraciju jele tokom posljednjih desetak milenijuma (Ballian i sar., 2016). Naime, nakon posljednje velike glacijacije, koja je trajala oko 100.000 godina, sve populacije šumskog drveća umjerene zone preživljavaju u nekoliko glacijalnih staništa na jugu Evrope i sjeverne Afrike (Willis 1994; Petit i sar., 2002a i b; Slade, 2001; Fady-Welterlen, 2005; Slade i sar., 2008). Te migracije su se dešavale, usljed otopljanja, iz glacijalnih staništa jele (*Abies alba*) na jugu Evrope (centralni Apenini, jug Balkanskog poluotoka i centralni masiv u Francuskoj), prema središnjoj, zapadnoj i istočnoj Evropi (Scarascia-Mugnozza, 2000; Luterbacher i sar., 2012), pa je na taj način formiran današnji areal jele. Široka upotreba kvalitetnog jelovog drveta doprinijela je nestajanju odnosno smanjenju površine šuma pod jelom usljed prekomjernih sječa (Mcgrath i sar., 2015). U novije vrijeme uticaj antropogenih faktora (zagađivanja zemljišta i vazduha) ima veliki uticaj na sušenje jele (*Abies alba*). Što se tiče propadanja jelovih šuma, one su najugroženije u područjima središnje Evrope (Austrija, Češka i Njemačka), gdje je jela (*Abies alba*) jako ugrožena i prijeto joj potpuni nestanak (Barbu, 1991; Badea i sar., 2004; Elling, 1993; Elling i sar., 2009; Filipiak, 2006; Filipiak i Napierała-Filipiak, 2009). Kao osnovni faktor nestajanja jelovih šuma navodi se zagađenje zemljišta i vazduha, koji obično slabe drveće i tako ga čine pogodnim za napad i razvoj raznih patogena (Richards i Wadleigh, 1952). U drugoj polovini devetnaestog vijeka Stoeckhardt (1871) je uočio propadanje jele (*Abies alba*), njegovi eksperimenti su pokazali da je to posljedica dugotrajnog izlaganja malim koncentracijama sumpor-dioksida. Početkom dvadesetog vijeka Neger (1908) u Njemačkoj je uveo termin „jela umire” (na njemačkom “Tannensterben”). Kasnije tokom dvadesetog vijeka ovaj fenomen se širio cijelom srednjom Evropom. U tom trenutku, mišljenje je bilo da su samo ugrožene sastojine koje se nalaze blizu izvora zagađenja. Bilo je zanemareno prenošenje zagađivača na veće udaljenosti (Seinfeld i Pandis, 1998).

Kao značajan stabilizator naših najvažnijih šumskih ekosistema, posljednjih godina jela je predmet proučavanja velikog broja naučnika, kako u regionu tako i u Evropi. Tako su, u posljednjih nekoliko decenija, iznesene razne hipoteze sušenja jele (*Abies alba*) u Evropi. Prvobitno se mislilo da su uzroci sušenja jele epidemije bolesti, oštećenja insekata,

neodgovarajuće upravljanje, itd (Elling i sar. 2009). Trenutno je najviše pažnje usredsrijeđeno na dvije osnovne hipoteze: sušenje jele između 1970. i 1990. godine prvenstveno je izazvano klimatskim promjenama (Cramer i Cramer-Middendorf, 1984; Becker, 1989; Becker i sar., 1990) i propadanje jele (*Abies alba*) u navedenom periodu je izazvano zagađivačima u složenoj interakciji sa klimatskim i biotičkim faktorima (Elling, 1986, 1993; Visser i Molenaar, 1992; Ellenberg, 1996; Wilson i Elling, 2004; Elling i sar., 2007, Bouriaud i Popa, 2009).

U novije vrijeme, veliki broj istraživanja se bavi proučavanjem i predviđanjem uticaja klimatskih promjena (Jump i sar., 2006), kao i adaptacije vrsta na klimatske promjene (Sarris, 2007; Thabeet i sar., 2009; Vacchiano i sar., 2012; Linares i Camarero, 2012; Dorman i sar., 2013; Tegel i sar., 2014; Castagneri i sar., 2014).

U zemljama bivše Jugoslavije, najveći broj tipoloških istraživanja je rađen u mješovitim sastojinama jele, bukve i smrče. Tako su u Bosni i Hercegovini, jedan od prvih prikaza stanja mješovitih šuma bukve, jele i smrče dali Ćirić i sar. (1976) u okviru monografije „Tipovi bukovih šuma i mješovitih šuma bukve, jele i smrče u Bosni i Hercegovini”. U novije vrijeme rađena su mnogobrojna istraživanja u ovim šumskim zajednicama na području Bosne i Hercegovine. Stupar i Čarni (2017) su radili ekološku, florističku i funkcionalnu analizu zonalne vegetacije Bosne i Hercegovine. U Republici Srpskoj na području Drinića, vršena su istraživanja mikroklimatskih karakteristika mješovitih šuma jele i smrče (*Abieti-Picetum illyricum*) (Govedar i sar., 2010). Takođe, na planini Lisini vršena su proučavanja fitocenoloških i florističkih karakteristika šume bukve, jele i smrče (*Piceo-Fago-Abietetum* Čolić 1965) (Eremija i sar., 2015). Na planini Lisina, na osnovu florističkog sastava i uslova staništa, ova trodominantna šuma je izdiferencirana na četiri subasocijacije: *drymetosum*, *oxalidetosum*, *asperuletosum* i *vaccinietosum*. Beus (2011) je istraživao ekološke i florističke karakteristike šuma bukve i jele na bazičnim eruptivima ofilotske zone u Bosni. Tom prilikom se došlo do zaključka da šume bukve i jele neutrofilnog karaktera na eutričnom smeđem zemljištu i na rankeru na gabru i diabazu nemaju značajnije florističke razlike u odnosu na šume bukve i jele na krečnjaku i dolomitu. U oba slučaja, ove šume su floristički bogate i imaju veliki broj zajedničkih vrsta. Takođe, u Bosni i Hercegovini, rađeno je istraživanje uticaja načina gazdovanja na podmlađivanje šuma bukve i jele (sa smrčom) na području Vranice, Grmeča i Konjuha.

Rezultati ovog istraživanja pokazuju da sadašnji način gazdovanja, prebirne sječe, pogoduje razvoju podmlatka jele (*Abies alba*). Ostale vrste se pojavljuju na mjestima gdje je izvršeno jače otvaranje sklopa. Tako se došlo do zaključka da bi se prebirnim sječama u budućnosti značajno povećao udio jele u odnosu na ostale vrste ove zajednice (Višnjić i Prljača, 2017). Na području Bosne i Hercegovine, u sastojinama bukve, jele i smrče rađena su istraživanja stanja i karakteristika podmlatka na planini Vitorog (Šebez i Govedar, 2019), na planini Bjelašnici (Ivojević i sar., 2018).

Što se tiče obične jele (*Abies alba*) i njenih staništa, u Hrvatskoj, u okviru monografije „Obična jela u Hrvatskoj“ (Trinajstić, 2001) dat je prikaz rasprostranjenosti, morfologije i taksonomije jele u Hrvatskoj.

U Dinarskim planinama Slovenije su vršena istraživanja promjena u sastavu sprata drveća u mješovitim šumama bukve i jele. Pritom je zabilježeno da se učešće jele (*Abies alba*) u ovim šumama smanjuje u korist bukve (*Fagus sylvatica*) (Boncina i sar., 2003).

Na području Nacionalnog parka Tara, vršena su istraživanja florističkog diverziteta šume jele, bukve i smrče (*Piceo-Fago Abietetum* Čolić 1965) (Cvjetičanin i Novaković, 2010). Na ovom području je zabilježen veliki fitocenodiverzitet, a zajednica bukve, jele i smrče predstavlja najrasprostranjeniju šumsku fitocenozu na ovom području. U okviru ove zajednice je zabilježeno 90 biljnih vrsta.

Na području planine Suvobor (Srbija), rađena su proučavanja mješovitih zajednica bukve i jele na serpentinskoj geološkoj podlozi (Cvjetičanin i sar., 2011). U okviru ovog istraživanja primijećeno je da se ova zajednica na planini Suvobor javlja na nešto manjim nadmorskim visinama (ispod 700 m n.v.) u odnosu na njeno uobičajeno visinsko rasprostranjenje u Srbiji, od 750 do 1.200 m n.v. (Tomić, 2004). Takodje je zabilježeno da se ove zajednice odlikuju siromašnijim florističkim sastavom.

Na području Zlatara (Srbija), rađena je procjena uticaja mješovitosti na proizvodnost šuma jele i smrče (Matović i sar., 2016). Procijenjeno je da mješovitost ima određeni uticaj na proizvodnost mješovitih sastojina jele i smrče. Navodi se da bi čiste sastojine imale nešto manju proizvodnost, a naročito manju otpornost i stabilnost.

Dosadašnja istraživanja šumskih zemljišta i drugih ekoloških elemenata na masivu planine Bjelasica neopravdano su veoma skromna, s obzirom na značaj bogatstva biodiverziteta.

Na teritoriji Crne Gore su rađena tipološka istraživanja na Voloderu (Jović i Tomić., 1977), i na Ljubišnji u trodominantnim sastojinama jele, bukve i smrče (Čurović i Medarević, 2003), kao i smrčevo-jelovim šumama (Čurović, 2012). U Nacionalnom parku „Biogradska gora“, rađena su istraživanja mješovitih bukovo-jelovih prašumskih zajednica (Lakušić i sar., 1991; Čurović i Medarević, 2011; Čurović i sar., 2011a; 2011b; Čurović, 2013, Motta i sar. 2015). Bogatstvo flore i veliki broj endemičnih i reliktnih biljnih vrsta, kao i visok stepen očuvanosti šuma, navode se kao osnovna ekološka karakteristika mješovitih bukovo-jelovih šuma na ovom području.

## 2.2. Adaptacija obične jele na klimatske promjene

Uzevši u obzir prirodnu potencijalnu vegetaciju na primjeru njemačke republike Bavarske, 80% staništa iz Nacionalne inventure šuma (NIŠ) je pogodno za običnu jelu (*Abies alba*), dok je samo 14% staništa sa jelom (Falk i Mellert, 2011). Usljed povećanja uticaja klimatskih promjena, obična jela (*Abies alba*) je predložena kao alternativa smrči (*Picea abies*) zbog njene veće otpornosti prema suši, oštećenjima od vjetra i potkornjaka (Elling i sar., 2009). Međutim i dalje su nepoznata sva saznanja o ekološkoj niši jele (*Abies alba*) u biogeografskim i šumskim zajednicama (Tinner i sar., 2013).

Ova neizvjesnost je uzrokovana geografskom granicom rasprostranjenja na sjeveru, koja još uvijek nije okarakterisana klimom i zemljištem (Dološ i sar., 2015; Märkel i Dolos, 2017). Štaviše, obična jela (*Abies alba*) je osjetljiva na zagađenja vazduha i česta su oštećenja od srneće divljači, zbog čega je u centralnoj Evropi posljednjih nekoliko decenija zamjenjena smrčom (Vrška i sar., 2009; Dobrowolska i sar., 2017) i zbog čega se njena ekološka niša i rasprostranjenje smanju.

Za ovakve procjene ekološke niše, nacionalne inventure šuma (NIŠ) su statistički i ekološki dobra baza. Njemačka nacionalna inventura šuma je već korišćena za izradu modela rasprostranjenosti jele (Falk i Mellert, 2011; Dološ i sar., 2015; Märkel i Dološ 2017). Međutim, naročito kod modela distribucije jele u Njemačkoj, moguće je da

ekološkoj niši nedostaju važni dijelovi. Njemačka pokriva hladnu umjerenu klimatsku zonu bez suša u poređenju sa sredozemnom ili kontinentalnom klimom. S obzirom da se jela smatra kao alternativna vrsta u šumarstvu usljed klimatskih promjena, uključujući povećanje temperature vazduha i suše, ekološka niša je presudna. Takođe, hladni i vlažni klimatski gradijenti nijesu dobro pokriveni podacima u Njemačkoj bazi podataka, s obzirom da su visoke planine prisutne samo na jugu Bavarske to ograničenje u dijelu sjeverne distribucije u pogledu klime vjerovatno nije prisutno (slika 9).

Druga zanimljiva opcija za adaptaciju šuma na klimatske promjene jeste korišćenje različitih provenijencija („ekotipova”). Možda bi bilo moguće, na primjer, obogatiti njemačke provenijencije sa provenijencijama koje su više otporne na sušu iz južnih oblasti i otpornim na niže temperature sa većih planina. Ovakva povećanja varijabilnosti ekotipova mogu povećati otpornost šuma prema klimatskim promjenama u budućnosti. Međutim, za većinu vrsta ne zna se koliko se razlike u geografskom porijeklu odražavaju na modele ekoloških niša koji koriste SDM (modeli rasprostranjenosti vrsta). U šumarstvu su poznate ekološke i genetske razlike između provenijencija, ali to ne znači da ih možemo detektovati na biogeografskoj skali koristeći SDM.

Interesovanje za ova dva aspekta, pokrivenost ekološkog gradijenta i razlika između provenijencija, bili su motiv za dio ovog istraživanja. Korišćenjem dvije nacionalne inventure šuma (crnogorska i njemačka) imali smo priliku da analiziramo klimatske niše dvije odvojene provenijencije jele. Nažalost, parametre zemljišta nijesmo mogli koristiti zbog nedostatka podataka o šumskim zemljištima u Crnoj Gori.

### 3. Problematika i zadaci rada

Šume su zbog svojih polivalentnih (opštekorisnih) funkcija najvažniji prirodni resurs i imaju opštu, globalnu važnost. Imajući u vidu klimatske promjene, stalan i ubrzan proces degradacije životne sredine, poznavanje ekoloških karakteristika i funkcionalnosti šumskih ekosistema jedan je od preduslova i nužnost za očuvanje i unaprijeđenje životne sredine.

Odavno je poznato kako je obična jela (*Abies alba*) vrlo osjetljiva vrsta na klimatske promjene i ona je danas jedna od najosjetljivijih vrsta drveća u Evropi, uprkos prednostima koje ima u svojoj ekološkoj konstituciji-intezivan korijenov sistem i duboko zakorjenjavanje, dobro podnošenje zaszene, brz oporavak od napada štetočina.

Propadanje obične jele (*Abies alba*) u Evropi, a naročito u njenom dinarskom arealu, povezano je s kompleksom promjenljivih djelovanja abiotičkih i biotičkih faktora, koji do danas nijesu dovoljno proučeni.

Šumske zajednice obične jele (*Abies alba*) su vrlo dinamični ekosistemi u kojima se unutar određenog okvira, u stogodišnjem periodu, a ponekad i u kraćim vremenskim razdobljima, mijenjaju ekološki uslovi, a prije svih klimatski uslovi. Predmet istraživanja ove doktorske disertacije su ekološko-vegetacijske karakteristike šuma jele u gazdinskoj jedinici „Bjelasica“ koja, s obzirom na raznovrsnost geološke građe orografskih, klimatskih i edafskih uslova predstavlja reprezentativan objekat za područje sjevera Crne Gore. Rezultati istraživanja biće osnova za utvrđivanje ograničavajućih stanišnih faktora na pojavljivanje i rasprostranjenje jele i analiza uticaja klimatskih promjena na distribuciju jele u gazdinskoj jedinici „Bjelasica“.

#### 3.1. Ciljevi istraživanja

Cilj istraživanja je da se definišu vegetacijsko-ekološki tipovi šuma jele u gazdinskoj jedinici „Bjelasica“ u skladu sa potrebom poboljšanja datoteke šumsko-ekoloških podataka za održivo, prirodi blisko, gazdovanje šumama u Crnoj Gori. Na osnovu rezultata proučavanja stanišnih uslova klime, zemljišta, vodnog bilansa, definisaće se ekološki limiti



i ograničavajući stanišni faktori pojavljivanja i rasprostranjenja obične jele (*Abies alba*) u odnosu na bukvu (*Fagus sylvatica*) i smrču (*Picea abies*).

Istraživački zadaci ove doktorske teze su:

- i. stanišni uslovi (tipovi staništa) u gazdinskoj jedinici „Bjelasica“;
- ii. tipovi šumske vegetacije u gazdinskoj jedinici „Bjelasica“;
- iii. ograničavajući stanišni faktori i ekološki okviri i limiti pojavljivanja i rasprostranjenja jele;
- iv. rekonstrukcija potencijalne vegetacije u gazdinskoj jedinici „Bjelasica“;
- v. analiza uticaja klimatskih promjena na distribuciju jele u gazdinskoj jedinici „Bjelasica“.

### 3.2. Polazne hipoteze

Obična jela (*Abies alba*) je vrlo osjetljiva vrsta na klimatske promjene i uprkos prednostima koje ima u svojoj biološkoj i ekološkoj konstituciji kao što su intenzivan korijenov sistem i duboko zakorjenjavanje, dobro podnošenje zasjene, brz oporavak od napada štetočina, ona je danas jedna od najosjetljivijih vrsta drveća u Evropi. Propadanje obične jele (*Abies alba*) u Evropi, a naročito u njenom dinarskom arealu, povezano je sa kompleksom promjenljivog djelovanja abiotičkih i biotičkih faktora, koji do danas nijesu dovoljno proučeni. Osjetljivost obične jele (*Abies alba*) na štetno djelovanje faktora abiotičke i biotičke prirode određuju uslovi staništa. S obzirom da se obična jela (*Abies alba*) na prostoru sjeverne Crne Gore javlja kao edifikator u različitim šumskim zajednicama i vrlo različitim ekološkim uslovima, može se očekivati da će područje rasprostranjenja jele, ukoliko se ostvare scenariji koji predviđaju klimatske promjene i veliko povećanje srednje temperature vazduha, mijenjati i da će se jela povlačiti sa suvljih staništa. Rezultati istraživanja tipova staništa i ekološko-vegetacijske karakteristike šuma jele u okviru gazdinske jedinice „Bjelasica“ predstavljaju reprezentativno model područje za sjever Crne Gore.

## 4. Materijal i metod

Karakterišući predmet istraživanja potrebno je u cjelini razmotriti osnovne zakonitosti distribucije, ekologije i međusobne odnose fitocenoza jele (*Abies alba*) na sjeveru Crne Gore. Ova istraživanja smo radili u tri faze. U prvoj fazi smo uradili fitocenološko istraživanje u gazdinskoj jedinici „Bjelasica” (Slika 4 i 5), kao jednom primjeru koji predstavlja uobičajena staništa jele (*Abies alba*) u Crnoj Gori. Rezultati fitocenoloških istraživanja su pružili osnovu za uspostavljanje obimnijih okvira – regionalnih šumskih zajednica jele (*Abies alba*) i osnovnih šumskih vrsta unutar tih zajednica. U drugoj fazi, na osnovu prethodnih istraživanja i podataka iz Nacionalne inventure šuma Crne Gore (NIŠ), smo procijenili ekološku nišu obične jele (*Abies alba*) u Crnoj Gori, koristeći modele rasprostranjenosti vrsta. Na kraju smo uporedili ekološke niše obične jele (*Abies alba*) u Crnoj Gori i Njemačkoj.

### 4.1. Područje istraživanja

Istraživanja su izvršena u gazdinskoj jedinici „Bjelasica” (42°58'26.9" sjeverne geografske širine i 19°41'06.5" istočne geografske dužine) na nadmorskim visinama od od 585 do 1.850 m nadmorske visine) (Slika 5), koja se nalazi na sjevernoj strani planinskog masiva Bjelasica. Ovaj planinski masiv se grana u četiri pravca, tako da njegova dužina i širina iznose oko 30 km. Površina masiva je 630 kilometara kvadratnih i on se prostire na teritoriji opština Kolašin, Mojkovac, Bijelo Polje, Berane i Andrijevica. Bjelasica se nalazi između dvije velike rijeke Lim i Tara, a sa sjeverne strane Lepenica i Ljuboviđa. Geološka podloga na planini je vulkanskog porijekla. Najviši vrh Bjelasice je Crna glava, visok 2.139 metara. Na Bjelasici se nalazi i Nacionalni park Biogradska gora (površine 5.400 hektara) u čijem sklopu je i Biogradsko jezero (na 1.099 metara nadmorske visine). Takođe, u okviru nacionalnog parka se nalazi i prašuma, u kojoj je zabilježeno preko 80 vrsta drveća i ogromna stabla jele (*Abies alba*) koja dostižu visinu i do 50 metara.

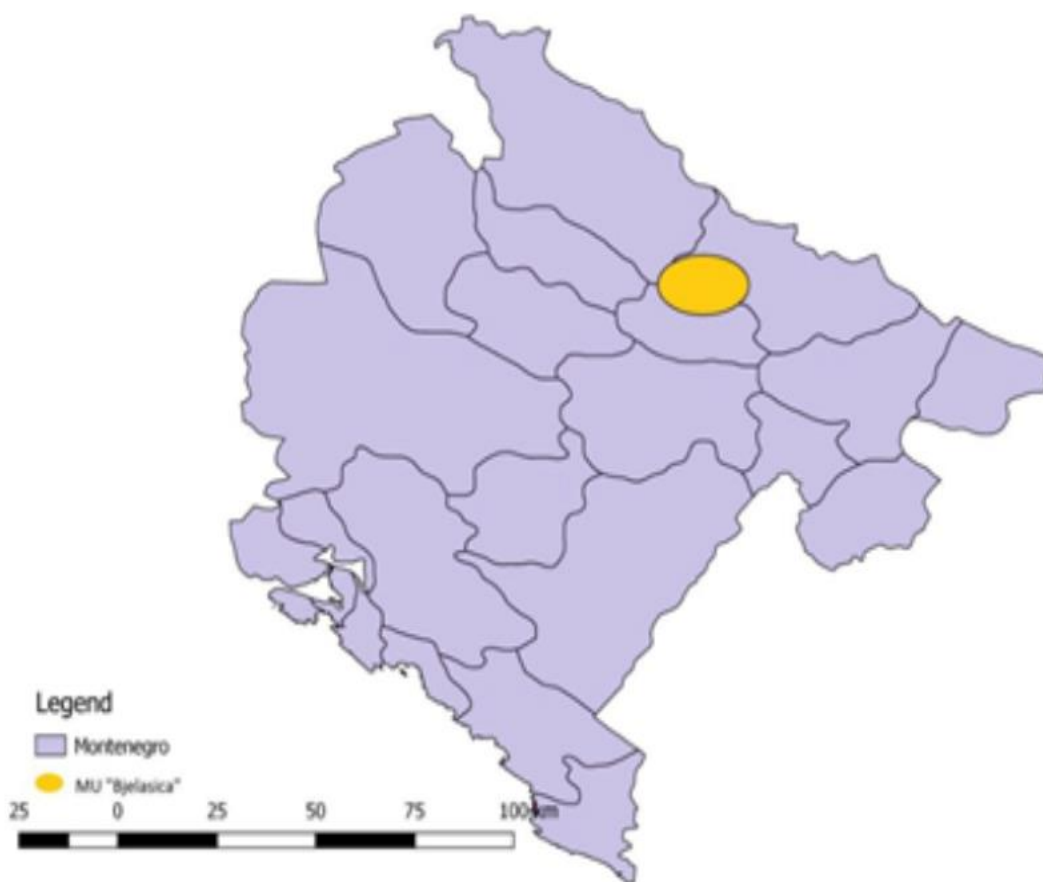


**Slika 4.** Mješovite planinske šume bukve, jele i smrče u gazdinskoj jedinici „Bjelasica” na 1.750 m nadmorske visine.

**Figure 4.** Mixed mountain forest in management unit “Bjelasica” 1.750 m a.s.l.

#### 4.1.1. Površina

Površina Gazdinske jedinice „Bjelasica” je 9.205 ha, od čega šumske površine čine 57% (Plan gazdovanja gazdinskom jedinicom „Bjelasica” za period 2003.-2013. godine).



**Slika 5.** Položaj istraživačkog područja, gazdinska jedinica „Bjelasica”, planina Bjelasica, Crna Gora (Izvor: DIVA-GIS).

**Figure 5.** Position of investigation area, Management Unit “Bjelasica”, mountain Bjelasica, Montenegro (Source of the map: DIVA-GIS).

#### 4.1.2. Orografski uslovi

Geološka podloga i hidrografski uslovi su imali značajan uticaj na formiranje reljefa na ovom području. Veliki broj rijeka (Bistrica, Rakitska i Čelinska rijeka) i potoka (Balijski potok i Đuren) sa strmim vodotocima, spuštaju se sa obronaka Bjelasice u smjeru jug-sjever. Mnogobrojni vodotoci su duboko uklesali svoja korita. Između vodotoka su grebeni koji se uglavnom pružaju u pravcu jug–sjever. Najniža tačka u gazdinskoj jedinici je 585 m nadmorske visine, a najviša je 1.850 m. Iznad 1.000 m se nalazi oko 52 % šuma (Tabela 1).

**Tabela 1.** Šumske površine u procentima prema rasprostranjenju na datim nadmorskim visinama.

**Table 1.** Forest area (%) to the altitude (forest area by altitude).

Nadmorska visina (m)	Površina šuma (%)
601-800	17
801-1.000	31
1.001-1.200	23
1.201-1.400	14
1.401-1.600	13
1.601-1.800	2

Glavna karakteristika ovog područja su umjereno strme do strme padine, 53% šumskih površina se nalazi na srednje strmim terenima (11-20°), a 43% na strmim (21-30°) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Šumske površine u procentima prema nagibu terena.

**Table 2.** Forest area by the type of slope.

Vrsta nagiba	Površina šuma (%)
Ravan teren	1
Blago nagnut teren	1
Umjereno strm teren	53
Strm teren	43
Veoma strm teren	2

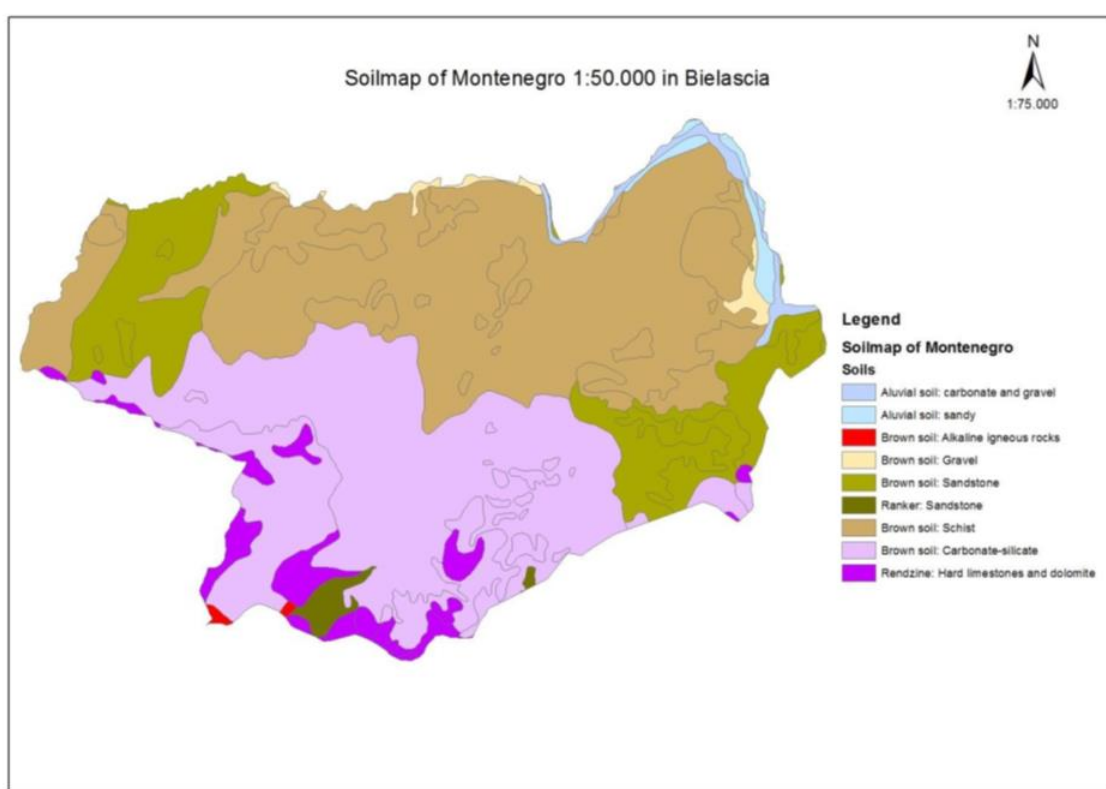
Većina padina eksponirana je sjevernim ekspozicijama. Preovlađujuća izloženost terena je sjeveru (N, NE i NW) oko 77% gazdinske jedinice.

#### 4.1.3. Edafski uslovi

Geološka podloga u gazdinskoj jedinici je veoma raznolika. Na višim nadmorskim visinama su zastupljeni krečnjaci, dolomiti i mješovita krečnjačko-dolomitska trijaža, što čini oko 45% površine. Na nižim nadmorskim visinama gazdinske jedinice se nalaze kvarcni pješčari i škriljci (Slika 6).

Dolomitski krečnjaci i dolomiti se javljaju na sjevernim padinama Bjelasice, izgrađeni su od sitnog i srednjezrnog kristalastog kalcita, različitih su osobina, najčešće jedri i masivni (Živaljević i sar., 1982).

Pješčari i škriljci se pojavljuju u određenim zonama u dolinama rijeka Tare i Lima, kao i njihovim pritokama. Ove zone se šire na Bistricu, lijevu pritoku Lima, koja protiče kroz gazdinsku jedinicu „Bjelasica”. Često se ove stijene naizmjenično smjenjuju, tako da je nekada veoma teško potpuno jasno odvojiti zemljišta koja se javljaju na pješčarima i ona koja se nalaze na škriljcima.

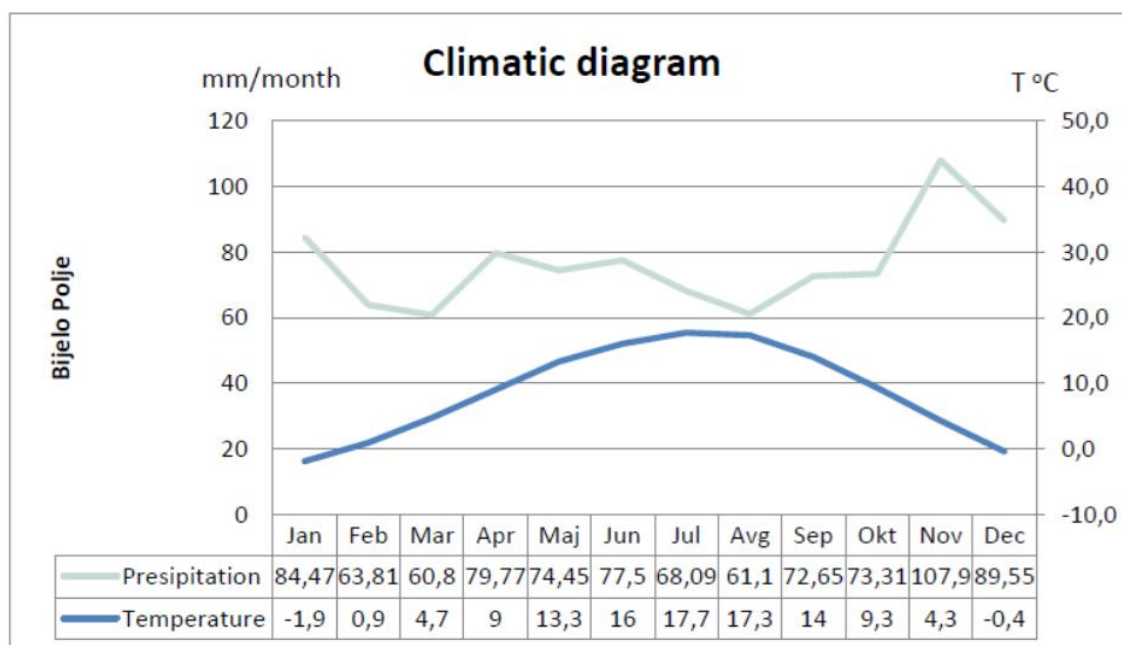


**Slika 6.** Zemljište u gazdinskoj jedinici „Bjelasica” na osnovu mape zemljišta Crne Gore (1:50.000) (Fušić i Đuretić, 2000).

**Figure 6.** Soils of the test area Bjelascia based on the soil map of Montenegro (1:50.000) (Fušić i Đuretić, 2000).

#### 4.1.4. Klimatski uslovi

Na ovom području je zastupljena kontinentalno-planinska klima. Prema podacima Hidrometeorološke stanice „Bijelo Polje” (606 m n.v.), srednja temperatura vazduha (1961-1990) za zimski period iznosila je 2,8 °C a 15,1 °C za ljetnji period, dok je srednja godišnja temperature vazduha bila 8,7 °C. Srednja godišnja količina padavina bila je 905 mm (Graf.1).



**Grafikon 1.** Srednje mjesečne temperature vazduha i padavine mjerene na hidrometeorološkoj stanici „Bijelo Polje” (606 m NN).

**Graph 1.** Annual course of temperature and precipitation of the climatic station “Bijelo Polje” (606 m a.s.l.).

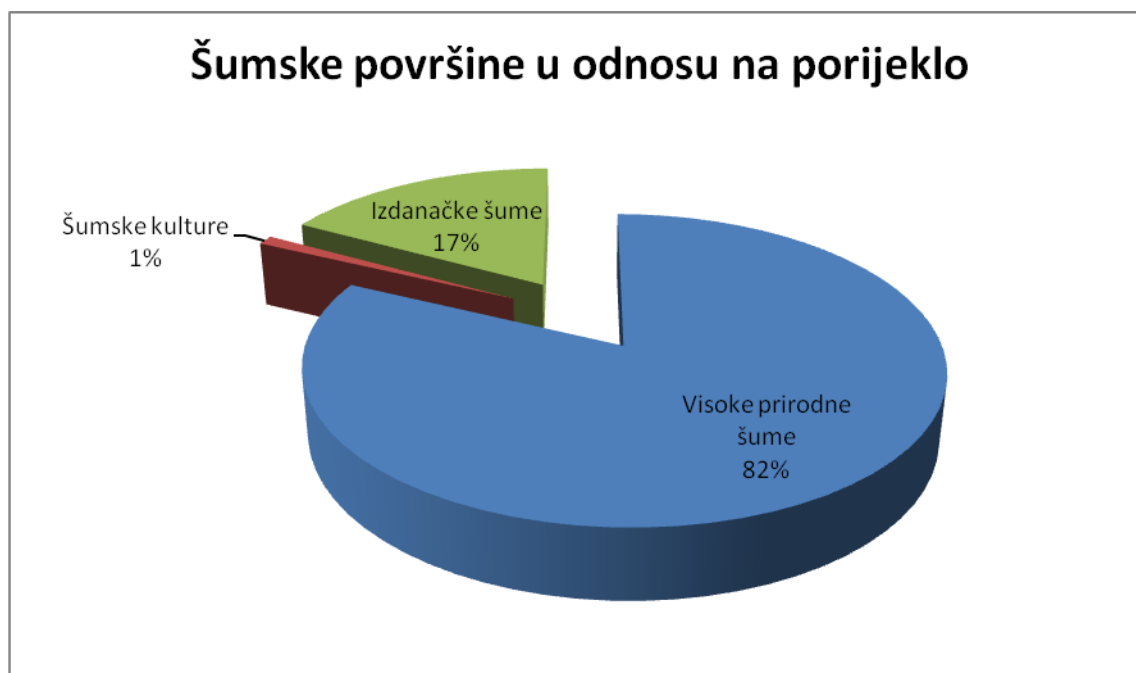


#### 4.1.5. Dendroflora gazdinske jedinice „Bjelasica”

Prema Planu gazdovanja gazdinskom jedinicom „Bjelasica” za period 2003-2013 najrasprostranjenije vrste drveća su: bukva (*Fagus sylvatica*) sa 62,9%, obična jela (*Abies alba*) sa 8,3%, breza (*Betula pendula*) sa 5,9%, crni grab (*Ostrya carpinifolia*) sa 3,7%, jasika (*Populus tremula*) sa 3,7%, gorski javor (*Acer pseudoplatanus*) sa 3,4%, hrast kitnjak (*Quercus petraea*) sa 2,7%, smrča (*Picea abies*) sa 2,5% i cer (*Quercus cerris*) sa 2% (tabela 3). Takođe u gazdinskoj jedinici je zastupljena i subendemska vrsta munika (*Pinus heldreichii*) sa 0,2 % (cca 50 ha). Ostatak površina se nalazi pod poljoprivrednim zemljištem, pašnjacima ili golim stijenama. Područje ima dugu istoriju ljudskih aktivnosti, uključujući i veliko prisustvo domaćih životinja i iskorišćavanja šuma.

#### 4.1.6. Struktura šuma

Visoke prirodne šume u gazdinskoj jedinici „Bjelasica” čine oko 82% od ukupne površine pod šumama, što predstavlja značajnu razliku od prosjeka na nivou cijele državne teritorije koja iznosi oko 50%. Izdanačke šume čine 17%, a šumske kulture 1% (Graf. 2).



**Grafikon 2.** Struktura šuma gazdinske jedinice „Bjelasica” u odnosu na porijeklo šuma.



**Graph 2.** The forest area in the growing forms in management unit “Bjelasica”.

Ekonomске šume čine 79%, a zaštitne šume čine 21% od ukupne površine pod šumama. Zaštitne šume se u najvećem dijelu nalaze na veoma strmim terenima i blizu izvora i riječnih tokova.

**Tabela 3.** Najrasprostranjenije vrste drveća u procentima prema zapremini u gazdinskoj jedinici „Bjelasica“.

**Table 3.** The most widespread tree species by volumen in the management unit „Bjelasica“.

<b>Vrste</b>	<b>Zapremina (%)</b>
<i>Fagus sylvatica</i>	62,9
<i>Abies alba</i>	8,3
<i>Betula pendula</i>	5,9
<i>Ostrya carpinifolia</i>	3,7
<i>Populus tremula</i>	3,7
<i>Acer pseudoplatanus</i>	3,4
<i>Quercus petraea</i>	2,7
<i>Picea abies</i>	2,5
<i>Quercus cerris</i>	2,0
<i>Carpinus betulus</i>	1,8
<i>Pinus nigra</i>	0,6
<i>Pinus silvestris</i>	0,3
<i>Pinus heldreichii</i>	0,2

Šumska zapremina visokih šuma je oko 760.000 m<sup>3</sup>, srednja zapremina po hektaru je 209 m<sup>3</sup>. Zapremina izdanačkih šuma je oko 170.000 m<sup>3</sup>, dok je srednja zapremina po hektaru 150 m<sup>3</sup>. Tekući godišnji prirast četinarara je oko 3.600 m<sup>3</sup> ili 14%, a lišćara oko 22.000 m<sup>3</sup> ili 86%.

**Tabela 4.** Distribucija zapremine u procentima po debljinskim klasama.

**Table 4.** Distribution of volume by diameter classes.

<b>Prečnik</b>	<b>Zapremina (%)</b>
<30 cm	65 %
31- 50 cm	24 %
>50 cm	11 %

Što se tiče debljinske strukture, 65% zapremine je ispod prečnika od 30 cm, a 11% zapremine čine stabla prečnika većeg od 50 cm (Tabela 4).

## **4.2. Prikupljanje podataka na terenu**

Fitocenološka istraživanja su obavljena na 158 oglednih površina u ljetnjem i jesenjem aspektu od juna do septembra mjeseca 2014. i 2015. godine. Konceptualne karte, koje su korišćene kao osnova za dizajniranje oglednih površina, uključivale su strukturu terena, klimatske zone i matični supstrat. Izbor parcela se vrši u Microsoft Excel, a slučajno uzorkovanje je izvršeno uz pomoć GIS-a. Dizajn uzorkovanja fokusira se na prostorne karakteristike, tj. osigurano je da sve klase budu zastupljene, sve nadmorske visine, sve klase insolacije, kao i sve forme reljefa. Drugi cilj je bio smanjenje vremena i troškova putovanja, zbog toga što neki dijelovi gazdinske jedinice nijesu pristupačni. Da bi se postigla oba cilja, razvijena je mreža uzoraka zasnovana na nepreklapajućim kvadratima, dimenzija 500 x 500 m. Opšta šema je stratifikovana slučajnim uzorkovanjem i postupak formiranja jedinica je bio sljedeći: svaka klasa reljefa je bila prisutna, klasa nadmorske visine, klasa solarne insolacije. Na kraju je odabrana parcela (kvadrat) koja obuhvata sve jedinice sa jednakom vjerovatnoćom, a na kraju je svaka jedinica uzorkovana nasumično. Kao dodatni uslov, svaki sloj („layer”) je bio uzorkovan najmanje dva puta. Ovakav pristup je obezbijedio da budu obuhvaćeni svi relevantni tipovi šumske vegetacije. U prvoj godini istraživanja (2014.) je postavljeno 38, a u drugoj (2015.) 120 oglednih površina.

Ogledne površine predstavljaju homogene stanišne uslove, njihova površina je 100 m<sup>2</sup>, dimenzije 10 × 10 m ili 20 × 5 m, u zavisnosti od reljefa i strukture šuma (Slika 7). U

slučaju da ogledna površina pada na put ili neki drugi objekat, parcela je pomjerana. Pomjerenje ogledne površine se vrši ako je moguće ne više od 20 m, a ako to nije moguće ona se mijenja drugom oglednom površinom.



**Slika 7.** Položaj i površina oglednih površina, koje su korišćene za prikupljanje podataka na terenu.

**Figure 7.** Design of sampling plots.

Na svakoj lokaciji (oglednoj površini) su zabilježeni sljedeći fizički parametri: koordinate (geografska širina i dužina), oblik terena (forma terena, nadmorska visina, nagib, položaj terena, aspekt, vrsta padine), način korišćenja površine i opis zemljišta. Prikupljeni podaci su bilježeni u manuale (Prilog F).

Pored podataka koje smo prikupili na terenu, takođe smo koristili i klimatske mape koje smo dobili od Zavoda za Hidrometeorologiju i seizmologiju Crne Gore. Udaljenost puteva (javnih i šumskih) smo računali uz pomoć karata koje smo dobili od Uprave za šume Crne Gore.

U statističkim analizama smo koristili sljedeće promjenljive: floristički biodiverzitet, Simpson indeks, pokrovnost biljnih vrsta po spratovima (sprat drveća, žbunja i prizemne flore), nadmorska visina, nagib terena, pH zemljišta, dubina zemljišta, udaljenost od puteva i ekspaniranosti terena sjeveru (N, NE, NW).

#### 4.2.1. Prikupljanje podataka i istraživanje vegetacije na terenu

Podatke fitocenoloških istraživanja unosili smo u obrasce za prikupljanje podataka i istraživanje vegetacije na terenu (Prilog F). Floristički sastav na oglednim površinama je bilježen po spratovima: sprat prizemne flore (visina < 1 m), sprat žbunja (visina od 1 do 5 m) i sprat drveća (visina > 5 m).

**Tabela 5.** Modifikovana Braun-Blanquet-skala (Ellenberg i Mueller-Dombois, 1974; Van der Maarel, 1979), koja je korišćena za određivanje brojnosti i pokrovnosti biljnih vrsta prilikom opisa flore na terenu.

**Table 5.** Modified Braun-Blanquet-scale (Mueller-Dombois i Ellenberg, 1974; Van der Maarel, 1979).

	Opis
R	<1% pokrovnost, Brojnost biljnih vrsta 1-3 individue/oglenoj površini
+	<1% pokrovnost, 4-10 individua/oglenoj površini
1	1-5% pokrovnost, 10-50 individua/oglenoj površini
2m	1-5% pokrovnost, >50 individua/oglenoj površini
2a	6-15% pokrovnost, obilna (>50 individua/oglenoj površini)
2b	16-25% pokrovnost, obilna (bez obzira na brojnost primjeraka)
3	26-50%, pokrovnost, obilna (bez obzira na broj primeraka biljke se nalaze u manjim grupama )
4	51-75%, pokrovnost, obilna (bez obzira na broj primeraka biljke se nalaze u velikim grupama )
5	76-100%, pokrovnost, obilna (bez obzira na broj primeraka biljke se nalaze u jako velikim grupama )

Za svaki sprat su navedene biljne vrste i njihova pokrovnost, pri čemu je korišćena modifikovana Braun-Blanquet skala (Tabela 5) (Ellenberg i Mueller-Dombois 1967; Ellenberg i Mueller-Dombois, 1974; Van der Maarel, 1979). Na kraju, zabilježena je pokrovnost svakog sprata. Determinacija biljnih vrsta rađena je po: Pignatti (1982), Tutin i sar. (1993) i Domac (1994a, 1994b), Sarić (1986).

#### 4.2.2. Prikupljanje podataka i istraživanje zemljišta na terenu

Osnovni zadatak terenskih istraživanja zemljišta je bio opažanje i izučavanje spoljašnje i unutrašnje morfologije zemljišta i njihovog odnosa prema pedološkim faktorima.

Za pedološka proučavanja na terenu, pored topografske, geološke, vegetacijske, hidrološke i klimatološke karte, koristili smo i sljedeći alat: obrazac za terenska proučavanja i opis zemljišta (Prilog F) kao i pisaći i crtaći pribor, operaciona karta, svrdlo za bušenje zemljišta, oruđe potrebno za otvaranje pedoloških profila (kramp, ašov, lopata), špatla, četka, sprej sa vodom, lupa, nož, fotografski aparat, pH metar, Munselov atlas boja zemljišta i pribor za uzimanje uzoraka zemljišta za laboratorijsku analizu (serija papirnatih i plastičnih vrećica).

Nakon pronalaženja lokacije ogledne površine na terenu, pristupa se izboru mjesta za kopanje pedološkog profila (vertikalni presjek zemljišta). U našim istraživanjima, pedološke profile smo otvarali na sredini donje strane ogledne površine (Slika 7). Za kopanje pedoloških profila smo koristili: kramp, ašov i lopatu. Dimenzije zemljišnih profila su bile: širina 1 m i dubina 1 m (ili do dubine matičnog substrata) (Slika 8). Na pedološkim profilima smo vršili morfogenetska proučavanja. Na vertikalnom presjeku zemljišta odnosno čelu profila, bilježili smo građu profila, a zatim smo vršili izdvajanje, obilježavanje i opisivanje genetskih horizonata zemljišta. Horizonte smo izdvajali na osnovu morfoloških svojstava: boja, tekstura, kompaktnost, struktura, prisustvo skeleta, dubina razvoja korjenovog sistema biljaka, poroznost, sadržaj humusa, prisustva kalcijum-karbonata i reakcija zemljišta. Pored prikaza morfogenetskih svojstava, za svaki horizont smo navodili i dubinu na kojoj se nalazi. Rezultate proučavanja smo unosili u obrasce za terenska proučavanja i opis pedoloških profila (Prilog F, Obrazac 1).

Boju zemljišta smo određivali pomoću Munselovog atlasa boja („Munsell’s soil color charts”). Teksturu zemljišta određivali smo „probom prstima”. Kompaktnost zemljišta smo



određivali nožem. Zemljišna struktura je karakteristično svojstvo za tip zemljišta ujedno i jedan od glavnih faktora njegove plodnosti. Na terenu smo vizuelno određivali veličinu i oblik strukturnih agregata kao i stepen izraženosti. Određivanje prisustva kalcijum-karbonata smo vršili 10 % rastvorom HCl. Reakciju zemljišta smo određivali pomoću pehametra (Model HELLIGE, proizvođač Stelzner, Njemačka). Na svakom profilu je zabilježena pH na dubinama: 0–30, 30–60 i > 60 cm.



**Slika 8.** Zemljišni profili, otvoreni u gazdinskoj jedinici „Bjelasica”, koji su korišćeni u pedološkim istraživanjima.

**Figure 8.** Soil profails from management unit “Bjelasica”.

Nakon morfogenetskih proučavnja, a u cilju dodatne provjere, na svim oglednim površinama smo vršili sondažu odnosno bušenje zemljišta svrdlima. Na taj način smo provjeravali da li dobijeni opis zemljišta sa zemljišnog profila odgovara cijeloj oglednoj

površini. Na samom kraju smo sa određenog broja zemljišnih profila uzimali uzorke zemljišta za laboratorijska proučavanja.

Uzorkovanje zemljišta je izvršeno sa reprezentativnih profila, a rezultati ispitivanja fizičkih i hemijskih svojstava zemljišta prikazani su tabelarno (Prilog E).

### **4.3. Analiza podataka**

#### **4.3.1. Analiza vegetacije**

U analizi vegetacije pojava jedne vrste u spratu drveća, žbunja ili prizemnom spratu tretirale su se pojedinačno. Vrste koje su se pojavljivale u manje od 3% oglednih površina su bile isključene iz analize jer nijesu smatrane relevantnim. Podaci o vegetaciji su transformisani uz pomoć Hellinger transformacije (kvadratni korjen pokrovnosti podjeljen ukupnom sumom pokrovnosti u bazi podataka) korišćenjem R-paketa „vegan“ (Legendre i Gallagher 2001). Ogledne površine su sortirane nemetričkim višedimenzionalnim skaliranjem (NMDS, Oksanen i sar., 2016), korišćenjem „Bray–Curtis“ različitosti, sa tri ose, što je podređeno smanjenju stresa. Ovaj metod nam je omogućio vizuelizaciju nivoa sličnosti pojedinačnih podskupova skupa podataka.

Transformisana Hellinger matrica bila je podvrgnuta Isopam klasifikaciji (nehijerarhijska podjela) po metodu Schmidtlein i sar., (2010) da bi se dobili floristički definisani tipovi vegetacije, koji su projektovani u ordinacijskom prostoru simbolima ravni i grupnim centroidima (Van der Maabel, 1979). Ovaj algoritam se zasniva na ordinaciji i prostornom dijeljenju. Ordinacije (izometrijsko mapiranje osobina po Tenenbaum i sar., 2000) i prostorno dijeljenje (podjela oko reprezentativnih prestavnika „medoids“, Kaufman i Rousseeuw, 1990) se primjenjuju učestalo sa različitim parametrima sve dok se ne dobiju ordinacije i dijelovi skupa (particije) sa visokom vjerovatnoćom vrsta za određenu grupu lokacija. Procjena vjerovatnoće je zasnovana na standardizovanoj G statistici (Botta-Dukat i sar., 2005) i uključuje broj vrsta sa visokom vrijednošću standardizovanog G kao i same vrijednosti. Isopam se može koristiti hijerarhijski ili nehijerarhijski sa ili bez optimizacije klastera (prethodno određivanje ili neodređivanje broja klastera). Mi smo koristili nehijerarhijski i sa prethodnom optimizacijom broja klastera Isopam. Isotab je funkcija

koja izračunava tabelu konstantnosti (Tabela 9) na osnovu Isopam rezultata. U gornjem dijelu tabele su navedene tipične vrste prema značaju za pojedine klastere (prema f koeficijentu asocijacije, Tichy i Chytry, 2006) u kombinaciji sa maksimalnom vrijednošću Fishers testa (Fisher, 1922). U donjem dijelu tabele se nalaze vrste sa opadajućom frekvencijom.

Različito vrsta u spratu je određena kao bogatstvo vrsta (species richness) i primjenjen je Simpson indeks koji predstavlja mjeru raznolikosti gde se uzima u obzir broj prisutnih vrsta kao i obilje svake vrste. Heterogenost u florističkom smislu unutar tipova šuma, je izračunata kao srednje rastojanje u ordinationom prostoru (ose 1+2) oglednih površina od centra dobijenih odgovarajućih tipova šuma.

Odnos sastava vrsta i uslova staništa lokacije statistički je analiziran pomoću odgovarajućih varijabli u NMDS (nemetričko višedimenzionalnom skaliranju) osama 1 i 2 sa 999 permutacija (Oksanen i sar., 2016) i ispitivanjem razlika između Isopam šumskih tipova prikazanih u kvadratima „Kruskal-Wallis“ testa.

#### **4.3.2. Florni elementi i areal tipovi**

Kategorizacija taksoma u florne elemente je određena prema Meusel i sar. (1965, 1978, i 1992) i Pignatti (1982), dok je grupisanje flornih elemenata u areal tipove izvršeno prema biljno-geografskoj klasifikaciji Stevanovića (1992).

Značenje korišćenih akronima dato je prema abecednom redu: Centralno Evropski (CEUR), Centralno Evropsko Mediteranski (CEMED), Centralno Evropsko planinski (CEM), Centralno Južno Evropsko planinski (CSEM), Evro-Azijski (EAZ), Holarktički (HOL), Kosmopolitski (KOSM), Mediteransko-submediteranski (MED-SUBMED), Mediteransko Pontski (MED PONT), Južno-Evropsko planinski (SEM). Predstavljeni horološki i biološki spektri uključuju i pokrovnost biljaka, a ne samo njihovo prisustvo fitocenološkim relevantnostima. Nazivi šumskih fitocenoza dati su prema Tomić i Rakonjac (2013).



#### 4.4. Podaci nacionalne inventure šuma

Koristili smo podatke o običnoj jeli (*Abies alba*) dobijene iz Nacionalnih inventura šuma Crne Gore (NIŠ) i Njemačke NIŠ (Bundes Wald Inventur - BWI II).

Podaci iz BWI II (njemačke Nacionalne inventure šuma) su sakupljani sa svake ivične ogledne površine (kvadratnog oblika), na primjer prisustvo vrste na nekoj od četiri ogledne površine rastera je zabilježeno kao prezentujuća koordinata. Opis njemačke Nacionalne inventure šuma (NIŠ) može da se nađe kod Tomppo (2009) i Polley i sar. (2010). Nacionalna inventura šuma (NIŠ) Crne Gore (2013) prati sličan obrazac (2 km raster), ali ogledne površine su krugovi, a ne kvadrati kao u slučaju BWI II (njemačke Nacionalne inventure šuma) (Dees i sar., 2013).

## 4.5. Klimatski podaci

WorldClim verzija 1.4, rezolucije 0.5 minuta, je korišćena u istraživanju (Hijmans i sar. 2005). Sledeće varijable su korišćene i razmatrane u dijelu selekcija varijabli (Tabela 6).

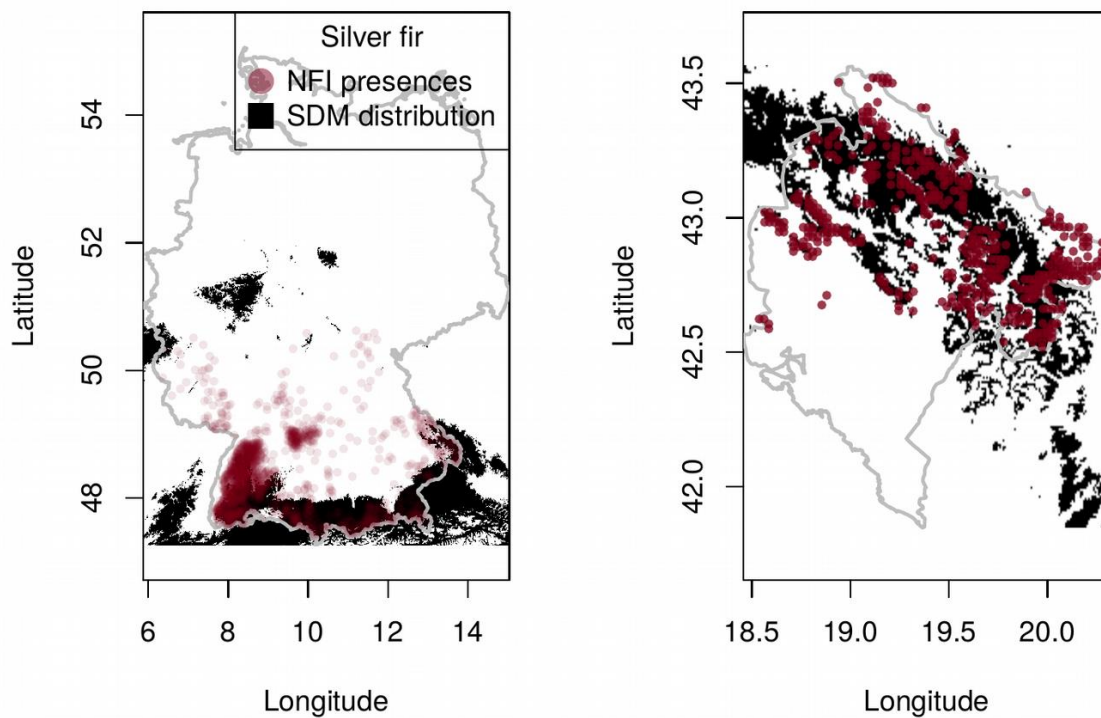
**Tabela 6.** Klimatske varijable razmatrane u selekciji varijabli.

**Table 6.** Climate variables considered in the variable selection.

Temperature vazduha		Padavine	
Bio1	Srednja temperature vazduha	Bio12	Srednja količina padavina
Bio5	Maksimalna temperature u najtoplijem mjesecu	Bio13	Srednja količina padavina u najvlažnijem mjesecu
Bio6	Minimalna temperature u najhladnijem mjesecu	Bio14	Srednja količina padavina u najsušnijem mjesecu
Bio8	Srednje temperature najvlažnijeg kvartala	Bio16	Srednja količina padavina u najvlažnijem kvartalu
Bio9	Srednje temperature najsušnijeg kvartala	Bio17	Srednja količina padavina u najsušnijem kvartalu
Bio10	Srednje temperature najtoplijeg kvartala	Bio18	Srednja količina padavina u najtoplijem kvartalu
Bio11	Srednje temperature najhladnijeg kvartala	Bio19	Srednja količina padavina u najhladnijem kvartalu

## 4.6. Modeli rasprostranjenosti vrsta

Za računanje SDMs (modela rasprostranjenosti vrsta) koristili smo MaxEnt (Elith i sar. 2011) i tri različite i odgovarajuće baze podataka: NIŠ (Nacionalna inventura šuma Crne Gore), BWI II (Nacionalna inventura šuma Njemačke) i kombinovana baza podataka (NIŠ-BWI II) Crne Gore i Njemačke (Slika 9). Modeli su postavljeni za svaki skup podataka i za sve kombinacije jedne temperaturene promjenljive i jedne promjenljive koja se tiče padavina. To je rezultiralo ukupno 49 kombinacija promjenljivih i 147 modela.



**Slika 9.** Rasprostranjenost obične jele (*Abies alba*) u obje države (Crna Gora i Njemačka) na osnovu NIŠ (Nacionalne inventure šuma) podataka (NFI presences) i model rasprostranjenosti jele (SDM distribution).

**Figure 9.** NFI (National forest inventory) presences for silver fir (*Abies alba*) for the two regions, Germany and Montenegro, and model projections.

U Crnoj Gori i Njemačkoj obična jela (*Abies alba*) je uglavnom rasprostranjena na srednje visokim i visokim planinama. U Njemačkoj obična jela je uglavnom ograničena na jug zemlje, mada postoje klimatski pogodne oblasti dalje na sjeveru (Slika 9).

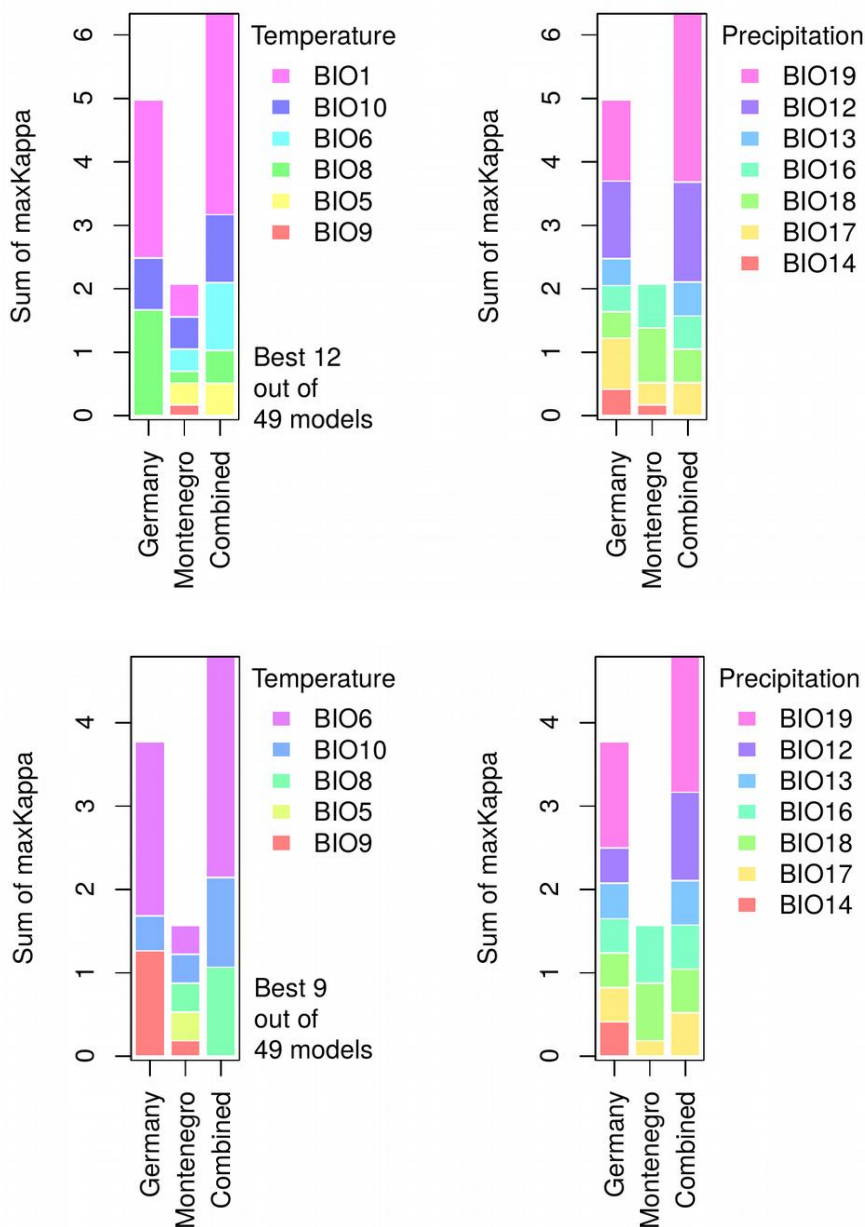
Za svaku bazu podataka crnogorsku (NIŠ), njemačku (BWI II) i kombinovanu (NIŠ- BWI II) najbolja 1/4 ( $n = 12$ ) i 1/5 ( $n = 9$ ) modela baziranih na maxKappa se koriste za odlučivanje o značaju promjenljivih. Za svaku promjenljivu temperature vazduha i padavina je računata suma maxKappa vrijednosti modela koji sadrže promjenljivu. Da bi se procjenile diskriminatorne sposobnosti modela za svako predviđanje, izračunavali smo oblast ispod karakteristične radne krive (AUC) i korelaciju između posmatranih i ugrađenih vrijednosti (COR). Na osnovu ovog statističkog pristupa odabran je najbolji skup prediktora (procenjivača) uzimajući u obzir snažnu korelaciju između „bioclim” –

promjenljivih, ekoloških saznanja i značaja promjenljivih za sve tri Nacionalne inventure šuma crnogorsku (NIŠ), njemačku (BWI II) i kombinovanu (NIŠ - BWI II) bazu podataka.

#### **4.7. Odgovarajuće krive i mape rasprostranjenja**

Interpretacija i diskusija rezultata je urađena na osnovu odgovarajuće krive i mape rasprostranjenja. Mi smo odabrali dvije kombinacije promjenljivih za diskusiju. Za svaku bazu podataka crnogorsku (NIŠ), njemačku (BWI II) i kombinovanu (NIŠ- BWI II) prikazana je odgovarajuća kriva i računata su mape rasprostranjenja.

Koristili smo funkciju („threshold”) na osnovu maxKappa za sve grafikone. Za odgovarajuće krive „threshold” je računat uobičajeno, na osnovu kalibriranih baza podataka. Za mape rasprostranjenja, „threshold” je računat na osnovu odgovarajuće NIŠ (Nacionalna inventura šuma) baze podataka i podloge (background) tačaka za odgovarajući region odnosno državu, gdje nije bila neophodna kalibracija podataka.



**Slika 10.** 12 najboljih modela („best“ 1/4).

**Figure 10.** The best 12 models (best 1/4).

Uzevši u obzir 12 najboljih modela („best“ 1/4), za sve tri baze podataka, srednja godišnja temperatura vazduha (temperature) (BIO1) je imala najveću sumu maxKappa, a zatim srednja temperatura vazduha najtoplijeg kvartala (BIO10). Što se tiče padavina (precipitation), srednja količina padavina najhladnijeg kvartala (BIO19) je najbolje rangirana za njemačku i kombinovanu bazu podataka, zatim slijedi srednja godišnja količina padavina (BIO12). Za Crnu Goru, najznačajnija promjenljiva bila je srednja

količina padavina za najtopliji kvartal (BIO18). Kada se uzmu u obzir manji modeli u odabiru promjenljivih (best 1/5) rezultati za padavine su isti sa istim promjenljivim i čak istim rangiranjem. Kod temperatura vazduha, srednja godišnja temperatura vazduha (BIO1) je opala na rang listi najboljih modela i rang lista se promijenila, a minimalna temperatura vazduha najhladnijeg mjeseca je pokazala najbolje rezultate (Slika 10).

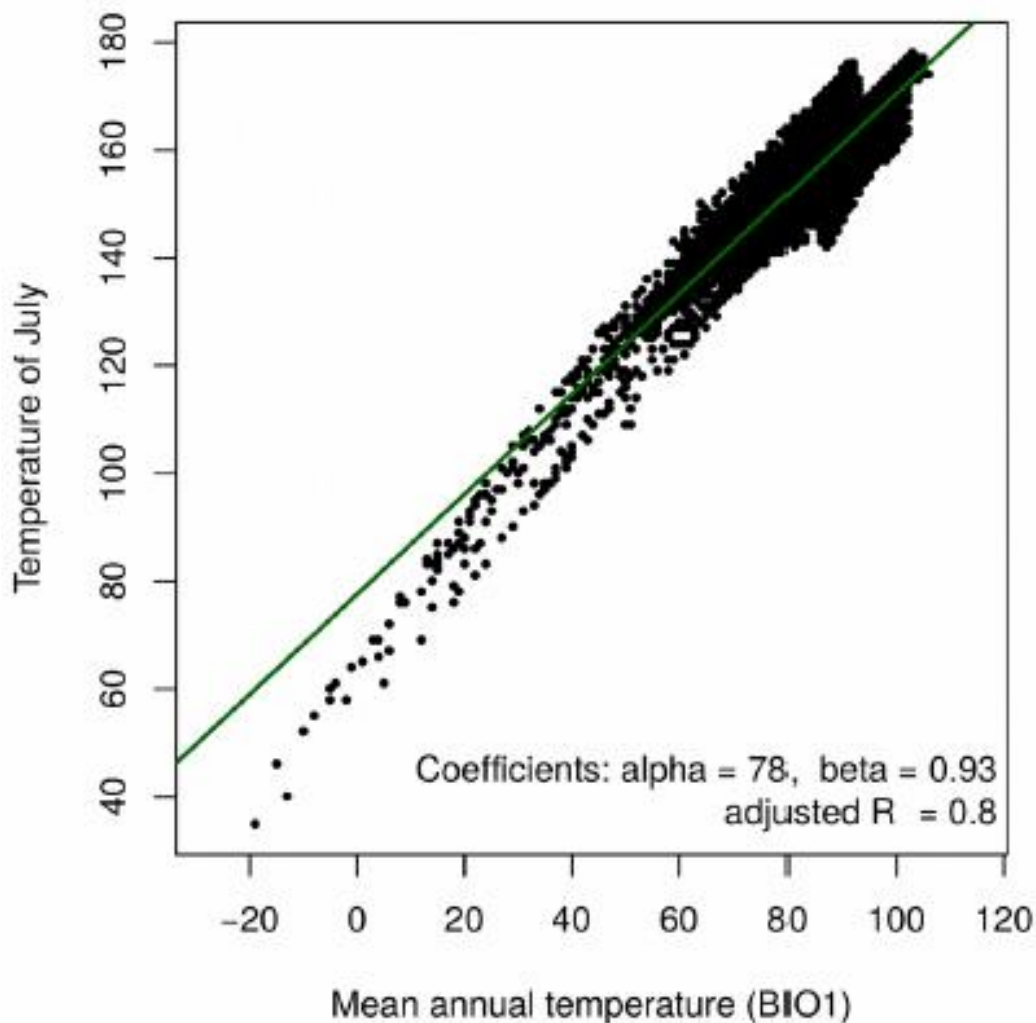
**Tabela 7.** Kvalitativne mjere za odabrane modele. BIO1 = Srednja godišnja temperatura vazduha, BIO10 = Srednja temperatura vazduha najtoplijeg kvartala; BIO12 = Srednja godišnja količina padavina.

**Table 7.** Quality measures for the selected models. BIO1 = Annual Mean Temperature; BIO10 = Mean Temperature of Warmest Quarter; BIO12 = Annual Precipitation.

Model	AUC <sup>1</sup>	Primećena korelacija/uklapanje r	maxKappa
Crna Gora BIO 10 i BIO 12	0,85	0,24	0,17
Crna Gora BIO1 i BIO12	0,84	0,24	0,17
Njemačka BIO10 i BIO12	0,85	0,34	0,33
Njemačka BIO1 i BIO12	0,85	0,35	0,32
Kombinovana baza podataka BIO10 i BIO12	0,90	0,49	0,45
Kombinovana baza podataka BIO1 i BIO 12	0,89	0,49	0,46

Da bismo mogli upoređivati naše modele niša sa onim opisanim u Tinner i sar. (2013) (Graf. 10, Slika 13), pretvorili smo parametre niša u standardnu devijaciju promjenljive BIO1 do raspona u julskim temperaturama vazduha. Izračunata je linearna regresija za kombinovane regione ( $t_{Jul} = \alpha + \beta \cdot t_{annual}$ , Graf. 3).

<sup>1</sup> Površina ispod krive (Area under curve).



**Grafikon 3.** Transformacija srednje godišnje temperature vazduha (mean annual temperature) (BIO1) u temperature vazduha u julu (temperature of July) je urađena na osnovu regresije ove dvije promjenljive za kombinovane regione.

**Graph 3.** Transformation of mean annual temperature (BIO1) to temperature in July was done based on a regression of these two variables in the combined study region.

#### 4.8. Statistička analiza

Statistička analiza podataka i izrada modela je izvršena u statističkom program R, verzija 3.4.2. (R Core Team 2017) korišćenjem paketa: *raster* (Bivand i sar., 2008.; Chambers,

2009; Hijmans, 2014), *rgdal* (Bivand i sar., 2015), *colorRamps* (Keitt, 2015), *dismo* (Hijmans i sar. 2017), *vegan* (Oksanen i sar. 2015), *classInt* (Bivand i sar. 2018).



## 5. Rezultati istraživanja

Na osnovu fitocenoloških istraživanja determinisano je 160 vrsta biljaka na 158 oglednih površina (Tabela 8, Dodatak G). Najčešća vrsta je bila bukva (*Fagus sylvatica*) koja se pojavljuje se na 91% oglednih površina (Tabela 9). Posle bukve najzastupčenije drvenaste vrste su: gorski javor (*Acer pseudoplatanus*) (56%), obična jela (*Abies alba*) (52%) i smrča (*Picea abies*) (26%). Najčešće zeljaste biljne vrste su: bujad (*Pteridium aquilinum*) (52%), broćika (*Galium silvaticum*) (48%), mrtva kopriva žuta (*Galeobdolon luteum*) (41%) i šumska jagoda (*Fragaria vesca*) (38%).

**Tabela 8.** Sažeta statistika područja i raznolikosti 158 oglednih površina u planinskim šumama u gazdinskoj jedinici „Bjelasica“, sjeverna Crna Gora.

**Table 8.** Area and diversity summary statistics of 158 sampled plots in a mountain forest in the man-agement unit “Bjelasica“ of northern Montenegro.

Parametar	Vrijednosti
Površina (ha)	9.205
Ukupna površina oglednih površina (ha)	1,61
$\alpha$ (srednji broj biljnih vrsta po oglednoj površini)	16
$\gamma$ (ukupan broj biljnih vrsta)	160

**Tabela 9.** Konstantna tabela koju predviđa Isopam, pokrovnost vrste po tipu šume (%); nivo signifikantnosti u odnosu na Isopam algoritam: < 0,0001 \*\*\*; < 0,001 \*\*;<0,01 \*; Siva boja: indikatorske vrste.

**Table 9.** Constancy table as provided by Isopam classification; species occurrences per forest type (%); significance levels according to Isopam output: < 0,0001 \*\*\*; < 0,001 \*\*;<0,01 \*; gray shading: the diagnostic species.

<b>Vrste</b>	<b>Mješovite planinske šume bukve, jele i smrče</b>	<b>Planinske šume bukve i jele</b>	<b>Heliofilne mješovite planinske šume</b>
<b>Kolona</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Broj oglednih površina po klasteru</b>	<b>61</b>	<b>72</b>	<b>25</b>
<b><i>Sprat drveća</i></b>			
<i>Abies alba</i>	61***	5***	12*
<i>Picea abies</i>	21**	7	0*
<i>Fagus sylvatica</i>	94	97*	64***
<i>Pinus nigra</i>	0**	0**	40***
<i>Populus tremula</i>	6	7	32***
<i>Ostrya carpinifolia</i>	3*	8	32***
<i>Quercus petraea</i>	1**	7	32***
<i>Betula pendula</i>	35**	15*	20
<i>Acer pseudoplatanus</i>	17	7	16
<i>Pyrus pyraeaster</i>	1,3	0	0,6
<i>Fraxinus excelsior</i>	0	0,6	0,6
<b><i>Sprat žbunja</i></b>			

<i>Abies alba</i>	90***	21***	12***
<i>Fagus sylvatica</i>	92	97	76*
<i>Pteridium aquilinum</i>	6**	25*	24
<i>Pinus nigra</i>	3	0**	36***
<i>Ostrya carpinifolia</i>	1***	11	36***
<i>Corylus avellana</i>	4*	8	32***
<i>Quercus petraea</i>	0*	0	24***
<i>Acer pseudoplatanus</i>	17	8*	40**
<i>Populus tremula</i>	10	3*	32**
<i>Juniperus communis</i>	6	0**	24**
<i>Picea abies</i>	22	15	8
<i>Betula pendula</i>	10	15	12
<i>Fraxinus excelsior</i>	7	5	16
<i>Prunus avium</i>	3	2	12
<i>Rhamnus fallax</i>	1,9	0	0
<i>Crataegus oxyacantha</i>	0	0,6	1,3
<i>Rosa canina</i>	1,3	0	0
<i>Salix caprea</i>	0,6	0,6	0
<i>Sambucus nigra</i>	0,6	0,6	0
<b><i>Sprat prizemen flore</i></b>			
<i>Galeobdolon luteum</i>	51**	34	20*
<i>Rubus fruticosus</i>	35*	16	20
<i>Oxalis acetosella</i>	39***	16	4**
<i>Abies alba</i>	78***	41*	8***
<i>Fagus sylvatica</i>	92	89	72*
<i>Acer pseudoplatanus</i>	62	43**	76*

<i>Viola odorata</i>	46*	10****	68****
<i>Luzula forstery</i>	38	23*	44
<i>Anemone apennina</i>	19	5**	28
<i>Rubus idaeus</i>	42*	62	64
<i>Quercus petraea</i>	4****	30**	28
<i>Ostrya carpinifolia</i>	0****	18*	20
<i>Lamium galeobdon</i>	2*	24**	18
<i>Fragaria vesca</i>	19****	41	88****
<i>Populus tremula</i>	25	11****	76****
<i>Rosa canina</i>	14	7**	64****
<i>Euphorbia amygdaloides</i>	14**	25	60****
<i>Pinus nigra</i>	3*	0****	52****
<i>Luzula luzuloides</i>	12	3**	44****
<i>Hipericum perforatum</i>	0**	2	28****
<i>Quercus cerris</i>	11	16	32*
<i>Veronica urticifolia</i>	3**	13	28**
<i>Fraxinus excelsior</i>	10*	20	32*
<i>Pteridium aquilinum</i>	38**	56	80**
<i>Juniperus communis</i>	6	7	24*
<i>Corylus avellana</i>	4	7	20*
<i>Potentilla erecta</i>	0	0	16****
<i>Galium sylvaticum</i>	56	38	48
<i>Festuca drymeia</i>	18*	38*	28
<i>Picea abies</i>	25	28	28
<i>Aremonia agrimonioides</i>	28	21	32
<i>Viola sylvestris</i>	24	25	24

<i>Geranium robertianum</i>	11	21	28
<i>Dentaria bulbifera</i>	14	16	8
<i>Vaccinium myrtillus</i>	11	13	12
<i>Epimedium montanum</i>	15	13	0*
<i>Betula pendula</i>	7	13	16
<i>Dryopteris filix-mas</i>	8	15	4
<i>Prenanthes purpurea</i>	11	7	12
<i>Anemone nemorosa</i>	4	18**	0
<i>Chamaenerion angustifolium</i>	7	7	8
<i>Luzula sylvatica</i>	4	11*	0
<i>Galium odoratum</i>	6	7	8
<i>Sorbus aucuparia</i>	7	3	8
<i>Sambucus nigra</i>	4	7	4
<i>Asarum europaeum</i>	6	3	8
<i>Daphne blagayana</i>	11**	0*	0
<i>Mercurialis perennis</i>	3	7	8
<i>Saxifraga rotundifolia</i>	7	0*	8
<i>Hedera helix</i>	1	10*	0
<i>Anemone hepatica</i>	8*	2	0
<i>Athyrium filix-femina</i>	1	8*	0
<i>Hieracium sp.</i>	0	1	8*
<i>Crataegus oxyacantha</i>	1	1	4
<i>Helleborus odorus</i>	3	1	1
<i>Polystichum aculeatum</i>	0	4	1
<i>Hepatica triloba</i>	0	3	1
<i>Allium ursinum</i>	0	0,6	2,4

<i>Epilobium angustifolium</i>	1,3	1,3	0
<i>Potentilla alba</i>	2,5	0	0
<i>Atropa belladonna</i>	0,6	1,3	0,6
<i>Polytrichum formosum</i>	0,6	0,6	1,3
<i>Polygala vulgaris</i>	1,9	0,6	0
<i>Hypericum perforatum</i>	1,9	0	0,6
<i>Sanicula europaea</i>	0	1,9	0,6
<i>Calamintha nepeta</i>	1,9	0	0,6
<i>Lonicera alpigena</i>	0	1,9	0,6
<i>Dryopteris dilatata</i>	0	1,9	0
<i>Polystichum lonchitis</i>	0,6	1,3	0
<i>Clematis vitalba</i>	0,6	0	1,3
<i>Pyrus pyraster</i>	1,3	0,6	0
<i>Pulmonaria officinalis</i>	0	0,6	1,3
<i>Trifolium repens</i>	1,9	0	0
<i>Galium lucidum</i>	1,9	0	0
<i>Sedum acre</i>	1,9	0	0
<i>Euonymus latifolia</i>	0	1,9	0
<i>Prunus avium</i>	0	0	1,9
<i>Poa nemoralis</i>	0	0	1,9
<i>Agrimonia eupatoria</i>	0,6	0,6	0,6
<i>Hieracium tomentosum</i>	1,3	0,6	0
<i>Verbascum divisma</i>	0	1,3	0,6
<i>Ruscus hypoglossum</i>	0	0,6	1,3
<i>Colchicum autumnale</i>	0,6	0,6	0
<i>Veronica odorata</i>	0,6	0,6	0

<i>Polygonatum multiflorum</i>	0,6	0,6	0
<i>Epipactis helleborine</i>	0,6	0,6	0
<i>Heracleum sphondylium</i>	0,6	0,6	0
<i>Circaea lutetiana</i>	0,6	0,6	0
<i>Achillea millefolium</i>	0,6	0	0,6
<i>Urtica dioica</i>	0,6	0	0,6
<i>Polystichum setiferum</i>	0	0,6	0,6
<i>Lunaria rediviva</i>	0	0,6	0,6
<i>Carex pendula</i>	0	0,6	0,6
<i>Daphne mezereum</i>	0	0,6	0,6
<i>Polypodium vulgare</i>	0	0,6	0,6
<i>Hieracium bauhinia</i>	1,3	0	0
<i>Convallaria majalis</i>	1,3	0	0
<i>Campanula pyramidalis</i>	1,3	0	0
<i>Juniperus nana</i>	1,3	0	0
<i>Briza minima</i>	1,3	0	0
<i>Stachys officinalis</i>	1,3	0	0
<i>Carduus nutans</i>	1,3	0	0
<i>Globularia cordifolia</i>	1,3	0	0
<i>Trifolium medium</i>	1,3	0	0
<i>Leontodon crispus</i>	1,3	0	0
<i>Thymus alpestris</i>	1,3	0	0
<i>Carex silvatica</i>	1,3	0	0
<i>Homogyne alpina</i>	1,3	0	0
<i>Asperula scutellaris</i>	1,3	0	0
<i>Geum urbanum</i>	1,3	0	0

<i>Paris quadrifolia</i>	0	1,3	0
<i>Neottia nidus-avis</i>	0	1,3	0
<i>Coronilla coronate</i>	0	1,3	0
<i>Euphorbia angulate</i>	0	1,3	0
<i>Geranium sylvaticum</i>	0	1,3	0
<i>Lilium martagon</i>	0	1,3	0
<i>Tussilago farfara</i>	0	0	1,3
<i>Pinus silvestris</i>	0	0	1,3
<i>Sorbus aria</i>	0	0	1,3
<i>Lonicera nigra</i>	0	0	1,3
<i>Glechoma hirsute</i>	0	0	1,3
<i>Asplenium viride</i>	0	0	1,3

Vrste koje se rijetko pojavljuju (kolona/zastupljenost):

Sprat drveća: *Pinus silvestris* 1/0,6; *Hedera helix* 1/0,6; *Salix caprea* 2/0,6; *Corylus avellana* 3/0,6; *Acer campestre* 3/0,6; *Quercus cerris* 3/0,6.

Sprat žbunja: *Sorbus torminalis* 1/0,6; *Euonymus latifolia* 1/0,6; *Sorbus aucuparia* 1/0,6; *Epilobium angustifolium* 1/0,6; *Ulmus glabra* 1/0,6; *Prenanthes purpurea* 1/0,6; *Pyrus pyraister* 1/0,6; *Lonicera nigra* 1/0,6; *Tilia cordata* 2/0,6; *Alnus incana* 2/0,6; *Hedera helix* 2/0,6; *Malus sylvestris* 3/0,6; *Quercus cerris* 3/0,6.

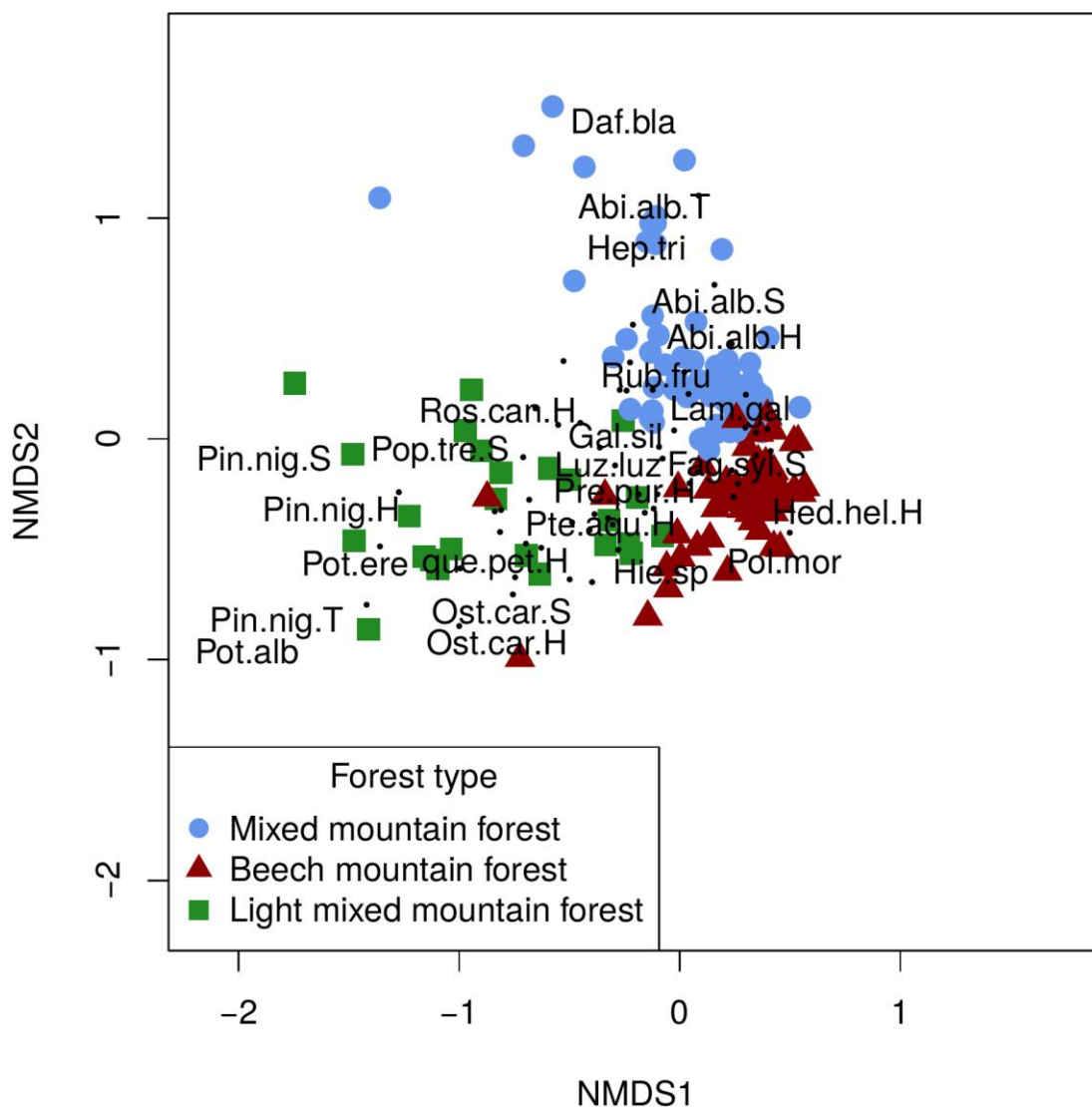
Sprat prizemne flore: *Polypodium vulgare* 1/0,6; *Cirsium sp.* 1/0,6; *Pinus heldreichii* 1/0,6; *Avenella flexuosa* 1/0,6; *Sesleria autumnalis* 1/0,6; *Brachypodium silvaticum* 1/0,6; *Campanula bertolae* 1/0,6; *Thymus serpyllum* 1/0,6; *Trifolium pretense* 1/0,6; *Gentiana asclepiadea* 1/0,6; *Salix caprea* 1/0,6; *Acer platanoides* 1/0,6; *Astragalus glycyphyllos* 1/0,6; *Cynodon dactylon* 1/0,6; *Plantago major* 1/0,6; *Asarum europaeum* 1/0,6; *Phyllitis scolopendrium* 1/0,6; *Sedum ochroleucum* 1/0,6; *Thalictrum aquilegifolium* 1/0,6; *Linaria vulgaris* 1/0,6; *Euonymus latifolia* 1/0,6; *Fritillaria montana* 1/0,6; *Pyrola secunda* 1/0,6; *Asperula longiflora* 1/0,6; *Ligusticum cornubiense* 1/0,6; *Hypericum maculatum* 2/0,6;



*Ajuga reptans* 2/0,6; *Senecium sp.* 2/0,6; *Ceterach officinarum* 2/0,6; *Lotus corniculatus* 2/0,6; *Dryopteris dilatata* 2/0,6; *Asperula purpurea* 2/0,6; *Veratrum album* 2/0,6; *Helianthemum alpestre* 2/0,6; *Plantago lanceolata* 2/0,6; *Silene vulgaris* 2/0,6; *Veronica officinalis* 3/0,6; *Salvia glutinosa* 3/0,6; *Saxifraga crustata* 3/0,6; *Rhamnus fallax* 3/0,6; *Acer campestre* 3/0,6; *Dianthus sp.* 3/0,6; *Muscari racemosum* 3/0,6; *Bromus sp.* 3/0,6.

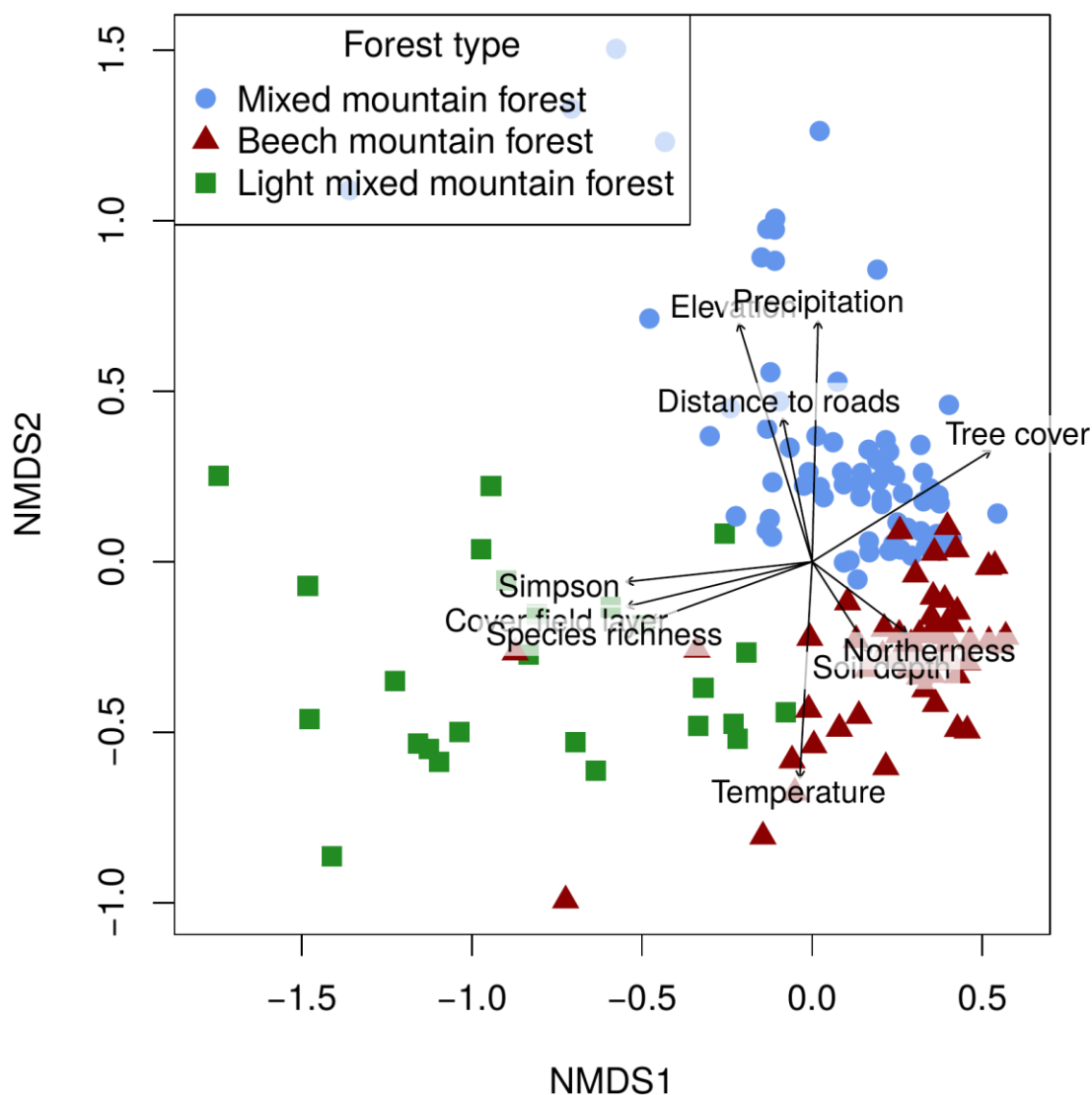
### 5.1. Sortiranje oglednih površina

Ogledne površine su podijeljene u odnosu na prve dvije ordinacione ose. Prva osa je definisana gradijentom prilično slabo konkurentnih vrsta, kao što su: crni bor (*Pinus nigra*), crni grab (*Ostrya carpinifolia*), srčnjak (*Potentilla erecta*), petoprsta bijela (*Potentilla alba*), jasika (*Populus tremula*) i pasja ruža (*Rosa canina*) do konkurentnih vrsta u spratu drveća, odnosno bukve (*Fagus sylvatica*). Floristički gradijent druge ose je bio definisan prisustvom obične jele (*Abies alba*), prava sasa (*Hepatica nobilis*), Blagajev likovac (*Daphne blagayana*) sa većim vrijednostima na osi i bršljen (*Hedera helix*) i *Polytrichum formosum* sa manjim vrijednostima. Vrste kao što su: broćika (*Galium sylvaticum*), bekica bjelkasta (*Luzula luzuloides*), gorčika (*Prenanthes purpurea*), mrtva kopriva žuta (*Galeobdolon luteum*), kupina (*Rubus fruticosus* agg.) i bujad (*Pteridium aquilinum*) su imale srednje vrijednosti na obje ose (Graf. 4).



**Grafikon 4.** NMDS ordinacije 158 oglednih površina u planinskoj šumi u gazdinskoj jedinici „Bjelasica“, sjeverna Crna Gora; ogledne površine su grupisane prema Isopam klasama.

**Graph 4.** NMDS ordination of 158 sample plots in a mountain forest in the management unit „Bjelasica“ of northern Montenegro; relevés grouped according to Isopam classes.



**Grafikon 5.** NMDS ordinacije 158 oglednih površina u planinskoj šumi u gazdinskoj jedinici „Bjelasica“, sjeverna Crna Gora; ogledne površine su grupisane prema Isopam klasama: promjenljive staništa i vegetacije.

**Graph 5.** NMDS ordination of 158 sample plots in a mountain forest in the management unit „Bjelasica“ of northern Montenegro; relevés grouped according to Isopam classes: Site and vegetation variables.

Ekološko usklađivanje na ordinaciji pokazalo je da su promjenljive koje se tiču vegetacije, a koje se odnose na pokrovnost i diverzitet varirale na prvoj osi, tj. prva osa predstavlja gradijent raznolikosti. Promjenljive vezane za uslove staništa, a koje se odnose na klimu i

zemljište imale su veće opterećenje na drugoj osi tj., druga osa predstavlja gradijent uslova sredine (Graf. 5).

**Tabela 10.** Srednje vrijednosti promjenljivih vezanih za stanišne uslove u tri grupe šuma 158 oglednih površina u planinskim šumama u gazdinskoj jedinici „Bjelasica“, sjeverna Crna Gora.

**Table 10.** Mean variable values of site parameters for three forests types of 158 sampled plots in a mountain forest in the management unit „Bjelasica“ of northern Montenegro.

<b>Parametri uslova staništa</b>	<b>Mješovite planinske šume bukve, jele i smrče</b>	<b>Planinske šume bukve i jele</b>	<b>Heliofilne mješovite planinske šume</b>
Nadmorska visina (m)	1.218,7	963,2	1.197,38
Dubina zemljišta (cm)	65,89	89,15	58,66
Pokrovnost u spratu drveća (%)	0,77	0,71	0,51
Pokrovnost u spratu prizemne flore (%)	0,35	0,38	0,61
Bogatstvo vrstama	15,58	14,68	21,07
Simpson indeks	0,68	0,61	0,83
Različitoš unutar grupa	0,36	0,23	0,77

Najreprezentativnija (Graf. 5, Tabela 11) promjenljiva koja se tiče vegetacije bila je pokrovnost u spratu drveća i u spratu prizemne flore ( $p < 0,001$ ), bogatstvo vrstama ( $p < 0,001$ ) i Simpson indeks ( $p < 0,001$ ). Posmatranjem uslova staništa vidi se uzajamnost faktora staništa. Nadmorska visina, temperature vazduha, padavine i dubina zemljišta su u korelaciji. Najreprezentativnije promjenljive vezane za stanišne uslove (Graf. 5, Tabela 11) su bile nadmorska visina ( $p < 0,001$ ), temperatura vazduha i padavine ( $p < 0,001$ ). Manje reprezentativne promjenljive su bile dubina zemljišta i eksponiranost sjeveru ( $p < 0,004$ ). Ostale promjenljive kao što su nagib terena i pH nijesu bile reprezentativne.

## 5.2. Klasifikacija planinskih šuma

Podjela oglednih površina je izvršena korišćenjem Isopam algoritma, čime su dobijene tri grupe (Tabela 10), koje su jasno odvojene u NMDS (Nemetričko multidimenzionalno skaliranje) prostoru (Graf. 4 i 5).

Prva grupa je locirana na većim nadmorskim visinama (srednja nadmorska visina 1.218,7 m), gdje su veće količine padavina, a niže temperature vazduha (Slika 16). Takođe, ova Isopam grupa je locirana najdalje od puteva i imala je najveću pokrovnost u spratu drveća (srednja pokrovnost 0,77). U poređenju sa druge dvije grupe, ova grupa je srednje bogata vrstama (bogatstvo vrstama 15,58; Simpson indeks 0,68).

**Tabela 11.** Rezultati sprege stanišnih parametara na ordinationim osama 1 i 2 sa 999 ponavljanja. Signifikantnos: 0 '\*\*\*\*' 0,001 '\*\*' 0,01 '\*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1.

**Table 11.** Results of the environmental fit of site parameters on ordination axes 1 and 2 with 999 permutations. Significance Codes: 0 '\*\*\*\*' 0,001 '\*\*' 0,01 '\*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1.

Promjenljive staništa	NMDS1	NMDS2	r2	Pr(>r)
Nadmorska visina	-0,29448	0,95566	0,3305	0,001 ***
Nagib	-0,04079	-0,99917	0,0297	0,099 .
pH	-0,30635	0,95192	0,0131	0,35

Dubina zemljišta	0,54217	-0,84027	0,0633	0,004 **
Temperatura vazduha	-0,05699	-0,99837	0,2495	0,001 ***
Padavine	0,02445	0,99970	0,3079	0,001 ***
Eksponiranost sjeveru	0,79836	-0,60217	0,0758	0,004 **
Udaljenost od puteva	-0,20125	0,97954	0,1138	0,001 ***
<b>Promjenljive vegetacije</b>	<b>NMDS1</b>	<b>NMDS2</b>	<b>r2</b>	<b>Pr(&gt;r)</b>
Pokrovnost u spratu drveća (cover_trees)	0,84958	0,52746	0,2354	0,001 ***
Pokrovnost u spratu žbunja (cover_shrub)	-0,27280	-0,96207	0,0010	0,92
Pokrovnost u spratu prizemne flore (cover_herbs)	-0,97209	-0,23460	0,1946	0,001 ***
Bogatstvo vrstama (species_richness)	-0,94002	-0,34111	0,1567	0,001 ***

Tri drvenaste vrste su bile karakteristične za ovu grupu (Tabela 9): bukva (*Fagus sylvatica*), obična jela (*Abies alba*) i smrča (*Picea abies*). Ostale drvenaste vrste koje se javljaju u ovoj grupi su breza (*Betula pendula*) i gorski javor (*Acer pseudoplatanus*). Sprat žbunja karakteriše podmladak bukve (*Fagus sylvatica*), jele (*Abies alba*) i smrče (*Picea abies*), kao i sprat prizemne vegetacije. Pored toga, važnije vrste koje se javljaju u spratu prizemne flore su: gorski javor (*Acer pseudoplatanus*), mrtva kopriva žuta (*Galeobdolon luteum*), zečija soca (*Oxalis acetosella*), bujad (*Pteridium aquilinum*) i šumska jagoda (*Fragaria vesca*). Ova grupa biljnih vrsta je karakterisatična za mješovite planinske šume bukve, jele i smrče.

Druga „Isopam” grupa se nalazi na nižim nadmorskim visinama (srednja nadmorska visina 963,2 m), sa većim temperaturama vazduha i manjim količinama padavina (Slika 16). Prosječna dubina zemljišta je najveća (89,15 cm) i ova grupa je bila najhomogenija (0,23 je srednja udaljenost oglednih površina od centra grupe u NMDS). U poređenju sa druge dvije grupe (Tabela 9), ova grupa je bila najsiromašnija po broju biljnih vrsta („richness” 14,68; Simpson index 0,61). Bukva (*Fagus sylvatica*) dominira u sva tri sprata (Tabela 9). Prateće vrste drveća su: breza (*Betula pendula*) i gorski javor (*Acer pseudoplatanus*) ali manje zastupljene nego u druge dvije grupe, kao i obična jela (*Abies alba*) u spratu žbunja. Sprat prizemne flore je bio bogatiji, pored bukve (*Fagus sylvatica*) u ovom spratu se javljaju: bujad (*Pteridium aquilinum*), malina (*Rubus idaeus*), gorski javor (*Acer pseudoplatanus*), obična jela (*Abies alba*) i broćika (*Galium sylvaticum*). Ova grupa biljnih vrsta je okarakterisana za čiste planinske šume bukve i mješovite šume bukve i jele.

Floristički, treća „Isopam” grupa se jasno razlikuje od ostale dvije prema znatno većem bogatstvu biljnih vrsta (Slika 16) i prisustvu heliofitnih vrsta drveća kao što su: crni bor (*Pinus nigra*), jasika (*Populus tremula*) i breza (*Betula pendula*). Zbog slabe pokrovnosti u spratu drveća (srednja pokrovnost 0,51), sprat žbunja i sprat prizemne flore su bili bogatiji biljnim vrstama („richness” 21,07; Simpson index 0,83). Najznačajnije vrste koje se javljaju u spratu žbunja su: bukva (*Fagus sylvatica*), gorski javor (*Acer pseudoplatanus*), crni bor (*Pinus nigra*), crni grab (*Ostrya carpinifolia*), jasika (*Populus tremula*). Pored bukve (*Fagus sylvatica*), jasike (*Populus tremula*), crnog bora (*Pinus nigra*) u spratu prizemne flore se još javljaju i drvenaste vrste kao što su: gorski javor (*Acer pseudoplatanus*), bijeli jasen (*Fraxinus excelsior*), cer (*Quercus cerris*), hrast kitnjak (*Quercus petraea*) i smrča (*Picea abies*). Takođe, značajno prisustvo ima i šumska mlečika (*Euphorbia amygdaloides*). Ova i druga grupa imaju nekoliko zajedničkih vrsta: bukva (*Fagus sylvatica*), bekica bjelkasta (*Luzula luzuloides*) i broćika (*Galium sylvaticum*) (Tabela 9). Ova grupa je bila najheterogenija (Tabela 10), jer srednja udaljenost oglednih površina od centra grupe u NMDS (Nemetričko multidimenzionalno skaliranje) iznosi 0,77, što potvrđuje raznolik floristički sastav. Ova grupa biljnih vrsta je karakteristična za heliofilne mješovite planinske šume sa crnim borom (*Pinus nigra*) i crnim grabom (*Ostrya carpinifolia*).

### 5.3. Spektri životnih formi i areal tipova

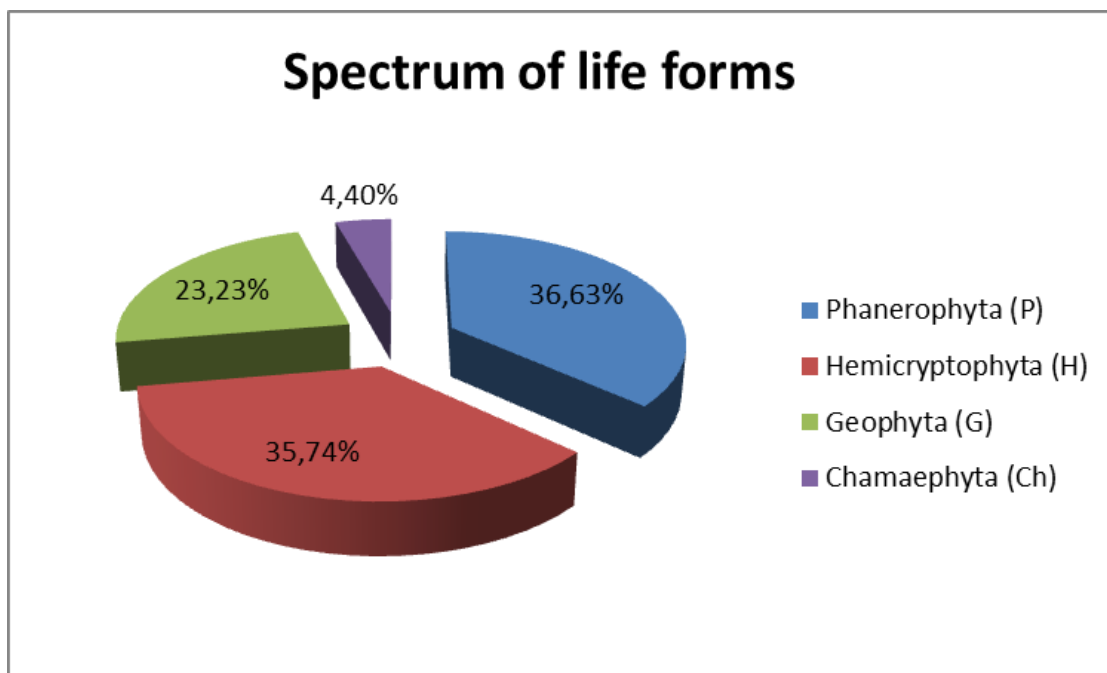
Biološki spektar bukovo-jelovih planinskih šuma je bio okarakterisan kao fanerofito-hemikriptofitski, pri čemu je dominacija fanerofita neznatna (Tab.12, Graf. 6). Značajno učešće geofita ukazuje na mezofilni karakter ove zajednice. S obzirom na to da je životni oblik hamefita dobro adaptiran na nepovoljne ekološke uslove i da dominira na otvorenim staništima, zato je nizak procenat učešća hamefita u bukovo-jelovim planinskim šumama.

**Tabela 12.** Spektar životnih formi u planinskim šumama bukve i jele i mješovitim planinskim šumama bukve, jele i smrče u gazdinskoj jedinici „Bjelasica”.

**Table 12.** Spectra of life forms in the beech and fir mountain forest and mixed mountain forest with beech, fir and spruce in management unit “Bjelasica”.

Životni oblici	Mješovite planinske šume bukve i jele		Mješovite planinske šume bukve, jele i smrče	
	%	Broj biljnih vrsta	%	Broj biljnih vrsta
<i>Fanerofite (P)</i>	36,93	41	36,75	43
<i>Henikriptofite (H)</i>	36,03	40	40,17	47
<i>Geofite (G)</i>	23,42	26	19,66	23
<i>Hamefite (Ch)</i>	4,44	4	3,41	4

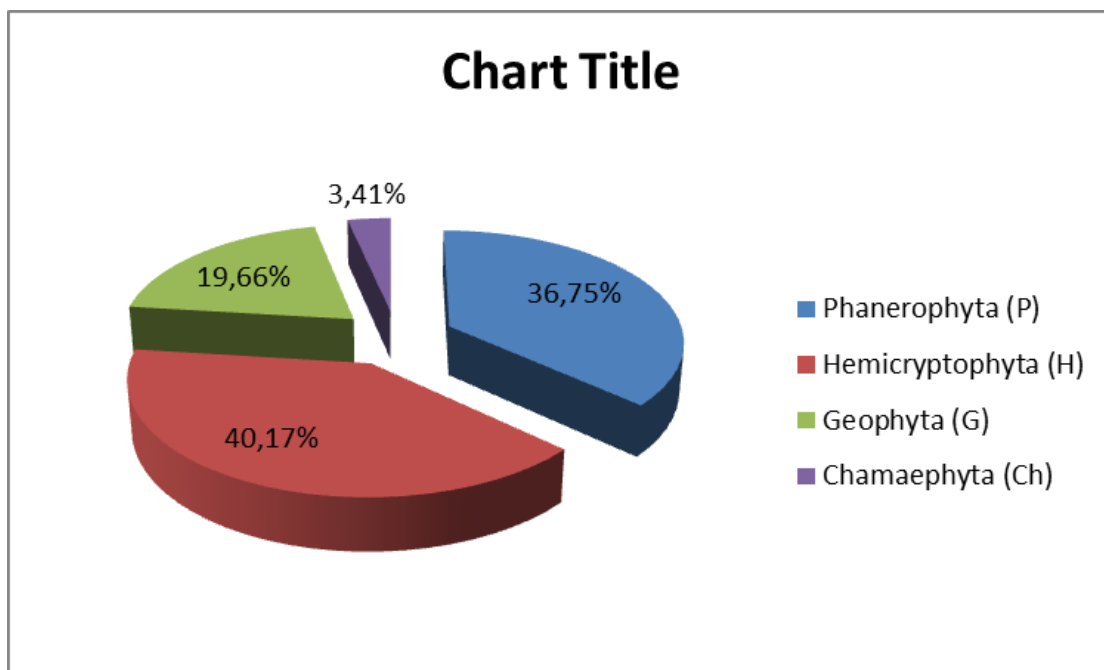




**Grafikon 6.** Spektar životnih formi mješovitih planinskih šuma bukve i jele u gazdinskoj jedinici „Bjelasica”.

**Graph 6.** Spectrum of life forms in the beech mountain forest in management unit “Bjelasica”.

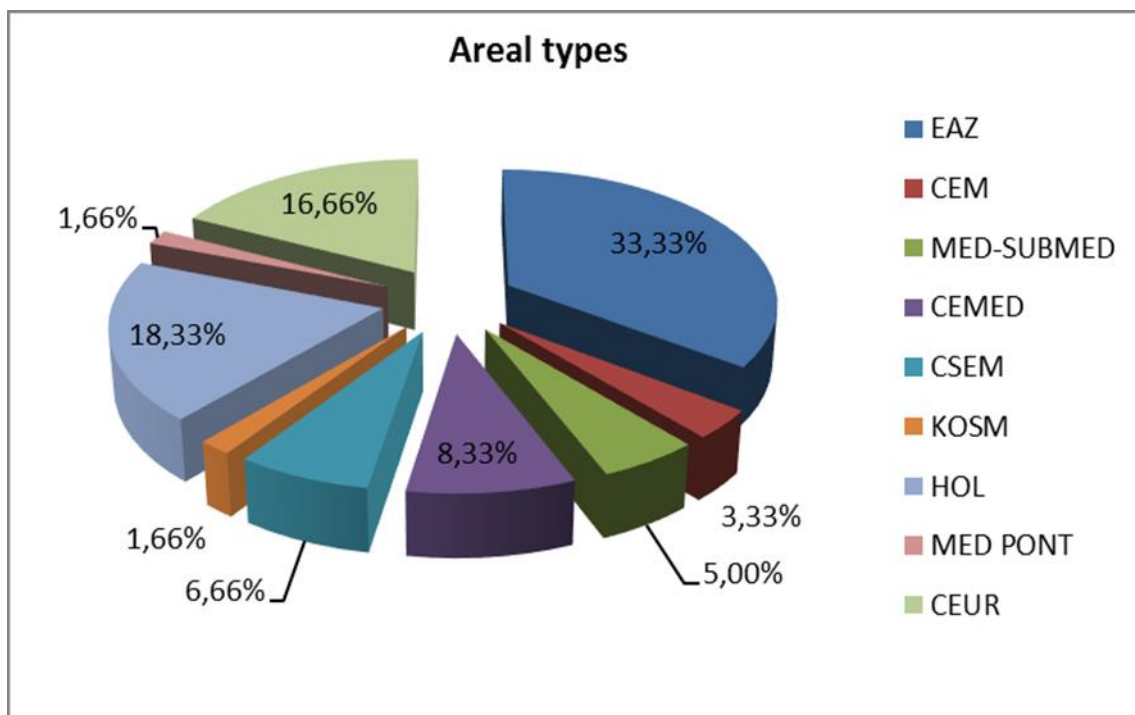
Biološki spektar mješovitih planinskih šuma bukve, jele i smrče je sličan prethodnim, s tim da je zabilježeno veće učešće hemikriptofita u poređenju sa fanerofitama (Tabela 12, Graf. 7). Terofite nisu zabilježene, one predstavljaju rijetke elemente u ovim šumama i to su tipični elementi svijetlih i toplih staništa.



**Grafikon 7.** Spektar životnih formi mješovitih planinskih šuma bukve, jele i smrče u gazdinskoj jedinici „Bjelasica”.

**Graph 7.** Spectrum of life forms in the mixed mountain forest in management unit “Bjelasica”.

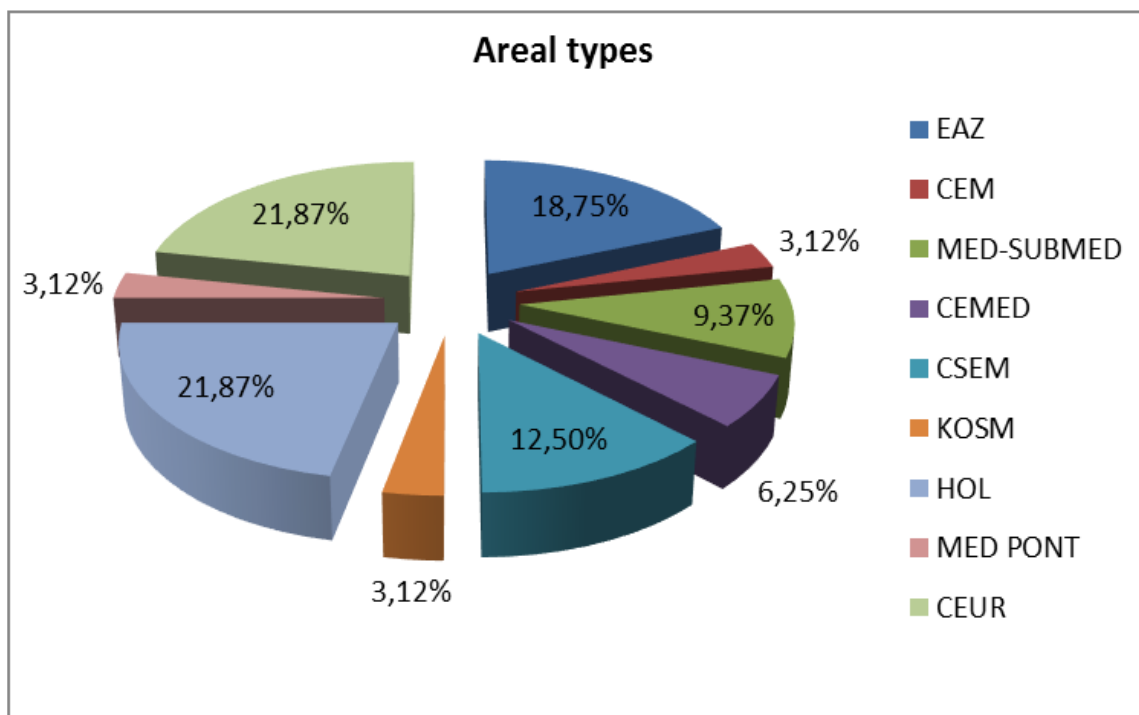
U horološkom spektru mješovitih planinskih šuma bukve i jele (Graf. 8) najviše je zastupljen Evro-Azijski (Euro-Asian) areal tip sa 33,33%, sa uglavnom eurivalentom na velikim površinama. Slede Holarktički (Holarctic) areal tip sa 18,33%, koji sadrži vrste sa velikim arealom i Centralno-evropski (Central-European) sa 16,66%. Vrste čiji je areal uglavnom Centralno-evropski sa umjerenom klimom, sa manjom populacijom koje se mogu širiti na Mediteransko-submediteransu oblast su zastupljene sa 8,33% u horološkom spektru Centralno-Evropsko Mediteranski (CEMED). Areal tip vrsta čije je rasprostranjenje u planinskom pojasu Centralne i Južne Evrope učestvuje sa 6,66% Centralno južno evropsko planinski (CSEM) i 3,33% Centralno-Evropsko planinski (CEM). Učešće Mediteransko-submediteranskog areal tipa je 5%, dok su kosmopolitski i Mediteransko-ponski areal tipovi zastupljeni sa po 1,67 %.



**Grafikon 8.** Spektar areal tipova u planinskim šumama bukve i jele u gazdinskoj jedinici „Bjelasica”.

**Graph 8.** Spectrum of areal types in the beech mountain forest in management unit “Bjelasica”.

Što se tiče spektra areal tipova mješovitih planinskih šuma bukve, jele i smrče (Graf. 9), najrasprostranjeniji areal tipovi su: Centralno evropski (CEUR) i Holarktički (HOL) sa po 21,87%, veliki procenat zastupljenosti ima i Evro-Azijski (EAZ) sa 18,75%, ali sa znatno manjim brojem predstavnika nego kod planinskih šuma bukve i jele. U mješovitim planinskim šumama bukve, jele i smrče gazdinske jedinice „Bjelasica” zastupljeni su i sledeći areal tipovi: Mediteransko-submediteranski (MED-SUBMED) sa 9,37%, Centralno-Evropsko Mediteranski (CEMED) sa 6,25%, Centralno-Evropsko planinski (CEM), Kosmopolitski (KOSM) i Mediteransko-pontski sa po 3,12%.



**Grafikon 9.** Spektar areal tipova mješovitih planinskih šuma bukve, jele i smrče u gazdinskoj jedinici „Bjelasica”.

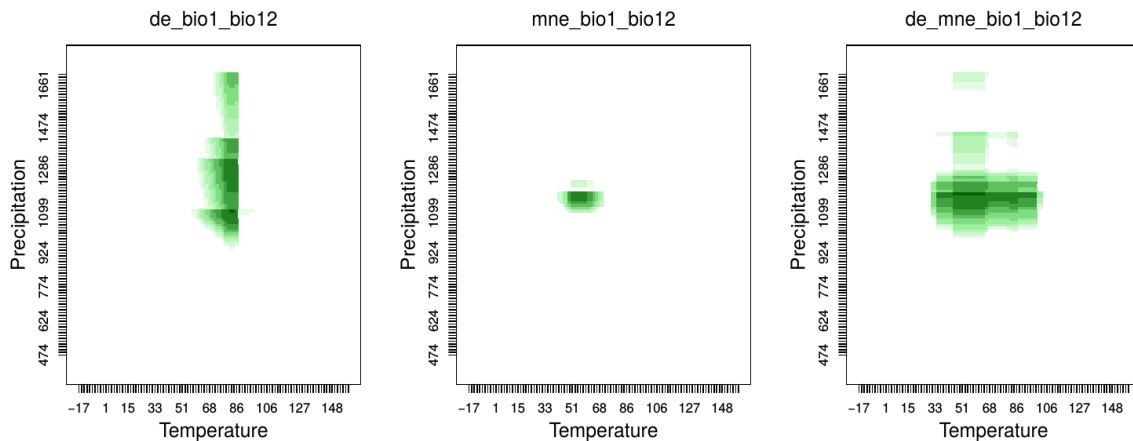
**Graph 9.** Spectrum of areal types in the mixed mountain forest of beech, fir and spruce in management unit “Bjelasica”.

#### 5.4. Evaluacija modela i selekcija promjenljivih

Klimatske promjenljive su bile u velikoj međusobnoj korelaciji i korelaciji sa vegetacijom. Zbog toga je selekcija promjenljivih zasnovana na prethodno opisanom statističkom postupku i ekološkim razlozima. Za Crnu Goru padavine u najtoplijem kvartalu (BIO18) su bile najznačajnija promjenljiva, dok su za njemačku bazu podataka i za kombinovanu bazu podataka) padavine u najhladnijem kvartalu (BIO19) bile statistički najznačajnija promjenljiva.

Srednja temperatura vazduha najtoplijeg kvartala (BIO10) i ukupna godišnja količina padavina (BIO12) su uzete u razmatranje (Slika 10) s obzirom na njihovu statističku važnost, ekološku važnost i odnos između tri baze podataka. Dodatno je u modele uvrštena

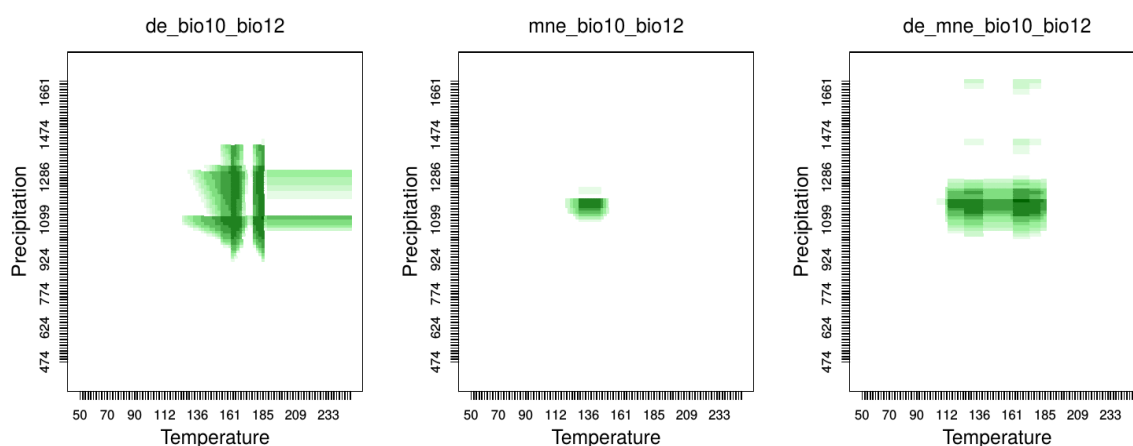
i srednja godišnja temperatura vazduha (BIO1) zbog toga što je bila među najbolje ocijenjenim promjenljivim.



**Slika 11.** Odgovarajuće krive (klimatološka niša) za BIO1 i BIO12 za njemačku, crnogorsku i kombinovanu bazu podataka. Ose pokrivaju gradijent u kombinovanom skupu podataka.

**Figure 11.** Response curves (climatic niche) for BIO1 and BIO12 for the German, Montenegrin and combined dataset. Axes cover the gradient in the combined dataset.

Generalno, obična jela preferira umjerene temperature vazduha jer su srednje godišnje temperature vazduha za Njemačku od 7 do 8°C, a od 5 do 6°C za Crnu Goru. Prosječna godišnja količina padavina za Njemačku je od 950 do 1600 mm, a za Crnu Goru od 950 do 1250 mm. (Slika 11).



**Slika 12.** Odgovarajuća kriva (klimatološka niša) za BIO10 i BIO12 za njemačku, crnogorsku i kombinovanu bazu podataka.

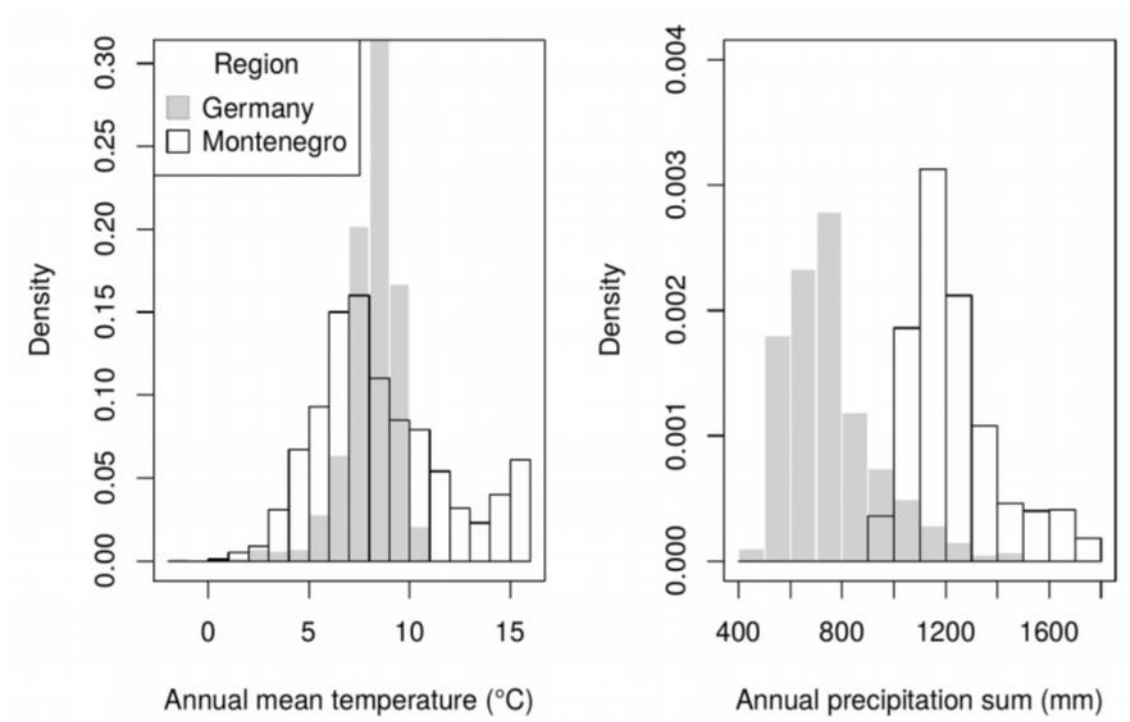
**Figure 12.** Response curves (climatic niche) for BIO10 and BIO12 for the German, Montenegrin and combined dataset.

Mjere kvaliteta modela ( $AUC^2 = 0,90$  i  $0,89$ ) bile su najveće za kombinovanu bazu podataka (Slika 10, Tabela 7) i pratile su veličine uzorka ove tri baze podataka i istovremeno veličine klimatskog gradijenta.

## 5.5. Niša obične jele

Centri niša za obje zemlje (Njemačku i Crnu Goru) su bili slični ali ne i indentični. Takođe, veličina niša se značajno razlikovala. Njemački skup podataka davao je širu nišu od crnogorskog skupa i bio je malo preusmjeren na veće temperature vazduha. Ovaj obrazac prati raspodjelu raspoloživih staništa jele u dvije zemlje tj., raspodjelu podloga klimatskih promjenljivih (Slika 13). Modelirane niše su bile sa srednjim temperaturama vazduha i padavinama u odnosu na klimatske opsege obe zemlje (opseg osa) za sve tri baze podataka (Slika 14 i 16). Crnogorska niša je bila ograničena na višem kraju gradijenata padavina. Ovaj obrazac se odrazio na model baziran na kombinovanoj bazi podataka.

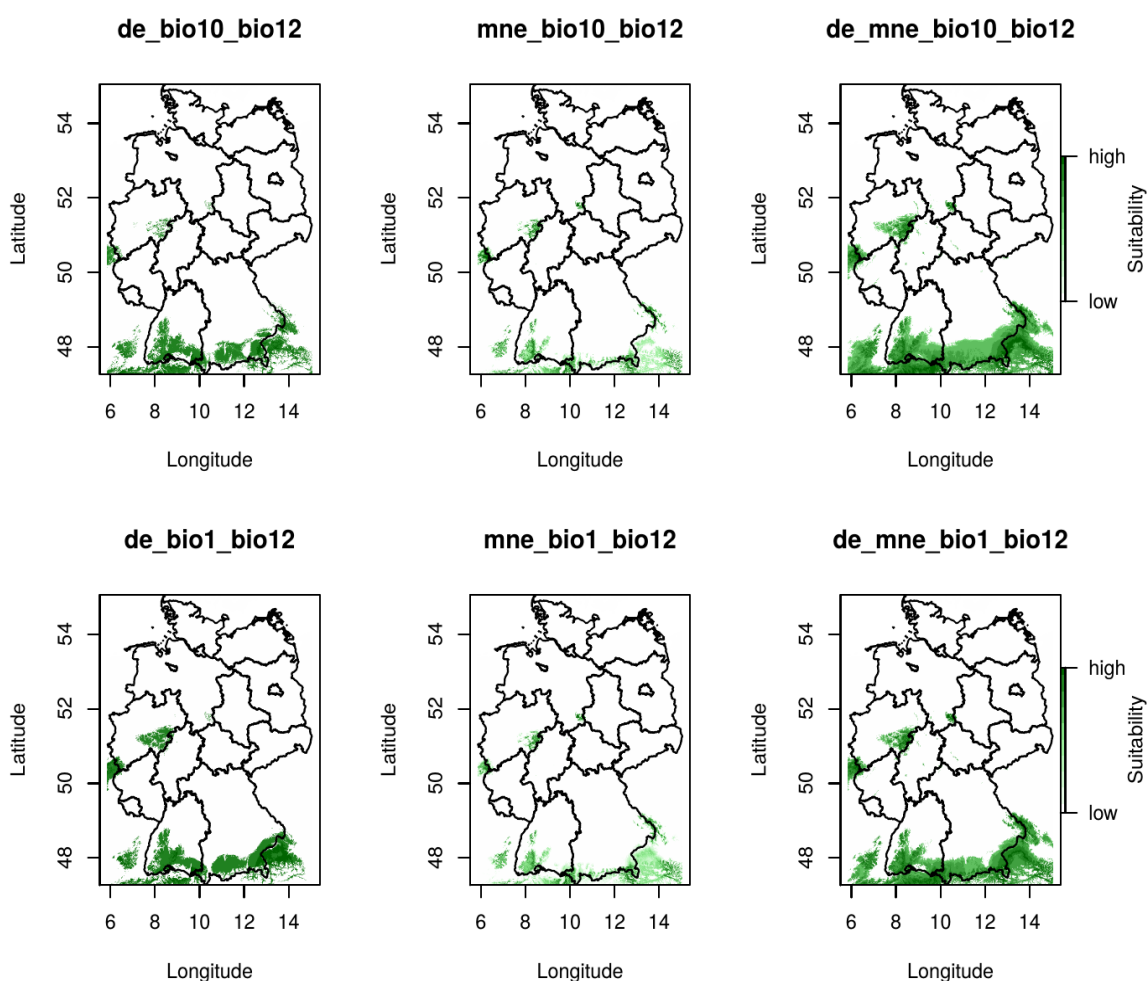
<sup>2</sup> Površina ispod krive (Area under curve)



**Slika 13.** Histogram klimatskih uslova u dva regiona, tj. distribucija pozadina (podloga), kao predstavnika dostupnosti staništa.

**Figure 13.** Histograms of climatic conditions in the two regions, i.e. background distributions, as a proxy for habitat availability.

Temperaturni (annual mean temperature) gradijent je duži i padavine (annual precipitation sum) su veće za Crnu Goru nego za Njemačku. Dva skupa podataka se veoma dobro dopunjuju i time poboljšavaju model niše obične jele (*Abies alba*) (Slika 13). Crnogorska baza podataka daje širi opseg temperatura, dok njemačka baza podataka daje donje limite količine padavina.



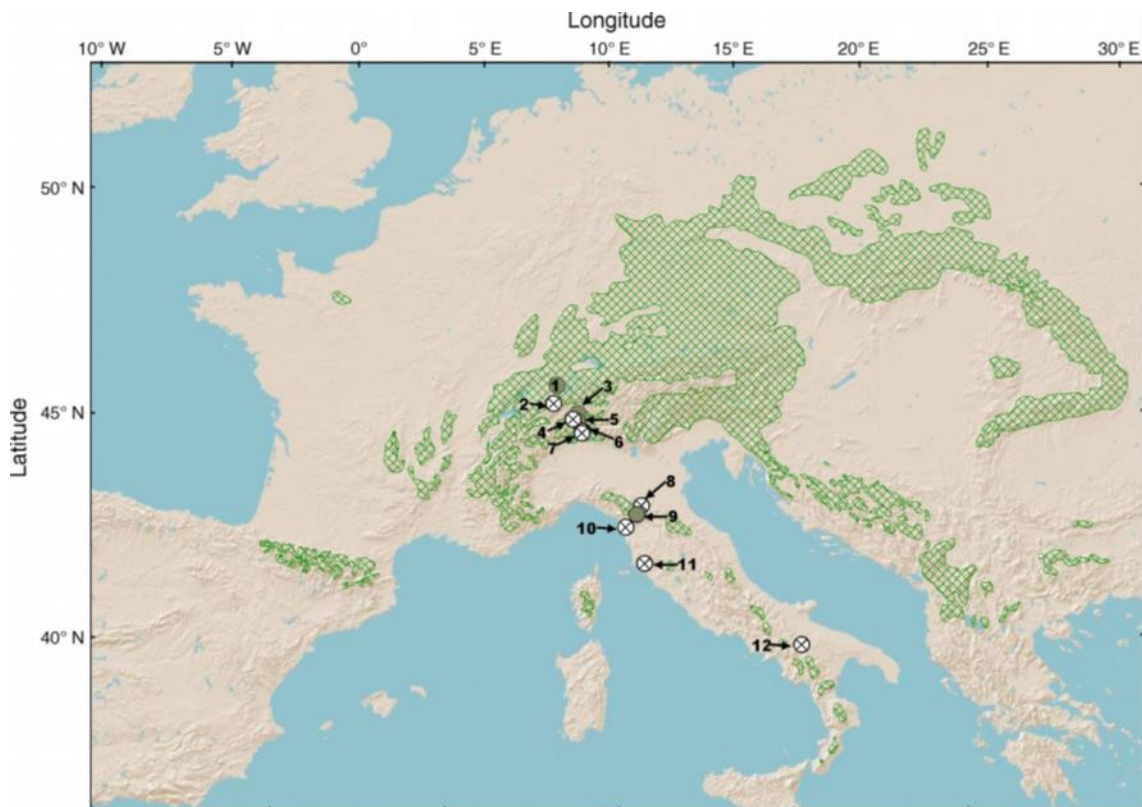
**Slika 14.** Karte rasprostranjenosti obične jele (*Abies alba*) u Njemačkoj bazirano na tri modela.

**Figure 14.** Distribution maps for Silver fir (*Abies alba*) for Germany based on the three models.

Karta rasprostranjenosti jele u Njemačkoj u lijevoj koloni predstavlja projekciju stvarne niše. Rasprostranjenost koja je zasnovana na ukupnu nišu (kolona desno) rezultirala je manjim područjem rasprostranjenosti (Slika 14).

Niša za ovaj model je bila šira i za temperature vazduha i za padavine, a takođe je bolje definisana na njihovim marginama. Što se tiče obima padavina, srednja vrijednost niša za kombinovani skup podataka je iznosila 1.126 mm (SD=83,2; 1.043-1.209) (Slika 15). Prosječna godišnja temperatura vazduha niše je bila 6,8°C, što odgovara temperaturi vazduha od 14°C za jul (SD=1,3; 13-15°).





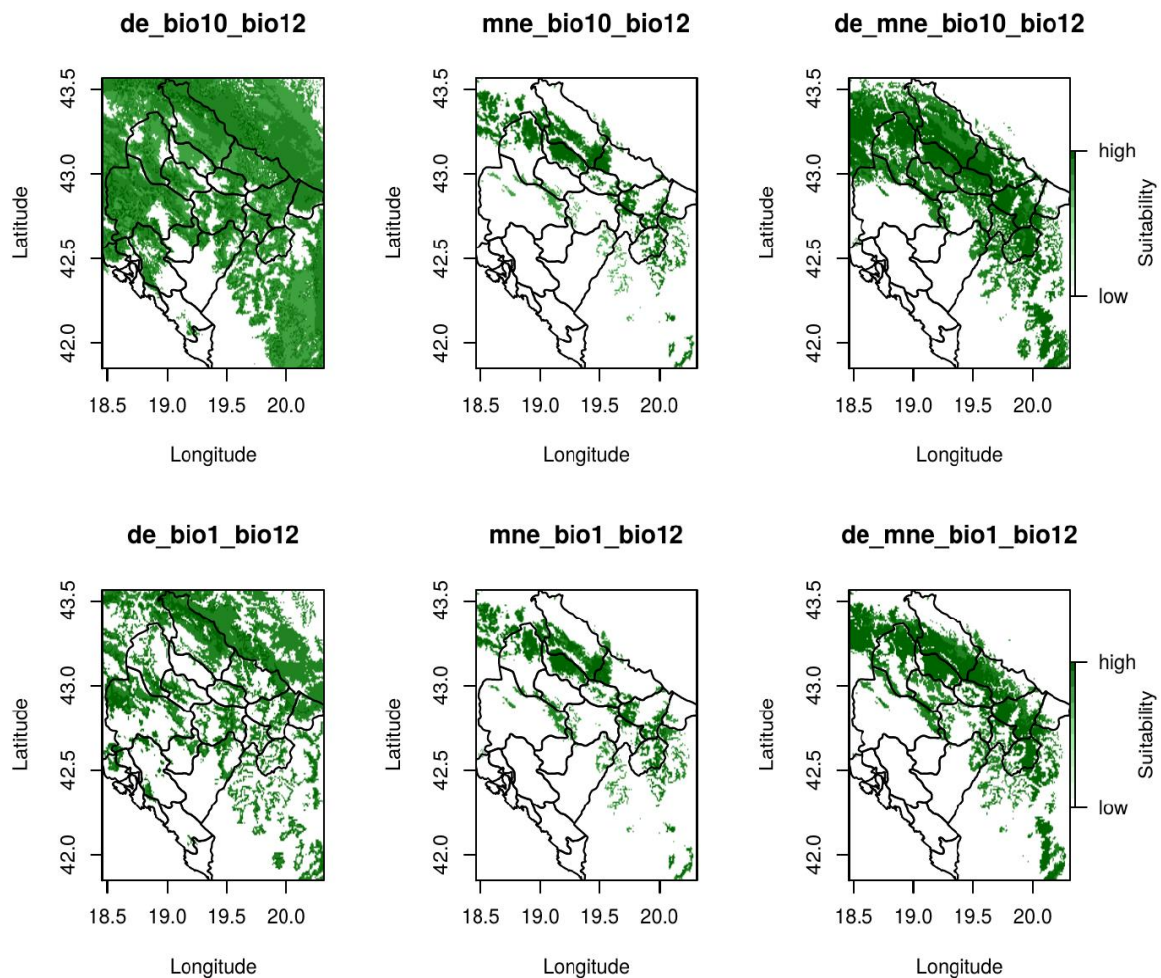
**Slika 15.** Tinner i sar. (2013), Karta prikazuje opseg rasprostranjenja obične jele (*Abies alba*) (označeno zelenom bojom) prema EUFORGEN (2012).

**Figure 15.** Tinner et al. (2013), Fig. 2. Map showing the observed range of Silver fir (*Abies alba*) (crosshatched areas) according to EUFORGEN (2012).

Na slici 15 je prikazan areal rasprostranjenja obične jele (*Abies alba*) u Evropi. Sivi krugovi pokazuju mjesta na kojima obična jela (*Abies alba*) još uvijek formira šumske ekosisteme, a krugovi sa oznakom „X“ gdje je lokalno ili regionalno obična jela (*Abies alba*) izčezla tokom srednjeg do kasnog Holocena. Lokaliteti u Švajcarskoj su: 1, Soppensee (CH); 2, Saegistalsee (CH); 3, Foppe (CH); 4, Starlarescio (CH); 5, Piano (CH); 6, Origlio (CH); 7, Muzzano (CH). Lokaliteti u Italiji su: 8, Pavullo (I); 9, Greppo (I); 10, Massaciuccoli (I); 11, Accesa (I); 12, Monticchio (I).

## 5.6. Rasprostranjenost obične jele

Karte rasprostranjenosti sa unakrsnim projekcijama odražavaju razlike u modeliranim klimatskim nišama (Slika 15 i 16). Za svaki model i projekciju za odgovarajući region (zemlju) modelirana raspodjela se slaže sa trenutnom rasprostranjenošću obične jele (*Abies alba*). Projekcija crnogorske niše na teritoriju Njemačke dovela je do manjeg područja distribucije, ali se projekcija poklopila sa trenutnom rasprostranjenošću obične jele (*Abies alba*), to jeste u pojasu srednje visokih planina.



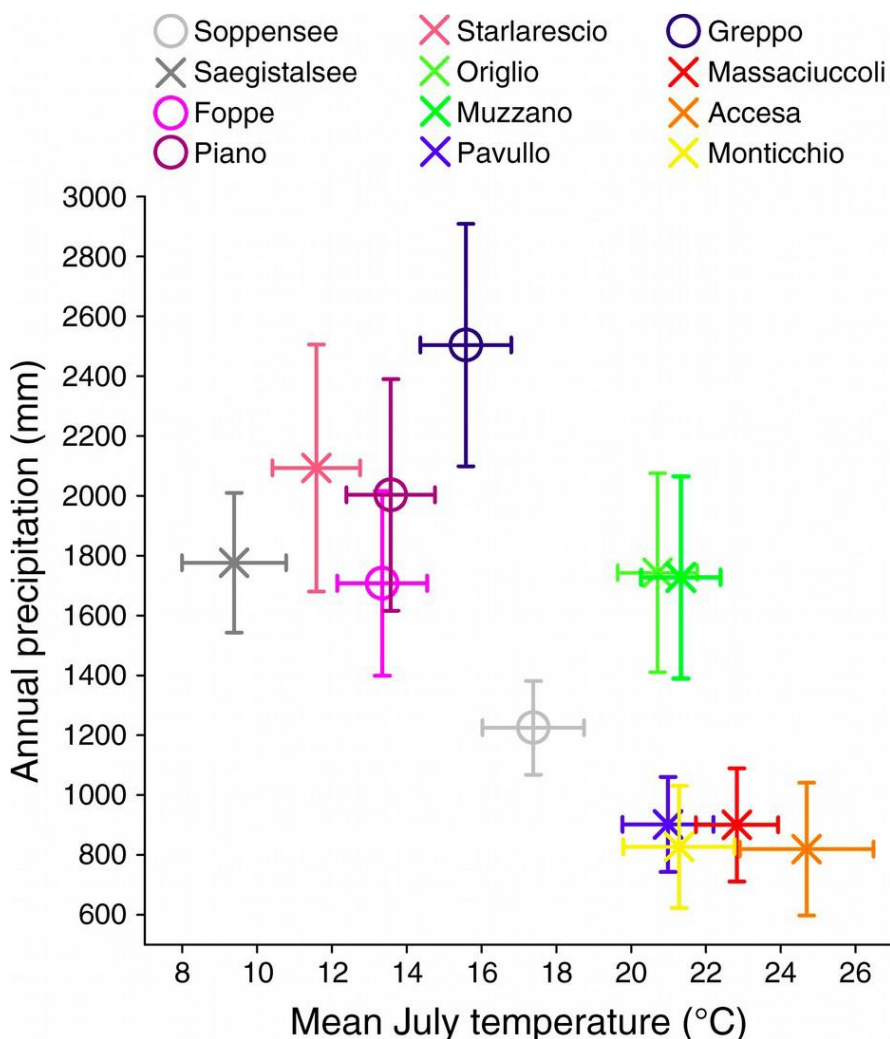
**Slika 16.** Karta rasprostranjenosti obične jele (*Abies alba*) u Crnoj Gori bazirano na tri modela.

**Figure 16.** Distribution maps for Silver fir (*Abies alba*) for Montenegro based on the three models.

Karta distribucije u srednjoj koloni pokazuje prirodnu projekciju niše. Za Crnu Goru, projektovana oblast distribucije je veća za kombinovanu bazu podataka (Slika 16).

Što se tiče Crne Gore, situacija je bila obrnuta u odnosu na projekciju crnogorske niše na Njemačku, tako da je unakrsna projekcija rezultirala širim područjem rasprostranjenosti obične jele (*Abies alba*) nego što je to pokazao model niše. Projekcija njemačkog modela na Crnu Goru pokazala je uticaj nedostatka vrijednosti za gornje granice padavina u njemačkoj niši (Slika 16).

Karte rasprostranjenosti bazirane na modelima za kombinovane baze podataka rezultirale su nešto većoj oblasti rasprostranjenosti obične jele u Njemačkoj i znatno većom oblasti u Crnoj Gori u poređenju sa projekcijom prirodne niše (Slike 14 i 16).



**Grafikon 10.** Niše obične jele (*Abies alba*) iz različitig izvora iz Tinner i sar. (2013).

**Graph 10.** Silver fir (*Abies alba*) niches from different sources from Tinner et al. (2013).

Tinner i sar. 2013 prikazuju nišu obične jele (*Abies alba*) u Italiji (Graf. 10). Srednja ( $\pm$ SD) godišnja količina padavina (Annual precipitation) – srednje temperature vazduha za jul (Mean July temperature) na 12 istraživačkih staništa (period 1961–1990). „X” prikazuje izčezle populacije obične jele (*Abies alba*), a kružići predstavljaju postojeće populacije. Za srednju količinu padavina centar niše je bio 1.126 mm (SD = 83,2; 1.043 – 1.209) za našu kombinovanu bazu podataka. Srednja godišnja temperature je bila 6,8°C, što odgovara temperaturi od 14°C za jul (SD=1,3; 13-15°) (Graf. 10).

## 6. Diskusija

Istraživanjem šumske vegetacije u kojoj se pojavljuje jela u ovoj doktorskoj disertaciji na planini Bjelasica (Crna Gora), korišćenjem Isopam algoritma a na osnovu florističkog sastava, planinske šume na ovom području smo podijelili u tri grupe. Ove grupe se lako mogu okarakterisati florističkim sastavom sprata drveća: 1) mješovite (trodominantne) planinske šume sa tri edifikatora smrča (*Picea abies*), obična jela (*Abies alba*) i bukva (*Fagus sylvatica*), 2) čiste planinske šume bukve i mješovite šume bukve i jele sa apsolutnom dominacijom bukve u spratu drveća, i 3) heliofitne mješovite planinske šume sa pionirskim vrstama drveća kao što su: crni bor (*Pinus nigra*), jasika (*Populus tremula*) i breza (*Betula pendula*) i crni grab (*Ostrya carpinifolia*). Heliofilne mješovite planinske šume su proučavane u ovom radu jer se u njima obnavlja jela. U nastavku smo upoređivali ove tipove po njihovim fizičkim karakteristikama, diskutovali i upoređivali sa evropskim klasifikacijama.

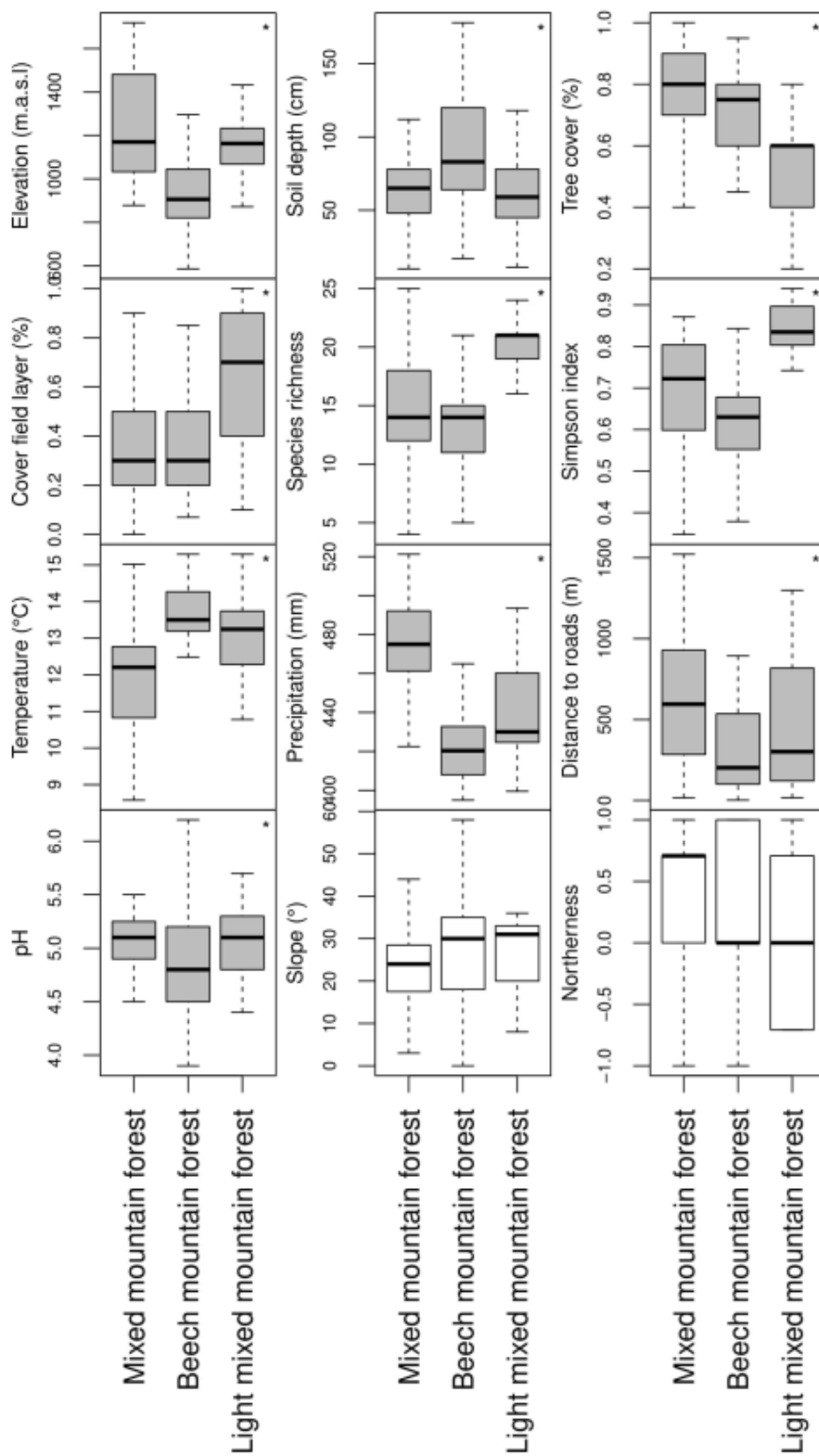
### 6.1. Fizičke karakteristike staništa

Rezultati u doktorskoj disertaciji su pokazali da su klimatski i orografski faktori uticali na tri tipa šumske vegetacije prouzrokovano nadmorskom visinom. Ovo je očekivano jer se sa povećanjem nadmorske visine sistematski klima mijenja (Milosavljević, 1985). Mikroklimatski uslovi modifikuju makroklimu koja utiče na distribuciju biljnih zajednica (Tomić, 2004). Smrča (*Picea abies*) se može naći na područjima sa pretežno kontinentalnom klimom, sa nižim temperaturama vazduha i većom količinom padavina nego bukva (*Fagus sylvatica*) i obična jela (*Abies alba*). Obična jela (*Abies alba*) je rasprostranjena na područjima sa većom količinom padavina i relativnom vlažnosti u odnosu na npr. crni bor (*Pinus nigra*) i crni grab (*Ostrya carpinifolia*), ali obična jela (*Abies alba*) nije tolerantna na niske temperature vazduha kao što je smrča (*Picea abies*) (Tomić, 2004). Analiza uticaja ekspozicije terena pokazala je da eksponiranost Bjelasice sjeveru favorizuje bukvu (*Fagus sylvatica*), koja je tu, na nadmorskim visinama od 600 do 900 m, zaštićena od ljetnjih vrućina i ranih i kasnih mrazeva u odnosu na npr. jelu (*Abies alba*) koja raste na nešto većim nadmorskim visinama.

Dubina zemljišta se takođe razlikovala kod različitih tipova šuma i pratila je očekivani pad dubine zemljišta sa povećanjem nadmorske visine (multikolinearnost između nadmorske visine, dubine zemljišta i klime). Vjerovatno šumski tipovi nisu definisani zbog različite dubine zemljišta, ali uticaj manjih dubina zemljišta na većim nadmorskim visinama usled erozije i sporijeg formiranja zemljišta doveo je do ovog obrasca. Nagib terena itekako može biti značajan faktor za rasprostranjenje šumske vegetacije. Tako su u gazdinskoj jedinici "Bjelasica" planinske šume bukve i mješovite šume bukve i jele rasprostranjene na najdubljim zemljištima. Dok su heliofilne mješovite planinske šume najčešće na najvećim nagibima terena (Slika 17).

Promjenljive koje su bile značajne za izdvajanje „Isopam” tipova šuma: nadmorska visina, dubina zemljišta, pokrovnost sprata drveća, pokrovnost sprata prizemne flore, bogatstvo vrstama (species richness), Simpson indeks (indeks raznolikosti), temperature vazduha, količina padavina, udaljenost od puteva i pH. Promjenljive koje nisu bile značajne za izdvajanje „Isopam” tipova šuma: nagib terena i eksponiranost terena (Slika 17). Nagib i ekspozicija su bitni ekološki faktori za rasprostranjenje šumske vegetacije ali statistički nisu bili značajni jer su sve kategorije i nagiba i eksponiranosti terena bile podjednako zastupljene u svim izdvojenim Isopam grupama.

Iznenadujuće, vrijednost pH zemljišta se značajno nije razlikovala među grupama. Vrijednosti pH za proučavana zemljišta su od 4,5 do 5,5. Međutim, to može biti prouzrokovano grubom skalom koja je korišćenja za bilježenje pH na terenu (Hellinger pH mjerač sa samo 6 klasa). I pH vrijednost zemljišta je bitna za pojavu i rasprostranjenje šumske vegetacije i utiče na floristički sastav. Istraživanje sa fokusom na uticaj pH zemljišta u šumama, sa većom preciznošću skale mjernog instrumenta bi vjerovatno doveli do različitih rezultata (Slika 17).



**Slika 17.** Razlike između „Isopam” tipova šuma u promjenjivim staništa i vegetacije i rezultati Kruskal-Wallis testa.

**Figure 17.** Differences among Isopam forest types in site and vegetation variables and results of Kruskal-Wallis test.

Pored fizičkih faktora staništa (nadmorska visina, dubina zemljišta, pH, temperatura vazduha, padavine, eksponiranost sjeveru), dodali smo i segment gazdovanja šumama. Rastojanje od puteva korišćeno je kao predstavnik pristupačnosti i intenziteta gazdovanja. Značajno se razlikovao između tri grupe šuma, a najmanje rastojanje od puteva je bilo za čiste planinske šume bukve i mješovite šume bukve i jele. Ovo ukazuje da su ekonomski vrijednije vrste drveća, poput obične jele (*Abies alba*) i smrče (*Picea abies*) mogle biti eksplatisane sa ovih šumskih staništa u skorijoj prošlosti, na šta ukazuju mnogobrojni ostaci panjeva ovih vrsta. Nasuprot tome, za mješovite planinske šume bukve, jele i smrče na Bjelasici rastojanje od puteva je bilo veće (prosječno rastojanje od puta oko 600 m) nego za čiste planinske šume bukve i mješovite šume bukve i jele (oko 300 m) i heliofitne mješovite šume (oko 200 m) (Slika 17). Tako da je veće rastojanje od puteva spriječilo nekontrolisanu sječū obične jele (*Abies alba*) i smrče (*Picea abies*). Pored toga, veće rastojanje od puteva je povezano i sa pokrovnošću sprata drveća, koje je bilo veće na staništima udaljenijim od puteva.

Bogatstvo vrstama (species richness) je negativno korelisano sa pokrovnošću sprata drveća, jer kao što je opšte poznato pokrovnost u spratu drveća utiče na dostupnost svjetlosti i samim tim na selekciju biljnih vrsta u spratu prizemne flore (Graf. 5).

### 6.1.1. Osobine zemljišta

#### *Smeđe kiselo zemljište – distrični kambisol na škriljcima*

U Crnoj Gori, distrični kambisol na škriljcima se prostire u vidu određenih zona u dolinama rijeka Tare i Lima i njihovih pritoka (Fuštić i Đuretić, 2000). Tako se ova zemljišta šire i na dolinu rijeke Bistrice, koja se nalazi u gazdinskoj jedinici „Bjelasica“.

Na istraživanom području, matični supstrat čine škriljci, koji se ne pojavljuju sami i nijesu čisti, već su izmješani sa pješčarima kao i sa krečnjacima. Karakteristika ovih stijena je škriljavost, pa su one dosta trošne i cjepljive. Ove stijene se nalaze na području gdje je



reljef rasčlanjen brojnim potocima i rječicama, sa većim nagibima terena, kao što je slučaj na Bjelasici. Nadmorska visina u području distričnih kambisola na škriljcima je od 550 do 1.500 m.

Na području gazdinske jedinice „Bjelasica“, ova zemljišta su veoma nehomogenog izgleda, pa su njihove morfološke, fizičke i hemijske osobine neujednačene od mjesta do mjesta. Ovo može biti posledica degradacija prirodne šumske vegetacije kao i orografskih uslova u gazdinskoj jedinici „Bjelasica“, što je poremetilo ravnotežu između stvaranja i degradacije zemljišta.

Humusni A horizont je dubine od 10 do 30 cm, boja mu je tamnosmeđa do mrkosmeđa. Ova boja potiče od humusa, pa u šumama gdje je veća količina humusa boja je skoro mrka. Ovaj sloj ima praškasto mrvičastu strukturu, koja nastaje u prisustvu većeg sadržaja humusa. Ali se često javljaju i krupniji oblici neizraženih formi, što je posledica ispiranja sitnijih čestica na većim nagibima terena. Po sastavu ovaj horizont je ilovača (laka ili srednja), dobro vodopropusna i umjereno porozna. Takođe, humus ima veliki uticaj na ove fizičke osobine (vodopropustljivost zemljišta), a razložen i pomješan sa mineralnim dijelom zemljišta povećava poroznost.

Prelaz između A i (B) horizonta je najčešće postepen, preko prelaznog A(B) horizonta koji je 5-10 cm debljine. Ovaj prelaz je uglavnom jasan. Horizont (B) je smeđe boje. Struktura ovog horizonta je veoma različita, od praškaste preko sitno grudvaste do zrnaste, često se na jednom pedološkom profilu mogu sresti kombinacije svih ovih oblika. Ovaj horizont sadrži veću količinu glinene frakcije (manje od 0,002 mm) od A horizonta, što je posledica mineralizacije humusa i raspadanja minerala. Dubina ovog horizonta je različita od mjesta do mjesta, na većim nagibima terena je od 10 do 20 cm, a na nešto manjim nagibima i u uvalama dubina (B) horizonta u prosjeku iznosi od 20 do 30 cm.

Horizont C i matičnu podlogu čine škriljci, koji su uglavnom rastrošeni. Karakteristika škriljaca je da su vodonepropusni, što ima veliki uticaj na stabilnost zemljišta. Veoma je česta pojava erozije na mjestima gdje su rasprostranjeni škriljci, na šta takođe veliki uticaj ima i tip biljnog pokrivača i njegova očuvanost.

Mehanički sastav distričnog kambisola na škriljcima u gazdinskoj jedinici „Bjelasica“ je veoma heterogen. Prah je zastupljen sa 20-50 %, sitan pijesak 10-60 %, gline čine 10-20 %.

Najvažnija hemijska osobina ovih zemljišta je kisela reakcija. Vrijednosti pH ovih zemljišta na području gazdinske jedinice „Bjelasica“ se kreću od 4 do 5,5 u KCl. Jaka kiselost zemljišta ukazuje na odsustvo kalcijum karbonata ( $\text{CaCO}_3$ ). Takođe, na kiselu reakciju zemljišta utiče i humus koji se stvara od prostirke bukovih i četinarskih šuma, kao i od vlažne i hladnije klime.

### *Smeđe kiselo zemljište – distrični kambisol na pješčarima*

Distrični kambisol na pješčarima, takođe, se pojavljuje u određenim zonama u dolinama rijeka. Najrasprostranjeniji je u dolinama Lima, Ibra i Čehotine kao i u njihovim pritokama (Fuštić i Đuretić, 2000).

Kao i škriljci i pješčari se javljaju primiješani sa škriljcima i krečnjacima u gazdinskoj jedinici „Bjelasica“. Takođe, kao i kod škriljaca, i kod pješčara je dosta izraženo fizičko raspadanje i trošenje.

Horizont A je dubine od 10 do 25 cm. Boja ovog horizonta je tamno smeđa, a često se mogu vidjeti i nijanse crvenkastosmeđe. Struktura je praškasta, mrvičasta i grudvasta. Zbog nešto većeg sadržaja pijeska nego gline, ovaj horizont je laka ilovača. Prelazni A(B) horizont je postepen i debljine je 5-6 cm.

Horizont (B) je debljine od 10 do 25 cm i zavisi od nagiba terena, na manjim nagibima terena debljina ovog horizonta je veća, a na više nagnutim terenima manja. Ovaj horizont je smeđe boje, ali često se javljaju svjetlije ili tamnije nijanse, koje su odraz humusa i podloge na kojoj se nalaze ova zemljišta. Struktura ovog horizonta je najčešće grudvasta. Odnos pijeska i gline je skoro podjednak, tako da po sastavu ovaj horizont predstavlja ilovaču. Prelaz iz horizonta (B) u podlogu je uglavnom postepen.

Po mehaničkom sastavu, ova zemljišta su najčešće ilovasta, sadržaj skeleta se kreće od 15-50 %, sa dubinom sadržaj skeleta se povećava. Sadržaj gline (čestica manjih od 0,002 mm)

je od 10 do 20 %, prah je zastupljen sa 10 do 30 %, a frakcija sitnog pijeska sa 20 do 60 %. Ovo zemljište je veoma dobro rastresito i vodopropusno.

Ova zemljišta imaju kiselu reakciju, vrijednosti pH su od 4,1 do 5,6.

### ***Smeđa kisela zemljišta - na krečnjacima i dolomitima***

Smeđa kisela zemljišta na krečnjacima i dolomitima se na području teritorije gazdinske jedinice „Bjelasica” nalaze na većim nadmorskim visinama gdje vlada relativno vlažna ljetnja pedoklima.

U gazdinskoj jedinici „Bjelasica”, humusno akumulativni horizont je veoma plitak i kreće se od 5 do 10 cm. (B)-horizont je takođe male moćnosti od 30 do 50 cm. Ovaj horizont, koji predstavlja tipičan morfogenetski znak ovog smeđeg zemljišta, ima relativno težak mehanički sastav zbog većeg učešća koloidne frakcije, što ga čini slabo dreniranim. Takođe, u ovom horizontu je zabilježen i dosta veliki sadržaj humusa (oko 5%). Zabilježena dubina ovih zemljišta se kreće od 50 do 80 cm. Sadržaj skeleta se kreće u prosjeku od 30 do 50 %. U ovim zemljištima je zabilježen i visok sadržaj gline i praha oko 70% u A horizontu i oko 90% u (B) horizontu.

## **6.2. Regionalna i evropska klasifikacija**

### **6.2.1. Mješovite planinske šume bukve, jele i smrče**

Mješovite šume bukve, jele i smrče (*Piceo-Fago-Abietetum* Čolić 1965) su rasprostranjene širom Balkanskog poluostrva, od planine Plješevica u Hrvatskoj do Rodopskih planina u Bugarskoj. Na teritoriji Crne Gore, ove šume se nalaze na svojoj južnoj granici rasprostranjenosti (Čurović i sar., 2011a). U Srbiji, mješovite planinske šume bukve i jele su rasprostranjene od 800 do 1.700 m nadmorske visine, planinske šume bukve zauzimaju nešto niže nadmorske visine od 800 (900) do 1100 (1200) m, dok su staništa sa smrčom na višim nadmorskim visinama (1.000 do 1.550 m) (Diklić i sar., 1997; Tomić, 2004). Dinarske bukovo-jelove šume u Hrvatskoj su rasprostranjene na nadmorskim visinama od

600 do 1.100 m. U Bugarskoj, ove šume se uglavnom nalaze na visinama od 1.000 do 1.400 m (Tzonev i sar., 2006). U Crnoj Gori, šume bukve, jele i smrče zauzimaju više nadmorske visine i nalaze se od 900 do 1.700 m, što je izvan opisanog raspona distribucije.



**Slika 18.** Mješovite planinske šume bukve, jele i smrče (*Piceo-Fago-Abietetum* Čolić 1965) u gazdinskoj jedinici „Bjelasica”.

**Figure 18.** Mixed mountain forest (Silver fir, Norway spruce and European beech) in management unit “Bjelasica”.

Na rasprostranjenje ovih zajednica na Bjelasici uticali su specifični uslovi. Veliki broj vodotoka i kanjona, kao i eksponiranost terena su uticali na mikroklimu i karakteristike zemljišnog pokrivača (Gazdić i sar., 2016, Gazdić i sar., 2015). U najvećem dijelu sjeverne Crne Gore zastupljeni su slični uslovi tako da je i rasprostranjenje ova dva tipa šumske vegetacije, bukve i jele i trodominantnih šuma bukve, jele i smrče na sjeveru Crne Gore slično ovom na Bjelasici.

*Piceo-Fago-Abietetum* Čolić 1965 šumska zajednica ima jednak udio sve tri vrste drveća u prirodnim uslovima, koji se mogu mijenjati u zavisnosti od stanišnih uslova i tipa zemljišta kao i zbog načina gazdovanja (Tomić, 2004). Čini se da je taj slučaj i na Bjelasici, gdje su šumska staništa koja su bliža putevima imala manji udio četinara zbog pristupačnosti i intenzivnije sječe četinara. Ovo ne znači da je odsustvo obične jele (*Abies alba*) uslovljeno samo intenzivnijim sječama, stanišni uslovi i tip zemljišta imaju veliki uticaj na prisustvo jele. Posebno su interesantne granice („pragovi”) potencijalne prirodne distribucije obične jele (*Abies alba*), što ima implikacije za gazdovanje šumama u budućnosti, npr. selekcija vrsta drveća u planinskim privrednim šumama ovog regiona.

U zamljama bivše Jugoslavije definisan je klimaregionalni pojas bukovo-jelovih šuma (*Abieti-Fagetum* (Ht. 1938) Treg. 1957 s. lat.) (Horvat, 1938; Fukarek, 1954; Fukarek 1963), koji je veoma izražen i zauzima veliko područje. Bukovo-jelove šume se karakterišu gustim sklopom u spratu drveća (Jovanović 1980). Ova šumska asocijacija se pojavljuje u različitim geografskim i klimatskim uslovima, stoga za nju postoji veći broj latinskih naziva. Bukovo-jelove šume u Sloveniji su definisane imenima: *Abieti-Fagetum dinaricum* Treg. 1957 emend. Pun. 1977; *Abieti-Fagetum praealpino-dinaricum* Pun. 1979 (mscr.), *Abieti-Fagetum praealpinum* Robič. 1965 (prov.), *Abieti-Fagetum prae-pannonicum* Fab. 1963, *Luzulo-Abieti-Fagetum praealpinum* Mar. 1977 (prov.); u Hrvatskoj *Fagetum croaticum abietetosum* Ht. 1938; u Bosni i Hercegovini *Abieti-Fagetum illyricum* Fuk. et Stef. 1958, *Fago-Abietetum serpentanicum* H. Ritter-Strudnička 1970, *Fago-Abietetum* Stef. 1963; u Srbiji *Abieti-Fagetum serpentanicum* B. Jov. (1957) 1979, *Abieti-Fagetum serbicum silicolum* B. Jov. 1955, *Abieti-Fagetum serbicum calcicolum* B. Jov. 1955; (Jovanović, 1967, Janković, 1984) u Makedoniji *Fagetum montanum abietetosum* Em 1965, *Fago-Abietetum borisii-regis meridionale* Em 1973; i u Crnoj Gori *Fagetum sylvaticae montenegrinum abietetosum* Bleč. 1958 (Jovanović i sar., 1986).

Asocijacija definisana kao *Abieti-Fagetum* (Fuk. et Stef.) Fukarek 1969 formira jedan visinski pojas od 900 do 1.400 (1.500 m), ali je rasprostranjena i na manjim nadmorskim visinama u nekim regionima u zavisnosti od orografskih i edafskih uslova (Stefanović, 1977). Tako su ove šume na Bjelasici rasprostranjene i na nešto manjim nadmorskim visinama od 800 do 1100 m.

Bukovo-jelove šume u zemljama bivše Jugoslavije generalno se mogu naći na staništima sa većom količinom padavina (iznad 1.200 mm) i na različitim zemljištima sa pH vrijednostima od 4,5 do 7,5 (Ćirić i sar., 1971). Floristički sastav ovih šuma je veoma sličan bukovo-jelovim (-smrčevim) šumama na planini Bjelasici.

Dva šumska tipa *Polypodio-Fagetum moesiaca* i *Piceo-Abietetum*, u zemljama bivše Jugoslavije, formiraju srednje planinski visinski pojas. Ova zona je karakteristična po godišnjoj količini padavina od 1.100 do 2.800 mm i srednjoj godišnjoj temperature vazduha od 5 do 8 °C, kao i srednjim temperaturama vazduha u vegetacionom periodu od 10 do 14 °C (Jovanović i sar. 1986). Bukva zauzima veći ekološki i geografski pojas i gradi veliki broj zajednica koje su adaptirane ne samo na različite klimatske uslove od hrastovog do smrčevog pojasa, već i na veoma različita staništa u okviru svake planinske zone (Mišić i Popović, 1960). Obična jela (*Abies alba*), međutim, ima mnogo uži raspon nadmorskih visina (Horvat, 1954; Jovanović, 1980; Mišić i sar., 1982). Ova bukovo-jelova „zona” se nalazi između suve hrastove zone (500-1.000 m n.v.) i hladne i surove subalpske zone (zona smrče) (1.550–1.750 m n.v.) (Mišić i sar., 1982), isti slučaj je i u gazdinskoj jedinici „Bjelasica”. Trodominantna zajednica bukve, jele i smrče (*Piceo-Fago-Abietetum* Čolić 1965) se obično nalazi iznad bukovo-jelovog pojasa u Bosni kao i na sjeveru Crne Gore i južnim dijelovima Srbije (Jovanović i sar., 1986). U Srbiji, predstavlja kontaktnu zonu između bukovog i smrčevog pojasa (Cvjetičanin i Novaković, 2010), dok jedino na Tari iznad 950 m izgrađuje oroklimatogeni pojas (Tomić i sar. 2003). Kao dinarske, crnogorske bukovo-jelove šume su mnogo bogatije vrstama nego ove zajednice u Panonskoj oblasti (Vukelić, 2012), gdje su vrste kao što su: smrča (*Picea abies*), jerebika (*Sorbus aucuparia*), smrdljika (*Rhamnus fallax*) i planinska kozija krv (*Lonicera alpigena*) manje zastupljene. Različite vrste u bukovo-jelovim šumama u oblasti Sava-Drava i Crnoj Gori su: vlasulja šumska (*Festuca drymeia*), šaš (*Carex pilosa*) i bekica bjelkasta (*Luzula luzuloides*) (Vukelić, 2012). Rezultati proučavanja u okviru ove doktorske disertacije potvrđuju ove razlike.

U sjeverno-zapadnom Balkanu, su takođe rasprostranjene bukovo-jelove šume. One pripadaju svezi *Aremonia-Fagion* i podsvezi *Lamio orvalae-Fagenion*, sa prosječnom nadmorskom visinom od 1.086 m. Njihove indikatorske vrste su: obična jela (*Abies alba*), kupina (*Rubus fruticosus*), zečija soca (*Oxalis acetosella*) i smrdljika (*Rhamnus alpine*)



(Marinšek i sar., 2012). Takođe, i floristički sastav ovih šuma je veoma sličan mješovitim planinskim šumama na Bjelasici koje se nalaze na nešto manjim nadmorskim visinama.

Međutim, prema Willner i sar. (2017), mješovite trodominantne planinske šume na planini Bjelasici se mogu svrstati u “Meso-basiphytic” bukove šume, podgrupu “Eu-Fagenion I” (Planinske bukove i bukovo jelove šume na srednje kiselim smeđim zemljištima). Takođe, ove šume mogu biti opisane kao *Galio odorati-Fagetum* Sougnez i Thill 1959 zajednice na većim nadmorskim visinama. Bukva (*Fagus sylvatica*) je veoma konkurentna vrsta, koja često gradi monodominantne šume u Evropi (Willner i sar., 2017). U nekim planinskim područjima, kao što je i područje planine Bjelasica, obična jela (*Abies alba*) i smrča (*Picea abies*) su često zastupljene u manjem procentu od bukve (*Fagus sylvatica*). Ove šume su rasprostranjene na srednje svježim do svježim zemljištima sa umjerenim do dobrim izvorom baza. Takva zemljišta se mogu naći na silikatnim stijenama (Gnajs, Amfibolit, itd.), smeđa zemljišta, luvisol, pseudoglej. Obično je sprat prizemne flore ovih šuma siromašan biljnim vrstama (Willner i Grabherr, 2007), slično kao i u gazdinskoj jedinici “Bjelasica” gdje je sprat prizemne flore siromašan i sa pokrovnošću od oko 30% (Slika 17).

### 6.2.2. Čiste planinske šume bukove i mješovite šume bukve i jele na umjereno kiselim smeđim zemljištima

Čiste planinske šume bukve (*Fagetum montanum* Ht. 1938 s. lat.) i mješovite šume bukve i jele (*Abieti-Fagetum* s. lat.) su rasprostranjene širom Balkanskog poluostrva i obično se svrstavaju u sveze *Fagion illyricum* Horv. 1950 i *Fagion moesiaca* Bleč. et Lakš. 1970. U zemljama bivše Jugoslavije, ova grupa uključuje veliki broj asocijacija, tako se u svezu *Fagion illyricum* Horv. 1950 svrstavaju: *Fagetum submontanum praedinaricum* Mar. et Zup. 1978, *Fagetum submontanum praealpinum* Mar. 1978, *Lamio orvalae-Fagetum praealpinum* Mar. 1981, *Lamio orvalae-Fagetum praedinaricum* Mar., Pun. et Zup. (1982) 1984, *Fagetum altimontanum praedinaricum* (Košir, 1962) Mar. 1980, *Fagetum altimontanum dinaricum* Mar. 1983, *Fagetum altimontanum praealpinum* Mar. 1978 (Slovenija); *Fagetum croaticum boreale* Ht. 1938, *Fagetum croaticum australe montanum* Ht. 1938 (Hrvatska); *Lathyro verni-Fagetum* (Ht. 1938) Fab. 1963, *Melico-Fagetum* Fab.,

Fuk. et Stef. 1963, *Fagetum montanum illyricum* Fuk. et Stef. 1958 (Bosna i Hercegovina); Dok se u svezu *Fagion moesiaca* Bleč. et Lakš. 1970 svrstavaju: *Fagetum moesiaca montanum* s. l. (Kosovo) (Jovanović, 1959); *Fagetum submontanum* (Rud. 1940) B. Jov. 1967, *Fagetum submontanum mixtum* Mišić 1972, *Tilio-Fagetum submontanum* (Jank., Mišić 1960, Mišić 1972), *Juglando-Fagetum submontanum* (Mišić, 1966) B. Jov. 1979, *Ilici-Fagetum submontanum* B. Jov. 1979, *Dentario glandulosae-Fagetum submontanum* B. Jov. 1975, *Hyperico androsaemi-Fagetum submontanum* E. Vuk. 1966, *Fagetum montanum serbicum* B. Jov. 1953 (non Rud. 1940), *Fagetum altimontanum moesiacum* B. Jov. (1950, 1957, 1959) 1985 (Srbija) (Jovanović, 1959), *Festuco heterophyllae-Fagetum* Em. 1965, *Calamintho grandiflorae-Fagetum* Em. 1965, *Aristolochio-Fagetum* Em 1965 (Makedonija) (Jovanović i sar., 1986).

Vlažnost u planinskom sjevernom području Crne Gore je manja nego u ilirskom području (Hrvatska i Bosna), gdje je godišnja količina padavina značajno veća. Zbog toga mezijska bukva preovlađuje, zato što je bolje adaptirana na suvlje uslove. Prema Jovanović i sar. (1986), planinske šume bukve u Crnoj Gori pripadaju asocijaciji *Fagetum moesiaca montanum* Bleč. i Lkš. 1970.

Asocijacija *Fagetum montanum* (Fuk. i Stef.) Fukarek 1969 je široko rasprostranjena i formira kontinuirani visinski pojas duž Dinarskih planina. Ove šume se javljaju na nadmorskim visinama od 800 (900) do 1.100 (1.200) m, u zavisnosti od veličine planinskog masiva. Postoje primjeri ovih šuma koji su slični prašumama, u Hrvatskoj, Bosni i Hercegovini i Crnoj Gori (Horvat, 1958), na primjer u rezervatu nacionalnog parka Biogradska gora i planini Bjelasici. U novije vrijeme ove šume su degradirane nepravilnim gazdovanjem i poremećena je njihova prirodna struktura (Stefanović, 1977), takođe i na planini Bjelasici. U poređenju sa bukovim šumama Srednje Evrope, ove šume karakteriše veće bogatstvo biljnim vrstama. Ove šume su podjeljene u nekoliko subasocijacija. Bukove šume na Bjelasici su veoma slične subasocijaciji *cardaminetosum* Fab. 1966.

Na Bjelasici, posebno su veliki antropo-zogeni uticaji, jer se šume u ovoj gazdinskoj jedinici nalaze blizu sela i okružene livadama i pašnjacima. Dugačak period neodgovarajućeg gazdovanja šumama doveo je do degradacije šuma, tako da je značajan dio ovih šuma pretvoren u izdanačke šume sa zakržljanim drvećem male visine i slabog kvaliteta. Ovakav način gazdovanja je takođe doveo i do degradacije zemljišta. Međutim,



na mjestima koja su udaljenija od puteva i koja su teže pristupačna, još uvijek su dobro očuvane bukove i bukovo-jelove sastojine.

U odnosu na bukove šume Srednje Evrope (Willner i sar. 2017), ove šume su bogatije biljnim vrstama, neke od karakterističnih vrsta su: bukva (*Fagus sylvatica*), gorski javor (*Acer pseudoplatanus*), mliječ (*Acer platanoides*), gorski brijest (*Ulmus montana*), obični likovac (*Daphne mezereum*), kurika širokolisna (*Evonymus latifolia*), bradavičak (*Cardamine bulbifera*), lazarkinja (*Galium odoratum*), vranino oko (*Paris quadrifolia*) i resulja (*Mercurialis perennis*). Sve ove vrste su takođe karakteristične i za bukove šume na većim nadmorskim visinama na Bjelasici (preko 900 m) i opisani stanišni uslovi odgovaraju onima na Bjelasici. Međutim, na našem istraživačkom području je veliki broj degradiranih formi ovih šuma.

Bukove šume na Bjelasici ispod 800 m nadmorske visine su veoma slične asocijaciji *Fagetum moesiaca submontanum* Soo & Borhidi 1960, oslanjajući se na floristički sastav i uslove staništa. Sprat drveća je visoko struktuiran, bukva (*Fagus sylvatica*) dominira i mjestimično se javljaju i vrste kao što su obični grab (*Carpinus betulus*), gorski javor (*Acer pseudoplatanus*), mliječ (*Acer platanoides*), divlja trešnja (*Prunus avium*) i kitnjak (*Quercus petraea*). Sprat žbunja je slabo razvijen i u njemu se pojavljuju: crna zova (*Sambucus nigra*), lijeskom (*Corylus avellana*) i oštrodlakava kupina (*Rubus hirtus*) je slabije razvijen. Karakteristične i česte vrste koje se javljaju u prizemnom spratu su: lazarkinja (*Galium odoratum*), bradavičak (*Cardamine bulbifera*), češulja (*Geranium robertianum*), mrtva kopriiva žuta (*Lamium galeobdolon*), kopitnjak (*Asarum europeum*) i plućnjak (*Pulmonaria officinalis*) i dr.



**Slika 19.** Bukove planinske šume u gazdinskoj jedinici “Bjelasica”.

**Figure 19.** Beech mountain forest in management unit “Bjelasica”.

Na Balkanu, bukove šume se javljaju na širokom visinskom pojasu od (100) 300 - 1.400 (1.600) m (Tomić, 2004). U Hrvatskoj, širina visinskog pojasa bukovih šuma je preko 1.000 m (Horvat, 1954). *Fagetum montanum* na planini Kopaonik (Srbija) se javlja na nadmorskim visinama od 1.100 do 1.600 m, na sjevernim ekspozicijama sa nagibom terena 5–30° (Mišić i Popović, 1954), a floristički sastav ovih šuma je sličan bukovim planinskim šumama na Bjelasici. Neke od zajedničkih biljnih vrsta su *Aremonia agrimonoides*,

*Anemone nemorosa*, *Paris quadrifolia*, *Cardamine bulbifera*, *Dryopteris filix-mas*, *Galium silvaticum*, *Lamium galeobdolon*, itd. Na Kosovu i Metohiji planinske bukove šume su rasprostranjene na nadmorskim visinama iznad 1.000 m i pretežno na silikatnim podlogama (Krasnići, 1972), floristički sastav je prilično sličan i pored nekih različitosti kao što su prisustvo ciklama (*Cyclamen neapolitanum*) i grašca (*Lathyrus inermis*). U bukovim sastojinama (od 800 do 1.200 m n.v.) veliki broj panjeva četinaru ukazuje da ove šume predstavljaju degradiranu formu lišćarsko-četinarskih šuma (Diklić i sar., 1997). Mnogi autori smatraju da su bukove šume iznad 1.100 m n.v. bile bukovo-jelove šume u prošlosti, ali zbog uticaja načina gazdovanja, obična jela (*Abies alba*) je nestala sa ovih staništa (Tomić, 2004). Ova teorija je podržana posmatranjem blizine ovih šuma putevima, koja predstavlja jedan od pokazatelja gazdovanja šumama. Mješovite planinske šume bukve i jele i šume bukve, jele i smrče su bile više udaljene od puteva nego bukove planinske šume. Međutim, treba uzeti u razmatranje i činjenicu da gustina puteva opada sa povećanjem nadmorske visine.

Na Bjelasici, bukove planinske šume (sa *Fagus sylvatica* kao glavnom vrstom drveća) se javljaju ispod 960 m n.v. sa rasponom nadmorskih visina od 580 do 950 m n.v. Bukva (*Fagus sylvatica*) je bila dominantna u svim spratovima, a floristički diverzitet nije izražen zbog jakog sklopa u spratu drveća. Mezofilne vrste, uglavnom Centralno Evropskog areal tipa kao što su gorski javor (*Acer pseudoplatanus*), mliječ (*Acer platanoides*), hrast kitnjak (*Quercus petraea*), divlja trešnja (*Prunus avium*), divlja kruška (*Pyrus pyraeaster*) i bijeli jasen (*Fraxinus excelsior*) se javljaju u spratu drveća.

Prema Willner i sar. (2017), ova grupa može biti klasifikovana u jedinicu "Meso-basiphytic" bukove šume, sub-jedinicu "Eu-Fagenion I" (Planinske bukove i bukovo-jelove šume na srednje kiselim smeđim zemljištima). Sintaksonomski ove šume pripadaju u asocijaciju *Galio odorati-Fagetum* Sougnez & Thill 1959.

### 6.2.3. Heliofilne mješovite planinske šume

Ova grupa šuma je bila najheterogenija. Glavne vrste drveća su bile crni bor (*Pinus nigra*), crni grab (*Ostrya carpinifolia*) i prateće pionirke vrste kao što su breza (*Betula pendula*) i



jasika (*Populus tremula*). Crni bor (*Pinus nigra*), crni grab (*Ostrya carpinifolia*) grade posebno ili zajedno šumske fitocenoze uglavnom na većim nagibima terena, dok breza (*Betula pendula*) i jasika (*Populus tremula*) grade posebne šumske fitocenoze uglavnom na napuštenim pašnjacima. Takođe, ova grupa je bila bogatija vrstama. Na Bjelasici, ove šume predstavljaju mlade šume ali veliko prisustvo bukve (*Fagus sylvatica*) i jele (*Abies alba*) u spratu žbunja pokazuje da je ovaj tip šume u procesu prirodne sukcesije.



**Slika 20.** Borova šuma (*Pinus nigra*) u gazdinskoj jedinici “Bjelasica”.

**Figure 20.** Pine (*Pinus nigra*) forest in management unit “Bjelasica”.

Crni bor (*Pinus nigra*) karakteriše visok zahtjev za svjetlosti, visoka tolerancija na sušu i relativno brz rast (Hanley i Fenner, 1997; Richardson i Rundel, 1998) i ove karakteristike im omogućavaju da opstanu u uslovima Mediterana. Zbog sposobnosti sjemena bora da se lako prenosi i brzog širenja (Higgins i Richardson, 1998) obično povećavaju svoju invazivnu sposobnost, posebno na ekosistemima koji su podložni požarima.

Pionirske drvenaste vrste formiraju rane faze sukcesije na napuštenim površinama ili na površinama degradiranim uticajem prirodnih ili antropogenih faktora, kao što su vjetrolomi i požari. U poslednjih nekoliko decenija, broj stanovnika na seoskim područjima u Crnoj Gori se značajno smanjio, tako da je nekada obrađivano poljoprivredno zemljište obraslo šumom. Osim toga, šumski požari prouzrokovani ljudskim aktivnostima kao što su korišćenje vatre u cilju čišćenja livada i priprema istih za sledeću sezonu, nisu neuobičajni u Crnoj Gori. Takođe, lokalno stanovništvo izaziva požare u prizemnom šumskom sloju, jer vjeruju da nakon požara mogu očekivati veći prinos gljiva koje sakupljaju i prodaju. Ovo su neke od ljudskih aktivnosti koje utiču na ovu grupu šuma. Međutim, heliofitne mješovite planinske šume se javljaju i na sunčanim, obično sa velikim nagibom vjetrovitim terenima na Dinarskom kršu u Crnoj Gori, gdje obična jela (*Abies alba*) nije zastupljena u većem obimu. Takođe, konkuretnost bukve se smanjuje na relativno plitkim rankerima i rendzinama do te mjere da se submediteranske vrste kao što su crni grab (*Ostrya carpinifolia*) i crni jasen (*Fraxinus ornus*) primiješano javljaju u spratu drveća.

Prema Willner i Grabherr (2007) heliofilne mješovite planinske šume sa crnim grabom (*Ostrya carpinifolia*) i crnim jasenom (*Fraxinus ornus*) mogu biti svrstane u asocijaciju *Orno-Ostryetum* Aichinger 1933 s.l. Smještena na strmim padinama, na nerazvijenim i plitkim zemljištima ove šume formiraju enklave okružene monodominantnim i sciofilnim bukovim šumama.

Primarna staništa crnog bora (*Pinus nigra*) se javljaju mozaično na strmim i okomitim stijenama i osunčanim strmim terenima sa plitkim i nerazvijenim zemljištem na krečnjaku i dolomitu. Sekundarna staništa šuma crnog bora bukova i bukovo-jelova staništa, uglavnom na požarištima i mjestima gdje je bila čista sječa, na strmim staništima gdje je došlo do erozije zemljišta, koluvijalnim nanosima itd. Crni bor (*Pinus nigra*) je dominantna vrsta drveća u spratu drveća i ove šume su bogate heliofitnim vrstama. Često prisustvo jele (*Abies alba*) i bukve (*Fagus sylvatica*) na ovim staništima pokazuje da se u budućnosti u procesu sukcesije mogu razviti mješovite planinske šume bukve i jele ili bukve, jele i smrče.

U regionu bukovo-jelovih šuma u Hrvatskoj, šuma bijelog i crnog bora sa kukurijekom božićnjakom (*Helleboro-Pinetum* Horv. 1958) zauzima velike površine (Horvat, 1958), sa sličnim stanišnim uslovima i prilično sličnim vrstama biljaka kao u Crnoj Gori. Pored

bukve (*Fagus sylvatica*) i obične jele (*Abies alba*), zajedničke vrste su: hrast kitnjak (*Quercus petraea*), cer (*Quercus cerris*), gorski javor (*Acer pseudoplatanus*), bršljen (*Hedera helix*), šumska kupina (*Rubus hirtus*), kiprovinina (*Euphorbia amygdaloides*), šumska ljubičica (*Viola sylvestris*), kukurijek (*Helleborus odoratus*), zidna salatika (*Mycelis muralis*) i sl. *Pinetum nigrae submediterraneum* Anić. 1957, kao jedna od varijanti crno borovih šuma na najhladnijim staništima u submediteranu, opisana je na planini Velebit (u Hrvatskoj) na nadmorskim visinama od 450 do 1.800 m. U Makedoniji *Fago-Pinetum nigrae* Em. 1981 je rasprostranjen sekundarni tip šume (Jovanović i sar., 1987; Tomić, 2004) veoma sličan sukcesivnoj borovoj zajednici na Bjelasici. U zajednici preovladava crni bor (*Pinus nigra*), dok se bijeli bor (*Pinus sylvestris*) javlja samo na većim nadmorskim visinama, a udio bukve (*Fagus sylvatica*) raste u zrelijim sastojinama. Isto tako, floristički sastav prizemnog sprata je sličan, preovlađuju acidofilne vrste kao što su: borovnica (*Vaccinium myrtillus*), bujad (*Pteridium aquilinum*) i broćika okruglolisna (*Galium rotundifolium*). Još ekstremnije zajednice se mogu naći u kanjonu rijeke Pive (*Pinetum nigrae montenegrinum* Bleč. 1958), na planini Goč u Srbiji, gdje je opisana zajednica crnog bora sa sedmoprsticom (*Potentillo-Pinetum nigrae gončensis* Jov. 1959) u kojoj je izdvojeno više subasocijacija. Subasocijacija *abietetosum* je terminalna faza koja sindinamski povezuje šumu crnog bora sa bukovo-jelovim šumama (Tomić, 2004). Međutim, ove crno borove šume na Bjelasici, gdje su zastupljene i bukva (*Fagus sylvatica*) i jela (*Abies alba*), se mogu svrstati u asocijaciju *Fago-Pinetum nigrae* Em. 1981.

### 6.3. Životne forme i areal tipovi

S obzirom da biološki i spektar areal tipova spektri planinskih šuma bukve i jele i mješovitih planinskih šuma bukve, jele i smrče nisu sprovedeni u Crnoj Gori, upoređujemo dobijene rezultate sa spektrima ovih šuma u Bosni i Hercegovini (planina Lisina) i Srbiji (Pešterska visoravan) (Eremija i sar., 2015). Konstatovana je velika sličnost u spektrima životnih formi u šumama gazdinske jedinice „Bjelasica” i planine Lisina. Na obje lokacije hemikriptofite su dominantne i približno podjednako zastupljene (Bjelasica 40%, Lisina 41%), prate ih fanerofite koje su nešto više zastupljene na Bjelasici (Bjelasica 36,67%,

Lisina 31%) i geofite sa podjednakom zastupljenošću na oba lokaliteta (20%). Kod biološkog spektara životnih formi šuma na Pešterskoj visoravni redosled je isti kao u šumama u gazdinskoj jedinici „Bjelasica”, ali hemikriptofite značajno dominiraju (54%) u poređenju na fanerofite (21%) i geofite (14%). Dakle, iako je gazdinska jedinica „Bjelasica“ blizu južne granice distribucije zajednice bukve, jele i smrče, uticaj Mediterana na biološki spektar nije istaknut, jer je spektar vrlo sličan onom na Lisini, koja se nalazi sjevernije. Ovo ukazuje da edafski uslovi imaju veliki uticaj na mikroklimatske uslove u zajednici, pa tako i na biološki spektar. Slično je i sa spektrom areal tipova u kome su i na Bjelasici i na Lisini srednje evropski florni element dominantni i Holarktički i vrste široke ekološke amplitude Euro-Azijskog flornog tipa imaju visoko učešće. Na planini Lisini najveću zastupljenost kao zbirni areal tipovi imaju srednjeevropski florni elementi sa 38%, značajno je zastupljen evroazijski areal tip sa 25 %, grupa cirkumpolarnih i kosmopolita zajedno sa flornim elementima sjevernih predjela su zastupljeni sa 19% (Eremija i sar. 2015).

#### **6.4. Značaj istraživanja za unaprjeđenje savremenog gazdovanja šumama**

Trenutni godišnji prirast stabala na Bjelasici iznosi 5,8 m<sup>3</sup>/ha u visokim šumama i 3,7 m<sup>3</sup>/ha u izdanačkim šumama (Dees i sar., 2013). Trenutni godišnji prirast u mješovitim šumama bukve, jele i smrče u Crnoj Gori je 8,3 m<sup>3</sup>/ha. Takođe, trenutni srednji godišnji prirast obične jele (*Abies alba*) je 10,3 m<sup>3</sup>/ha, smrče (*Picea abies*) 8,7 m<sup>3</sup>/ha i veći su nego kod bukve (*Fagus sylvatica*) (5,1 m<sup>3</sup>/ha). U Crnoj Gori, bukove šume zauzimaju oko 20% čitave teritorije koja je pod šumama, samo 10% teritorije pod šumama zauzimaju bukovo-jelove i bukovo-jelovo-smrčeve šume zajedno (Dees i sar., 2013).

Drvena masa obične jele (*Abies alba*) i posebno smrče (*Picea abies*) je najveća u bukovo-jelovim, bukovo-smrčevim i bukovo-jelovo-smrčevim šumama (Pretzsch i sar., 2010, 2013). Međutim, do ovih zaključaka se došlo iz istraživanja iz Centralne Evrope i potrebno je pokazati i na primjeru Crne Gore. Ipak, smanjivanje površina pod listopadno-četinarskim šumama u Crnoj Gori predstavlja opasnost, ne samo zbog činjenice da su bukove šume mnogo zastupljenije od produktivnijih četinarskih šuma već i zbog toga što



su mješovite šume stabilnije u pogledu prirodnog obnavljanja, nakon sječa, raznih poremećaja i posljedica klimatskih promjena. Dakle, razni antropogeni uticaji, nelegalne sječe, šumski požari itd., dovode do degradacije šuma. U periodu od 2006. do 2010. godine, 40.226 ha šuma ili 4,7% od ukupne površine pod šumama bilo je uništeno antropogenim uticajem u požarima (Dees i sar., 2013). Svaki negativan uticaj na bukovo-jelove šume mijenja njihov floristički sastav i obično smanjuje prinos drveta.

Sa druge tačke gledišta, mješovite planinske šume u Crnoj Gori predstavljaju prirodno stanište velikog broja biljnih vrsta i posebno velikog broja vrsta divljih životinja (Petrović i sar., 2012), uključujući i zaštićene vrste sisara kao što su mrki medvjed (*Ursus arctos*) i srna (*Capreolus capreolus*) kao i veliki broj vrsta ptica kao što su: suri orao (*Aquila shrysaetus*), mišar (*Buteo buteo*), tetrijeb (*Tetrao urogallis*), šumska sova (*Strix aluco*) itd.

Dakle, obnova i očuvanje bukovo-jelovih, bukovo-jelovo-smrčevih šuma treba da bude imperativ u budućnosti, za sektor šumarstva kao i za sektore zaštite prirode.

## 6.5. Modeli klimatskih niša rasprostranjenosti jele

Klimatske niše obične jele (*Abies alba*) su modelovane na osnovu tri baze podataka, crnogorske (NIŠ), njemačke (BWI II) i kombinovane (NIŠ - BWI II). Kao najbolji model se pokazao model baziran na kombinovanoj bazi podataka koja uključuje nacionalne inventure šuma (NIŠ i BWI II) obje zemlje. Ovo je očekivan rezultat s obzirom da veličina baze podataka utiče na povećanje kvaliteta modela, a takođe u ovom slučaju je i veličina gradijenta najveća. Generalno, obična jela (*Abies alba*) je modelirana tako što su predstavljeni srednji uslovi koje preferira u obje zemlje, kao srednje planinska vrsta (Dološ i sar., 2015; Märkel i Dološ, 2017).

Što se tiče temperatura vazduha, obje baze podataka obezbjeđuju nišne limite. Zbog razlika između baza podataka, niša bazirana na kombinovanoj bazi (NIŠ-BWI II) podataka je imala najširi opseg što se tiče temperatura vazduha (srednja godišnja temperature vazduha) koji iznosi od 3 do 10°C (Slika 11). Gornji limiti padavina (oko 1650 mm) u kombinovanoj bazi podataka (NIŠ-BWI II) potiču iz crnogorske baze (NIŠ) i u njemačkoj bazi (BWI II) nijesu bili pokriveni. Najniži limiti za model baziran na kombinovanoj bazi podataka (NIŠ-



BWI II), a što se tiče padavina, potiču iz njemačke baze podataka (BWI II) (Slika 13) i iznosi oko 950 mm, zbog toga što su količine padavina manje, posebno u sjeverno-istočnoj niziji. Međutim, ova manja količina padavina - limit niša, je povezana sa sjevernim limitom rasprostranjenosti jele koji nije povezan sa klimom.

Prema Tinner i sar. (2013) populacije obične jele (*Abies alba*) u južnim Alpima i Apeninima (Švajcarska, Italija) su rasprostranjene na toplijim i sušnijim uslovima nego populacije u Njemačkoj i Crnoj Gori u odnosu na italijanske populacije Pavullo, Massaciucoli, Accessa, Monticchio). Najniži limiti, što se tiče padavina u Italiji, iznose oko 800 mm. Tako da najvjerojatnije naš model zasnovan na kombinovanoj bazi podataka ne pokriva kompletnu evropsku nišu obične jele.

Jedna važna komplikacija za modele niša na kontinentalnom nivou jeste velika razlika u klimi koja utiče na bioklimatske promjenljive, kao što su na primjer temperatura vazduha i količine padavina najsušnijeg perioda, koje su od velike važnosti za vrste. Na primjer, najsušniji period u godini u Njemačkoj je zima, a u tom periodu ionako zbog nedostatka toplote nema rasta biljaka. U Crnoj Gori najsušniji period, u većem dijelu zemlje, jeste ljeto. U tom periodu su velike temperature vazduha, što prouzrokuje stres koji prekida vegetacioni period. Takva pitanja su ključna za rasprostranjenost vrsta ali što se tiče izrade modela rasprostranjenosti mogu se prevazići variranjem važnosti promjenljivih u prostoru. Ova tehnika nije bila uobičajena u modelima rasprostranjenosti vrsta do sada.

Drugi razlog zbog kog je niša predstavljena u toplijim uslovima u Njemačkoj su razlike u sunčanom zračenju, koje je intenzivnije u nižim geografskim širinama. Temperaturne promjenljive koje se ovdje razmatraju odražavaju temperaturu vazduha (u hladu), ali ne i sunčevo zračenje koje povećava temperaturu lista. Dakle, na istim temperaturama vazduha, biljke u Crnoj Gori su već započele fotosintezu zbog većeg zračenja.

Treći faktor koji utiče na modeliranje niša je način upravljanja šumama. Upravljanje šumama se kroz istoriju razlikovalo u obje države, kao i ciljevi i intenzitet. Modeli rasprostranjenosti vrsta odražavaju samo trenutnu distribuciju zabilježenu u podacima, razlike u upravljanju koje uzrokuju razlike u rasprostranjenosti i pomeranjima niša u odnosu na npr. nepristupačne lokacije za ekonomski značajne vrste kao što je npr. crni

grab (*Ostrya carpinifolia*). Takav efekat ne može biti isključen kao jedan od faktora koji utiče na modelirane niše.

Pored ovih zbujujućih faktora, razlike u modeliranim nišama mogu biti zapravo uzrokovane ekološkim razlikama u odnosu na klimu od strane ove dvije provenijencije. Provenijencija njemačke obične jele (*Abies alba*) je modelirana tako da preferira više temperature od one u Crnoj Gori. Ovo može biti prouzrokovano ekološkim razlikama između provenijencija koje su evoluirale tokom vremena pod uticajem različitih stanišnih uslova (Edelaar i sar., 2008). Pristupačnost staništa određuje koliko jedinki svih raspoloživih ekotipova gradi populaciju. Pošto se te jedinke razmnožavaju u većem broju, populacija mijenja svoj „nišni centar” u odnosu na taj tip staništa. Raspoloživost staništa se zaista razlikovala između regiona: Njemačka je imala kraći temperaturni gradijent u odnosu na Crnu Goru i veći modalitet (Slika 13).

Ako pretpostavimo da su razlike u nišama zapravo odražavale različite provenijencije, nismo mogli zaključiti da je crnogorski ekotip bio više tolerantan na sušu od njemačkog. Ipak modelirana klimatska niša je postala šira po pitanju temperature kada su korišćeni podaci iz oba regiona. Za obje zemlje projektovana oblast rasprostranjenosti bila je veća kada je korišćena kombinovana baza podataka umjesto samo „izvornih” baza podataka. Ovo pokazuje da zaključci o klimatskim nišama baziranim samo na individualnim bazama podataka ovih zemalja nisu potpuni i da potcjenjuju toleranciju i potencijal obične jele (*Abies alba*) kao važne vrste.

## 7. ZAKLJUČCI

Jela (*Abies alba*) u Crnoj Gori čini 5,8% od ukupne površine pod šumama i značajno je u disproporciji sa zapreminom koja iznosi 12,5%. Što se tiče šuma koje gradi jela (*Abies alba*) samostalno ili sa drugim drvenastim vrstama, te šume čine 14,4% od ukupne površine pod šumama ili 32% od ukupne zapremine šuma. Najveći dio ovih šuma se nalazi na sjeveru Crne Gore.

Na osnovu Isopam algoritma, koji je korišćen u ovoj doktorskoj disertaciji, šume u gazdinskoj jedinici „Bjelasica” se mogu podijeliti u tri grupe. Ove tri „Izopam” grupe su okarakterisane kao: 1) mješovite planinske šume bukve, jele i smrče; 2) čiste planinske bukove šume i mješovite šume bukve i jele; 3) heliofilne mješovite šume sa crnim borom (*Pinus nigra*) i crnim grabom (*Ostrya carpinifolia*) u kojima se obnavlja jela.

Biološki spektar mješovitih planinskih šuma bukve, jele i smrče ima fanerofito-hemikriptofitski karakter, pri čemu su fanerofite zastupljene sa 36,75% a hemikriptofite sa 40,17%. U biološkom spektru bukovo-jelovih planinskih šuma hemikriptofite zastupljene sa 36,03% a fanerofite sa 36,93%. U obje ove grupe, geofite imaju značajno učešće, 19,66% kod mješovitih planinskih šuma bukve, jele i smrče i 23,42% kod mješovitih planinskih šuma bukve i jele. Hamefite su zastupljene u malom procentu (od 3,41% do 4,44%), a terofite su odsutne.

U horološkom spektru bukovih planinskih šuma, Evro-Azijski areal tip je najzastupljeniji sa 33,33%, zatim slijedi Holarktički sa 18,33% i Centralno-Evropski areal tip sa 16,66%. U spektru areal tipova mješovitih planinskih šuma najzastupljeniji areal tipovi su: Centralno Evropski i Holarktički sa 21,87%, Evro-Azijski je zastupljen u velikom procentu (18,75%) ali znatno manje nego u bukovim planinskim šumama. Iako se gazdinska jedinica „Bjelasica” nalazi blizu južne granice rasprostranjenosti bukovo-jelovih-smrčevih šuma, analiza bioloških i holoroških spektara nije pokazala veliki uticaj Mediterana.

Planinske šume bukve, jele i smrče, čiste bukove šume i mješovite planinske šume bukve i jele u Crnoj Gori su prilično slične šumama u ostalim regionima Evrope. Ove šume mogu se predstaviti kroz postojeću klasifikaciju „Klasifikacija evropskih bukovih šuma”

(“Classification of European beech forests”) (Willner i sar., 2017) i na osnovu Willner, Grabherr (2007).

Prema Willner i sar. (2017), mješovite planinske šume bukve, jele i smrče na planini Bjelasici se mogu svrstati u „Meso-basiphytic” bukove šume, podgrupu „Eu-Fagenion I” (Planinske bukove i bukovo jelove šume na srednje kiselim smeđim zemljištima). Takođe, ove šume mogu biti opisane kao *Galio odorati-Fagetum* Sougnez i Thill 1959 zajednice na većim nadmorskim visinama. U nekim planinskim područjima, kao što je i područje planine Bjelasica, obična jela (*Abies alba*) i smrča (*Picea abies*) su često zastupljene u manjem procentu od bukve. Ove šume su rasprostranjene na srednje svježim do svježim zemljištima sa umjerenim do dobrim izvorom baza. Takva zemljišta se mogu naći na silikatnim stijenama (gnajs, amfibolit, itd.), smeđa zemljišta, luvisol, pseudoglej. Obično je sprat prizemne flore ovih šuma siromašan biljnim vrstama (Willner i Grabherr, 2007), što je slučaj i sa područjem Bjelasice. U gazdinskoj jedinici „Bjelasica” ove šume se nalaze na 900 do 1700 m nadmorske visine. Na rasprostranjenje ovih šuma uticali su specifični stanišni uslovi koji su prisutni na Bjelasici, a to su veliki broj vodotokova i kanjona, kao i eksponiranost terena a koji su uticali na mikroklimu i zemljište. Učešće u smješi ove tri vrste drveća je različito na šta veliki uticaj ima udaljenost ovih šuma od puteva. Tako su šumska staništa koja su bliža putevima imala manji udio četinara zbog pristupačnosti i intenzivnije sječe četinara.

Takođe, čiste planinske šume bukve (*Fagetum montanum* Ht. 1938 s. lat.) i mješovite šume bukve i jele (*Abieti-Fagetum dinaricum* Treg 1957 emen. P-cer 1976.) mogu biti svrstane u jedinicu “Meso-basiphytic” bukove šume, sub-jedinicu “Eu-Fagenion I” (planinske bukove i bukovo jelove šume na srednje kiselim smeđim zemljištima). Takođe, floristički i ekološki, ove šume mogu biti dodijeljene asocijaciji *Galio odorati-Fagetum* Sougnez & Thill 1959 (Willner i sar. 2017). U odnosu na bukove šume Srednje Evrope, ove šume su bogatije biljnim vrstama, a karakteristične vrste su: bukva (*Fagus sylvatica*), gorski javor (*Acer pseudoplatanus*), mliječ (*Acer platanooides*), gorski brijest (*Ulmus montana*), hajdučka oputa (*Daphne mezereum*), kurika širokolisna (*Evonymus latifolia*), bradavičak (*Cardamine bulbifera*), lazarkinja (*Galium odoratum*), vranino oko (*Paris quadrifolia*) i resulja (*Mercurialis perennis*). Sve ove vrste su karakteristične za bukove šume na višim

nadmorskim visinama na Bjelasici (preko 900 m) i opisani stanišni uslovi odgovaraju onima na Bjelasici.

Prema Willner i Grabherr (2007) heliofilne mješovite planinske šume sa crnim grabom (*Ostrya carpinifolia*) i crnim jasenom (*Fraxinus ornus*) mogu biti svrstane u asocijaciju *Erico-Ostryetum* Horvat 1959 s.l. Smještena na strmim padinama, na nerazvijenim i plitkim zemljištima ove šume formiraju enklave okružene monodominantnim i dobro sklopljenim (sciofilnim) bukovim šumama. Zajednice sa crnim borom (*Pinus nigra*) se javljaju mozaično na okomitim stijenama i osunčanim strmim terenima sa plitkim i nerazvijenim zemljištem na krečnjaku i dolomitu. Sekundarne šume crnog bora nastale su na bukovim i bukovo-jelovim staništima, uglavnom na požarištima i mjestima gdje je bila čista sječa, na strmim staništima gdje je došlo do erozije zemljišta, koluvijalnim nanosima itd.

Na području istraživanja rapsrostranjen je veliki broj degradiranih formi ovih šuma koje su obuhvaćene ovim istraživanjem. Posebno su veliki antropo-zogeni uticaji, jer je mreža magistralnih i šumskih puteva veoma dobro razvijena i šume u ovoj gazdinskoj jedinici se nalaze blizu sela i okružene su livadama i pašnjacima. Dugačak period neodgovarajućeg gazdovanja šumama doveo je do degradacije šuma, tako da je značajan dio ovih šuma pretvoren u izdanačke šume sa zakržljanim drvećem male visine i slabog kvaliteta. Ovakav način gazdovanja je takođe doveo i do degradacije zemljišta. Međutim, na mjestima koja su udaljenija od puteva i koja su teže pristupačna, još uvijek su dobro očuvane bukove i bukovo-jelove sastojine.

Ove šume su podložne dinamici s jedne strane zbog napuštanja poljoprivrednog zemljišta i stvaranja šuma na tim lokalitetima (progresivne sukcesije), a sa druge strane uništavanja šuma požarima (regresivne sukcesije). Posebnu pažnju treba posvetiti potencijalno prekomjernoj sječi pristupačnih šumskih sastojina, koje su potencijalno stanište mješovitih bukovo-jelovih-smrčevih sastojina, a koje su degradirane do čistih bukovih sastojina. Uzajamno djelovanje ove dinamike i njen uticaj na šumarstvo i proizvodnju drveta, kao i na zaštićena staništa i vrste divljih životinja, zahtijeva dalja proučavanja.

Kao najbolji model se pokazao model baziran na kombinovanoj bazi podataka koja uključuje NIŠ (Nacionalna inventura šuma Crne Gore) i BWI II (Nacionalna inventura

šuma Njemačke). Ovo je očekivan rezultat s obzirom da veličina baze podataka utiče na povećanje kvaliteta modela, a takođe u ovom slučaju je i veličina gradijenta najveća. Što se tiče temperature vazduha, obje baze podataka obezbjeđuju nišne limite. Zbog razlika između baza podataka, niša bazirana na kombinovanoj bazi podataka je imala najširi opseg što se tiče temperature vazduha (srednja godišnja temperatura vazduha) koji iznosi od 3 do 10°C (Slika 11). Gornji limiti padavina u kombinovanoj bazi podataka su oko 1650 mm godišnje i potiču iz crnogorske baze podataka i u njemačkoj bazi nisu bili pokriveni. Najniži limiti za model baziran na kombinovanoj bazi podataka, a što se tiče padavina, potiču iz njemačke baze podataka i iznosi oko 950 mm.

Modelirana klimatska niša je postala šira po pitanju temperature vazduha kada su korišćeni podaci iz obje zemlje (Crne Gore i Njemačke). Za obje zemlje projektovana oblast rasprostranjenosti bila je veća kada je korišćena kombinovana baza podataka umjesto samo “izvornih” baza podataka.

Rezultati istraživanja u doktorskoj disertaciji pokazuju jedan generalni zaključak za modele rasprostranjenosti vrsta je bio da su se niše značajno razlikovale između skupova podataka za različite regione. Uočavanje važnih doprinosa obje baze podataka za modelirane niše dovodi do očekivanja da se modeli rasprostranjenosti obične jele mogu dodatno poboljšati uključivanjem drugih NIŠ-a (Nacionalna inventura šuma). Italijanska NIŠ bi poboljšala model (Tinner i sar. 2013) mogla poboljšati model niše obične jele (*Abies alba*) u vezi sa projekcijama klimatskih promjena u Crnoj Gori i Njemačkoj.

Rezultati istraživanja u doktorskoj disertaciji kao i rezultati drugih istraživanja pokazuju da postoji snažna indikacija da je tolerancija obične jele (*Abies alba*) na veće temperature potcijenjena, a time i njen potencijal za adaptaciju šuma na klimatske promjene kada je u pitanju korišćenje trenutne distribucije za procjenu.

## Literatura

- Antić, M., Jović, N., Avdalović, V., (1980): Pedologija, Naučna knjiga, Beograd, 597.
- Badea, O., Tanase, M., Georgeta, J., Anisoara, L., Peiov, A., Uhlirova, H. & Shparyk, Y., (2004): Forest health status in the Carpathian Mountains over the period 1997–2001. *Environmental Pollution*, 130(1), 93-98.
- Balliana, E., Ricci, G., Pesce, C., & Zendri, E., (2016): Assessing the value of green conservation for cultural heritage: positive and critical aspects of already available methodologies. *International Journal of Conservation Sciences*, 7, 185-202.
- Barbu, I., (1991): Moartea bradului. *Simptom al degradării mediului.* [Silver fir dieback. *A symptom of the environment degradation*], Editura Ceres, București.
- Becker, M., (1989): The role of climate on present and past vitality of silver fir forests in the Vosges mountains of northeastern France. *Can. J. For. Res.* 19, 1110–1117.
- Becker, M., Bräker, O.-U., Kenk, G., Schneider, O., Schweingruber, F.-H., (1990): Kronenzustand und Wachstum von Waldbäumen im Dreiländereck Deutschland-Frankreich-Schweiz in den letzten Jahrzehnten. *Allg. Forst-Ztg.* 45, 263–274.
- Beus, V., (2011): Ekološke i florističke karakteristike šuma bukve i jele na bazičnim eruptivima ofiolitske zone u Bosni. *Radovi Šumarskog fakulteta Univerziteta u Sarajevu*, 41(1), 1-26.
- Bivand, R. S., (2017): Choose univariate class intervals. *R package 'classInt', version 0.1-24*.
- Bivand, R., Keitt, T., Rowlingson, B., & Pebesma, E. D. Z. E. R., (2014): rgdal: Bindings for the geospatial data abstraction library. *R package version, 1(4)*.
- Bohn, U., Gollub, G., Hettwer, C., Weber, H., Neuhauslova, Z., Raus, T., Schluter, H., (2000): Karte der natürlichen Vegetation Europas/Map of the Natural Vegetation of Europe. Maß-stab/Scale 1: 2,500,000.

Bohn, U., Neuhausl, R., Gollub, G., Hettwer, C., Neuhauslova, Z., Raus, T., Schluter, H., Weber, H., (2000): Map of the Natural Vegetation of Europe, Scale 1:2,500,000. Parts 1–3. –Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup.

Boncina, A., Gaspersic, F., Diaci, J., (2003): Long-term changes in tree species composition in the Dinaric mountain forests of Slovenia. – For. Chron. 79: 227–232.

Botta-Dukat, Z., Chytrý, M., Hajkova, P., Havlova, M., (2005): Vegetation of lowland wet meadows along a climatic continentality gradient in Central Europe. – Preslia 77: 89–111.

Bouriaud, O., Popa, I., (2009): Comparative dendroclimatic study of Scots pine, Norway spruce, and silver fir in the Vrancea Range, Eastern Carpathian Mountains. – Trees 23: 95–106.

Braun-Blanquet, J., (1964): Pflanzensoziologie, Springer Verlag, Wien, 865 pp.

Castagneri, D., Nola, P., Motta, R., Carrer, M., (2014): Summer climate variability over the last 250 years differently affected tree species radial growth in a mesic *Fagus–Abies–Picea* old-growth forest. – For. Ecol. Manag. 320: 21–29.

Chambers, J.M., 2009. Software for Data Analysis: Programming with R. Springer. 498p.

Change, Intergovernmental panel on climate “IPCC”. Climate change, (2014): The press syndicate of the University of Cambridge. Cambridge, United Kingdom. 1-1042

Cvjetičanin R., Novaković M., Perović M. (2011): Beech and fir association (*Abieti-Fagetum serpentinicum* Beus 1980) on Suvobor. Bulletin of the Faculty of Forestry 103: 147156.

Cvjetičanin, R., Novaković, M., (2010): Floristički diverzitet šume jele, bukve i smrče (*Piceo-Fago-Abietetum* Čolić 1965) u Nacionalnom parku „Tara“. Glasnik Šumarskog fakulteta, 102: 129-144.

Cvjetičanin, R., Brujić, J., Perović, M., & Stupar, B., (2016): Dendrologija. *Udžbenik, Univerzitet u Beogradu-Šumarski fakultet*, 557 pp.

Ćirić, M., Stefanović, V., Drinić, P., (1971): Tipovi bukovih šuma i mješovitih šuma bukve, jele i smrče u Bosni i Hercegovini (Types of beech forests and mixed forests of



beech, fir and spruce in Bosnia and Herzegovina) [in Serbian]. – Sumarski fakultet i Institut za šumarstvo u Sarajevu, Sarajevo. Posebna izdanja br.: 14 pp.

Ćirić, M., Stefanović, V., & Drinić, P., (1976): Types of beech and mixed beech, fir and spruce forests in Bosnia and Herzegovina= Tipovi bukovih suma i mesovitih suma burkve, jele i smrce u Bosni i Hercegovini.

Cramer, H. H., & Cramer-Middendorf, M. (1984): Untersuchungen über Zusammenhänge zwischen Schadensperioden und Klimafaktoren in mitteleuropäischen Forsten seit 1851.

Čurović, M., Medarević, M., (2011 a): Glavne karakteristike mješovitih bukovo-jelovih prašumskih zajednica u Nacionalnom parku „Biogradska gora“. Glasnik šumarskog fakulteta, 103: 157 – 172.

Čurović, M., Medarević, M., Cvjetičanin, R., Knežević, M., (2011b): Glavne karakteristike mješovitih prašumskih šuma jele i bukve u Nacionalnom parku Biogradska gora Crna Gora (Major characteristics of mixed fir and beech virgin forests in the National park Biogradska Gora in Monte-negro) [in Montenegrin]. – Glas. Šumar. Fak. X: 157–172.

Čurović, M., Medarević, M., Pantić, D., Spalević, V., (2011 c): Mayor types of mixed forests of spruce, fir and beech in Montenegro. Austrian Journal of Forest Science, 128 (2): 93-111.

Čurović, M. B., & Medarević, M., (2003): Strukturne i proizvodne karakteristike mješovitih šuma smrče, jele i bukve na Ljubišnji-ciljevi i problemi gazdovanja: magistarski rad.

Čurović, M., Spalević, V., Medarević, M., (2012): Development of Fir Trees in Mixed Forests of Spruce, Fir and Beech (*Piceeto-Abieti-Fagetum*) on Mt. Ljubišnja, Kastamonu Univ., Journal of Forestry Faculty (Special issue): 287–292.

Čurović, M., Spalević, V., Medarević, M., (2013): The ratio between the real and theoretically normal number of trees in mixed fir, beech and spruce forests in the national park „Biogradska gora“. Podgorica, Agriculture & Forestry, 59 (1): 7–17.

Dees, M., Anđelić, M., Fetić, A., Jokanović, B., (2013): Prva Nacionalna Inventura šuma (First National Forests Inventory) [in Montenegrin]. – Ministry of Agriculture and Rural Development, Podgorica: 349 pp.

Diklić, N., Janković, M., Jovanović, B., Jovanović, R., Kojić, M., Mišić, V., (1997): Vegetacija Srbije II – Šumske zajednice (The vegetation of Serbia II - Forest communities 1) [in Serbian]. –In: Sarić, M. & O. Vasić, O. Serbian Academy of Sciences and Arts, Belgrade.(Eds.): TITEL: 159–297.

Dobrowolska, D., Bončina, A., Klumpp, R., (2017): Ecology and silviculture of silver fir (*Abies alba* Mill.): a review. *Journal of Forest Research* 22: 326–335.

Dološ, K., Bauer, A., Albrecht, S., (2015): Site suitability for tree species: Is there a positive relation between a tree species' occurrence and its growth? *European Journal of Forest Research* 134: 609–621.

Domac, R., (1994a): Flora Hrvatske: Uputstvo za prepoznavanje vrsta (Flora of Croatia: Plant Identification Manual) [in Croatian]. – Školska knjiga, Zagreb: 504 pp.

Domac, R., (1994b): Mala flora Hrvatske i susjednih područja. Zagreb, Školska knjiga, 503 pp.

Dorman, M., Svoray, T., Prevolotsky, A., Serris, D., (2013): Forest performance during two consecutive drought periods: Diverging long-term trends and short-term responses along a climatic gradient. – *For. Ecol. Manag.* 310: 1–9.

Edelaar, P., Siepielski, A.M., Clobert, J., (2008): Matching habitat choice causes directed gene flow: a neglected dimension in evolution and ecology. *Evolution* 62: 2462–2472.

Elith, J., Phillips, S.J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y.E., Yates, C.J., (2011): A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions* 17: 43–57.

Ellenberg, D., Mueller-Dombois, D., (1974): Aims and methods of vegetation ecology. – Wiley, New York: 547 pp.

- Ellenberg, H., Mueller-Dombois, D., (1967): A key to Raunkiaer plant life forms with revised subdivisions. *Berichte des Geobotanische Instituts der ETH Stiftung Rübel*, 37: 56-73.
- Ellenberg, H., (1996): *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen*, vol. 5. Aufl., E. Ulmer, Stuttgart, pp. 376–378.
- Elling, W., (1986): Verlauf, Grad und Ursachen der Schädiung von Tannen in Bayern. *Holz-Zbl.* 112 (125), 1802–1805.
- Elling, W., (1993): Immissionen im Ursachenkomplex von Tannenschädiung und Tannensterben. *Allg. Forst-Ztg.* 48, 87–95.
- Elling, W., Dittmar, C., Pfaffelmoser, K., Rötzer, T., (2009): Dendroecological assessment of the complex causes of decline and recovery of the growth of silver fir (*Abies alba* Mill.) in Southern Germany. *Forest Ecology and Management* 257: 1175–1187.
- Elling, W., Heber, U., Polle, A., Beese, F., (2007): *Schädiung von Waldökosystemen. Auswirkungen anthropogener Umweltveränderungen und Schutzmaßnahmen.* Elsevier–Spektrum Akademischer Verlag, München, 440 pp.
- Eremija, S., Cvjetičanin, R., Novaković Vuković, M., Rakonjac, Lj., Lučić, A., Stajić, S., Miletic, Z., (2015): Study of the floristic composition of fir-spruce-beech forests in Serbia and Bosnia-Herzegovina. *Archives of Biological Sciences*, 67(4): 1269–1276.
- Fady-Welterlen, B. (2005): Is there really more biodiversity in Mediterranean forest ecosystems?. *Taxon*, 54(4), 905-910.
- Falk, W., Mellert, K.H., (2011): Species distribution models as a tool for forest management planning under climate change: Risk evaluation of *Abies alba* in Bavaria. *Journal of Vegetation Science* 22: 621–634.
- Farjon, A., (2010): *A Handbook of the World's Conifers* (2 vols.) (Vol. 1). Brill.
- Filipiak, M., Napierala-Filipiak, A., (2009): Effect of canopy density on the defoliation of the European silver fir (*Abies alba* Mill.) due to heavy industrial pollution. *Dendrobiology*, 62, 17-22.

Filipiak M., (2006): Life of *Abies alba* (Pinaceae) under the conditions of intense anthropopressure in the Sudety Mountains. *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica* 13: 113–138.

Fisher, R.A., (1922): On the interpretation of  $w^2$  from contingency tables, and the calculation of P. – *J. R. Stat. Soc.* 85: 87–94.

Fukarek, P., (1954): Istraživanja flore i vegetacije Bosne i Hercegovine. Narodna Štamparija.

Fukarek, P., (1963): Prilog poznavanju dendrogeografskih i fitocenoloških odnosa planina sjeverozapadne Crne Gore (Contribution to knowledge of dendrogeographic and phytocenological relations of the mountains of northwestern Montenegro) [in Bosnian]. – *Rad. nauč. Druš. SR BIH*, XXII (6): 113–166.

Fuštić, B., Đuretić, G., (2000): Zemljišta Crne Gore (Soil of Montenegro) [in Montenegrin]. – Biotechnical institute, University of Montenegro, Podgorica: 626 pp.

Gazdic, M., Pejovic, S., Vila, D., Vujacic, D., Barovic, G., Djurovic, N. & Spalevic, V. (2015). Soil erosion in the Orahovacka Rijeka Watershed, Montenegro. In *The 6th International Symposium Agrosym*.

Gazdić, M., Pejović, S., Gazdić, J., Perović, M., Čaković, D., (2016): Floristic composition and ecological analysis of the mixed forests (beech, fir, spruce) in the management unit “Bjelasica” (Bjelasica Mt. Montenegro). – *Agric. For.* 62: 207–221.

Gazdić, M., Reif, A., Knežević, M., Petrović, D., Stojanović, M., Dološ, K., (2018): Diversity and ecological differentiation of mixed forest in the northern Montenegro (Mt Bjelasica) with reference to European classification. *Tuexenia* 38: 135-154. Göttingen.

Gazdić, M., Dološ, K., (2018): Silver fir niche for Germany and Montenegro. In press.

Giorgi, F., Lionello, P., (2008): Climate change projections for the Mediterranean region. – *Glob. Planet. Change* 63: 90–104.

Govedar, Z., Keren, S., & Marčeta, D., (2010): Structure and site potential of fir-spruce forests in Bosnia. *South-east European forestry*, 1(1), 10-18.

- Hanley, M.E., Fenner, M., (1997): Seedling growth of four fire-following Mediterranean plant species deprived of single mineral nutrients. *Funct. Ecol.* 11: 398–405.
- Higgins, S.I., Richardson, D.M., (1998): Pine invasions in the southern hemisphere: modelling interactions between organism, environment and disturbance. – *Plant Ecol.* 135: 79–93.
- Hijmans, R. J., van Etten, J., Cheng, J., Mattiuzzi, M., Sumner, M., & Greenberg, J. A., (2014): raster: geographic data analysis and modeling. 2015. *R package version, 2*, 4-18.
- Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G., Jarvis, A., (2005): Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965–1978.
- Hijmans, R. J., Phillips, S., & Leathwick, J., (2015): Elith J. dismo: Species distribution modeling. 2014. *R package version 0.9-3*.
- Hijmans, R. J., Phillips, S., Leathwick, J., & Elith, J., (2017): dismo: Species distribution modeling. *R package version, 1*(4), 1-1.
- Horvat, I., (1938): Biljnosociološka istraživanja šuma u Hrvatskoj. *Glasnik za šumske pokuse* 6: 127 – 272.
- Horvat, I., (1950): Šumske zajednice Jugoslavije. Nakladni zavod Hrvatske, Zagreb.
- Horvat, I., (1954): Pflanzengeographische gliederung südosteuropas. – *Vegetatio* 5 (1): 434–447.
- Horvat, I., (1958): Prilog poznavanju borovih i smrčevih šuma Male Kapele (Attachment to the knowledge of the pine and ghost forests of the Mala Kapela) [in Croatian]. *Šumar. List*: 7–9.
- Ivojević, S., Višnjčić, C., Mujezinović, O., & Zahirović, K., (2018): The state of offspring in the forest of beech and fir (with spruce) on Bjelašnica. *Naše Šume*, 16(50/51), 23-33.
- Janković, M.M., (1984): Vegetacija SR Srbije; istorija i opšte karakteristike. In: Sarić, M.R. ed., *Vegetacija SR Srbije I*, pp.1-166, SANU, Beograd.

Jovanović, B., (1959): Prilog poznavanju šumskih fitocenoza Goča. Glasnik Šumarskog fakulteta, Univerzitet u Geogradu – Šumarski fakultet, 16: 167 – 186.

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

Jovanović, B., (1980): Šumske fitocenoze i staništa Suve planine. Posebno izdanje' (Forest communities and stands of Suva planina) [in Serbian]. – University of Belgrade, Faculty of Forestry, Belgrade: 101 pp.

Jovanović, B., Jovanović, R., Zupančić, M., (1986): Potencijalna prirodna vegetacija Jugoslavije (Natural potential vegetation of Yugoslavia) [in Serbo-Croatian]. – Scientific Council of Vegetation Map of Yugoslavia, Ljubljana: 122 pp.

Jović, N., Tomić, Z., (1977): Ekološke jedinice u "Voloderu I", Izvještaj Manuscript.

Jump, A.S., Hunt, J.M., Martinez-Izquierdo, J.A., Penuelas, J., (2006): Natural selection and climate change: temperature-linked spatial and temporal trends in gene frequency in *Fagus sylvatica*: Selection by climate in *Fagus sylvatica*. – Mol. Ecol. 15: 3469–3480.

Kaufman, L., Rousseeuw, P.J., (1990): Finding groups in data: an introduction to cluster analysis. – In: Probability and Mathematical Statistic: 68–122. John Wiley and Sons, New York.

Keitt, T., (2012): colorRamps: Builds color tables.

Krasnići, F.D., (1972): Šumska vegetacija brdskog regiona Kosova (Forests vegetation in mountain area of Kosovo) [in Serbian]. – Zajednica Naučnih Ustanova Kosova, Book 27, Priština: 133 pp.

Lakušić, R., Atanacković, B., Vučković, M., (1991): Prirodni sistem ekosistema planine Bjelasice. In Mijušković, M. and Lakušić, R. eds. Prirodne i društvene vrijednosti NP „Biogradska gora“, pp. 36 – 52. CANU, Titograd.

Legendre, P., Gallagher, E., (2001): Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. – Oecologia 129: 271–280.

Linares, J.C., Camarero, J.J., (2012): From pattern to process: linking intrinsic water-use efficiency to drought-induced forest decline. – Glob. Change Biol. 18: 1000–1015.

- Luterbacher, J., Garcia-Herrera, R., Akceron, S., et al., (2012): A review of 2000 years of paleoclimatic evidence in the Mediterranean. – *Clim. Mediterr. Reg.*: 87–185.
- Marinšek, A., Šilc, U., Čarni, A., (2013): Geographical and ecological differentiation of *Fagus* forest vegetation in SE Europe. – *Appl. Veg. Sci.* 16: 131–147.
- Märkel, U., Dolos, K., (2017): Tree Species Site Suitability as a Combination of Occurrence Probability and Growth and Derivation of Priority Regions for Climate Change Adaptation. *Forests* 8: 181.
- Matović, B., Koprivica, M., Stojanović, D., (2016): Uticaj mešovitosti na proizvodnost šuma jele i smrče na Zlataru, *Šumarstvo/Forestry/Sylviculture/Forstwesen*.
- Mcgrath, M.J., Luyssaert, S., Meyfroidt, P., et al., (2015): Reconstructing European forest management from 1600 to 2010. – *Biogeosciences* 12: 4291–4316.
- Meusel, L., Jäger, E., (1992): *Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora* 3. Text. - Gustav Fischer, Jena, Stuttgart, New York.
- Meusel, L., Jäger, E., Weinert, E., (1965a): *Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora* 1. Karten. - Gustav Fischer, Jena.
- Meusel, L., Jäger, E., Weinert, E., (1965b): *Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora* 1. Text. - Gustav Fischer, Jena.
- Meusel, L., Jäger, E., Weinert, E., (1978a): *Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora* 2. Karten. - Gustav Fischer, Jena.
- Meusel, L., Jäger, E., Weinert, E., (1978b): *Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora* 2. Text. - Gustav Fischer, Jena.
- Meusel, L., Jäger, E., (1992): *Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora* 3. Karten, Literatur, Register. Gustav Fischer, Jena, Stuttgart, New York.
- Milosavljević, M., (1985): *Klimatologija (The climatology)* [in Serbian]. – Naučna knjiga Beograd, Beograd: 258 pp.

Ministry of Agriculture and Rural Development (MARD), Montenegro, (2013): The first national forest inventory of Montenegro. Final report. – Podgorica, Montenegro, 2013, 347 pp.

Mišić, V., Jovanović, B., (1983): Mešovita šuma bukve, jele i smrče (*Piceeto-Abieti-Fagetum moesiicum* s.l.) u Srbiji i njen značaj. *Zaštita prirode*, 36: 33-47.

Mišić, V., (1982): Reliktne polidominantne šumske zajednice Srbije. Matica srpska, Novi Sad i Institut za biološka istraživanja „Siniša Stanković“ Beograd, 177 pp.

Mišić, V., Popović, M., (1954): Bukove i smrčeve šume Kopaonika. *Arhiv bioloških nauka*, 6: 12 – 124.

Mišić, V., Čolić, D., Dinić, A. i Gigov, A., (1982): Reliktne polidominantne šumske zajednice Srbije (The relic polydominant forest communities of Serbia) [in Serbian]. – Matica srpska, Beograd: 178 pp.

Mišić, V., Jovanović-Dunjić, R., Popović, M., Borisavljević, Lj., Antić, M., Dinić, A., Danon, J., Blaženčić, Ž., (1978): Biljne zajednice i staništa Stare planine. SANU, Posebna izdanja, Odeljenje prirodno-matematičkih nauka, knjiga 49, 389 pp.

Mišić, V., Popović, M., (1960): Fitocenološka analiza smrčevih šuma Kopaonika (Phytocenologic analysis of spruce forests on Kopaonik mountain) [in Serbian]. – *Zb. Rad. Biol. Inst. NR Srb., Be-ogr.* 3 (5): 1–26.

Motta, R., Garbarino, M., Berretti, R., Bjelanović, I., Borgogno Mondino, E., Čurović, M., Keren, S., Meloni, F., Nosenzo, A., (2015): Structure, spatiotemporal dynamics and disturbance regime of the mixed beech–silver fir–Norway spruce old-growth forest of Biogradska Gora (Montenegro). – *Plant Biosyst. – Int. J. Dealing Asp. Plant Biol.* 149: 966–975.

Neger, F. W. (1908). Das Tannensterben in den sächsischen und anderen deutschen Mittelgebirgen. *Tharandter Forstl. Jb.* 58, 201–225.

Oksanen, J., Blanchet, F.G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P.R., O’Hara, R.B., Wagner, H., (2016): *vegan: community ecology package, version 2.4-1.* – URL: <https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/index.html>.



Oksanen, J., Blanchet, F.G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P.R., O'Hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P., Stevens, M.H.H., Wagner, H., (2016): *vegan: Community Ecology Package*. 13/16.

Petrović, D., Hadžiablahović, S., Vuksanović, S., Mačić, V., Lakušić, D., (2012): *Katalog tipova staništa Crne Gore značajnih za Evropsku uniju*. Podgorica-Beograd-Zagreb.

Petit, R.J., Csaikl, U.M., Borda'cs, S., Burg, K., Coart, E., Cottrell, J., van Dam, B.C., Deans, J.D., Dumolin-Lape'gue, S., Fineschi, S., Finkeldey, R., Gillies, A., Glaz, I., Goicoechea, P.G., Jensen, J.S., Ko'nig, A., Lowe, A.J., Madsen, S.F., Ma'tya's, G., Munro, R.C., Olalde, M., Pemonge, M.-H., Popescu, F., Slade, D., Tabbener, H., Turchini, D., de Vries, S.M.G., Ziegenhagen, B., Kremer, A., (2002a): Chloroplast DNA variation in European white oaks: phylogeography and patterns of diversity based on data from over 2600 populations. *For. Ecol. Manage.* 156, 5–26.

Petit, R.J., Brewer, S., Borda'cs, S., Burg, K., Cheddadi, R., Coart, E., Cottrell, J., Csaikl, U.M., van Dam, B.C., Deans, J.D., Espinel, S., Fineschi, S., Finkeldey, R., Glaz, I., Goicoechea, P.G., Jensen, J.S., Ko'nig, A.O., Lowe, A.J., Madsen, S.F., Ma'tya's, G., Munro, R.C., Popescu, F., Slade, D., Tabbener, H., de Vries, S.M.G., Ziegenhagen, B., de Beaulieu, J.-L., Kremer, A., (2002b): Identification of refugia and postglacial colonization routes of European white oaks based on chloroplast DNA and fossil pollen evidence. *For. Ecol. Manage.* 156, 49–74. Pignatti, S., (1982): *Flora d'Italia I–III*. – Edagricole, Bologna: 2302 pp.

Polley, H., Schmitz, F., Hennig, P., Kroihner, F., (2010): Germany. In Tomppo, E., Gschwantner, T., Lawrence, M., & McRoberts, R.E. (eds.), *National Forest Inventories - Pathways for Common Reporting*, Springer, 233 Spring Street, New York, NY 10013, United States, New York.

Pretzsch, H., Bielak, K., Block, J., et al., (2013): Productivity of mixed versus pure stands of oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl. and *Quercus robur* L.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) along an ecological gradient. – *Eur. J. For. Res.* 132: 263–280.

Pretzsch, H., Block, J., Dieler, J., Dong, P.H., Kohnle, U., Nagel, J., Spellmann, H., Zingg, A., (2010): Comparison between the productivity of pure and mixed stands of Norway spruce and European beech along an ecological gradient. – *Ann. For. Sci.* 67: 712.

Richards, L.A., Wadleigh, C.H., (1952): "Soil water and plant growth". – In: SHAW, B.T.: *Soil Physical Conditions and Plant Growth: 74–253*. American Society of Agronomy Series Mono-graphs, Volume II., New York.

Richardson, D.M., Rundel, P.W., (1998): Ecology and biogeography of Pinus. – In: Richardson, D.M. (Ed.): *Ecology and biogeography of Pinus: an introduction: 3–46*. Cambridge university press, Cambridge.

Sarić, M. R. (Ed.), (1986): *Flora SR Srbije*. Srpska akademija nauka i umetnosti.

Sarris, D., Christodoulakis, D., Korner, C., (2007): Recent decline in precipitation and tree growth in the eastern Mediterranean. – *Glob. Change Biol.* 13: 1187–1200.

Scarascia-Mugnozza, G., Oswald, H., Piussi, P., Radoglou, K., (2000): Forests of the Mediterranean region: gaps in knowledge and research needs. – *For. Ecol. Manag.* 132: 97–109.

Schmidtlein, S., Tichy, L., Hannes, F., Ulrike, F., (2010): A brute force approach to vegetation classification. *J. Veg. Sci.* 21: 1162–1171.

Seinfeld, J. H., & Pandis, S. N., (1998): From air pollution to climate change. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 1326.

Slade, D., (2001): Genetičko porijeklo hrasta lužnjaka u Hrvatskoj. *Znanost u potrajnom gospodarenju hrvatskim šumama*, Zagreb: Šumarski fakultet, Šumarski institut Jastrebarsko, 636.

Slade, D., Škvorc, Ž., Ballian, D., Gračan, J., & Papes, D., (2008): The chloroplast DNA polymorphisms of White Oaks of section *Quercus* in the Central Balkans. *Silvae Genetica*, 57(1-6), 227-234.

Stoeckhardt, J.A., (1871): Untersuchungen u'ber die scha'dliche Einwirkung des Hu'tten- und Steinkohlenrauches auf das Wachsthum der Pflanzen, insbesondere der Fichte und Tanne. Tharandter Forstl. Jb. 21, 218–254.

Stefanović, V., Beus, V., (1991): Šume bukve i jele (*Abieti-Fagetum* sens.lat.) Dinarida sa aspekta ekološko-vegetacijske rejonizacije Bosne i Hercegovine. In M. Mijušković & R. Lakušić, eds. Prirodne i društvene vrijednosti NP „Biogradska gora“, pp. 168 – 175. CANU, Titograd.

Stefanović, V., (1970): Die Fichte und Fichtenwälder in Bosnien und Hercegowina in den Vegetationsverhältnissen der Dinariden. *Ekologija*, 5 (1), Beograd.

Stefanović, V., (1977): Fitocenologija sa pregledom šumskih fitocenoza Jugoslavije (Phytocenology with a review of forest phytocenoses of Yugoslavia) [in Serbian]. – Zavod za udžbenike, Sarajevo: 257 pp.

Stevanović, V., (1992): Floristička podela teritorije Srbije sa pregledom viših horiona i odgovarajućih flornih elemenata. In: Sarić, M. R. (ed.): Flora Srbije 1: 47-56. - Srpska akademija nauka i umetnosti, Beograd.

Stupar, V., Čarni, A., (2017): Ecological, floristic and functional analysis of zonal forest vegetation in Bosnia and Herzegovina. – *Acta Bot. Croat.* 76 (1): 15–26.

Šebez, M., i Govedar, Z., (2019): Karakteristike podmlatka u prašumi Janj i privrednim sastojinama bukve, jele i smrče na području planine Vitorog u Republici Srpskoj. *Šumarstvo* 1-2, 53-67.

Tegel, W., Seim, A., Hakelberg, D., Hoffmann, S., Panev, M., Westphal, T., Buntgen, U., (2014): A recent growth increase of European beech (*Fagus sylvatica* L.) at its Mediterranean distribution limit contradicts drought stress. – *Eur. J. For. Res.* 133: 61–71.

Tenenbaum, J.B., De Silva, V., Langford, J.C., (2000): A global geometric framework for nonlinear dimensionality reduction. – *Science* 290: 2319–2323.

Thabeet, A., Vennetier, M., Gadbin-Henry, C., Denelle, N., Roux, M., Caraglio, Y., Vila, B., (2009): Response of *Pinus sylvestris* L. to recent climatic events in the French Mediterranean region. – *Trees* 23: 843–853.

- Tichy, L., Chytry, M., (2006): Statistical determination of diagnostic species for site groups of unequal size. – J. Veg. Sci. 17: 809–818.
- Tinner, W., Colombaroli, D., Heiri, O., Henne, P.D., Steinacher, M., Untenecker, J., Vescovi, E., Allen, J.R.M., Carraro, G., Conedera, M., Joos, F., Lotter, A.F., Luterbacher, J., Samartin, S., Valsecchi, V., (2013): The past ecology of *Abies alba* provides new perspectives on future responses of silver fir forests to global warming. Ecological Monographs 83: 419–439.
- Tomić, Z., Cvjetičanin, R., (1991): Zajednica bukve i jele (*Abieti-Fagetum serpentiniticum* Jov. (59)79 emend. Beus 86) na serpentinitima fakultetske šume Goč-Gvozdac. Zbornik radova sa simpozijuma „Nedeljko Košanin i botaničke nauke, Beograd-Ivanjica, (74-82).
- Tomić, Z., Jović, N., (2000): Tipološka klasifikacija i dinamizam šumskih ekosistema u nastavno-naučnoj bazi na Goču. Glasnik Šumarskog fakulteta, 82: 191 – 214.
- Tomić, Z., Rakonjac, Lj., (2013): Šumske fitocenoze Srbije. Institut of Forestry and Faculty of Applied Ecology, Singidunum university, Belgrade. 1-177.
- Tomić, Z., (2004): Šumarska fitocenologija (The forest phytocenology) [in Serbian]. – Šumarski fakultet, Univerzitet u Beogradu: 261 pp.
- Tomppo, E.O., (2009): National forest inventories: pathways for common reporting. Springer, Heidelberg.
- Trinajstić, I., (2001): Rasprostranjenost, morfologija i taksonomija jele u Hrvatskoj. *Obična jela u Hrvatskoj, Akademija šumarskih znanosti i HŠ, Zagreb.*
- Tutin, T.G., Heywood, V., Burges, N.A., Moore, D.M., Valentine, D.H., Walters, S.M., Webb, D.A., (1964-1980): Flora Europaea 1-5. - Cambridge: University Press.
- Tutin, T.G., Heywood, V., Burges, N.A., Moore, D.M., Valentine, D.H., Walters, S.M., Webb, D.A., (1993): Flora Europaea Vol. 1. – Cambridge University, Cambridge: 82 pp.
- Tzonev, R., Dimitrov, M., Chytry, M., et al., (2006): Beech forest communities in Bulgaria. – Phyto-coenologia 36: 247–279.

Vacchiano, G., Garbarino, M., Borgogno Mondino, E., Motta, R., (2012): Evidences of drought stress as a predisposing factor to Scots pine decline in Valle d'Aosta (Italy). – *Eur. J. For. Res.* 131: 989–1000.

Van der Maabel, E., (1979): Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. – *Vegetatio* 39: 97–114.

Visser, H., Molenaar, J., (1992): Estimating trends and stochastic response functions in dendroecology with an application to fir decline. *For. Sci.* 38, 221–234.

Višnjić, Ć., & Prljača, D., (2017): Uticaj načina gospodarenja na prirodno podmlađivanje šuma bukve i jele (sa smrčom) u Bosni i Hercegovini. *Posebna izdanja ANUBiH CLXIX, OPMN*, 26, 127-138.

Vrška, T., Adam, D., Hort, L., Kolář, T., Janík, D., (2009): European beech (*Fagus sylvatica* L.) and silver fir (*Abies alba* Mill.) rotation in the Carpathians—A developmental cycle or a linear trend induced by man? *Forest Ecology and Management* 258: 347–356.

Vukelić, J., (2012): Šumska vegetacija Hrvatske (Forests vegetation of Croatia) [in Croatian]. – Šumarski fakultet, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb: 403 pp.

Willis, K.J., (1994): The vegetational history of the Balkans. – *Quat. Sci. Rev.* 13 (8): 769–788.

Willner, W., Grabherr, G., (2007): Die Wälder und Gebüsch Österreichs. – Spektrum, München: 302 pp.

Willner, W., Jimenez-Alfaro, B., Agrillo, E., et al., (2017): Classification of European beech forests: a Gordian Knot? – *Appl. Veg. Sci.* 20: 494–512.

Wilson, R., Elling, W., (2004): Temporal instability in tree-growth/climate response in the Lower Bavarian Forest region: implications for dendroclimatic reconstruction. *Trees* 18, 19–28.

Wolf, H., (2003): *EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for silver fir (Abies alba)*. Bioersivity International 7 pp.

Živaljević, M., Stijović, V., & Mirković, M. (1982). Tumač OGK 1: 100.000, list Ivangrad, 1-73.

\*R Code team, (2014): A language and environment for statistical computing. – R Foundation for Statistical Computing, Vienna. – URL: <https://www.R-project.org/>.

\*R Core Team., (2017): R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

## DODATAK

### DODATAK A: Lista skraćenica

AUC – Površina ispod krive (Area under curve)

NIŠ – Nacionalna Inventura Šuma (NFI - National Forest Inventory)

KCI–Kalijum hlorid (Potassium chloride)

NMDS–Nemetričko multidimenzionalno skaliranje (Non-metric multidimensional scaling)

COR – Korelacija (Correlation)

$p$  – Vjerovatnoća (Probability)

GJ – Gazdinska jedinica (MU – Managment Unit)

CEUR–Centralno Evropski (Central European)

CEMED–Centralno evropsko mediteranski (Central European Mediterranean)

CEM–Centralno evropsko planinski (Central European mountainous)

CSEM–Centralno južno evropsko planinski (Central South European mountainous)

EAZ–Evroazijski (Euro-Asian)

HOL–Holarktički (Holarctic)

KOSM–Kosmopolitski (Cosmopolitan)

MED-SUBMED–Meditersko-submediteranski (Mediterranean-Sub-Mediterranean)

MED PONT–Meditersko ponski (Mediterranean Pontic)

SEM–Južno evropsko planinski (South European mountainous)

BWI II– Nacionalna Inventura šuma Njemačku

SD – Standardna devijacija (Standard deviation)

BIO –Bioklimatske promjenive (Bioclimatic variables)

## DODATAK B: Lista tabela

**Tabela 1.** Šumske površine u procentima prema rasprostranjenju na datim nadmorskim visinama.

**Table 1.** Forest area (%) to the altitude (forest area by altitude).

**Tabela 2.** Šumske površine u procentima prema nagibu terena.

**Table 2.** Forest area by the type of slope.

**Tabela 3.** Najrasprostranjenije vrste drveća u procentima prema zapremini u gazdinskoj jedinici „Bjelasica“.

**Table 3.** The most widespread tree species by volumen in the management unit „Bjelasica“.

**Tabela 4.** Distribucija zapremine u procentima po debljinskim klasama.

**Table 4.** Distribution of volume by diameter classes.

**Tabela 5.** Modifikovana Braun-Blanquet-skala (Ellenberg i Mueller-Dombois, 1974; Van der Maarel, 1979), koja je korišćena za određivanje brojnosti i pokrovnosti biljnih vrsta prilikom opisa flore na terenu.

**Table 5.** Modified Braun-Blanquet-scale (Mueller-Dombois i Ellenberg, 1974; Van der Maarel, 1979).

**Tabela 6.** Klimatske varijable razmatrane u selekciji varijabli.

**Table 6.** Climate variables considered in the variable selection.

**Tabela 7.** Kvalitativne mjere za odabrane modele. BIO1 = Srednja godišnja temperatura vazduha, BIO10 = Srednja temperatura vazduha najtoplijeg kvartala; BIO12 = Srednja godišnja količina padavina.

**Table 7.** Quality measures for the selected models. BIO1 = Annual Mean Temperature; BIO10 = Mean Temperature of Warmest Quarter; BIO12 = Annual Precipitation.

**Tabela 8.** Sažeta statistika područja i raznolikosti 158 oglednih površina u planinskim šumama u gazdinskoj jedinici „Bjelasica“, sjeverna Crna Gora.



**Table 8.** Area and diversity summary statistics of 158 sampled plots in a mountain forest in the management unit „Bjelasica“ of northern Montenegro.

**Tabela 9.** Konstantna tabela koju predviđa Isopam, pokrovnost vrste po tipu šume (%); nivo signifikantnosti u odnosu na Isopam algoritam: < 0,0001 \*\*\*; < 0,001 \*\*;<0,01 \*; Siva boja: indikatorske vrste.

**Table 9.** Constancy table as provided by Isopam classification; species occurrences per forest type (%); significance levels according to Isopam output: < 0,0001 \*\*\*; < 0,001 \*\*;<0,01 \*; gray shading: the diagnostic species.

**Tabela 10.** Srednje vrijednosti promjenljivih vezanih za stanišne usloveu tri grupe šuma 158 oglednih površina u planinskim šumama u gazdinskoj jedinici „Bjelasica“, sjeverna Crna Gora.

**Table 10.** Mean variable values of site parameters for three forests types of 158 sampled plots in a mountain forest in the management unit „Bjelasica“ of northern Montenegro.

**Tabela 11.** Rezultati sprege stanišnih parametara na ordinationim osama 1 i 2 sa 999 ponavljanja. Signifikantnos: 0 ‘\*\*\*\*’ 0,001 ‘\*\*\*’ 0,01 ‘\*\*’ 0,05 ‘.’ 0,1 ‘ ’ 1.

**Table 11.** Results of the environmental fit of site parameters on ordination axes 1 and 2 with 999 permutations. Significance Codes: 0 ‘\*\*\*\*’ 0,001 ‘\*\*\*’ 0,01 ‘\*\*’ 0,05 ‘.’ 0,1 ‘ ’ 1.

**Tabela 12.** Spektar životnih formi u planinskim šumama bukve i jele i mješovitim planinskim šumama bukve, jele i smrše u gazdinskoj jedinici „Bjelasica“.

**Table 12.** Spectra of life forms in the beech and fir mountain forest and mixed mountain forest with beech, fir and spruce in management unit „Bjelasica“.

## DODATAK C: Lista slika

**Slika 1.** Stablo obične jele (*Abies alba*) koje je oštećeno od podkornjaka na planini Ljubišnji na sjevernu Crne Gore.

**Figure 1.** Damaged (bark beetle) silver fir (*Abies alba*) tree in the Ljubišnja Mt (north Montenegro).

**Slika 2.** Areal obične jele (*Abies alba* Mill.) u Evropi ([www.euforgen.org](http://www.euforgen.org)).

**Figure 2.** Natural abundance of fir (*Abies alba* Mill.) in Europe ([www.euforgen.org](http://www.euforgen.org)).

**Slika 3.** Rasprostranjenje obična jela (*Abies alba*) u Crnoj Gori. tačke (ogledne površine) sa običnom jelom (izvor Nacionalna inventura šuma Crne Gore).

**Figure 3.** Silver fir in Montenegro, sampling plots with silver fir (*Abies alba*) (source National Forest Inventory of Montenegro).

**Slika 4.** Mješovite planinske šume bukve, jele i smrče u gazdinskoj jedinici „Bjelasica“ na 1.750 m nadmorske visine.

**Figure 4.** Mixed mountain forest in management unit “Bjelasica” 1.750 m a.s.l.

**Slika 5.** Položaj istraživačkog područja, gazdinska jedinica „Bjelasica“, planina Bjelasica, Crna Gora (Izvor: DIVA-GIS).

**Figure 5.** Position of investigation area, Management Unit “Bjelasica”, mountain Bjelasica, Montenegro (Source of the map: DIVA-GIS).

**Slika 6.** Zemljište u gazdinskoj jedinici „Bjelasica“ na osnovu mape zemljišta Crne Gore (1:50.000) (Fuštić i Đuretić, 2000).

**Figure 6.** Soils of the test area Bjelasica based on the soil map of Montenegro (1:50.000) (Fuštić i Đuretić, 2000).

**Slika 7.** Dizajn oglednih površina, koje su korišćene za prikupljanje podataka na terenu.

**Figure 7.** Design of sampling plots.

**Slika 8.** Zemljišni profili, otvoreni u gazdinskoj jedinici „Bjelasica“, koji su korišćeni u pedološkim istraživanjima.

**Figure 8.** Soil profails from management unit “Bjelasica”.

**Slika 9.** Rasprostranjenost obične jele (*Abies alba*) u obje države (Crna Gora i Njemačka) na osnovu NIŠ (Nacionalne inventure šuma) podataka (NFI presences) i model rasprostranjenosti jele (SDM distribution).

**Figure 9.** NFI (National forest inventory) presences for silver fir (*Abies alba*) for the two regions, Germany and Montenegro, and model projections.

**Slika 10.** 12 najboljih modela („best“ 1/4).

**Figure 10.** The best 12 models (best 1/4).

**Slika 11.** Odgovarajuće krive (klimatološka niša) za BIO1 i BIO12 za njemačku, crnogorsku i kombinovanu bazu podataka. Ose pokrivaju gradijent u kombinovanom skupu podataka.

**Figure 11.** Response curves (climatic niche) for BIO1 and BIO12 for the German, Montenegrin and combined dataset. Axes cover the gradient in the combined dataset.

**Slika 12.** Odgovarajuća kriva (klimatološka niša) za BIO10 i BIO12 za njemačku, crnogorsku i kombinovanu bazu podataka.

**Figure 12.** Response curves (climatic niche) for BIO10 and BIO12 for the German, Montenegrin and combined dataset.

**Slika 13.** Histogram klimatskih uslova u dva regiona, tj. distribucija pozadina (podloga), kao predstavnika dostupnosti staništa.

**Figure 13.** Histograms of climatic conditions in the two regions, i.e. background distributions, as a proxy for habitat availability.

**Slika 14.** Karte rasprostranjenosti obične jele (*Abies alba*) u Njemačkoj bazirano na tri modela.

**Figure 14.** Distribution maps for Silver fir (*Abies alba*) for Germany based on the three models.

**Slika 15.** Tinner i sar. (2013), karta prikazuje opseg rasprostranjenja obične jele (*Abies alba*) (označeno zelenom bojom) prema EUFORGEN (2012).

**Figure 15.** Tinner et al. (2013), Fig. 2. Map showing the observed range of *Abies alba* (crosshatched areas) according to EUFORGEN (2012).

**Slika 16.** Karta rasprostranjenosti obične jele (*Abies alba*) u Crnoj Gori bazirano na tri modela.

**Figure 16.** Distribution maps for Silver fir (*Abies alba*) for Montenegro based on the three models.

**Slika 17.** Razlike između „Isopam” tipova šuma u promjenjivim staništa i vegetacije i rezultati Kruskal-Wallis testa.

**Figure 17.** Differences among Isopam forest types in site and vegetation variables and results of Kruskal-Wallis test.

**Slika 18.** Mješovite planinske šume bukve, jele i smrče (*Piceo-Fago-Abietetum* Čolić 1965) u gazdinskoj jedinici „Bjelasica“.

**Figure 18.** Mixed mountain forest (Silver fir, Norway spruce and European beech) in management unit “Bjelasica”.

**Slika 19.** Bukove planinske šume u gazdinskoj jedinici „Bjelasica“.

**Figure 19.** Beech mountain forest in management unit “Bjelasica”.

**Slika 20.** Borova šuma (*Pinus nigra*) u gazdinskoj jedinici „Bjelasica“.

**Figure 20.** Pine (*Pinus nigra*) forest in management unit “Bjelasica”.

## **DODATAK D: Lista grafikona**

**Grafikon 1.** Srednje mjesečne temperature vazduha i padavine mjerene na hidrometereološkoj stanici „Bijelo Polje” (606 m NN).

**Graph 1.** Annual course of temperature and precipitation of the climatic station Bijelo Polje (606 m a.s.l.).

**Grafikon 2.** Struktura šuma gazdinske jedinice „Bjelasica“ u odnosu na porijeklo šuma.

**Graph 2.** The forest area in the growing forms in management unit “Bjelasica”.

**Grafikon 3.** Transformacija srednje godišnje temperature vazduha (mean annual temperature) (BIO1) u temperature vazduha u julu (temperature of July) je urađena na osnovu regresije ove dvije promjenljive za kombinovane regione.

**Graph 3.** Transformation of mean annual temperature (BIO1) to temperature in July was done based on a regression of these two variables in the combined study region.

**Grafikon 4.** NMDS ordinacije 158 oglednih površina u planinskoj šumi u gazdinskoj jedinici „Bjelasica“, sjeverna Crna Gora; ogledne površine su grupisane prema Isopam klasama.

**Graph 4.** NMDS ordination of 158 sample plots in a mountain forest in the management unit “Bjelasica“ of northern Montenegro; relevés grouped according to Isopam classes.

**Grafikon 5.** NMDS ordinacije 158 oglednih površina u planinskoj šumi u gazdinskoj jedinici „Bjelasica“, sjeverna Crna Gora; ogledne površine su grupisane prema Isopam klasama: promjenljive staništa i vegetacije.

**Graph 5.** NMDS ordination of 158 sample plots in a mountain forest in the management unit “Bjelasica“ of northern Montenegro; relevés grouped according to Isopam classes: Site and vegetation variables.

**Grafikon 6.** Spektar životnih formi mješovitih planinskih šuma bukve i jele u gazdinskoj jedinici „Bjelasica“.

**Graph 6.** Spectrum of life forms in the beech mountain forest in management unit “Bjelasica”.

**Grafikon 7.** Spektar životnih formi mješovitih planinskih šuma bukve, jele i smrče u gazdinskoj jedinici „Bjelasica“.

**Graph 7.** Spectrum of life forms in the mixed mountain forest in management unit “Bjelasica”.

**Grafikon 8.** Spektar areal tipova u planinskim šumama bukve i jele u gazdinskoj jedinici „Bjelasica“.

**Graph 8.** Spectrum of areal types in the beech mountain forest in management unit “Bjelasica”.

**Grafikon 9.** Spektar areal tipova mješovitih planinskih šuma bukve, jele i smrče u gazdinskoj jedinici „Bjelasica“.

**Graph 9.** Spectrum of areal types in the mixed mountain forest of beech, fir and spruce in management unit “Bjelasica”.

**Grafikon 10.** Niše obične jele (*Abies alba*) iz različitig izvora iz Tinner i sar. (2013).

**Graph 10.** Silver fir (*Abies alba*) niches from different sources from Tinner et al. (2013).

## DODATAK E: Laboratorijska istraživanja

**Tabela 1:** Fizičke osobine proučavanih zemljišta

r.b.	Lokalitet	Broj profila i broj uzorka	dubina (m)	Higroskopska voda (%)	Granulometrijski sastav zemljišta (%)							
					krupan pesak		sitnan pesak		prah		glina	
					2,0-0,2 mm	0,2-0,06 mm	0,06-0,02 mm	0,02-0,006 mm	0,006-0,002 mm	<0,002 mm	pesak >0,02 mm	glina <0,02 mm
1.	Bjelasica	13 B		3.25	30.30	12.9	5.10	20.40	13.30	18.00	48.30	51.70
2.	Bjelasica	90 B1		2.30	21.10	12.7	6.10	25.10	20.20	14.80	39.90	60.10
3.	Bjelasica	90 B2/B3		1.14	50.10	8.3	6.70	12.00	14.20	8.70	65.10	34.90
4.	Bjelasica	110 B1		1.80	12.50	16.3	7.10	23.30	18.90	21.90	35.90	64.10
5.	Bjelasica	110 B2		1.58	9.80	16.6	6.90	22.50	14.10	30.10	33.30	66.70
6.	Bjelasica	160 Ah		9.21	1.00	19.5	26.40	29.00	11.00	13.10	46.90	53.10
7.	Bjelasica	160 Ah/B		7.07	1.40	9.6	20.90	40.20	13.20	14.70	31.90	68.10
8.	Bjelasica	160 B1		1.86	27.50	34.5	7.00	11.10	7.70	12.20	69.00	31.00
9.	Bjelasica	271 Ah		2.30	27.00	6.4	11.90	23.30	15.10	16.30	45.30	54.70
10.	Bjelasica	271 BV1		2.24	24.30	9.7	6.80	20.90	18.50	19.80	40.80	59.20
11.	Bjelasica	271 BV2		1.46	37.40	9.8	5.00	16.60	13.00	18.20	52.20	47.80
12.	Bjelasica	340 Ah/B		7.64	0.20	9.6	29.30	34.60	7.50	18.80	39.10	60.90
13.	Štitovo	200 B1		5.37	4.60	19.8	13.30	20.30	10.90	31.10	37.70	62.30

**Tabela 2:** Hemijske osobine proučavanih zemljišta

Redni broj	Lokalitet	Broj profila i broj uzorka	Horizont	dubina (cm)	pH		Y1 mL NaOH/50g	adsorptivni kompleks			V (%)	CaCO <sub>3</sub> (%)	Humus (%)	C (%)	N (%)	C/N	lakopristupačan	
					H <sub>2</sub> O	CaCl <sub>2</sub>		(T-S)	S	T							P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1.	Bjelasica	13 B	Ah B C	1,5 21 71	5.10	4.33	30.75	19.99	1.30	21.29	6.11	0.00	9.24	5.36	0.43	12.46	0.00	9.40
2.	Bjelasica	90 B1	Ah B1 B2 B3 R	1 22 45 68 86	4.90	4.13	31.50	20.48	1.40	21.88	6.40	0.00	4.43	2.57	0.28	9.18	0.00	10.50
3.	Bjelasica	90 B2/B3	B2 B3	45 68	5.95	5.19	8.00	5.20	2.00	7.20	27.78	0.00	1.11	0.64	0.00		0.00	4.30
4.	Bjelasica	110 B1	Ah	9	5.66	4.76	17.50	11.38	3.20	14.58	21.96	0.00	1.64	0.95	0.00		0.00	5.90
5.	Bjelasica	110 B2	B1 B2	32 85	5.72	4.61	12.19	7.92	3.20	11.12	28.77	0.00	0.71	0.41	0.00		0.00	5.50
6.	Bjelasica	160 Ah	Ah	16	5.84	5.53	34.37	22.34	43.44	65.78	66.04	0.00	22.82	13.24	1.18	11.22	0.00	29.60
7.	Bjelasica	160 Ab/B	Ab/B	46	7.11	6.64	6.67	4.34	43.45	47.79	90.93	0.00	9.17	5.32	0.62	8.58	0.00	7.40
8.	Bjelasica	160 B1	B1 B2 C	71 118 132	8.01	7.48	0.00	0.00	0.00	0.00		47.57	2.10	1.22	0.15	8.12	1.36	5.50
9.	Bjelasica	271 Ah	Ah	5	5.08	4.42	35.00	22.75	6.80	29.55	23.01	0.00	8.40	4.87	0.39	12.49	0.00	23.40
10.	Bjelasica	271 BV1	B1	40	5.30	4.45	24.50	15.93	1.40	17.33	8.08	0.00	3.01	1.75	0.19	9.19	0.00	4.70
11.	Bjelasica	271 BV2	B2 C	79 112	5.38	4.46	15.00	9.75	0.50	10.25	4.88	0.00	1.06	0.61	0.00		0.00	4.70
12.	Bjelasica	340 Ab/B	Ah B1 B2 B3 C	7 30 49 83 120	5.24	4.49	56.25	36.56	8.70	45.26	19.22	0.00	14.51	8.42	0.82	10.26	0.00	8.20



## DODATAK F: Manuali korišćeni na terenu za prikupljanje podataka.

### Obrazac 1

Number	Date	MU	Coordinates	
Height	Exposition	Slope (%)		

Relief form type											Water capacity		
Cr	Up	Ms	Ls	Ts	Bo		S	C	V	T	X		
							S						
							C						
							V						

	Depth (cm)	Horizo.	Humus (%)	Soilcolor	Texture		Carbon	pH	Roots	Hardness	Parent material
					Fine	Sk. (%)					
1	-										
2	-										
3	-										
4	-										
5	-										
6	-										
7	-										
8	-										
9	-										

Humus			Profil dates		Stenovitost površine
(cm)	Horizont	Notice	Humus	Soiltype	
+					
+					
+					

#### Extra information:

---



---



---

Signature:

---

## Obrazac 2

<b>Datum</b>		<b>Br. ogledne površine</b>	
Koordinate		Ime	
Nadmorska visina		Dimenzije ogl.povr.	
Topografija		Oblik ogl.povr.	
Nagib		Forma vegetacije	
Ekspozicija			
Ukupna pokrovnost	Sprat drveća		
	Sprat žbunja		
	Sprat prizemen flore		
<b>Sprat drveća</b>		<b>Sprat žbunja</b>	
<b>Sprat prizemne flore</b>			
		<p>R &lt;1% pokrovnost, Brojnost biljnih vrsta 1-3 individue/oglenoj površini</p> <p>+ &lt;1% pokrovnost, 4-10 individua/oglenoj površini</p> <p>1 1-5% pokrovnost, 10-50 individua/oglenoj površini</p> <p>2m 1-5% pokrovnost, &gt;50 individua/oglenoj površini</p> <p>2a 6-15% pokrovnost, obilna (&gt;50 individua/oglenoj površini)</p> <p>2b 16-25% pokrovnost, obilna (bez obzira na brojnost primjeraka)</p> <p>3 26-50%, pokrovnost, obilna (bez obzira na broj primeraka biljke se nalaze u manjim grupama)</p> <p>4 51-75%, pokrovnost, obilna (bez obzira na broj primeraka biljke se nalaze u velikim grupama)</p> <p>5 76-100%, pokrovnost, obilna (bez obzira na broj primeraka biljke se nalaze u jako velikim grupama)</p>	

### Dodatne informacije:

---



---



---

Podatke prikupio

---

## **DODATAK G: Fitocenološka tabela**



## БИОГРАФИЈА

Милан Газдић рођен је 05. јануара 1987. године у Пљевљима, Црна Гора, где је завршио основну школу и гимназију општег смера. Шумарски факултет, студијски програм Шумарство уписао је школске 2005/2006. године на Универзитету у Београду. Дипломирао је 2010. године и стекао звање дипломирани инжењер шумарства. Школске 2011/2012 уписује мастер студије, и завршава их у року са просечном оценом 10. Мастер рад под називом „Дефинисање састојинског стања, мелиоративно-узгојних потреба у семенској састојини смрче у ГЈ „Маочница“ одбранио је у децембру 2013. године.

Од 01.01.2011. до 01.01.2013. запослен у Управи за шуме Црне Горе на пословима гајења, заштите и планирања.

Од 2014. до 2016. године, ради на пројекту „Побољшање базе шумско-еколошких података за одрживо газдовање шумама и заштиту шума у Црној Гори“ у оквиру кога и уписује докторске студије на Универзитету у Београду - Шумарском факултету, модул: Шумарство, подмодул Екологија шума, заштита и унапређивање животне средине. Такође, у оквиру овог пројекта је радио на развоју нове методологије прикупљања података на терену.

У периоду од 2014 – 2016. године био је на размени студената докторских студија на Универзитету Алберт-Лудвиг у Фрајбургу (Немачка). У периоду од 2016-2017. био је запослен на Техничком Институту у Карлсрухеу (Немачка). У том периоду је радио на обради података које је прикупио на терену у току 2014. и 2015. године.

За време докторских студија био је ангажован на великом броју пројеката из области шумарства, екологије, заштите животне средине у иностранству. Такође, у Црној Гори је ангажован на прикупљању података и картирању Натура 2000 станишта. Такође, у овом периоду је био учесник већег броја научних конференција у Црној Гори, Сједињеним Америчким Државама, Холандији, Босни и Херцеговини.

## Изјава о ауторству

Име и презиме аутора Милан Газдић

Број индекса 8/2014

### Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

Едафско станишне карактеристике јеле (*Abies alba* Mill.) у сјеверној Црној Гори

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да дисертација у целини ни у деловима није била предложена за стицање друге дипломе према студијским програмима других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

**Потпис аутора**

У Београду, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора Милан Газдић

Број индекса 8/2014

Студијски програм Шумарство

Наслов рада Едафско станишне карактеристике јеле (*Abies alba* Mill.) у сјеверној Црној Гори

Ментор проф.др Милан Кнежевић

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради похрањена у **Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског назива доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

**Потпис аутора**

У Београду, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Едафско станишне карактеристике јеле (*Abies alba* Mill.) у сјеверној Црној Гори

---

---

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду и доступну у отвореном приступу могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)
2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)
6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци.  
Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве).

**Потпис аутора**

У Београду, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



1. **Ауторство.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.

2. **Ауторство – некомерцијално.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.

3. **Ауторство – некомерцијално – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.

4. **Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.

5. **Ауторство – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.

6. **Ауторство – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.