

UDK 582.475:577.151.64(497.6)

## SMREKA U BOSNI I HERCEGOVINI\*

### Spruce in Bosnia and Herzegovina

Dalibor Ballian<sup>1</sup>, Faruk Bogunić<sup>1</sup>, Gregor Božič<sup>2</sup>

#### Abstract

By usage of 13 isoenzyme systems, and the analysis of 20 gene loci, we analyzed the genetic structure of 13 spruce populations (*Picea abies* (L.) Karst.) from Bosnia and Herzegovina. The results of the isoenzyme analysis were evaluated through allele frequencies which were calculated from the differences between gene loci, a factual number of allele, and the accurate and expected heterozygosis. The genetic structure in the studied spruce populations was presented for all gene loci which exhibited polymorphism.

**Key words:** *Picea abies*, isoenzyme, populations, variability

#### Izvod

Uporabom 13 izoenzimskih sustava, te analizom 20 gen lokusa, analizirali smo genetičku strukturu populacije 13 populacija smreke (*Picea abies* (L.) Karst.) iz Bosne i Hercegovine. Rezultati izoenzimske analize su vrijednovani preko alelnih frekvencija koje su obračunate iz razlika između gen lokusa, efektivnog broja alela i te stvarne i očekivane heterozigotnosti. Genetička struktura je prikazana za sve gen lokuse koji su pokazali polimorfizam, u istraživanim populacijama smreke.

**Ključne riječi:** *Picea abies*, izoenzimi, populacije, varijabilnost

#### UVOD - Introduction

Smreka (*Picea abies* Karst.) predstavlja jednu od najznačajnijih vrsta šumskog drveća s gospodarskog i ekološkog stajališta u Bosni i Hercegovini, a i u više srednjoeuropskih, istočnoeuropskih i sjevernoeuropskih zemalja. Dobra kvaliteta drveta koje ima široku upotrebu u gospodarstvu pridonijelo je intenzivnom korištenju ove vrste, te njenoj introdukciji u područja koja joj ekološki ne odgovaraju.

---

\* Rad prezentiran na IV simpoziju poljoprivrede, veterinarstva, šumarstva i biotehnologije sa međunarodnim učešćem Strategija razvoja domaće proizvodnje, 21-23 septembar/rujan 2006. Zenica

<sup>1</sup> Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu - Faculty of Forestry University of Sarajevo

<sup>2</sup> Gozdarski Inštitut Ljubljana, Slovenia

Smreka u Bosni i Hercegovini pridolazi na oko 585 816 ha ili u oko 21 % svih šuma (MATIĆ i sur. 1970). Ti podaci pokazuju koliko je smreka važna za proizvodno šumarstvo jer je po važnosti odmah iza bukve i obične jele. U mnogim europskim zemljama predstavlja najvažniju vrstu već više stotina godina se na umjetan način podižu njeni nasadi (Njemačka, Švicarska, Češka, Austrija, Slovenija). Značaj smreke, između ostalog, određuje i njezino učešće u rasadničkoj proizvodnji, tako da u rasadnicima Federacije iznosi 85% (BALLIAN 2000).

Cilj ovog rada je da pokaže osnove molekularno genetičke varijabilnosti smreke u Bosni i Hercegovini kako bi se ustanovilo kakva je među populacijska varijabilnost i povezanost. Time bi se dobilo više saznanja o njezinom podrijetlu u istraživanim populacijama.

Varijabilnost se istraživala na biokemijsko-molekularnoj razini, uz pomoć analize određenih izoenzimskih sustava.

Ovo je istraživanje značajno za dalje radove na oplemenjivanju smreke, odnosno u procesu obnove smrekovih šuma (pošumljavanje i sjetva sjemena), te za osnivanje banaka i arhiva gena metodama *in situ* i *ex situ*.

## MATERIJAL I METODE RADA - *Material and Methods*

Uzorci su sabrani tijekom siječnja 2005 godine. Uzimane su grančice sa dormantnim pupovima. Prilikom sabiranja uzoraka za izoenzimsku istraživanja vodilo se računa da udaljenost između stabala bude najmanje 50 do 100 m kako bi se isključila mogućnost srodstva, kao i da stabla budu starija od 80 godina. U svakoj populaciji za ovo istraživanje selekcionirano je 50 stabala.

Za analizu genetičke strukture uporabljeni su izoenzimski genetički biljezi *Aco-A*, *F-Est-B*, *Gdh-A*, *Got-A*, *Got-B*, *Got-C*, *Idh-A*, *Idh-B*, *Lap-B*, *Mdh-A*, *Mdh-B*, *Mdh-C*, *Mnr-A*, *Mnr-C*, *Pgi-B*, *Pgm-A*, *Skdh-A*, *6-Pgdh-A*, *6-Pgdh-B*, *6-Pgdh-C*, *6-Pdh-A* a interpretacija zimograma je prema protokolu koji je dala M. KONNERT (2004).

Rezultati izoenzimske analize su vrednovani preko alelnih frekvencija koje su obračunate iz razlika između gen lokusa, efektivnog broja alela i heterozigotnosti. Genetička struktura je prikazana za sve gen lokuse koji su pokazali polimorfizam u istraživanim populacijama smreke.

Genetička varijabilnost je određena preko različitih parametara koji se odnose za populacije. Tako smo rabili alelni diverzitet ili genetičku višeznačnost, preko prosječnog broja alela u lokusu ( $A/L$ ), efektivnog broja alela po lokusu ( $N_e$ ) (CROW i KIMURA, 1970), stvarne heterozigotnosti ( $H_{st}$ ) i očekivane heterozigotnosti ( $H_{e}$ ).

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA - *The results of the study and discussion*

### Enzimaska varijabilnost

Iz relativnih frekvencija alela analiziranih lokusa (Tablica 1) vidljivo je da su svi od 20 analiziranih gen lokusa polimorfno. Visok stupanj polimorfnosti nalazimo u 15 lokusa.

Tablica 1: Alelne frekvencije  
*Table 1. Allel frequencies*

Gen lokusi	Aleli	Grmeč	Preodac	Busije	Rastićevo	Vlašić	Bistrica	Igman – A	Igman – B	Zelegora	Bijambare	Tibija	Romanija	Han Pijesak
IDH	A1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0	0	0
	A2	0,06	0,02	0,06	0,07	0	0,12	0,03	0,06	0,09	0,06	0,04	0,04	0,08
	A3	0,94	0,97	0,93	0,93	1	0,87	0,95	0,94	0,9	0,9	0,95	0,96	0,91
	A4	0	0,01	0,01	0	0	0,01	0,01	0	0,01	0,01	0	0	0,01
	A5	0	0	0	0	0	0	0,01	0	0	0	0,01	0	0
IDH	B1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02	0,01	0	0,01
	B3	0,96	1	1	0,98	1	0,98	1	1	1	0,98	0,98	1	0,97
	B4	0,02	0	0	0	0	0,02	0	0	0	0	0	0	0,01
	B5	0,02	0	0	0,02	0	0	0	0	0	0	0,01	0	0,01
MDH	A1	0	0	0	0	0	0,01	0	0	0,01	0	0	0	0
	A2	1	1	1	1	1	0,99	1	1	0,99	1	1	1	1
MDH	B1	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,01	0	0	0	0
	B2	1	1	1	0,99	1	1	0,98	0,97	0,99	1	1	0,99	1
	B3	0	0	0	0,01	0	0	0,02	0,02	0	0	0	0,01	0
MDH	C2	0,06	0,04	0,04	0,05	0	0,05	0,07	0,04	0,07	0,03	0,02	0,07	0,09
	C3	0	0,02	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C4	0,94	0,94	0,95	0,95	1	0,95	0,93	0,96	0,93	0,97	0,98	0,93	0,91
LAP	B1	0,02	0,01	0	0	0,01	0	0	0,01	0	0	0	0	0
	B2	0	0,03	0,01	0,01	0,05	0,01	0	0,01	0,02	0	0,02	0,03	0
	B3	0,19	0,12	0,24	0,26	0,02	0,26	0,18	0,21	0,16	0,17	0,20	0,24	0,13
	B4	0,7	0,79	0,73	0,68	0,92	0,71	0,76	0,76	0,81	0,81	0,67	0,7	0,78
	B5	0,01	0	0	0	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0
	B6	0,08	0,05	0,02	0,05	0	0,02	0,06	0	0,01	0,02	0,11	0,03	0,09

Smreka u Bosni i Hercegovini

GOT	A1	0,03	0,02	0,03	0,05	0	0	0,02	0,01	0,01	0	0,01	0	0	
	A2	0,97	0,98	0,97	0,95	1	1	0,98	0,99	0,99	1	0,99	1	1	
GOT	B1	0,04	0	0,02	0	0	0	0	0,01	0	0,02	0	0,01	0,02	
	B2	0,96	1	0,98	1	0,99	0,96	0,99	0,99	1	0,95	1	0,99	0,98	
	B3	0	0	0	0	0,01	0,04	0,01	0	0	0,03	0	0	0	
GOT	C2	0,52	0,46	0,51	0,42	0,25	0,37	0,29	0,34	0,39	0,36	0,38	0,38	0,33	
	C4	0,48	0,54	0,41	0,52	0,63	0,62	0,69	0,62	0,60	0,62	0,56	0,58	0,66	
	C5	0	0	0,08	0,06	0,12	0,01	0,01	0,04	0,01	0,02	0,05	0,03	0	
	C6	0	0	0	0	0	0	0,01	0	0	0	0,01	0,01	0,01	
PGM	A1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0	0	
	A2	0,97	0,97	0,96	0,93	0,93	0,94	0,97	0,97	0,95	0,92	0,92	0,98	0,92	
	A3	0,02	0,03	0,04	0,07	0,07	0,06	0,03	0,03	0,05	0,08	0,07	0,02	0,05	
	A4	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03	
PGI	B1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0	0	0	0,01	
	B2	0,25	0,31	0,31	0,29	0,09	0,37	0,38	0,33	0,23	0,29	0,25	0,28	0,32	
	B3	0,75	0,69	0,69	0,71	0,91	0,63	0,62	0,37	0,76	0,71	0,75	0,72	0,67	
GDH	A2	0,99	0,96	1	1	0,88	1	1	1	1	1	1	1	0,99	
	A3	0,01	0,04	0	0	0,12	0	0	0	0	0	0	0	0,01	
SKDH	A1	0	0,02	0,05	0,02	0	0,02	0,03	0	0	0,04	0,03	0,04	0	
	A2	0	0	0,01	0,06	0	0,03	0,07	0,10	0,04	0,05	0,01	0,1	0,06	
	A3	0,94	0,94	0,88	0,91	1	0,93	0,88	0,88	0,92	0,87	0,96	0,77	0,89	
	A5	0,03	0	0,02	0	0	0,01	0	0	0,01	0	0	0,01	0,02	
	A6	0,01	0	0	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0,04	0	
	A7	0,02	0,04	0,04	0	0	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0	0,04	0,03
	B1	0	0	0	0	0	0	0,01	0	0	0,01	0,01	0	0	
6PGDH	B2	0,55	0,7	0,61	0,63	0,64	0,66	0,67	0,71	0,69	0,63	0,64	0,64	0,58	
	B3	0,01	0,01	0	0	0	0,02	0	0	0	0,04	0,01	0	0	
	B5	0,43	0,29	0,39	0,37	0,36	0,32	0,32	0,28	0,3	0,32	0,34	0,36	0,42	
	B6	0,01	0	0	0	0	0	0	0,01	0,01	0	0	0	0	
	C2	0,49	0,51	0,45	0,61	0,75	0,59	0,65	0,60	0,57	0,69	0,65	0,53	0,58	
	C4	0	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
FEST	C5	0,51	0,48	0,55	0,39	0,25	0,41	0,35	0,40	0,43	0,31	0,35	0,47	0,42	
	B1	0,01	0,01	0,04	0,02	0	0,06	0,02	0,07	0,07	0,03	0,06	0,07	0,02	
	B2	0,96	0,97	0,93	0,95	0,93	0,93	0,94	0,90	0,93	0,94	0,92	0,93	0,95	
	B3	0	0	0	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0	0	
MN R	B4	0,03	0,02	0,03	0,03	0,07	0,01	0,03	0,03	0	0,03	0,02	0	0,03	
	A1	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	
	A2	0,37	0,37	0,48	0,41	0,32	0,33	0,4	0,40	0,33	0,32	0,27	0,42	0,34	

	<b>A3</b>	0,62	0,63	0,52	0,56	0,68	0,66	0,6	0,57	0,66	0,65	0,67	0,57	0,64
	<b>A5</b>	0,01	0	0	0,02	0	0,01	0	0,03	0,01	0,03	0,06	0,01	0,01
<b>MNR</b>	<b>C1</b>	0,01	0,01	0,02	0,02	0	0,02	0	0	0,01	0,02	0	0	0,03
	<b>C2</b>	0,95	0,99	0,94	0,98	0,99	0,91	0,96	0,90	0,92	0,96	1	0,90	0,87
	<b>C3</b>	0,04	0	0,04	0	0,01	0,07	0,04	0,10	0,07	0,02	0	0,10	0,10
<b>ACO</b>	<b>A1</b>	0,26	0,36	0,34	0,3	0,28	0,31	0,3	0,27	0,29	0,31	0,37	0,29	0,24
	<b>A2</b>	0,74	0,63	0,66	0,69	0,72	0,68	0,67	0,73	0,71	0,69	0,62	0,71	0,75
	<b>A3</b>	0	0,01	0	0,01	0	0,01	0,03	0	0	0	0,01	0	0,01
<b>6PDH</b>	<b>A1</b>	0,01	0	0	0,02	0	0,01	0	0,04	0,02	0,02	0	0	0,02
	<b>A2</b>	0,93	0,93	0,94	0,92	0,77	0,96	0,97	0,90	0,90	0,95	0,96	0,92	0,95
	<b>A3</b>	0,06	0,07	0,06	0,02	0,23	0,03	0,02	0,06	0,08	0,02	0,04	0,07	0,03
	<b>A4</b>	0	0,01	0	0,04	0	0	0,01	0	0	0,01	0	0,01	0

### Raznolikost alela

Radi ocjene genetičke raznolikosti najprije se u svim populacijama izračunava srednji broj alela po lokusu (A/L), te utvrđuju se razlike među populacijama. To svojstvo su istraživali HAMRICK i GODT (1990) u različitim biljnih organizama i ustanovili da prosječna veličina za biljni svijet iznosi oko 1,7 i za dvosupnice 1,46 (za 74 vrste), a za četinjače 2,29 (za 20 vrsta). Prema GREGORIUSU (1980,1983) na to svojstvo utječe i broj individua koje su uzete slučajnim izborom. Tako se prema tom autoru točno ocjenjuju samo aleli s frekvencijom većom od 5,6 % i pri prihvaćenoj vjerojatnosti od 5%.

U ovom istraživanju dobivena je vrijednost od 1,8 do 2,6. Najveću vrijednost ima populacija Han Pijeska u istočnoj Bosni, a najmanji broj alela po lokusu nalazimo u populaciji Vlašić, koja je velika ali vrlo vjerojatno umjetnog podrijetla. Prosječan broj alela u svim istraživanim populacijama u Bosni i Hercegovini je 3,7. Interesantno je da njegova veličina nadmašuje sve do sada poznate veličine iz literature, što je jedan od pokazatelja velike varijabilnosti među populacijama i velikog diverziteta u centralnim Dinarskim Alpama.

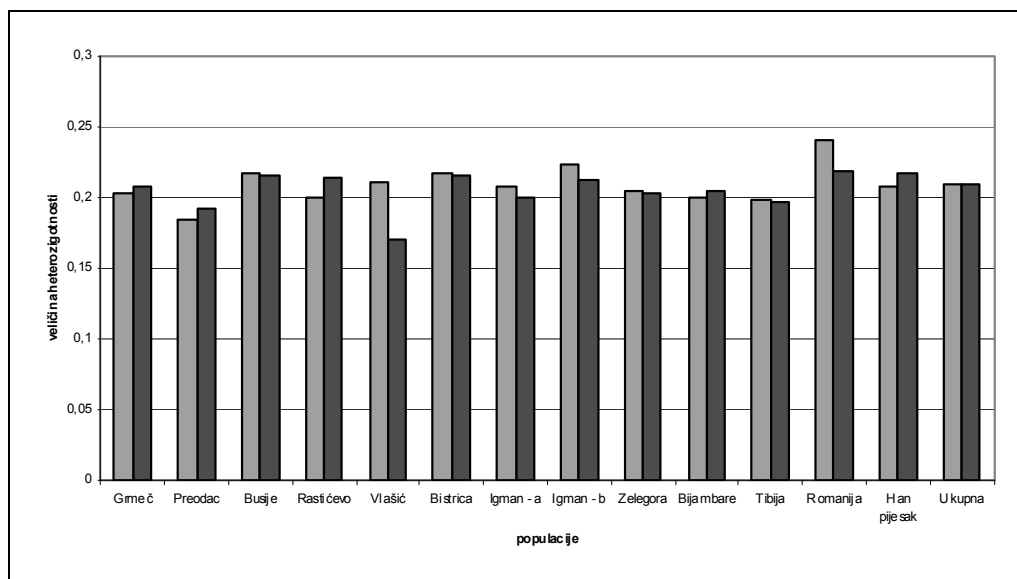
U analizi smo uporabili i efektivni broja alela po lokusu ( $N_e$ ) koji su dali CROW i KIMURA (1970), u koji svaki od alela "mjeri" po funkciji svoje učestalosti. Veličina  $N_e$  postaje jednaka u usporedbi s homozigotima svakog lokusa, te je njihova jednačba  $N_e = 1/1 - H_e$ . Najveći efektivni broj ima populacija Romanija, a najmanji je kod populacije Vlašić, te je odnos nešto izmijenjen u odnosu na alelne vrijednosti. Prosječan efektivni broj alela za istraživane populacije iz Bosne i Hercegovine iznosi 1,3522.

### Heterozigotna raznolikost

Vrlo važno mjerilo genetičke raznolikosti u populaciji je heterozigotnost, koja zapravo označava broj heterozigota u populaciji. Prema K. BOROJEVIĆ (1985), heterozigotnost populacije izračuna se tako da se najprije odredi frekvencija

heterozigotnih individua na svakom lokusu, a zatim se izračuna prosjek za sve lokuse. Prema LARSENU (1986), BERGMANNU i sur.(1990), SILVERTOWNU i DOUSTU (1995) te BOŽIČU (2002) i BOŽIČU i sur. (2003) na heterozigotnost utječu velike klimatske promjene, koje u središnjoj Europi uvjetuju jaki selekcijski pritisak, zatim industrijska zagađenja, prisutni genetički drift kojemu su bile izložene pribježišne populacije prije nego što su se selile na sjever i njihove različitosti koje su nastale na seobenom putu. Osim toga, na heterozigotnost populacija uveliko utječe i tip gospodarenja smrekom u određenim područjima tijekom vremena, što je usmjeravalo raznolikost u ovom ili onom smjeru.

Teoretska heterozigotnost pokazuje nam veličinu heterozigotnosti koja bi trebala biti ako je populacija u stanju ravnoteže (ekvilibrija) prema Hardy Weinbergovu zakonu. Inače, teoretske heterozigotnosti ponašaju se sukladno stvarnima, s tim što su u nekim gen lokusima veće od stvarnih, i obrnuto (tablica 2, slika 1), u ovisnosti od stanja u kojem se nalazi populacija, odnosno od selekcijskih procesa koji vladaju u njoj. Tako sve razlike koje se registriiraju pokazuju odstupanje stvarnog stanja od stanja ravnoteže.



Slika 1. Stvarna ( $H_{st}$ ) i teoretska ( $H_{tc}$ ) heterozigotnost u istraživanim populacijama  
 Picture 1. Observing heterozygosis ( $H_{st}$ ) and theoretic heterozygosis ( $H_{tc}$ ) at the loci in populations

Ukupna heterozigotnost ima veličinu od 0,2083 dok je ukupna teorijska heterozigotnost 0,2089. Najmanju veličinu heterozigotnosti imamo u populaciji Preodac, sa veličinom od 0,184 a najveću u istočnoj Bosni, populacija Romanija sa veličinom od 0,24. Također i druge populacije iz istočne Bosne imaju veličine iznad 0,2. Dvije populacije iz sjeveroistočnog dijela rasprostiranja imaju nešto niže veličine, a to su Bijambare i Tibija.

Interesantna je veličina heterozigotnosti u populaciji Vlašić, koja se ponaša prilično atipično. Tako ova populacija ima stvarnu heterozigotnost relativno visoku, sa veličinom od 0,21, dok je njena teorijska veličina 0,169 jako mala za nju. Iz ovoga se može zaključiti da u ovoj populaciji vladaju vrlo interesantni procesi, netipični za autohtone populacije smreke iz Bosne, te je ovdje vrlo vjerojatno riječ o introdukovanom materijalu.

Inače, pomnijom analizom podataka može se primjetiti i visinsko zoniranje genetičke strukture populacija, o čemu su u Slovačkoj izvještavali KRAJMEROVA i LONGAUER (2000), a BOŽIČ i URBANČIČ (2001, 2003) za horizontalno zoniranje u Sloveniji.

### **ZAKLJUČCI - Conclusions**

1. Analizom 20 izoenzimskih gen lokusa utvrdili smo postojanje statistički značajnih razlika između istraživanih populacija, a utvrđena varijabilnost smreke klinalnog je karaktera na ovom dijelu rasprostiranja.
2. Populacija Vlašić svojom genetičkom strukturom ukazuje da je alohtona, te do detaljnih analiza koje bi trebale da se provedu na tom području, reprodukcijski materijal ne bi smio da se koristi ni u kakvom obliku, a posebnim mjerama gospodarenja treba spriječiti daljnje širenje neželjenog genpoola.
3. Veća vrijednost heterozigotnosti istraživanih populacija spram populacija smreke iz zapadne Europe pokazuje da istraživane populacije nisu mnogo izgubile od svoga genetičkog potencijala za adaptaciju, jer nisu suviše udaljene od svoga pribježišta. Stoga su te populacije vjerojatno prilično otpornije od populacija sa zapada jer posjeduju dovoljno genetičke varijabilnosti.
4. Radi održavanja genskog resursa trebalo bi uspostaviti što gušću mrežu banki gena *in situ* i *ex situ* (sjemenske sastojine, sjemenske zone i sjemenske plantaže), nužnih za održanje genetičke raznolikosti populacija. To znači da bi svaka ekološka niša važna za smreku trebala imati svoju banku gena, s odgovarajućim brojem jedinki, kako bi se očuvala ekološko-fiziološka osobnost populacija.
5. Buduća istraživanja treba usmjeriti na ostale populacije smreke u Bosni i Hercegovini, te utvrditi optimalan broj jedinki u uzorku. Neprestano treba pratiti gospodarske zahvate na obnovi smreke te ih usmjeravati na održanje genetičke raznolikosti lokalnih populacija. Pored toga trebalo bi provesti čitav niz pokusa s različitim provenijencijama radi istraživanja ekološko - fizioloških osobitosti smreke.
6. Primijenjene metode daju dobru sliku genetičke strukture populacija, na temelju koje se mogu preporučiti potrebne mjere za održavanje genetičkih resursa u istraživanim populacijama, za razliku od rezultata koji se dobiju morfometrijskim istraživanjima.

## Zahvala - Acknowledgement

Ovo istraživanje je realizirano uz financijsku potporu Federalnog ministarstva za poljoprivredu, vodoprivredu i šumarstvo, odnosno Federalne uprave za šume, Bosne i Hercegovine, u okviru projekta "Istraživanje genetičke strukture, genetičkog diverziteta i genetičke diferenciranosti prirodnih populacija smreke (*Picea abies* Karst.) u dijelu prirodnog rasprostiranja u Bosni i Hercegovini". Kolegama iz Ministarstva dugujem veliku zahvalnost, posebno direktoru Omeru Pašaliću, dipl. inž. šum.

## LITERATURA - Literature

- BALLIAN, D. (2000): Kvaliteta sadnog materijala u rasadnicima Federacije BiH, Seminar: Sjemensko - rasadnička proizvodnja u BiH - Aktualno stanje i perspektive, Brčko, st 76-78.
- BERGMANN, F., GREGORIUS, H. R., LARSEN, J. B., 1990: Levels of genetic variation in European silver fir (*Abies alba* Mill.) are they related to the species decline. *Genetica*, 82 (1): 1-10.
- BOROJEVIĆ, K., 1985: Geni i populacija, Novi Sad, str. 545.
- BOŽIČ, G., 2002: Genetske raziskave naravnih populacij smreke (*Picea abies* (L.) Karst.) v Sloveniji. Doktorska disertacija, Univ. v Ljubljani, BF, Odd. za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, 2002.
- BOŽIČ, G., URBANČIČ, M. 2001: Influences of the soils on the morfological characteristics of an autochthonous Norway spruce on the Pokljuka plateau. *Glas. Šum. Pokuse*, 38: 137-147, Zagreb.
- BOŽIČ, G., URBANČIČ, M. 2003: The morfological and genetical characterisation of native Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) population in the area of Pokljuka mire. *Acta Biologica Slovenica*. 46 (1):17-25, Ljubljana.
- BOŽIČ, G., KONNERT, M., ZUPANČIČ, M., KRAIGHER, H., KREFT, I. 2003: Genetska diferencijacija avtohtonih populacij smreke (*Picea abies* (L.) Karst.) v Sloveniji, ugotovljena z analizo izoenzimov. *Zbornik gozdarstava in lesarstva* 71: 19-40.
- CROW, J.F., KIMURA, M. 1970: Introduction to Population Genetics Theory, Harper and Row, New York.
- GREGORIUS, H.R., 1980: The probability of losing an allele when diploid genotypes are sampled. *Biometric*, 36: 643-652.
- GREGORIUS, H.R., 1983: Gregorius, H. R., 1983: Klonanzahl in Samenplantagen und genetische Vielfalt. Arbeitstagung Forum Genetik Wald Forstwirtschaft, Göttingen, 58-62.
- HAMRICK, J.L., GODT, M.J., 1990: Allozyme diversity in plant species. In: Brown, A.D.D., Clegg, M.T., Kahler, A.L., Weir, B.S. (ed.): *Plant Population Genetics. Breeding, and Genetic Resources*, Sinauer, 43-63.



- KONNERT, M. 2004: Handbücher für Isoenzymanalyse. [www.genre.de/fgrdeu/blag/iso-handbuecher](http://www.genre.de/fgrdeu/blag/iso-handbuecher)
- KRAJMEROVA, D., LONGAUER, R. 2000: Genetic diversity of Norway spruce in Slovakia. *Forest Journal* 46(3): 273-286.
- LARSEN, J.B., 1986: Das Tannensterben: Eine neue Hypothese zur Klärung des Hintergrundes dieser rätselhaften Komplexkrankheit der Weißtanne (*Abies alba* Mill.), *Fortwissenschaftliches Centralblatt*, Gottingen, 105 (5): 381-396.
- MATIĆ, V., DRINIĆ, P., STEFANOVIĆ, V., ČIRIĆ, M., i sur. 1971: Stanje šuma u SR Bosni i Hercegovini, prema inventuri na velikim površinama u 1964-1968 godini [Condition of Forests in Socialist Republic of Bosnia-Herzegovina, according to inventory at large areas in 1964-1968.]. *Šum. fak. i inst. za šum. posebna izdanja* br. 7, Sarajevo, Bosna i Hercegovina. 639 pp.
- SILVERTOWN, J.W., DOUST, J.L., 1995: Introduction to plant population biology, Blackwell Science, Reprinted 1995, str 210.

### SUMMARY – Sažetak

Spruce (*Picea abies* Karst.) represents one of the most significant species of forest trees in Bosnia and Herzegovina and in a number of central European countries, from both economic and ecological stand point. The objective of this study is to demonstrate basic molecular-genetic variability of spruce in Bosnia and Herzegovina in order to determine their mutual relationship and origin. For the analysis of isoenzyme genetic structures we used the following isoenzyme genetic markers: *Aco-A*, *F-Est-B*, *Gdh-A*, *Got-A*, *Got-B*, *Got-C*, *Idh-A*, *Idh-B*, *Lap-B*, *Mdh-A*, *Mdh-B*, *Mdh-C*, *Mnr-A*, *Mnr-C*, *Pgi-B*, *Pgm-A*, *Skdh-A*, *6-Pgdh-A*, *6-Pgdh-B*, *6-Pgdh-C*, *6-Pdh-A*. From the obtained relative allele frequencies in the analyzed loci, it is verified that all of 20 analyzed gene loci were polymorphous, while an extremely high level of polymorphisms was registered in 15 loci. The population of Vlačić, by its genetic structure, shows that it is alochton, and that the reproduction material should not be used in any shape, until further detailed analyses have been carried out in this area. At the same time, spreading of unwanted gene-pool should be prevented with special management measures. More significant value of heterozygosis of the studied populations, as opposed to the population of west European spruce, shows that the studied populations did not loose much of their genetic adaptation potential as they are not situated far from their natural habitat. Future studies should be directed to other populations of spruce in Bosnia and Herzegovina, in order to determine the optimal number of units in the sample. Economic management activities should be constantly monitored to provide rejuvenation of spruce and direct these activities to maintenance of genetic diversity of the local populations. Also there should be carried out a sequence of trials with diverse provenance in order to further examine ecological and physiological characteristics of spruce.