



Prof. dr. Dalibor Ballian
Dr. sc. Mirzeta Memišević Hodžić



VARIJABILNOST
**HRASTA
LUŽNJAKA**
(Quercus robur L.)
U BOSNI I HERCEGOVINI



Sarajevo,
2016. godine

IMPRESSUM

ZNANSTVENA MONOGRAFIJA

Varijabilnost hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u Bosni i Hercegovini

IZDAVAČ: Udruženje inženjera i tehničara šumarstva Federacije Bosne i Hercegovine (UŠIT FBiH)

ZA IZDAVAČA: Doc. dr. Ahmet Lojo

SUIZDAVAČ: Silva Slovenica - izdavački centar Šumarskog instituta Slovenije, Ljubljana

GODINA IZDANJA: 2016.

RECENZENTI: prof. dr. Davorin Kajba i prof. dr. Robert Brus

TEHNIČKA UREDNICA: Leila Čmajčanin, Art7

LEKTOR: Katarina Bakula

KOREKTOR: Andreja Dautović

GRAFIČKI DIZAJN I TEHNIČKA PRIPREMA: ART 7

AUTOR FOTOGRAFIJA NA OMOTU: prof. dr. Faruk Bogunić

CIP - Katalogizacija u publikaciji
Nacionalna i univerzitetska biblioteka
Bosne i Hercegovine, Sarajevo

BALLIAN, Dalibor
Varijabilnost hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u Bosni i Hercegovini [Elektronski izvor] / Dalibor Ballian, Mirzeta Memišević Hodžić.
- Sarajevo : Udruženje inženjera i tehničara šumarstva Federacije Bosne i Hercegovine ; Ljubljana : Silva Slovenica - izdavački centar Šumarskog instituta Slovenije, 2016

Sistemski zahtjevi nisu navedeni
Dostupno i na: <https://www.usitfbih.ba>. -
Nasl. s nasl. ekrana.

ISBN 978-9926-8071-2-2

1. Memišević Hodžić, Mirzeta

COBISS.BH-ID 23545094



Ova publikacija je sufinansirana iz LIFE GEN MON projekta, koji je finansijski podržan od strane LIFE (Financijskog instrumenta za okoliš) Europske unije, Ministarstva zaštite okoliša i prostornog planiranja Slovenije i Šumarskog instituta Slovenije.



Ova publikacija je tiskana u suradnji sa *Silva Slovenica* izdavačkim centrom Šumarskog instituta Slovenije, Ljubljana, Slovenija



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR



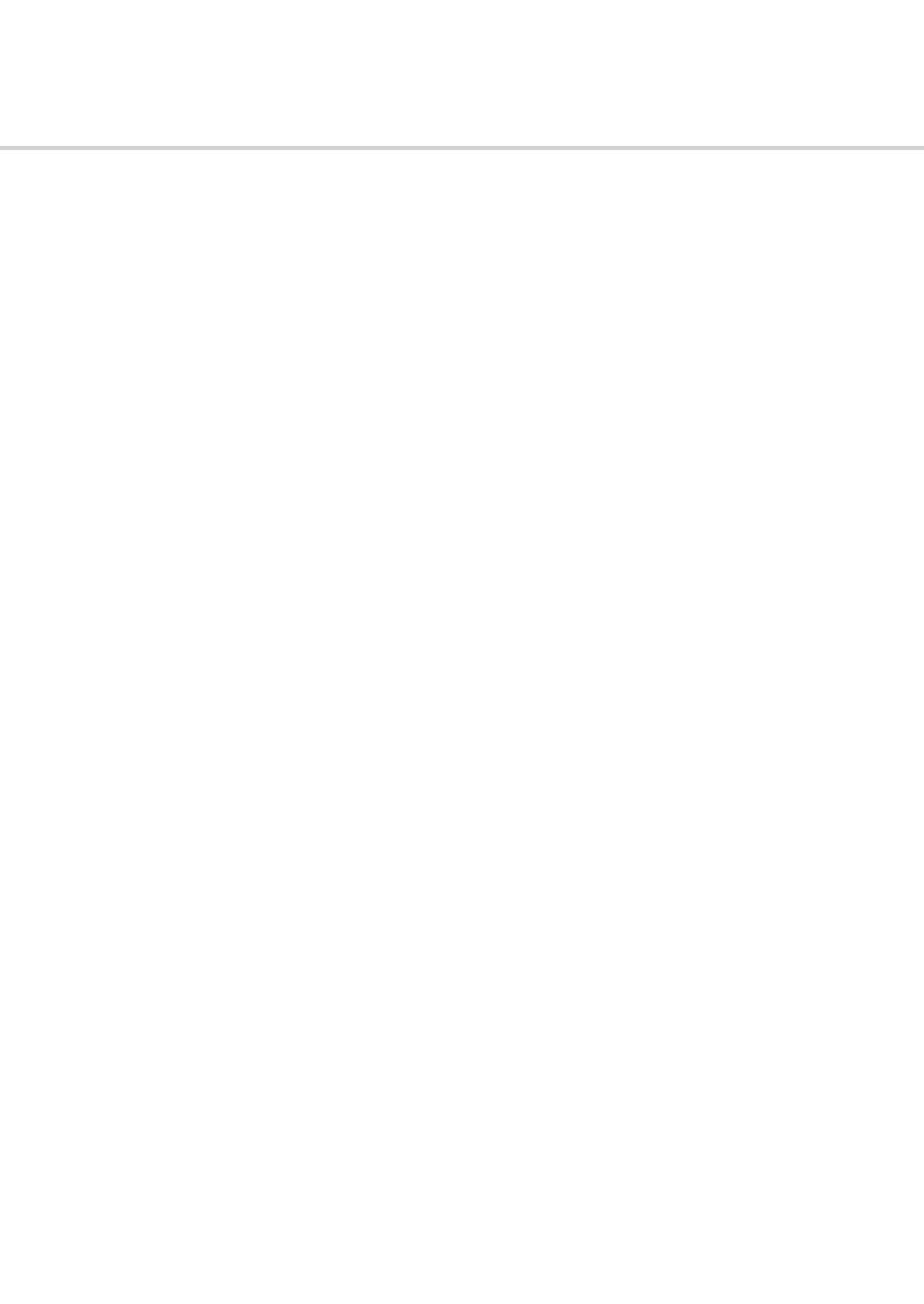
MINISTARSTVO PROSTORNOG UREĐENJA,
GRAĐENJA I ZAŠTITE OKOLIŠA KANTONA
SARAJEVO

Nijedan dio ove knjige ne smije se umnožavati ili na bilo koji način reproducirati bez dopuštenja autora.

Prof. dr. Dalibor Ballian
Dr. sc. Mirzeta Memišević Hodžić

VARIJABILNOST
HRASTA
LUŽNJAKA
(*Quercus robur* L.)
U BOSNI I HERCEGOVINI

Sarajevo, Ljubljana
2016. godine



PREDGOVOR

Ovo je tek druga knjiga koja se bavi varijabilnošću šumskog drveća u Bosni i Hercegovini, za razliku od susjednih zemalja gdje je objavljen veći broj monografija vezanih za ekonomski značajne vrste šumskog drveća. U ovu, kao i u prošlu monografiju, ugrađene su mnoge spoznaje iz brojnih suvremenih istraživanja koja su aktualna za suvremeno šumarstvo u Bosni i Hercegovini. Ovim monografijama se želi premostiti nedostatak kapitalnih publikacija, čiji se nedostatak već duže vrijeme osjeti.

Sama monografija o hrastu lužnjaku, kod nas marginaliziranoj vrsti, sadržava suvremena istraživanja o varijabilnosti koja su provedena u Bosni i Hercegovini, te o genetskoj strukturi ove vrijedne vrste do koje se došlo kroz niz istraživanja tijekom proteklih 12 godina. Većina podataka je ranije objavljena u brojnim znanstvenim radovima kod nas i u inozemstvu, ali ima i jedan dio podataka koji se prvi put objavljuje.

U monografiji se mogu naći i osnovni podatci o sistematici hrasta lužnjaka, njegovoj morfologiji, rasprostiranju i ekologiji, te praktične i osnovne znanstvene spoznaje o morfološkoj i fiziološkoj varijabilnosti, kao i genetskoj strukturi na temelju SSR DNK i izoenzima. Iako su kroz monografiju i rasprave prikazana i brojna svjetska iskustva s hrastom lužnjakom, ipak srž ove knjige je prilagođena potrebama bosanskohercegovačkog šumarstva, i svih ostalih koji žele proširiti svoja saznanja o ovoj vrijednoj vrsti, koja je spletom povijesnih okolnosti u bosanskohercegovačkim šumama dovedena pred nestanak.

Prilikom rada na ovoj monografiji susretali smo se sa brojnim problemima i izazovima, te su brojne kolege izašle u susret i pomogli u realizaciji ovog za nas autore veoma značajnog posla. Zahvalnost dugujemo i kolegici prof. dr. Faruku Boguniću zbog pomoći pri izradi fotografija sa morfološkim detaljima cvijeta, žira i kupula, što poglavljju morfologije daje posebnu vrijednost i specifičnost.

Zahvalu dugujemo kolegama iz šumarskih poduzeća koji su nam tijekom 12 godina nesebično pomagali prilikom sabiranja materijala za brojna istraživanja koja smo provodili na hrastu lužnjaku. Posebno se zahvaljujemo Ivici Murlinu, koji se angažirao oko postavljanja terenskog pokusa u Žepču, te pri svakogodišnjim mjerenjima i osmatranjima, kao i Javnom poduzeću Šumsko privredno društvo Zeničko-dobojskog kantona d.o.o. Zavidovići. Nadamo se da nam druge kolege neće zamjeriti što ih nismo poimenično spomenuli, ali bi u tom slučaju spisak bio jako dug, jer se ni jedno od šumarskih istraživanja na terenu ne bi moglo realizirati bez njihove pomoći. Ipak, svi se mogu prepoznati kada pročitaju ovu monografiju i vide koji je materijal obrađen.

Recenzentima se posebno zahvaljujemo na primjedbama i korisnim prijedlozima, čime su znatno unaprijedili i poboljšali tekst. Unaprijed zahvaljujemo svim kolegama i čitateljima koji će nas upozoriti na propuste ili nedostatke u tekstu kako bismo zajednički pridonijeli proširenju znanja o toj problematici.

Autori
Sarajevo, 2016.



SADRŽAJ

UVOD	11
NESTANAK HRASTA LUŽNJAKA U BOSNI I HERCEGOVINI	17
BIOSISTEMATSKA PRIPADNOST HRASTA LUŽNJAKA	21
OSNOVNE KARAKTERISTIKE NEKIH TAKSONOMSKIH JEDINICA	21
OSNOVNE KARAKTERISTIKE RODA <i>Quercus</i> L.	24
MORFOLOŠKE KARAKTERISTIKE HRASTA LUŽNJAKA	28
DINAMIKA POPULACIJA HRASTA LUŽNJAKA	31
EKOLOGIJA HRASTA LUŽNJAKA	37
Zahtjevi za svjetlošću	37
Zahtjevi za temperaturom	37
Zahtjevi za vlagom	39
PRIRODNO RASPROSTRANJENJE HRASTA LUŽNJAKA U EUROPI I BOSNI I HERCEGOVINI	40
EKOLOŠKO-VEGETACIJSKA PRIPADNOST HRASTA LUŽNJAKA	44
Pripanonska oblast	46
Sjeverobosansko područje	46
Sjeverozapadno bosansko područje	48
Prijelazno ilirsko-mezijska oblast	49
Donjedrinsko područje	49
Gornjedrinsko područje	50
Oblast unutrašnjih Dinarida	51
Područje Cazinske Krajine	52
Zapadnobosansko krečnjačko-dolomitno područje	52
Srednjobosansko područje	54
Zavidovičko-tesličko područje	55
Područje istočnobosanske visoravni	56
Meditersko-dinarska oblast	57
Submediteransko-planinsko područje	58
Submediteransko područje	59

EKOLOŠKO - FITOCENOLOŠKA PRIPADNOST LUŽNJAKA U BiH	61
MORFOLOŠKA VARIJABILNOST LISTA	
HRASTA LUŽNJAKA U BOSNI I HERCEGOVINI	67
Metoda mjerenja i obrade podataka	68
Analiza individualne unutarpopulacijske varijabilnosti ispitivanih kvantitativnih svojstava	76
Dužina plojke lista	76
Dužine peteljke lista	79
Udaljenosti najšireg dijela plojke od baze lista	81
Širina desne poluplojke	83
Širina lijeve poluplojke	85
Usječenost lista od središnjeg nerva	87
Usječenosti baze plojke	89
Ukupna dužina lista	91
Širina plojke lista	93
Odnos širine i dužine plojke lista	95
Prosječna dužina reznja	97
Broj reznjeva s desne strane	98
Analiza individualne unutarpopulacijske varijabilnosti ispitivanih kvantitativnih svojstava	101
Prosječna svojstva lista hrasta lužnjaka	103
Rasponi variranja istraživanih svojstava	105
Testovi normalnosti raspodjele ispitivanih svojstava	106
Analiza varijance	107
Analiza varijance svojstava lista po skupinama prema nadmorskim visinama	107
Analiza varijance svojstava lista po skupinama prema ekološko-vegetacijskim rajonima	109
Diskriminantne analize	111
Diskriminantna analiza svojstava lista po skupinama prema klasama nadmorskih visina	111
Diskriminantna analiza svojstava lista po skupinama prema klasama nadmorskih visina na temelju srednjih vrijednosti po populacijama	112
Diskriminantna analiza svojstava lista po skupinama prema ekološko-vegetacijskim rajonima u Bosni i Hercegovini	114

Diskriminantna analiza svojstava lista po skupinama prema ekološko-vegetacijskim rajonima na temelju srednjih vrijednosti po populacijama	116
Analiza rezultata multiplih testiranja	120
Rezultati Duncanovog testa prema klasama nadmorskih visina	120
Dužina plojke lista	120
Dužina peteljke lista	120
Udaljenost najšireg dijela plojke od baze plojke s desne strane	122
Širina desne poluplojke	122
Najveća širina lijeve poluplojke	123
Usječenost lista od središnjeg nerva	124
Usječenost baze plojke	124
Ukupna dužina lista	125
Širina plojke lista	126
Odnos širine i dužine lista	126
Prosječna dužina reznja	128
Broj reznjeva s desne strane	128
Rezultati Duncanovog testa po skupinama (prema ekološko-vegetacijskim rajonima u BiH)	129
Dužina plojke lista	129
Dužina peteljke lista	130
Udaljenost najšireg dijela plojke od baze plojke s desne strane	130
Širina desne poluplojke	131
Najveća širina lijeve poluplojke	132
Usječenost lista od središnjeg nerva	132
Usječenost baze plojke	134
Ukupna dužina lista	134
Širina plojke lista	136
Odnos širine i dužine lista	136
Prosječna dužina reznja	136
Broj reznjeva s desne strane	138
Diferenciranost prema nadmorskim visinama	138
Diferenciranost prema ekološko-vegetacijskoj rajonizaciji	140
VARIJABILNOST HRASTA LUŽNJAKA U BOSANSKOHERCEGOVAČKOM TESTU PROVENIJENCIJA	144
Mjerenje morfoloških svojstava	151
Osmatranje fenologije listanja	152

Rezultati promjera, visina i preživljavanja u prvoj godini nakon osnivanja testa	153
Analiza varijance	156
Testiranje dobivene varijabilnosti	156
Diskriminacijska analiza	159
Test normalnosti raspodjele	160
Preživljavanje u pokusu provenijencija	160
Rezultati istraživanja visine biljaka starosti četiri, pet i šest godina	163
Rezultati morfometrijskih istraživanja visinskog prirasta biljaka u petoj i šestoj godini	170
Rezultati morfometrijskih istraživanja promjera vrata korijena biljaka starosti četiri, pet i šest godina	176
Rezultati fenoloških osmatranja	182
BIOKEMIJSKA ISTRAŽIVANJA VARIJABILNOSTI	199
Metode izoenzimskih istraživanja	203
Rezultati izoenzimskih istraživanja	205
Enzimska varijabilnost	205
Genski lokus FEST-A	210
Genski lokus FEST-C	211
Genski lokus ADH-A	212
Genski lokus AAP-A	213
Genski lokus PGM-B	214
Genski lokus 6PGDH-A	215
Genski lokus 6PGDH-B	216
Genski lokus IDH-A	218
Genski lokus IDH-B	219
Genski lokus IDH-C	219
Genski lokus PGI-B	220
Genski lokus GOT-B	221
Genski lokus MNR-A	222
Genski lokus SDH-A	224
Genetska raznolikost u provenijencijama	225
Raznolikost alela	225
Raznolikost genotipova	226
Heterozigotna raznolikost	230
Stvarna heterozigotnost	230
Teorijska (očekivana) heterozigotnost	231
Fiksacijski indeks	236
Multilokusna i gen pool raznolikost	238

Multilokusna raznolikost (V_{GEN})	238
Raznolikost gen-poola (V_p)	239
Unutarpopulacijska (unutarprovenijencijska) diferencijacija (δ_i)	239
Genetska diferencijacija između provenijencija	242
Genotipska odstupanja između provenijencija	243
Alelna odstupanja između provenijencija	246
Multilokusna odstupanja između provenijencija	252
Gen pool diferencijacija između provenijencija	252
MIKROSATELITNA VARIJABILNOST HRASTA	
LUŽNJAKA U BOSNI I HERCEGOVINI	254
Materijal i metoda rada	255
Analiza rezultata	257
Fiksacijski indeks	264
PREPORUKE ZA GOSPODARENJE HRASTOM	
LUŽNJAKOM U BOSNI I HERCEGOVINI	267
LITERATURA	292
SAŽETAK	311
SUMMARY	317



UVOD

Hrast lužnjak (*Quercus robur* L.) je nekad predstavljao ekonomski važnu vrstu bosanskohercegovačkih šuma (Memišević 2008), ali već 1907. godine Beck pl. Mannagetta navodi da u Bosni i Hercegovini postoje samo ostaci nekada velikih šumskih kompleksa. Takve tvrdnje potvrđuje i Begović (1960, 1978) u svojim istraživanjima povijesnog razvoja šumarstva u Bosni i Hercegovini, a temeljni razlog je što su šume hrasta lužnjaka u posljednjih stotinu godina potpuno marginalizirane, kako u znanstvenim, tako i u gospodarskim aktivnostima, zbog njihove potpune devastacije od 1839. do 1913. godine.

Danas u Bosni i Hercegovini lužnjak nalazimo u mješovitim šumama s običnim grabom, a u posebnim uvjetima gradi i čiste sastojine (Stefanović 1977; Stefanović i sur. 1983). Na bosanskohercegovačkom području predstavlja središnji dio svog prirodnog južnog rasprostiranja te kao takav ima specifičnu genetsku strukturu (Ballian i sur. 2010) u odnosu na središnji i sjeverni dio areala. Tako ova vrsta svojim rasprostiranjem u Bosni i Hercegovini gradi specifičnu vezu južnih i istočnih provenijencija Balkanskog poluotoka s provenijencijama iz srednje Europe te ima vrlo značajnu ulogu u kretanju gena od juga ka sjeveru i obrnuto, te od zapada ka istoku i obrnuto (Slade i sur. 2008).

Prema podacima iz inventure šuma na velikim površinama 1964. – 1968. (Matić i sur. 1971), površina ostalih visokih šuma je 32.368 ha, od čega prema procjeni 31,7% ili 10.261 ha otpada na šume hrasta lužnjaka. Za razliku od Matića i sur. (1971), Klepac (1988) navodi da je tadašnja ukupna površina šuma hrasta lužnjaka u BiH oko 30.000 ha. Prema Klepcu (1988) najkvalitetnije šume hrasta lužnjaka nalaze se na području općina Bosanski Šamac, Bosanska Gradiška, Brčko i Bijeljina, čija je ukupna površina oko 14.000 ha. Najstarije šume hrasta lužnjaka nalaze se u općini Bosanska Gradiška, i to s prosječnom drvnom zalihom oko 315 m³/ha. Ostatak čine privatne, manje, uglavnom izdankačke šume hrasta lužnjaka širom Bosne i Hercegovine.

Da bi se situacija bolje razumjela, treba poznavati ekologiju hrasta lužnjaka, odnosno da se šume hrasta lužnjaka uglavnom javljaju u ravninama, dolinama velikih rijeka te nekim od naših planinskih visoravni (Pintarić 2002). Oko 5% površine Bosne i Hercegovine su ravnice koje su pogodne za rast i razvoj šuma hrasta lužnjaka. Taj dio naše

zemlje je kroz povijest stalno izložen jakom ljudskom djelovanju, što je utjecalo i na stanje šuma. Danas u tom području imamo visokovrijedna poljoprivredna zemljišta i područja s velikim urbanim sredinama koja su se razvijala na račun šuma hrasta lužnjaka. Zbog tog antropogenog utjecaja, postojanje šuma hrasta lužnjaka na tom području može se rekonstruirati samo iz nalaza pojedinih starih stabala, kao što je slučaj s područjem Sarajevskog polja gdje imamo oko 100 do 150 starih stabala te nešto više uz jugoistočni i sjeverozapadni rub polja.

O hrastu lužnjaku u Bosni i Hercegovini prvi detaljnije piše Günther vitez Beck pl. Mannagetta u svom djelu "Flora Bosne i Hercegovine i Novopazarskog Sandžaka" (1907), gdje napominje da lužnjak tvori slavonsku hrastovu šumu u savskoj nizini i oko većih pritoka rijeke Save, ali da su to samo ostaci nekada velikih šumskih kompleksa, a također i u unutrašnjosti Bosne i Hercegovine. Pored Posavine, kao



Slika 1. Posavska šuma hrasta lužnjaka i graba

glavnog područja rasprostiranja, nalazišta hrasta lužnjaka su vrlo interesantna i u dolinama većih rijeka, npr. Drine, Bosne, Lepenice, Lašve, Usore, Ukraine, Vrbanje, Vrbasa, Une i Sane, na nekim od kraških polja te visokoplaninskoj Glasinačkoj visoravni (Jovančević 1966, 1968) gdje nalazimo pojedina stabla ili manje skupine stabala. Situaciju s gospodarenjem ovim šumama otežava i njihova vlasnička struktura jer su većinom u privatnom vlasništvu te se njima ne gospodari na adekvatan način i u podmaklom su stadiju degradacije.

U istraživanju morfoloških svojstava lista hrasta lužnjaka pošlo se od pretpostavke da će se proučavanjem niza morfoloških parametara, na unutarpopulacijskoj i međupopulacijskoj razini, dobiti pokazatelji varijabilnosti koji će se koristiti u rajonizaciji reprodukcijanskog materijala te kod aktivnosti na očuvanju prirodnih populacija hrasta lužnjaka (Memišević 2010, Ballian i sur. 2010). Samo postojanje varijabilnosti za analizirana svojstva ukazuje na mogućnost njenog korištenja pri izvođenju šumsko-uzgojnih radova, kao i kroz selekciju najboljih individua za podizanje sjemenskih plantaža, izdvajanja sjemenskih sastojina, skupina stabala.

U istraživanju hrasta lužnjaka kroz test provenijencija u Bosni i Hercegovini također se željelo utvrditi postojanje varijabilnosti između provenijencija (populacija) u cilju provođenja aktivnosti na očuvanju i reintrodukciji ove veoma vrijedne vrste. Za razliku od Bosne i Hercegovine, pokusi provenijencija s hrastom lužnjakom su u Europi podizani prije više od 100 godina (Hauch 1909) i nešto kasnije (Cieslar 1923), a i u novije vrijeme (Maurer i sur. 2000). U susjednoj Hrvatskoj istraživanja se provode od 1988. godine, kako navode Gračan (1995, 1996), Perić (2001) i Vidaković i sur. (2000). Razloge za slabiji interes za hrast lužnjak u Bosni i Hercegovini nalazimo u njegovoj maloj zastupljenosti, odnosno jako velikoj fragmentiranosti populacija, što je izravna posljedica velike eksploatacije ove vrste u periodu od 1839. do 1914. godine (Begović 1960, 1978; Memišević 2008; Ballian i sur. 2010).

Poznavanje genetskog kvaliteta sastojina hrasta lužnjaka predstavlja osnovu razvoja strategije za njihovu konzervaciju te za uspješno podizanje novih šumskih kultura. Fiziološki procesi, kao rezultat djelovanja spoljašnje sredine i nasljednih čimbenika, veoma su kompleksni, a njihovo razumijevanje i poznavanje neophodno je za predviđanje uspjeha u šumsko-uzgojnim zahvatima. Poznavanjem

reakcije fizioloških procesa i limitirajućih čimbenika spoljašnje sredine stječu se uvjeti za primjenu genetsko-seleksijskih programa te se može pristupiti aktivnostima *in situ* i *ex situ* konzervacije (Ballian i Kajba 2011).

Dosadašnja molekularna istraživanja hrasta lužnjaka u Bosni i Hercegovini nisu bila sistematična te je samo djelomično urađena haplotipska analiza kojom su registrirani haplotipovi 4 i 5, dok su kod haplotipa 5 registrirani subhaplotipovi *b* i *c* (Slade i sur. 2008). Istraživanje genetske varijabilnosti lužnjaka uz uporabu SSR mikrosatelita proveli su Ballian i sur. (2010) u nekim od preostalih populacija i skupina stabala hrasta lužnjaka u Bosni i Hercegovini. Molekularno genetska varijabilnost se istraživala uporabom visoko polimorfnih mikrosatelitnih biljega kao što su to proveli u svojim istraživanjima Steinkellner i sur. 1997; Lefort i sur. 1998; Barreneche i sur. 1998; Lexer i sur. 2000; te Wilhelm i sur. 2005 na embrionima. Kao zadnja genetska karakterizacija provedena je analiza izoenzima (Memišević Hodžić 2015). Za razliku od naše zemlje, u Europi, gdje je ova vrsta ekonomski veoma važna, intenzivno se radi na istraživanju njene genetske varijabilnosti (Kleinschmit 1993; Yakovlev 2000) gdje je bila relativno velika, zatim na testiranju provenijencija hrastova (Kleinschmit i Svolba 1994; Ducouso i sur. 1996; Gračan i sur. 1995; Gračan 1996; Maurer i sur. 2000; Vidaković i sur. 2000; Perić 2001) gdje je varijabilnost bila na niskoj razini. Nakon toga se radi na genetskoj karakterizaciji lužnjaka (Kremer i sur. 1993) te na haplotipskoj (Bordács i sur. 2002; Csaikl i sur. 2002; Demesure i sur. 1996, Ferris i sur. 1993, 1995, 1998; Fineschi i sur. 2000; Jensen i sur. 2002; Kelleher i sur. 2002; König i sur. 2002; Petit i sur. 2002 a, b, c).

Pored antropogenog utjecaja na nestajanje, tu su i mnogi drugi čimbenici, a prije svega prirodne hibridizacije s brojnijim hrastom kitnjakom. Tako mnogi autori ističu činjenicu da je među hrastovima izražena spontana hibridizacija i introgresija (Elsner 1993; Kleinschmit i sur. 1995; Steinhoff 1993; Bacilieri i sur. 1993, 1995, 1996a, 1996b,; Streiff i sur. 1998; Olrik i Kjær 2007; Kurtu i sur. 2007, 2009; Eriksson 2015). Upravo ti procesi, kako navode Krstinić i sur. (1996), između hrasta lužnjaka i hrasta kitnjaka u prvom redu uvjetuju vrlo izraženu unutarpopulacijsku i međupopulacijsku varijabilnost. Prema Trinajstiću (1988) to dovodi do velike polimorfности i varijabilnosti morfoloških svojstava hrasta lužnjaka, a potencirana je introgresiv-

nom hibridizacijom (Dumolin Lapègue i sur. 1999) do koje dolazi zbog nepotpune reprodukcijске izolacije među srodnim vrstama roda *Quercus* L. Upravo zahvaljujući takvoj situaciji u Bosni i Hercegovini, gdje lužnjak raste s kitnjakom, dolazi do njihove međusobne hibridizacije i do pojave hibridnih rojeva, što stvara poteškoće pri taksonomskoj determinaciji i razlikovanju tih vrsta te laganom nestajanju čistih vrsta.

Kod nas postoje velike površine šumskog zemljišta koje su obešumljene i u raznim stupnjevima degradacije, pogodne za podizanje nasada hrasta lužnjaka. Tu je i veliki broj zajednica slabe proizvodnosti koje bi pošumljavanjem (konverzijom) trebalo prevesti u visoke šume. Uzroci degradacije šuma i šumskog zemljišta su višestruki, a njihovo pošumljavanje bi kao oruđe konzervacije predstavljalo jedan od najaktualnijih i najkompleksnijih zadataka šumarske struke.



Slika 2. Carski hrast kod Rankovića procijenjene starosti 2500 godina, fotografija iz 1970. godine (sliku ustupio Marinko Slipac)

Mogućnost korištenja neke vrste, u ovim aktivnostima, ograničena je njenom sposobnošću da se uspješno reproducira, što je u funkciji njene ekološke amplitude. Postoje ekstremne vrijednosti unutar kojih neka vrsta može uspješno obaviti svoj životni ciklus. Kako se približavamo ovim granicama prvo se smanjuje rast, a potom sposobnost za reprodukciju. Širina reakcije vrsta bila je tema velikog broja ekofizioloških studija (Cochran 1977, Lopushinsky i Klock 1974, 1979; Eriksson 2015). Za rješavanje ovog problema postoje dvije strategije. Prva je skup agrotehničkih mjera s ciljem poboljšavanja fizičkih i kemijskih svojstava sredine u kojoj se uzgaja određena kultura. Druga, kojoj se u šumarstvu danas poklanja sve više pažnje, podrazumijeva postupke koji se zasnivaju na genetskim potencijalima biljaka, odnosno selekciji i dobivanju otpornih genotipova na dati stresni faktor spoljašnje sredine, za što je neophodno upoznavanje morfološke, fiziološke i genetske raznovrsnosti i ponašanja biljaka u stresnim uvjetima (Ballian i Kajba 2011).

Hrast lužnjak je klimatski i edafski veoma plastična vrsta (Bobinac 1990, 1995, 2007, 2011; Matić 2009; Pintarić 2002; Trinajstić 1996) te stoga treba detaljno analizirati površine koje bi bile pogodne za unošenje lužnjaka, uvažavajući sve njegove ekološke zahtjeve da bi se dobili što bolji rezultati na njegovoj reintrodukciji.

NESTANAK HRASTA LUŽNJAKA U BOSNI I HERCEGOVINI

Kvalitet starih hrastovih stabala bio je također povod za njihove velike sječe koje su počele dvadesetih godina devetnaestog stoljeća, a kulminirale početkom dvadesetog. U to vrijeme na tržištu je vladala velika potražnja za hrastovim drvetom, posebno proizvodom poznatim kao francuska dužica. Trgovci drvetom iz susjedne Hrvatske u tome su vidjeli šansu te su, koristeći nesređene prilike koje su tada vladale u Bosni, na izmaku osmanske vladavine, vrlo jeftino dolazili do drveta. Nerazvijena putna infrastruktura pričinjavala je poteškoću izvozu te se obično sjeklo bliže rijekama radi lakšeg vodenog transporta. U to vrijeme, za razliku od susjedne Hrvatske, u Bosni i Hercegovini se nisu izrađivali veći i vrijedniji sortimenti, niti su drvo i kora korišteni za kemijsku preradu u industriji tanina, već je prioritetna bila izrada francuskih dužica. Razlog tome je jednostavan transport na konjima ili na splavovima, kao osnovnom transportnom sredstvu zbog pomenutog nedostatka putne infrastrukture. U pokušaju sređivanja prilika u Bosni pred sam kraj osmanske vladavine počelo se investirati u putnu infrastrukturu, a glavna sredstva za radove na infrastrukturi dobijala su se od prodaje hrastovih stabala putem licitacija stranim kupcima, o čemu postoje brojna pisana svjedočanstva (Begović 1960). Tada su posječene stotine tisuća stabala širom Bosne i Hercegovine, a prije svega u Posavini. Iako su u tom periodu prilike bile nešto bolje, drvo je i dalje bilo jeftino te se davalo kroz licitacije za sječū (slika 3) i sistemski se izvozilo kao francuska dužica za vinsku burad. U tom periodu, zbog korupcije koja je zavládala u prodaji šuma za sječū, došao je u pitanje opstanak hrastovih šuma. Tada u Bosni nestaju prekrasne hrastove šume zarad lakomosti lokalnih moćnika, o čemu svjedoče brojni izvještaji.

Kako je izgledao odnos spram hrasta lužnjaka za vrijeme otomanske vladavine u Bosni i Hercegovini navodi Begović (1960). Počevši dvadesetih i završivši sedamdesetih godina XIX stoljeća, prema gruboj ocjeni, u bosanskim šumama je posječeno najmanje 500 000 hrastovih stabala i to samo za proizvodnju francuske dužice. Imajući u vidu da se u istom periodu hrastova stabla sjekla i za druge potrebe, o čemu imamo manje podataka, jasno je da je ovaj broj daleko veći jer se ilegalno sjeklo, a i privatne šume jedno vrijeme nisu uračunavane.

Situacija se znatnije ne mijenja ni dolaskom Austro-Ugarske te i dalje jača pritisak na šume hrasta lužnjaka koje su već početkom dvadesetog stoljeća iscrpljene i devastirane, a 1913. godine se radi posljednja velika sječa hrastova. Tada devastirane šume lužnjaka u Bosni ostale su do današnjeg dana u jako lošem stanju jer nisu imale dovoljno kvalitetnih stabala da bi se mogle same obnoviti. Zbog toga danas imamo male ostatke tih lužnjakovih šuma ili pojedinačna stabla koja svjedoče o prošlim vremenima te manje površine šuma panjača veoma loše kvalitete.

Begović (1978) navodi da je za vrijeme austrougarske uprave u BiH u periodu od 1880. do 1914. godine u bosanskohercegovačkim erarskim



Slika 4. Izrada hrastove dužice (Tonković i sur. 1996)

(državnim) šumama posječeno od strane raznih privatnih poduzeća, preduzimača i trgovaca drvetom oko 3 260 000 hrastovih stabala, upotrebljivih za tehničke svrhe, odnosno za izradu dužica (slika 4), od čega je prodato iz slobodne ruke, na bazi direktnih pogodbi, oko 97%, a putem javnih licitacija svega oko 3%. Uzimajući u obzir činjenicu da se u to vrijeme kalkuliralo s prosječnom sadržinom korisnog (tehničkog) drveta od 2 m³ po jednom prodanom i posječenom stablu, proizlazi da je za vrijeme austrougarske uprave u BiH od prodatih 3 260 000 hrastovih stabala kupljeno i preuzeto oko 6 500 000 m³ hrastovog korisnog (tehničkog) drveta. U istom periodu je za proizvodnju kore za štavljenje kože u hrastovim izdanačkim šumama posječeno i izrađeno 500 000 prm (375 000 m³) hrastovog drveta iz takozvanih šuma guljača.

Sve naprijed rečeno govori u prilog tezi da je hrast lužnjak u prošlosti na ovim prostorima bio ekonomski vrlo važna vrsta, zbog čega ne bi trebalo da ga kao procentualno slabo zastupljenu vrstu "otpisujemo", već bi bilo potrebno raditi na iznalaženju načina da se ona reintroducira na pogodna staništa, posebno imajući u vidu da postoje velike neiskorištene površine pogodne za podizanje šuma hrasta lužnjaka.

BIOSISTEMATSKA PRIPADNOST HRASTA LUŽNJAKA

Prema Systema Naturae 2000 (Classification), a uvažavajući Tahtadžanov sistem (Takhtajan 1997), šematski prikaz taksonomskih jedinica hrasta lužnjaka je sljedeći:

- ☐ Carstvo Plantae, Haeckel, 1866
 - ☐ Podcarstvo Viridaeplantae, Cavalier-Smith, 1981
 - ☐ Razred Tracheophyta, Sinnott, 1935 ex Cavalier-Smith, 1998
 - ☐ Podrazred *Euphyllophytina*
 - ☐ Klasa *Magnoliopsida*, Brongniart, 1843
 - ☐ Podklasa *Hamamelididae*, Takhtajan, 1967
 - ☐ Nadred Faganae, (Engler, 1892) Takhtajan, 1997
 - ☐ Red Fagales, Engler, 1892
 - ☐ Porodica Fagaceae, Dumortier, 1829
 - ☐ Podporodica Querceoideae
 - ☐ Rod *Quercus*, C. Linnaeus, 1753
 - *Quercus robur*, Linnaeus - hrast lužnjak

OSNOVNE KARAKTERISTIKE NEKIH TAKSONOMSKIH JEDINICA

1. Divizija: Magnoliophyta - skrivenosjemenice

Skrivenosjemenice (*Magnoliophyta*, *Angiospermae*) su najveća skupina zelenih kopnenih biljaka kod kojih se sjeme nalazi unutar ploda. Skrivenosjemenice u većini slučajeva čine najveću biomasu u ekosistemu i svojim izgledom i brojnošću određuju izgled i strukturu ekosistema. Značaj za čovjeka je također veliki jer skoro sve biljke koje čovjek uzgaja za osobnu, i za ishranu domaćih životinja, pripadaju skrivenosjemenicama.

Dijele se na dvije velike podskupine (klase) – dikotiledone (*Magnoliopsida*, *Dicotyledoneae*) i monokotiledone biljke (*Liliopsida*, *Monocotyledoneae*).

2. Razred: Magnoliopsida - dikotiledone biljke

Imaju dva embrionska listića – kotiledona. Nervatura lista je mrežasta, za razliku od monokotiledonih biljaka kod kojih je paralelna. Prisutno je pravo sekundarno debljanje kojeg nema kod monokotiledonih biljaka.

3. Red: *Fagales*

Fagales je red biljaka cvjetnica koji uključuje neke od najpoznatijih vrsta drveća. Ime reda je izvedeno od roda *Fagus*, bukve.

4. Porodica: *Fagaceae*

Porodica *Fagaceae*, bukve, obuhvaća oko 900 vrsta zimzelenog i listopadnog drveća i grmlja koje se karakteriziraju jednostavnim, često urezanim listovima, jednospolnim cvjetovima u obliku resa i plodovima u kupulama.

Drvo mnogih vrsta rodova hrastova, kestena i bukava (*Quercus*, *Castanea* i *Fagus*) se koristi za podove, namještaj, ormare i bačve za vino. Brojne vrste ovih rodova su izrazito ukrasne.

5. Rod: *Quercus*

Najpoznatiji rod iz familije *Fagaceae* su hrastovi – *Quercus* čiji plodovi obično sadrže jednu sjemenku i zovu se žirovi. Ljuska žira kod većine hrastova je kupula u kojoj sjedi plod.

6. Vrsta: *Quercus robur* L.

Q. robur (latinski *Quercus*, "hrast" + *robur* "čvrsto, tvrdo drvo") je predstavnik sekcije bijelih hrastova. Populacije u Italiji, jugoistočnoj Europi, Maloj Aziji i Kavkazu se ponekad tretiraju kao odvojene vrste, *Q. brutia* Tenore, *Q. pedunculiflora* K. Kochi *Q. has* Kotschy.

Bliski srodnik je hrast kitnjak (*Q. petraea*) koji ima skoro isti areal, a od kojeg se razlikuje svojim listovima s vrlo kratkom peteljkom, dugom 3-8 mm i oblikom žira. U prirodi često hibridiziraju, a hibrid je poznat kao *Quercus × rosacea*.



Slika 5. Hrast lužnjak

OSNOVNE KARAKTERISTIKE RODA *QUERCUS* L.

Sistematika skrivenosjemenica (angiospermi) pokazala se kao manje postojana i sklona većim promjenama, za razliku od golosjemenica (gimnospermi). Linnaeus (1753) je svrstao hrast lužnjak u rod *Quercus*, da bi ga Miller (1754) također svrstao u istu skupinu.

S obzirom na broj vrsta, ovaj rod spada u najbogatije rodove drvenastih vrsta umjerenog pojasa sjeverne hemisfere, iako ne postoji usaglašen stav naučnika o ovome pitanju. Tako Hegi (1908), Ascherson i Gräbner (1911), Anić (1946) i Neger i Münch (1950) navode oko 200, Jovanović i Vukićević (1983) oko 300, Schwarz (1936), Camus (1934-1954) i Krahl-Urban (1959) oko 320, Krüssmann (1978) oko 450, Melchior (1964) više od 600 vrsta drveća, rjeđe grmlja, koje rastu u Europi, Sjevernoj i Južnoj Americi i Aziji. Nixon (1993) navodi oko 500 vrsta hrastova na sjevernoj hemisferi (Sjeverna Amerika, Europa i Azija).

Ovako velike razlike rezultat su različitog shvaćanja taksona. Tako su kod nekih autora taksoni niži od vrste (podvrste, varijeteti i forme) dignuti na nivo vrste, dok neki autori mijenjaju status podrodova i sekcija pa tako nastaje više "rodova" unutar roda *Quercus* (usp. Simonkai 1890; Kotschy, Borbas, Beck, Schneider, prema Aschersonu i Gräbneru 1911; Javorka 1924; Schwarz 1936, 1936a, 1964; Benson 1962; Menickij 1966; Mátyás 1970, 1970a; Erdeši i sur. 1977; Erdeši i Gajić 1977; Erdeši 1985; Trinajstić 1988; Franjić 1993, 1993a, 1994, 1994a).

Rod se odlikuje velikom varijabilnošću i polimorfnošću što se može zaključiti iz istraživanja brojnih autora (Schwarz 1936, 1936a; Cousens 1963; Tucović i Jovanović 1970; Trinajstić 1974; Vidaković i Krstinić 1974; Borchert 1975; Jovanović i Tucović 1975; Olsson 1975, 1975a; Brookes i Wingston 1979; Rushton 1979; Parabućski i sur. 1980; Glotov i sur. 1981; Bačić 1981, 1983; Martinis i sur. 1987; Trinajstić 1988; Vidaković i Trinajstić 1988). Ovakva varijabilnost i polimorfnost uvjetovana je i činjenicom da se praktično svi hrastovi međusobno križaju, ukoliko rastu jedni uz druge, i ukoliko postoji odgovarajuće stanište za preživljavanje križanaca (Grant 1981). Tako prema Mátyásu (1971) u karpatskom bazenu osim hibrida *Q. robur* × *Q. petraea* glavni međuvrsni hibridi lužnjaka jesu: *Q. × csatoi* Borb. (= *Q. polycarpa* × *Q. robur*), *Q. × pseudo-dalechampii* Cretz. (= *Q. dalechampii* × *Q. robur*), *Q. × pendulina* (Kit.) em Maty (= *Q. robur* × *Q. virgiliana*), *Q. × sublanuginosa* Borb. (= *Q.*

pubescens × *Q. robur*), *Q. × haynaldianai* Simk. (= *Q. frainetto* × *Q. robur*). Prema Janjiću (1998) u okolini Sarajeva konstatirana su dva hibridna kompleksa koje formira hrast lužnjak, i to: *Q. × rosacea* Bechst. (= *Q. robur* × *Q. petraea*) i *Q. robur* L. × *Q. pubescens* Willd. U Sloveniji Batič (1996) i Breznikar i sur. (2000) analiziraju taksonomski status hrasta lužnjaka i kitnjaka u Sloveniji te ukazuju na prisustvo hibrida između ove dvije vrste, a također u Europi ima više istraživanja koja obrađuju hibridizaciju između ovih vrsta (Elsner 1993; Kleinschmit i sur. 1995; Steinhoff 1993; Bacilieri i sur. 1993, 1995, 1996a, 1996b; Streiff i sur. 1998; Lepais i sur. 2009; Curtu i sur. 2007a, 2009, Olrik i Kjær 2007).

Fukarek (1959) u pregledu dendroflore Bosne i Hercegovine daje infraspecijsku podjelu vrste *Quercus robur* L., gdje navodi sljedeće

varijetete: var. *robur*, var. *cuneifolia* (Vukot.) Beck., var. *australis* (Heuff.) Simk., var. *latiloba* Lasch, var. *crassiuscula* Borbas i var. *fastigiata* (Lamk) Spach. Dosta kasnije Janjić (1998) opisuje i veći broj infraspecijskih oblika hrasta. Za razliku od Fukareka i Janjića, Šilić (2005) u Bosni i Hercegovini navodi samo dvije podvrste: *Quercus robur* L. vezan za unutrašnjost Dinarida i Posavine te u južnom dijelu (Hercegovini) *Quercus pedunculiflora* K. Koch., a o čemu izvještavaju Bussoti i Grossoni (1997) za područje Mediterana, koji je jako rijedak i skoro potpuno iščezao u Bosni i Hercegovini tijekom posljednjih stotinjak godina, a poznat je i kao primorski hrast lužnjak.

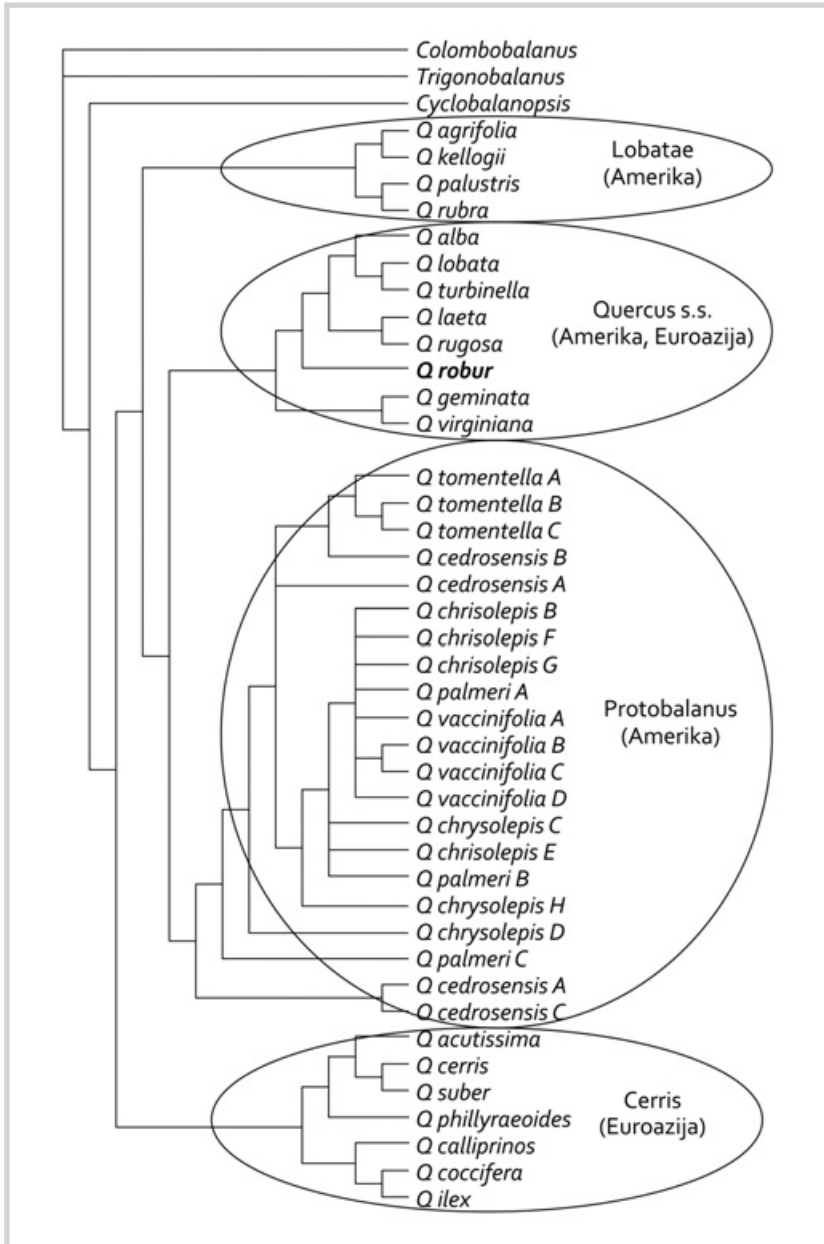


Slika 6. Šuma hrasta lužnjaka

Nova taksonomska istraživanja roda *Quercus* L. ukazuju da filogenetsko stablo konstruirano na temelju morfologije grupira rod *Quercus* L. s rodnom *Formanodendron* (Camus) Nixon i Crepet, koji su podjednako udaljeni od roda *Colombobalanus* Nixon i Crepet (Nixon i Crepet 1989). Istovremeno stablo bazirano na sekvenci kloroplastnog gena *matK* ukazuje na blisku srodnost toga gena roda *Quercus* L. s rodnom *Castanea* L., te se vežu uz rod *Chrysolepis* Hjelmquist (Manos i Steele 1997). Sekvence biljega ITS također ukazuju na blisku srodnost roda *Quercus* L. s podporodicom *Castanoideae* (Manos i sur. 2001). Inače, rod *Quercus sensu lato* povezan je sa zajedničkim ogranakom rodova *Castanea* L., *Castanopsis* Spach. i *Lithocarpus* Bl.

Manos i sur. (1999) su prikazali filogenetsko stablo na temelju kloroplastnih i jezgrinih ribosomskih RNK ITS sekvenci. Sekcija *Quercus* Nixon se grupira sa sekcijom *Protobalanus* (*Trelease*), a ta parafletska skupina se veže za sekciju *Lobatae* Loudon. Zajednički ogranak međusobno srodnih ogranaka veže se za zajedničku granu s ostalim sekcijama. Tako sekciji *Quercus* možemo najbližom smatrati sekciju američkih hrastova *Protobalanus*, dok se skupina euroazijskih hrastova (*cerris* i *ilex*) može smatrati udaljenom sekcijom. Među hrastovima svake pojedine skupine iz sekcije *Quercus* Nixon nema genetske izolacije pa se oni između sebe križaju, a poznati su brojni hibridi.

Za međusobno razlikovanje pojedinih vrsta i nižih taksona roda *Quercus* u prvome redu služe morfologija lista, ploda, pupova te struktura kore. Temeljem toga u Bosni i Hercegovini je Janjić (1998) izdvojio više varijeteta i formi hrasta lužnjaka, dlakavi hrast lužnjak (*Quercus robur* L. subsp. *brutia* (Ten.) Schwz. s.l. var. *asterotricha* Borbas et Csato.) i hrast lužnjak s dugačkim pedunkulusima (*Quercus robur* L. subsp. *robur* var. *australis* (Heuff.) Simk.). Kada su u pitanju forme, nađene su: *Quercus robur* L. subsp. *robur* var. *robur* f. *brevisecta* Borbas, *Quercus robur* L. subsp. *robur* var. *robur* f. *longiloba* Matyas, *Quercus robur* L. subsp. *robur* var. *robur* f. *pinnata* Matyas, *Quercus robur* L. subsp. *robur* var. *robur* f. *acutifolia* (Bechst) Schwz, *Quercus robur* L. subsp. *robur* var. *robur* f. *multilobata* (Schur) Schwz. Također, u prirodi se mogu naći i piramidalne forme hrasta (*Quercus robur* L. var. *pyramidalis*), što su autori ove knjige registrirali u prirodnim populacijama na području Bosanskog Novog tijekom terenskih istraživanja.



Slika 7. Konsenzusno filogenetsko stablo na temelju kloroplastnih i nrDNK ITS sekvenci za podrod *Quercus* (Manos i sur. 1999)

MORFOLOŠKE KARAKTERISTIKE HRASTA LUŽNJAKA

Na citološkoj razini morfologijom kromosoma ove vrijedne vrste se bavila Butorina (1997) te utvrdila da hrast lužnjak karakterizira konstantan broj kromosoma $2n=24$, odnosno haploidna garnitura je $x=12$ što ukazuje da su sve vrste diploidne, odnosno da su to tetraploidi jer je ishodišni haploid bio $x=6$. U prilog ovome govori pronalazak triploida hrasta lužnjaka $3n=36$, ne samo kod sjemena i sadnica u rasadniku (Johansson 1946; Burda i Schepotiev 1973), već i u prirodnim šumama. Ranije se smatralo da triploidi imaju slabu adaptivnost u prirodi, ali su nađeni u prirodnim populacijama hrasta lužnjaka kao gigantska stabla (Butorina i sur. 1983; Butorina 1997) što je opovrglo prethodnu tvrdnju o slaboj adaptabilnosti triploida kod hrasta lužnjaka. Također, u provedenim analizama izoenzimskim biljezima u Njemačkoj na listovima je utvrđeno postojanje triploida (Naujoks i sur. 1995) te u Poljskoj od strane Dzialuk i sur. (1995).

Hrast lužnjak dostiže starost do 500, ponegdje do 800, pa i do 1000 godina, što ga, zajedno s tisom (*Taxus baccata* L.), čini najdugovječnijom europskom vrstom (Jovanović 2000).

Prema Jovanoviću i Tucoviću (1975), Jovanoviću (2000), Šiliću (2005), Brusu (2004, 2008), Ballianu (2015), Eaton i sur. (2016) stablo dostiže visinu do 40 m (iznimno i do 50 m), a može dostići prsni promjer i do 3 m (zabilježena su pojedinačna stabla i do 6 m prsnog promjera).

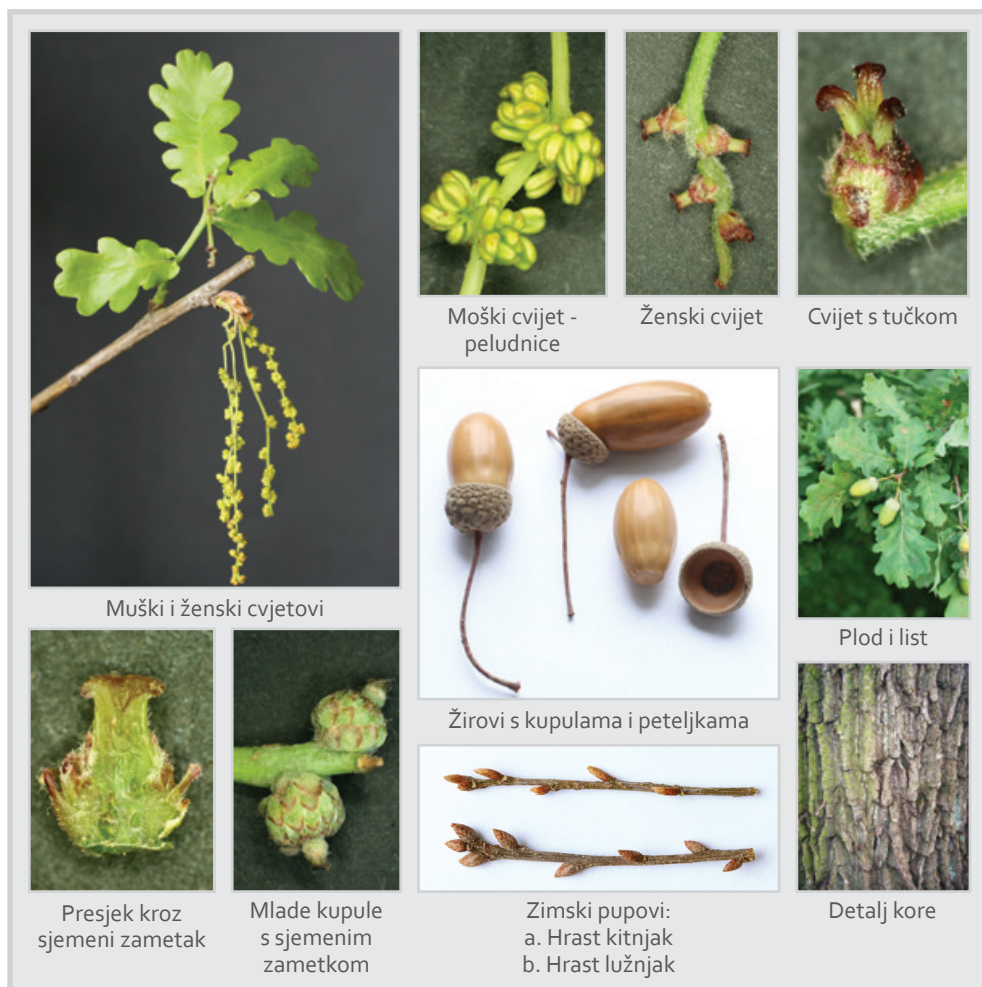
Prema Šiliću (2005), Brusu (2004, 2008) i Idžojtić (2013) korijenov sistem mu je jako razvijen, s centralnim korijenom koji se formira u mlađoj životnoj dobi i prodire u dubinu po nekoliko metara. Kasnije zaostaje u rastu, a zamjenjuje ga bočno korijenje koje se znatno rasprostire u širinu.

Krošnja je široka, granata, s jakim, nepravilnim i koljenasto savijenim granama.

Kora je u mladosti glatka s laganim sivo-zelenkastim sjajem, a kasnije, oko dvadesete ili tridesete godine počinje uzdužno pucati. U starosti je debela (i do preko 10 cm), sivosmeđe boje i uzdužno ispucala dubljim (do 3-4 cm), a poprečno plitkim brazdama.

Pupovi su jajasto okrugli, polutupi, većinom petougaoni, pokriveni brojnim, golim, spiralno raspoređenim ljuskama svijetlosmeđe boje. Vršni pup je okružen s više manjih postranih pupova. Listovi su obično

jajaste forme ili obrnuto jajasto duguljasti, na vrhu tupi, zaobljeni ili ugaoni, na dosta debelim, golim, poluokruglim, 2-10 mm dugim peteljka. Plojka je duga 8-15 (-20) cm i 3-10 cm široka, na osnovi nesimetrična, okruglasta ili ušasta. Mlado lišće je slabo dlakavo, ali ubrzo ogoli s obje strane. Listovi su rijetko dlakaviji na naličju i imaju 4-5 (-8) pari nejednakih, asimetričnih, tupih i okruglastih režnjeva sa širokim urezima. Bočni lisni nervi se protežu i u ureze listova.



Slika 8. Detalji morfoloških svojstava hrasta lužnjaka

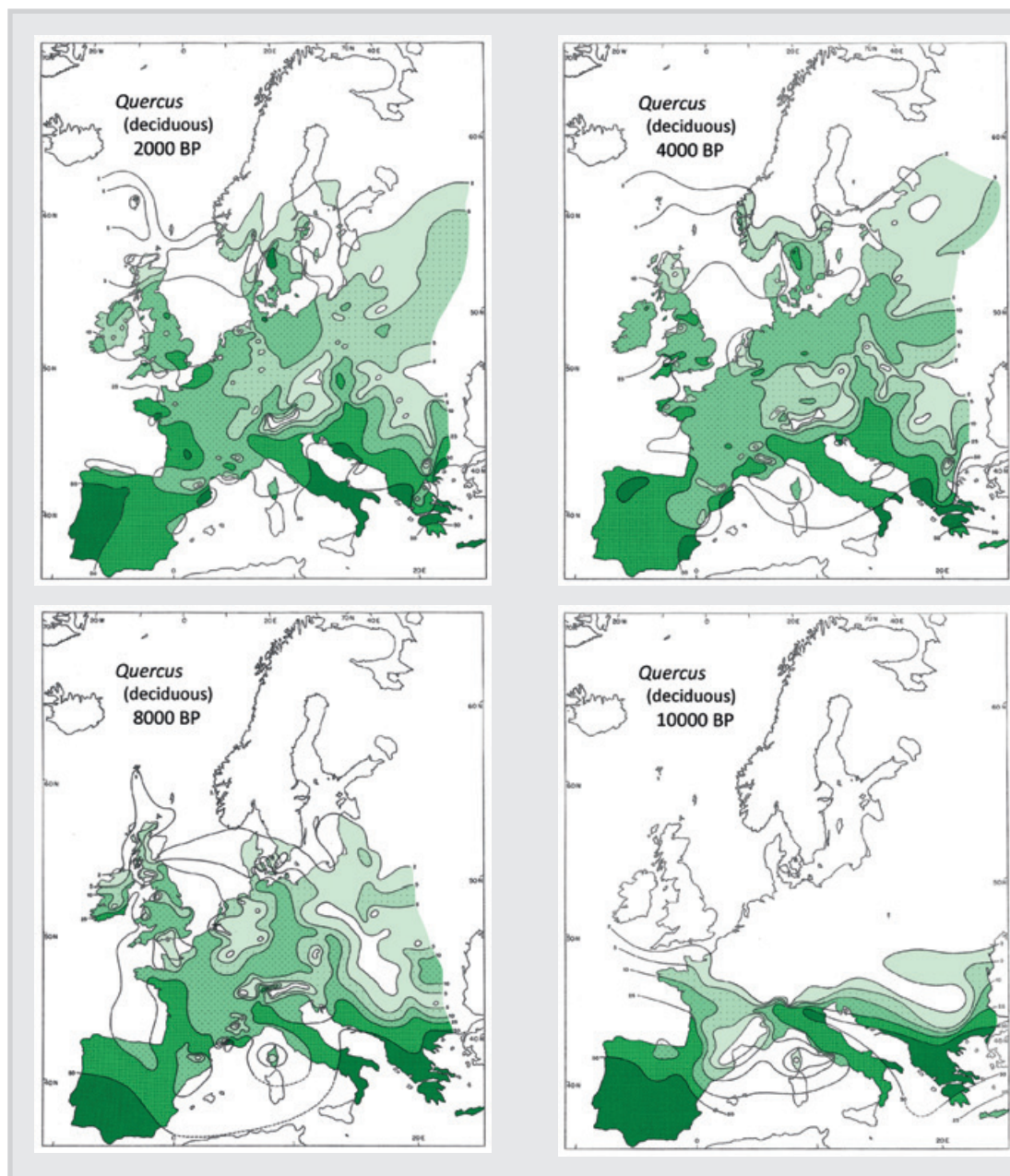
Cvjetovi su jednospolni, muški u 2-5 cm dugim resama koje vise, a ženski se javljaju pojedinačno ili u skupinicama do pet na tankoj dršci. Cvjetanje i listanje od kraja ožujka do početka lipnja.

Plod je žir, po veličini i obliku varijabilan, obično izduženo jajast, dugačak oko 1,5-5 cm, širok 0,7-2,7 cm, s površinskim uzdužnim prugama, svijetlosmeđ ili žućkast. Kupula je poluloptasta, s tankim zidovima, 7-12 (-20) mm visoka, 7-14 (-23) mm široka, pokrivena sitnim, 1-2 mm širokim ljuskama koje su razmaknute, ali ih ima manje nego kod kitnjaka, široke su i nešto dlakave, a mogu biti i pljosnate ili malo ispupčene. Žir viri iz kupule $\frac{1}{2}$ do $\frac{2}{3}$ dužine žira. Visi na 3-8, pa i do 16 cm dugoj peteljci (zabilježena je dužina do 25 cm), na kojoj su obično 1-3, ponekad i do pet plodova. Sazrijeva krajem rujna i početkom listopada. U jednom kilogramu žira obično ima 250-300 žirova. Kljavost je od 60% do 70% i traje šest mjeseci.

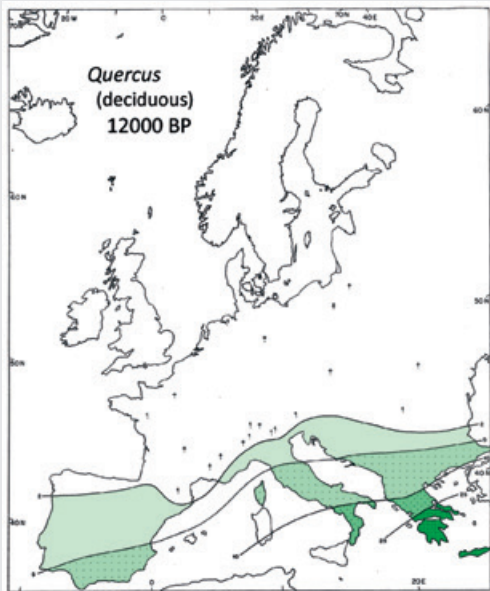
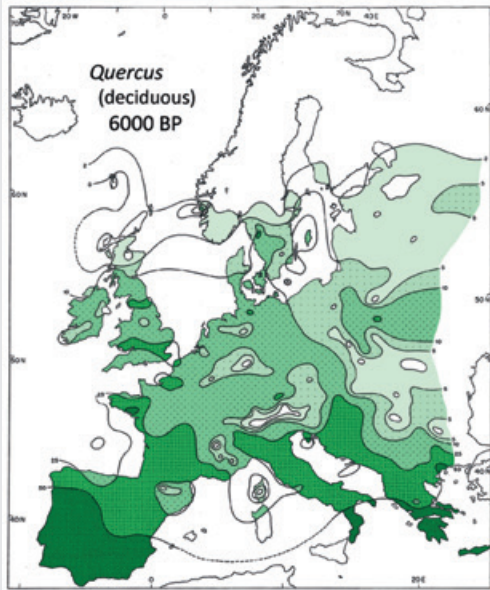
DINAMIKA POPULACIJA HRASTA LUŽNJAKA

Hrast lužnjak je u posljednjih 13 000 godina bio izložen stalnom dinamičnom kretanju, tj. seobi iz svojih glacijalnih pribježišta na jugu Europe, prema središnjoj, zapadnoj, istočnoj i sjevernoj Europi, a ta kretanja i danas traju (Brewer i sur. 2002). Kretanje uz pomoć žira analizirali su Ducouso i sur. (1993) te su ustanovili da se žir može prosječno pomaći godišnje oko 300 m od stabla. Te su seobe uzrokovane velikim klimatskim promjenama koje su jedan od najvažnijih čimbenika kretanja šumskog drveća od juga k sjeveru kada je u pitanju Europa. Nakon zadnje velike glacijacije, koja je trajala oko 100 000 godina, a svoj maksimum je dosegla prije 15 000 godina, sve populacije šumskog drveća koje su preživjele u pribježištima na jugu su krenule u širenje svog rasprostiranja k sjeveru Europe (Mägdefrau i Ehrendorfer 1997; Sitte i sur. 1998; Petit i sur. 2002a, 2002b; Birks i Tinner 2016). Kako su se u zadnjih sto godina desile značajne i skokovite klimatske promjene u Europi, to su one značajno ubrzale dinamiku kretanja šumskog drveća k sjeveru, ali i u pravcu istoka. S obzirom da čovjeka interesira to kretanje, a prije svega da bi mogao predvidjeti što će se dogoditi sa šumskim drvećem u narednom periodu, razvijene su brojne metode za rješavanje ovog problema. Tako je za hrastove najbolji prikaz dinamike seobe dobijen pomoću analize peludi, sva istraživanja su sintetizirana u jedno te su zasad uspješno ukazani smjerovi kretanja u Europi (Huntley i Birks 1983 i Birks i Tinner 2016), (slika 9). Te su tvrdnje na molekularnoj razini uporabom biokemijskih biljega istraživali Petit i sur. (2002a, 2002b), (slika 10), za šire područje Europe, Slade i sur. (2008) za naše područje (slika 11), Bordács i sur. (2002) za Mađarsku, Cottrell i sur. (2002) za Veliku Britaniju, Csai i sur. (2002) za Poljsku i područje Baltika, Fineschi i sur. (2002) za Apeninski poluotok, König i sur. (2002) za središnju Europu.

Najstariji pelud roda *Quercus* koji se analizirao potječe s područja južne Italije (Kalabrija) i južne Grčke (Ioannina), a starost mu je procijenjena na 37 000 godina. Prema analizi peluda u kasnom ledenom dobu (prije 13 000 - 11 000 godina) pelud je registriran samo na jugu Italije i Grčke (Brewer i sur. 2002) i tada započinje kretanje k sjeveru, a u holocenu registrirano je širenje s juga Španjolske na Pirineje. Između 10 000 i 9 000 godina (praboreal) pelud je već u dobroj mjeri

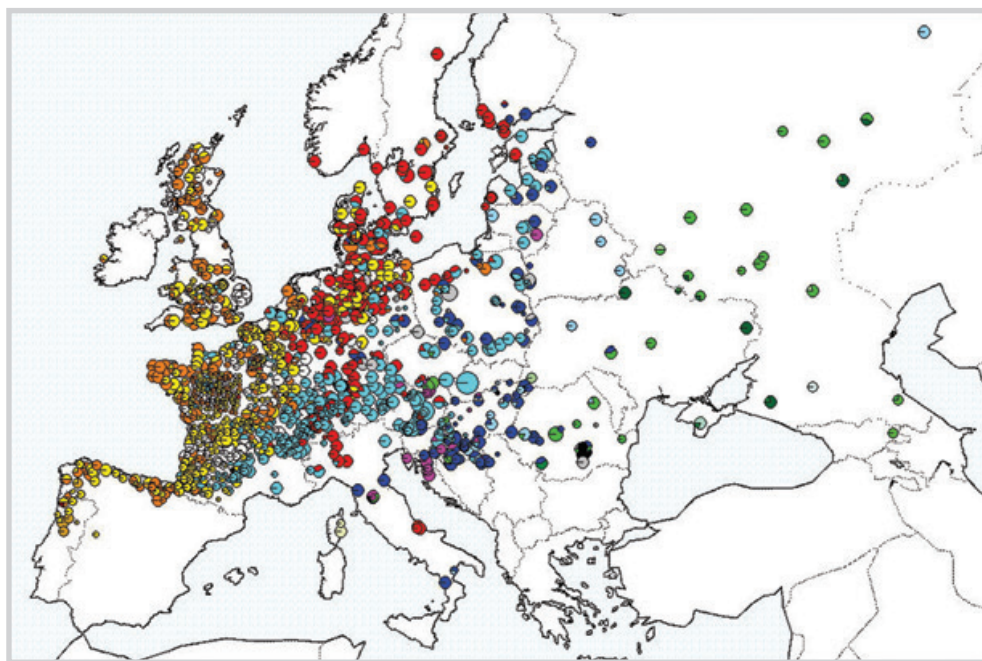


Slika 9. Postglacijalna migracija hrastova ne temelju peludi (Birks i Tinner 2016)



registriran na području Južnih Alpa i na Pirinejima. Već prije 8 000 godina (boreal) uočljivo je širenje hrastova u Italiji. Za sljedećih 500 godina dolazi i do velike seobe hrastova iz grčkog pribježišta prema sjeveru, a prije 7 500 godina dolazi i do prvih kontakata hrastova iz više glacialnih pribježišta. U sljedećih 500 godina hrastovi naseljavaju Alpe. U kasnom holocenu, prije 6 000 godina (atlantikum), uz širenje u središnjoj Europi (Austriji), počelo je i širenje na Karpate i dalje na istok. Prije 5 500 godina uslijedila je druga faza širenja u središnjim masivima Europe, istočne Austrije i Karpata. U sljedećoj fazi širenja prije 5 000 godina hrast lužnjak širi se na sjever, što se zbiva i u sljedećoj fazi prije 4 000 godina (subboreal) kada konsolidira svoje rasprostiranje. Naredna faza, prije 3 000 godina (subatlantikum) pokazuje rascjepkanost u rasprostiranju, a prije 2 000 godina i dalje se širi na sjeveru i istoku i dolazi do izolacija populacija u južnom dijelu rasprostiranja. Prema analizi peluda, prije 1 000 godina hrastovi su prevladavali u jugoistočnoj Europi, a njihovo rasprostiranje postaje diskontinuirano (Birks i Tinner 2016), (slika 9).

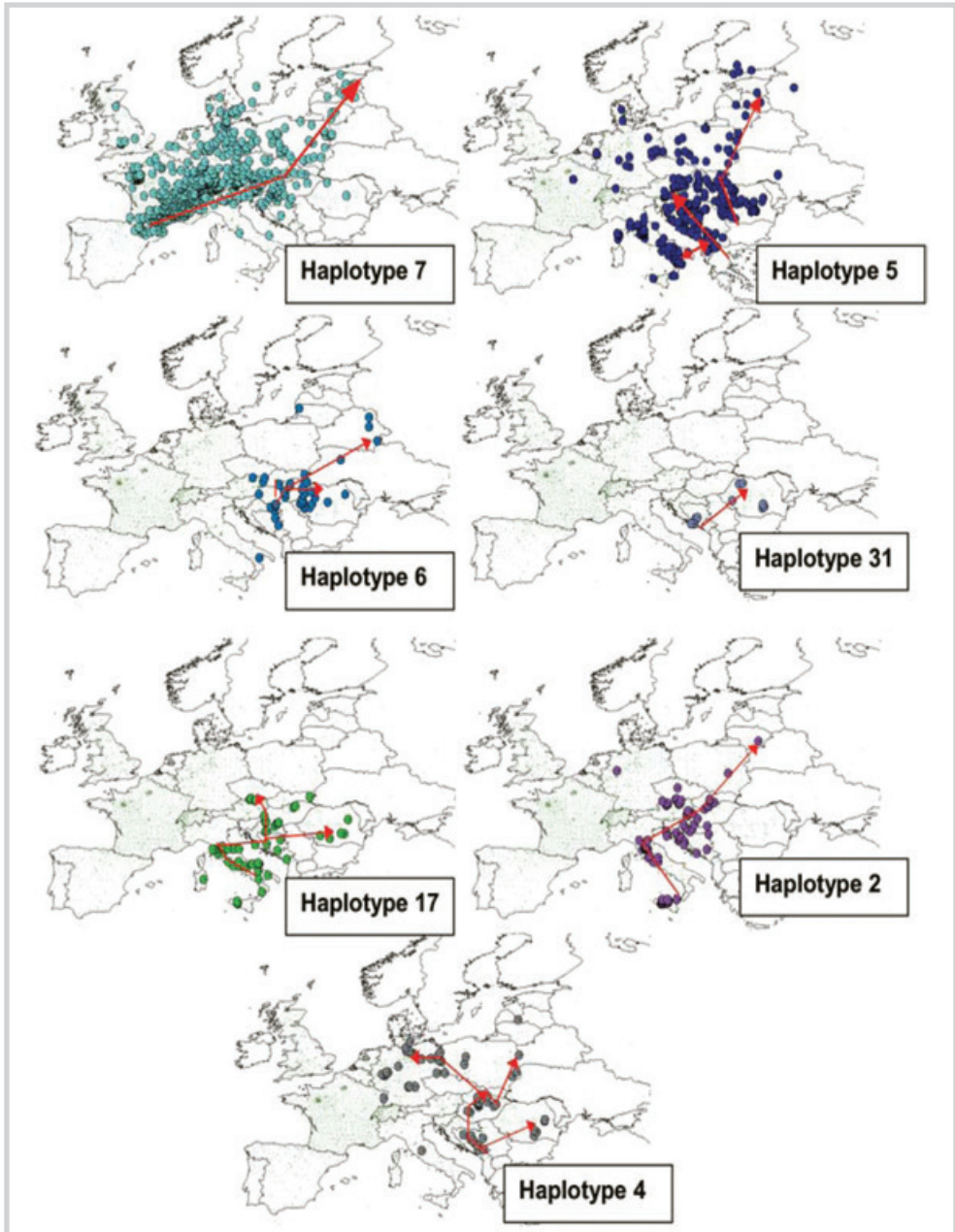
Unatoč vrlo kvalitetnim istraživanjima, ovi su rezultati manjkavi upravo za područje Bosne i Hercegovine jer na ovim područjima ima vrlo malo istraživanja na fosilnom peludu koja bi dala jasniju sliku o kretanju hrastova poslije ledenog doba. Inače, većina je podataka za naše područje aproksimativna, na osnovi malog broja uzoraka s vrlo širokog područja.



Slika 10. Rasprostranje haplotipova hrasta lužnjaka u Europi (Petit i sur. 2002b)

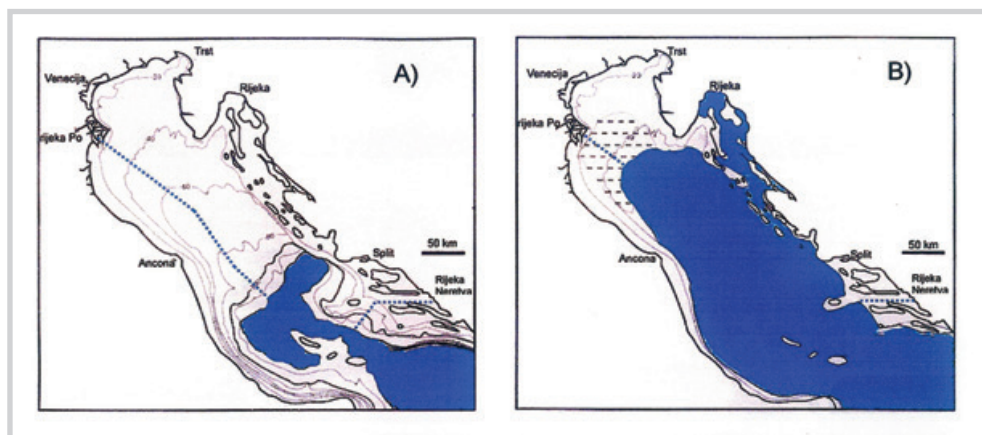
Novo analize peludi u tresetu Prokoškog jezera u središnjoj Bosni (Dörfler 2013) ukazuju na prvo prisustvo peludi hrastova u slojevima koji su stari 10 000 godina. U sloju starosti oko 9 000 godina količina peludi je umanjena na račun četinjača te to traje i u sloju starosti 5 000 godina, kao i u mladim slojevima. Ovim saznanjima se nešto revidiraju nalazi Huntley i Birks (1983) za rane faze migracija jele jer su u njihovoj studiji nedostajali ovi rezultati, a o čemu piše i Brewer i sur. 2002.

S obzirom na rezultate molekularnih istraživanja, Bosna i Hercegovina je bila na razmeđu migracijskih putova hrastova iz južnog Balkana i Južnih Apenina, o čemu pišu Slade i sur. (2008) (slika 9), a



Slika 11. Pravci migracija hrastova u južnoj Europi prema Slade i sur. (2008)

u južnoj Hercegovini i Dalmaciji se nalazilo i sekundarno glacijalno pribježište, o čemu izvještavaju Slade i sur. 2008 (slika 11), dok su ga Petit i sur. (2002b) locirali nešto sjevernije u području između Splita i Zadra. Da bi se to moglo razumjeti, potrebno je znati da u periodu od prije 18 000 i 10 000 godina obala Jadranskog mora nije izgledala kao danas (Corregiari i sur. 1996) te je to omogućilo nesmetano kretanje biljaka preko jadranske zaravni (slika 12) i komunikaciju s istom vrstom koja je podrijetlom iz južnobalkanskog glacijalnog pribježišta.



Slika 12. Jadransko more prije 18 000 godina i 10 000 godina prema Corregiari i sur. (1996)

EKOLOGIJA HRASTA LUŽNJAKA

Prema Trinajstiću (1996), Pintariću (2002), Matiću (2009), Bobincu (2011) i Eaton i sur. (2016) i lužnjak je klimatski i edafski veoma plastična vrsta i zato je razvio veliki broj varijeteta. Bolje podnosi kontinentalnu i submediteransku klimu nego kitnjak. U našoj se zemlji održava uglavnom na aluvijalnim i deluvijalnim, razvijenim i nerazvijenim mineralno-močvarnim tlima, koja su od jeseni do proljeća prosječno vlažna do mokra, ljeti često suha, teška i zbijena, najviše na raznim varijantama i prijelazima podzola, pseudogleja, mineralno-močvarnim tlima i sl. Pored pobrojanih ekoloških uvjeta kod nas hrast lužnjak gradi i specifične zajednice na platoima unutrašnjih Dinarida. To potvrđuje navode Jovanovića i sur. (1983) da o ovoj vrsti, i pored brojnih istraživanja, ne znamo dovoljno. Inače, sva dosadašnja istraživanja su provođena u ravničarskim šumama Posavine gdje je lužnjak monodominantna vrsta ili u zajednici s grabom i jasenom, dok za naše uvjete u Bosni i Hercegovini nemamo konkretnih podataka.

Zahtjevi za svjetlošću

Prema Trinajstiću (1996) i Pintariću (2002) lužnjak je heliofit te stoga treba stalno slobodnu krošnju, osobito u visokoj starosti. Jaču zasjenu sa strane podnosi samo na vrlo svježim i bogatim tlima. Do dvadesete godine na dobrim tlima podnosi umjerenu zasjenu krošnja starih hrastovih i jasenovih stabala. Kad se obavljaju oplodne sječe, podmladak ne smije biti dugo vremena zasjenjen. Također, prema istraživanjima Seletkovića (1984) i Prpića (1989) lužnjak za svoj razvoj traži veliku količinu svjetlosti, a koja se sa starošću stabla povećava. Kada je podmladak u pitanju Čater (2002) ukazuje na bolje preživljavanje u uvjetima veće količine svjetla, dok Zigenhagen i Kausch (1993, 1995) ukazuju na manju potrebu za svjetlošću. Ovdje se ponovno trebamo osvrnuti na prisutne rase kod lužnjaka koje, vjerojatno, različito reagiraju.

Zahtjevi za temperaturom

Lužnjak dobro podnosi visoke i niske temperature, ali je vrlo osjetljiv na kasne mrazeve, a također i na dugotrajne ljetne suše (Pintarić 2002; Bobinac 2011). Ipak, zbog kasnijeg tjeranja izbojaka,

manje je izvrgnut kasnim mrazovima nego hrast kitnjak i bukva. U fazi klijanja žira može podnijeti temperature od -5 do -7 °C, uz to da mu je



Slika 13. Hrast lužnjak u Livanjskom polju

temperatura od -7°C već je kritična (Vyskot 1959). Nezaštićeni podmladak mogu oštetiti jaki kasni mrazevi, a nedovoljno odrvenjene izbojke

rani mrazevi, već kod zračne temperature od -13°C . Veća ili manja opasnost od kasnih mrazeva izravno zavisi i od klimatskih rasa hrasta lužnjaka. Raspukline od mraza su česte ako raste na jako vlažnim terenima. Podnosi velike vrućine. Otporan je na oluje. Snijeg i led uzrokuju većinom samo prelamanje grana.

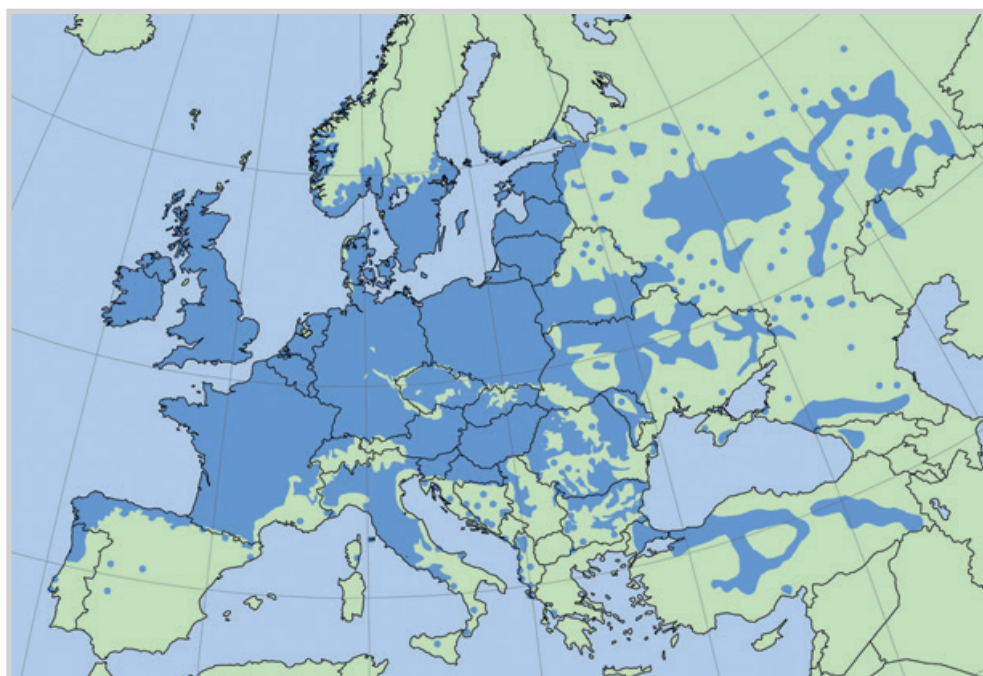
Zahtjevi za vlagom

Zahtijeva pretežno vlažna zemljišta s visokim nivoom podzemnih voda (Trinajstić 1996; Dubravac i Krejči 2006; Eaton i sur. 2016). Tako je, prema Prpiću (1989), dovoljna vlažnost izravan ekološki faktor za uspijevanje lužnjaka jer intenzivno transpirira tijekom vegetacijskog perioda. Ipak voda može biti i ograničavajući čimbenik, bilo da je ispod minimuma, ili u slučaju da je iznad maksimuma kada, uz slabu snabdjevenost kisikom, izaziva fiziološko slabljenje, a vrlo često i ugibanje prvo korijena, a potom cijeloga stabla (Prpić 1974, 1996). Također i velika koncentracija CO_2 u vodi i tlu utječe na njegovu vitalnost (Prpić 1984). Poremećaji u vodnom režimu hrasta lužnjaka izazvani ljudskim aktivnostima, izgradnjom odvodnih kanala i nasipa, dovode do promjene u ekosustavu hrasta lužnjaka i sušenja stabala (Čater 2003, 2014; Dekanić i sur. 2009; Dubravac i Dekanić 2009; Levanić 1993; Matić 1989a, 2009, Prpić 2008, Prax 2008), što uz klimatske promjene uvjetuje i pojavu brojnih patogena na hrastu lužnjaku (Führer 1992; Jung i sur. 2000).



PRIRODNO RASPROSTRANJENJE HRASTA LUŽNJAKA U EUROPI I BOSNI I HERCEGOVINI

Hrast lužnjak je jedna od najvažnijih vrsta šumskog drveća u Europi, s rasprostiranjem od Španjolske do Urala (Camus 1954; Trinajstić 1996; Eaton i sur. 2016), u veoma raznolikim ekološkim uvjetima (Becker i Levy 1990; Eaton i sur. 2016). Zahtijeva duboka, glinovita ili pjeskovita, plodna, pretežno vlažna zemljišta, s visokim nivoom podzemnih voda. Teže uspijeva na plitkim i suhim zemljištima. Zato su lužnjakova staništa pretežno na iluvijalno-deluvijalnim tlima nizinskih ili blago brežuljkastih terena. Tu je zastupljen u čistim lužnjakovim šumama ili u mješovitim sastojinama s grabom, poljskim jasenom i dr. Opća rasprostranjenost mu je gotovo cijela Europa, Kavkaz i Mala Azija. Kako navode Ducouso i Bordacs (2004), lužnjak je široko rasprostranjen u Europi od sjeverne Španjolske do južne Skandinavije i od Irske do istočne Europe. Može se naći od Atlantskog oceana do



Karta 1. Rasprostranjenje hrasta lužnjaka (Ducouso i Bordacs 2004)

Urala, Kavkaza i Kaspijskog jezera na istoku. Na sjever ide do Škotske i Švedske, a na jug do sjeverne Afrike. Sjeverna granica mu je na 63°. Rasprostranjen je u zapadnoj i istočnoj Europi, odnosno atlantskoj i kontinentalnoj te submediteranskoj klimi.

Što se tiče visinskog rasprostranjenja, prema Pintariću (2002) lužnjak ne ide visoko kao kitnjak, ali u južnom dijelu areala ide do 1200 m nadmorske visine u Pirinejima i, također, ponegdje u središnjim Alpama, dok se prema Ducouso i Bordacs (2004) javlja u ravnicama od nivoa mora na mnogim tipovima zemljišta pa do 1800 m.

Kao što se vidi na karti 1, samo nekoliko lokaliteta u Bosni i Hercegovini je predstavljeno kao stanište hrasta lužnjaka, dok su u istraživanju Memišević i sur. (2010) populacije hrasta lužnjaka pronađene na velikom broju lokaliteta, duž svih vodotoka, na planinskim visoravnima, kraškim poljima.

U Bosni i Hercegovini lužnjak je najviše zastupljen u Posavini gdje gradi kompaktno područje rasprostiranja od donjeg toka Drine do donjeg toka Une.

Duž većih bosanskih rijeka se uvlači duboko u unutrašnjost, ali se tu često radi o ostacima nekadašnjih sastojina. Duž rijeke Bosne nalazimo ga sve do njenog izvora gdje se u Sarajevskom polju sada mogu naći samo pojedinačna stabla i to od gradskoga središta do iza Hadžića na zapadu, što svjedoči o njegovoj velikoj rasprostranjenosti u prošlosti.

Danas se veći lugovi hrasta lužnjaka nalaze kod Žepča, a vrlo vrijedne sastojine nalaze se također kod Maglaja i Novog Šehera, dok su u prošlosti gradile zajednički veliki kompleks.

Duž manjih pritoka rijeke Bosne, posebno Fojničke rijeke i Lepenice, Lašve u Nević Polju i kod Viteza, također se nalaze ostaci nekadašnjih sastojina.

Vrlo vrijedne sastojine lužnjak gradi uz rijeku Spreču, od Gračanice do Kalesije, koje su u posljednje vrijeme izložene nelegalnim sječama i prijeto im nestanak.

Duž rijeke Usore od Doboja do Teslića, te prema Blatnici i Pribiniću, nalazimo manje skupine i pojedinačna stabla.

Na području Jelaha posebno je interesantna skupina od pet velikih starih stabala, u vlasništvu gospodina Đonlagića, koja predstavljaju ostatak nekad vrlo vrijednih lužnjakovih šuma tog kraja te više manjih sastojina vrlo lijepe strukture.

Duž rijeke Vrbas rasprostiranje možemo podijeliti na područje gornjeg i donjeg toka. U području gornjeg toka vrlo je interesantna skupina stabala na lokalitetu Kopčića koja svjedoči o velikoj rasprostranjenosti hrasta lužnjaka u Uskopaljskoj dolini, od Gornjeg Vakufa do Donjeg Vakufa. Ova skupina pokazuje vrlo depresivan rast, a stalno je pod antropogenim djelovanjem te je na jednom širem prostoru preostalo oko stotinu stabala. U donjem toku Vrbasa oko Banje Luke nalazimo manje skupine stabala, a one se vežu za kompaktni areal u Posavini. Također, u donjem dijelu Vrbanje, koja se u Banja Luci ulijeva u Vrbas, nalazimo pojedinačna stabla i manje skupine te uz rijeku Vrbanju, preko Kotor Varoši sve do Maslovara, gdje nalazimo manje i veće skupine stabala.

Dolinom rijeke Sane javlja se jedna vrlo interesantna skupina koju možemo podijeliti na onu u ključko-ribničkom području i onu nizvodno od Vrhpolja. Ovo je veza između rasprostiranja hrasta lužnjaka u bihaćkoj dolini i dolinama manjih vodotoka Cazinske krajine i donjeg toka rijeke Une s vezom na areal u Posavini. U tom području također nalazimo pojedinačna stabla i skupine stabala. Inače, ova skupina populacija hrasta lužnjaka u dolini Sane je preko Ivanjske vezana za vrbasku skupinu kod Banjaluke.

Posebna izolirana nalazišta hrasta lužnjaka su u Livanjskom i Posuškom polju na nadmorskoj visini od 700 m, gdje ga nalazimo u posebnim ekološkim uvjetima.

Također ga nalazimo na visoravni između Mrkonjić Grada i Ključa, na lokalitetu Čađavica, na nadmorskoj visini od 800 m, pojedinačno uz potok, te u Petrovačkom polju, pojedinačno ili u manjim skupinama, pretežno u vrtačama.

Na Glasinačkoj visoravni, na planini Romaniji kod Sokoca, na oko 900 metara nadmorske visine gradi visinsku varijantu lužnjakove šume (*Quercetum roboris montanum*, Jovančević, 1966, 1968), kao i u nedalekoj Knežini.

Na manjem području Olovskih Luka preostalo je dvadesetak starih stabala hrasta lužnjaka i može se pretpostaviti da je ovo nalazište povijesno povezano s onim u Knežini i na Sokocu.



Slika 14. Hrast lužnjak na Sokocu

Veoma je interesantno i nalazište hrasta lužnjaka na području Miljevine gdje su stabla niska i depresivna. Ovo nalazište je, vjerojatno, povezano s rasprostranjenjem lužnjaka uz rijeku Drinu gdje je kroz povijest nestao, a o čijem postojanju svjedoče pojedina stabla koja se još mogu naći između Foče i Goražda te uz rijeku Lim.

Niz rijeku Drinu nalazimo ga još u Tegarama kod Bratunca, u Zvorniku, Janji i Bijeljini, pa uz rijeku Savu u okolini Brčkog.

U visinskom pogledu u Bosni i Hercegovini hrast lužnjak pokazuje veliku ekološku amplitudu. Tako ga nalazimo od 150 m nadmorske visine u Posavini duž rijeke Save do 900 m na Glasinačkoj visoravni.

EKOLOŠKO-VEGETACIJSKA PRIPADNOST HRASTA LUŽNJAKA

U Bosni i Hercegovini izvršena je ekološko-vegetacijska rajonizacija šuma (Stefanović i sur. 1983). Ekološko-vegetacijska pripadnost populacija u kojima je vršeno sakupljanje materijala za istraživanja, provedena u Bosni i Hercegovini (Ballian i sur. 2010; Memišević 2010; Memišević Hodžić 2015), bit će prikazana u nastavku (karta 2, tablica 1).

| Tablica 1. Hrast lužnjak po ekološko - vegetacijskoj rajonizaciji | | |
|---|--------|--|
| R.b. | Oznaka | Oblast, područje, rajon |
| 1. | 1.1. | Pripanonska oblast, Sjeverobosansko područje |
| 2. | 1.2. | Pripanonska oblast, Sjeverozapadno bosansko područje |
| 3. | 2.1.1. | Prijelazno ilirsko-mezijska oblast, Donjedrinsko područje, Semberijsko-posavski rajon |
| 4. | 2.2.3. | Prijelazno ilirsko-mezijska oblast, Gornjedrinsko područje, Goraždansko-fočanski rajon |
| 5. | 3.1. | Oblast unutrašnjih Dinarida, područje Cazinske krajine |
| 6. | 3.2.1. | Oblast unutrašnjih Dinarida, Zapadnobosansko krečnjačko-dolomitno područje, Ključko-petrovački rajon |
| 7. | 3.3.2. | Oblast unutrašnjih Dinarida, Srednjobosansko područje, Vranički rajon |
| 8. | 3.3.3. | Oblast unutrašnjih Dinarida, Srednjobosansko područje, Sarajevsko-zenički rajon |
| 9. | 3.4. | Oblast unutrašnjih Dinarida, Zavidovičko-tesličko područje |
| 10. | 3.5.2. | Oblast unutrašnjih Dinarida, Područje istočnobosanske visoravni, Romanijski rajon |
| 11. | 4.1. | Meditersko-dinarska oblast, Submediteransko-planinsko područje |
| 12. | 4.3.1. | Meditersko-dinarska oblast, Submediteransko područje, Submediteranski rajon bez zimzelenih elemenata |

Karta ekološko-vegetacijske pripadnosti hrasta lužnjaka

- 1.1. Pripanonska oblast: Sjeverobosansko područje
- 1.2. Pripanonska oblast: Sjeverozapadno bosansko područje
- 2.1.1. Prijelazno ilirsko-mezijska oblast: Donjedrinsko područje, Semberijsko-posavski rajon
- 2.1.2. Prijelazno ilirsko-mezijska oblast: Gornjedrinsko područje, Goraždansko-fočanski rajon
- 2.1.3. Prijelazno ilirsko-mezijska oblast: Gornjedrinsko područje, Goraždansko-fočanski rajon
- 2.2.1. Prijelazno ilirsko-mezijska oblast: Gornjedrinsko područje, Goraždansko-fočanski rajon
- 2.2.2. Prijelazno ilirsko-mezijska oblast: Gornjedrinsko područje, Goraždansko-fočanski rajon
- 2.2.3. Prijelazno ilirsko-mezijska oblast: Gornjedrinsko područje, Goraždansko-fočanski rajon
- 2.2.4. Prijelazno ilirsko-mezijska oblast: Gornjedrinsko područje, Goraždansko-fočanski rajon
- 3.1. Oblast unutrašnjih Dinarida: Cazinska krajina
- 3.2.1. Oblast unutrašnjih Dinarida: Zapadnobosansko krečnjačko-dolomitno područje, Ključko-petrovački rajon
- 3.2.2. Oblast unutrašnjih Dinarida: Zapadnobosansko krečnjačko-dolomitno područje, Ključko-petrovački rajon
- 3.2.3. Oblast unutrašnjih Dinarida: Zapadnobosansko krečnjačko-dolomitno područje, Ključko-petrovački rajon
- 3.2.4. Oblast unutrašnjih Dinarida: Zapadnobosansko krečnjačko-dolomitno područje, Ključko-petrovački rajon
- 3.3.1. Oblast unutrašnjih Dinarida: Srednjobosansko područje, Vranički rajon
- 3.3.2. Oblast unutrašnjih Dinarida: Srednjobosansko područje, Vranički rajon
- 3.3.3. Oblast unutrašnjih Dinarida: Srednjobosansko područje, Vranički rajon
- 3.4. Oblast unutrašnjih Dinarida: Zavidovičko-tesličko područje
- 3.5.1. Oblast unutrašnjih Dinarida: Područje istočnobosanske visoravni, Romanijski rajon
- 3.5.2. Oblast unutrašnjih Dinarida: Područje istočnobosanske visoravni, Romanijski rajon
- 3.6.1. Oblast unutrašnjih Dinarida: Jugobosansko područje, Zlatiborski rajon
- 3.6.2. Oblast unutrašnjih Dinarida: Jugobosansko područje, Zlatiborski rajon
- 4.1. Meditersko-dinarska oblast: Submediteransko-planinsko područje
- 4.2. Meditersko-dinarska oblast: Submediteransko-planinsko područje
- 4.3.1. Meditersko-dinarska oblast: Submediteransko-planinsko područje
- 4.3.2. Meditersko-dinarska oblast: Submediteransko-planinsko područje
- 4.4. Eumediteransko područje



Karta 2. Karta ekološko-vegetacijskih rajona SR Bosne i Hercegovine (prema Stefanović i sur., 1983.)

Pripanonska oblast

Diferencirana je na dva područja: sjeverobosansko i sjeverozapadno bosansko.

Tablica 2. Osnovni klimatski podaci za Pripanonsku oblast (Stefanović i sur. 1983)

| Područje | Met. st. | NV (m) | G.š. po Griniću | Temperatura zraka °C | | | Srednja rel. vlaga zraka % | | Srednje sume padavina mm | | N/S quocient | | Index suše | Tr. veg. per | Pot. eva. potr. | Index klima Im | | | |
|--------------------------|-------------|--------|-----------------|----------------------|-------|-----------|----------------------------|-------|--------------------------|------|--------------|------|------------|--------------|-----------------|----------------|-------|------|-------|
| | | | | Srednja | | | God. | IV-IX | S (IV-IX) | God. | IV-IX | God. | | | | | IV-IX | God. | IV-IX |
| | | | | God. | IV-IX | S (IV-IX) | | | | | | | | | | | | | |
| Sjevero bosansko | B. Gradiška | 95 | 45°09' | 10,6 | 17,2 | - | - | - | 831 | 457 | - | - | - | 185 | 593 | -2 | | | |
| | Derventa | 105 | 45°00' | 10,3 | 17,2 | - | 82 | 77 | 891 | 491 | 530 | 152 | 18,1 | 196 | 599 | 0 | | | |
| | Modriča | 107 | 44°57' | 10,9 | 17,5 | - | - | - | 1069 | 579 | - | - | - | 193 | 601 | - | | | |
| | Doboj | 146 | 44°44' | 10,5 | 16,9 | - | 80 | 76 | 995 | 534 | 505 | 161 | 19,8 | 200 | 584 | 6 | | | |
| | Prnjavor | 150 | 44°52' | 10,1 | 16,7 | 3070 | 79 | 75 | 968 | 525 | 502 | 152 | 19,6 | 198 | 576 | 7 | | | |
| | Teslić | 225 | 44°36' | 9,9 | 15,9 | - | 82 | 79 | 1078 | 598 | 661 | 211 | 23,1 | 191 | 550 | 10 | | | |
| | Tešanj | 238 | 44°37' | 9,6 | 15,9 | - | - | - | 1069 | 579 | - | - | - | 180 | 560 | 7 | | | |
| | Tuzla | 305 | 44°33' | 10,2 | 16,3 | - | 76 | 73 | 921 | 522 | 415 | 140 | 19,8 | 197 | 567 | 6 | | | |
| Sjevero zapadno bosansko | B. Dubica | 100 | 45°11' | 10,2 | 16,7 | - | 80 | 75 | 946 | 508 | 511 | 149 | 19,0 | 195 | 584 | 4 | | | |
| | B. Novi | 119 | 45°03' | 10,2 | 16,4 | - | 79 | 76 | 1016 | 525 | 524 | 163 | 19,8 | 199 | 569 | 3 | | | |
| | Prijedor | 135 | 44°59' | 10,2 | 16,6 | 3048 | 83 | 78 | 1005 | 553 | 640 | 180 | 20,8 | 200 | 571 | 11 | | | |
| | B. Luka | 153 | 44°47' | 10,5 | 16,9 | - | 78 | 74 | 1057 | 559 | 521 | 157 | 20,7 | 197 | 589 | 9 | | | |
| | S. Most | 158 | 44°46' | 10,2 | 16,6 | - | 80 | 76 | 1139 | 604 | 616 | 187 | 22,7 | 194 | 573 | 15 | | | |
| | K. Varos | 266 | 44°38' | 10,3 | 16,4 | - | 81 | 78 | 1081 | 613 | 610 | 209 | 23,2 | 196 | 558 | 24 | | | |

Sjeverobosansko područje

Prema Stefanoviću i sur. (1983), ovo područje zauzima središnji dio sjeverne Bosne, od Save do obronaka brdsko-planinskih oblasti unutrašnjih Dinarida. U visinskom dijapazonu prostire se od 80 do 980 m.

Klima ima izrazitije umjeren kontinentalni karakter, gdje 55% ukupnih padavina padne tijekom vegetacijskoga perioda. Potencijalna evaporacija je veća od padavina u vegetacijskom periodu (0,91), što zajedno s ostalim pokazateljima ukazuje na kontinentalnost i kserotermnost klimatskih prilika (tablica 2).

U pogledu geomorfologije i geološke građe izdvajaju se aluvijalne ravni rijeke Save i donjih tokova rijeka Vrbasa, Ukrine, Bosne s Usorom i Sprečom te diluvijalnim terasama, kao i uzdignutim brežuljkastim

reljefom pretežno tercijernih sedimenata koji su često pokriveni beskarbonatnim lesom.

Od zemljišta prevladavaju pseudoglejevi i distrični kambisoli na tercijernim sedimentima, a manje su zastupljene kombinacije eugleja i semigleja, samostalni zemljišni areali fluvisola, pelosola te rendzine na laporcu i kalkokambisol na krečnjaku. Ova zemljišta su nepovoljnih svojstava, posebno vodno-fizičkih (zbog teškog mehaničkog sastava i suvišnog vlaženja). Nešto povoljnija su zemljišta koja pripadaju tipu distričnog kambisola, ali ona se javljaju češće na većim nagibima i manjim površinama.

Realna šumska vegetacija: za nizinske predjele i zaravni diluvijalnih terasa karakteristične su šume lužnjaka i običnog graba (*Carpino betuli - Quercetum roboris*), odnosno šume lužnjaka (*Genisto elatae - Quercetum roboris*), dok su na najvlažnijim mjestima šume crne joha (*Alnetum glutinosae*), odnosno šume poljskog jasena (*Leucoio - Fraxinetum angustifoliae*).



Slika 15. Hrast lužnjak u Posavini

Potencijalna šumska vegetacija: najvećim dijelom područje pripada klimazonalnim šumama kitnjaka i običnog graba s kojima alterniraju šume lužnjaka i običnog graba, sporadično poplavne šume lužnjaka (*Genisto elatae - Quercetum roboris*), šume kitnjaka, šume bukve, zatim šume vrba i topola te šume crne johe.

Sjeverozapadno bosansko područje

Kako navode Stefanović i sur. (1983), ovo područje prostire se od rijeke Une k jugoistoku, uvlačeći se uz Vrbanju do iznad Kotor Varoši. Pripada pretežno brdskom, a manjim dijelom dolinskom (kotlinskom) pojasu u visinskom intervalu od 130 do 500 m nadmorske visine.

Područje karakterizira umjereno kontinentalna klima sa znakovima utjecaja atlantske klime. Koeficijent kontinentalnosti je manji (oko 54%), a odnos potencijalne evapotranspiracije i padavina u vegetacijskom periodu je povoljniji (oko 0,98). Vegetacijski period traje 195-200 dana.

Geomorfološki, područje je izgrađeno od aluvijalnih ravni u dolinama rijeka Une, Sane, Vrbasa, Ukrine te tercijernih sedimenata, a manje paleozojskih pješčara i škriljaca, eruptiva i krečnjaka.

Najzastupljeniji tipovi zemljišta su pseudoglejevi s distričnim kambisolom, a ima i semiglejeva, fluvisola, vertisola, eutričnih kambisola, pelosola, kao i kalkokambisola na krečnjaku.

Struktura zemljišnog pokrivača, kao i svojstva kartografskih jedinica, slični su sjeverobosanskom području, samo je zbog klimatskih prilika još više naglašen problem suvišnog vlaženja.

Realna šumska vegetacija: u nizinama i na diluvijalnim terasama zastupljene su šume lužnjaka i običnog graba (*Carpino betuli - Quercetum roboris*), odnosno šume lužnjaka (*Genisto elatae - Quercetum roboris*). Na orografsko izraženijim položajima rasprostranjene su šume kitnjaka (*Quercetum petraeae montanum*).

Potencijalna šumska vegetacija: područje pripada klimatogenim šumama kitnjaka i običnog graba, s mozaično raspoređenim šumama lužnjaka i običnog graba te šumama kitnjaka, kitnjaka i kestena i šumama bukve na hladnijim položajima.

Prijelazno ilirsko-mezijska oblast

Oblast je diferencirana na dva područja: Donjedrinsko i Gornjedrinsko.

Tablica 2. Osnovni klimatski podaci za Prijelaznu ilirsko-mezijsku oblast (Stefanović i sur. 1983)

| Područje | Rajon | Met. st. | NV (m) | G.š. po Griniču | Srednja temperatura zraka °C | | | Srednja rel. vlaga zraka % | | Srednje sume padavina mm | | Srednje vr. N/S quocijent | | Index suše IV-IX | Tr. veg. per | Pot. eva. potr. | Ind. kl. lm |
|----------------|------------------|-----------|--------|-----------------|------------------------------|-------|-----------|----------------------------|-------|--------------------------|-------|---------------------------|-------|------------------|--------------|-----------------|-------------|
| | | | | | God. | IV-IX | S (IV-IX) | God. | IV-IX | God. | IV-IX | God. | IV-IX | | | | |
| Donje drinsko | Sember. posavski | Brčko | 96 | 44°53' | 11,2 | 17,9 | - | 79 | 74 | 781 | 429 | 375 | 108 | 15,4 | 211 | 629 | -5 |
| | | Bijeljina | 90 | 44°46' | 10,9 | 17,9 | - | 81 | 87 | 751 | 413 | 408 | 130 | 15,0 | 202 | 613 | -6 |
| | Majevič. | Šibošica | 265 | 44°40' | 9,7 | 16,3 | - | - | - | 939 | 495 | - | - | - | 192 | 570 | 6 |
| | Srebren. | Zvornik | 142 | 44°26' | 10,2 | 16,6 | 304,8 | 79 | 75 | 864 | 483 | 445 | 135 | 18,1 | 198 | 572 | 4 |
| Gornje drinsko | Rogatički | Foča | 390 | 43°30' | 9,9 | 15,8 | - | 83 | 79 | 885 | 385 | 575 | 146 | 14,9 | 191 | 545 | -6 |

Donjedrinsko područje

Stefanović i sur. (1983) navode kako ovo područje zauzima sjeveroistočni dio Bosne koji ograničava linija Brčko - greben Majevice - istočni rub Sprečkog polja - Vlasenica - obronci Javor planine - kanjon Drine. Većim dijelom pripada nizinskom i brdskom pojasu, a manjim dijelom planinskom, od 80 do 1020 m nadmorske visine.

U nižim dijelovima područje ima karakter kontinentalne (aluvijalne ravni i diluvijalne terase), a u višim karakter umjereno kontinentalne klime. Na padavine u vegetacijskom periodu otpada oko 55% godišnje količine padavina, a odnos padavina i potencijalne evapotranspiracije je veoma nepovoljan (oko 0,82). Vegetacijski period traje od 190 do 210 dana (tablica 3).

Geomorfološki ga karakterizira aluvijalna ravan u kojoj se diže masiv Majevice u sjevernom dijelu. Južno od Zvornika područje prelazi u planinski masiv iznad kanjona Drine. Izgrađeno je od aluvijalnih sedimentata, eocenskog fliša, andezitsko-dacitskih eruptiva, paleozojskih i trijaskih sedimentata.

Najzastupljenija su zemljišta iz odjela automorfnih i hidromorfnih koji čine samostalne areale i zemljišne kombinacije. U nižim predjelima prevladavaju hidromorfna zemljišta, a u višim automorfna, među kojima su najzastupljeniji predstavnici iz kambične klase.

Realna šumska vegetacija: šumske fitocenoze zadržale su se mozaično u zavisnosti od orografsko-edafskih i antropogenih utjecaja. Zastupljene su: šume lužnjaka i običnog graba (*Carpino betuli - Quercetum roboris*), šume sladuna i cera (*Quercetum confertae - cerris*), cera i kitnjaka (*Quercetum petraeae - cerris*), kitnjaka i običnog graba (*Quercus - Carpinetum*) i šume bukve (*Fagetum montanum*), među kojima prevladavaju šume bukve acidofilnog karaktera (*Luzulo - Fagetum*).

Potencijalna šumska vegetacija: niži položaji pripadaju šumama lužnjaka i običnoga graba, sladuna i cera (klimazonalne za ovo područje), a viši predjeli šumama bukve i jele bez smrče.

Gornjedrinsko područje

Ovom području, prema Stefanoviću i sur. (1983), pripadaju brdsko-planinski predjeli jugoistočne Bosne, od obronaka Jahorine, Ravne planine i Romanijske visoravni na sjeverozapadu, do granice sa Srbijom i Crnom Gorom na jugoistoku, odnosno od kanjona Tare i Drine na jugozapadu do Stolac planine i kanjona Drine na sjeveroistoku. Zauzima visinski interval od 350 m (dolina Drine kod Višegrada) do 2238 m nadmorske visine (vrh Velike Ljubišnje).

Niži dijelovi ovog područja (oko Višegrada i šire okoline Goražda) su pod utjecajem umjereno kontinentalne klime s tendencijom opadanja padavina i povećanjem temperature u periodu od lipnja do početka rujna. Još veći utjecaj mediteranske klime osjeća se u području Foče. Viši položaji (ogranci Jahorine, Ljubišnje, Stakorine) su s izmijenjenom umjereno kontinentalnom, s obilježjima planinske klime. Odnos padavina i potencijalne evapotranspiracije u vegetacijskom periodu je veoma nepovoljan (oko 0,83), što uz relativno malu rezervu biljkama pristupačne vode u zemljištu čini ovo područje veoma kserotermnim. Vegetacijski period traje od 140 do 200 dana (tablica 3).

Ovo područje je relativno geomorfološki homogeno (padine gornjeg toka rijeke Drine) i u njemu su zastupljeni grauvakni pješčari i škriljci, pretežno argilofiliti, krečnjaci i serpentiniti.

Zemljišta su najvećim dijelom iz odjela automorfnih, i to klase kambičnih zemljišta.

Realna šumska vegetacija: u nižim predjelima prevladavaju hrastove fitocenozе - šume sladuna i cera (*Quercetum confertae - cerris*), iznad njih su šume kitnjaka i cera (*Quercetum petraeae - cerris*), odnosno šume kitnjaka (*Quercetum petraeae montanum*) na toplijim položajima, dok su na hladnijim položajima šume bukve. Ovdje su rijetko zaostale enklave šume bukve i jele sa smrčom (*Piceo - Abieti - Fagetum*).

Potencijalna šumska vegetacija: niži tereni pripadaju klimazonalnoj fitocenozi sladuna i cera, koja ovdje predstavlja sjeverozapadni rub areala ove istočnobalkanske fitocenozе iznad koje se javljaju karakteristični pojasevi šuma kitnjaka i cera, odnosno kitnjaka. S ovim se smjenjuju šume bukve na hladnijim položajima. Viši predjeli pripadaju pojasu klimaregionalne zajednice bukve i jele sa smrčom.

Oblast unutrašnjih Dinarida

Oblast se dijeli na: područje Cazinske krajine, zapadnobosansko krečnjačko-dolomitno, srednjobosansko, zavidovičko-tesličko, istočnobosanske visoravni i jugoistočnobosansko.

Tablica 4. Osnovni klimatski podaci za Oblast unutrašnjih Dinarida (Stefanović i sur. 1983)

| Područje | Rajon | Met. st. | NV (m) | G.š. po Grin. | Temp. zraka °C | | | Srednja rel. vlaga zr. % | | Srednje sume pad. mm Srednje vrij. | | N/S quoc. | | Index suše IV-IX | Tr. veg. per | Pot. eva potr. | Index klima Im | | |
|--|--------------------|-------------------|---------|---------------|----------------|-------|-----------|--------------------------|-------|------------------------------------|-------|-----------|-------|------------------|--------------|----------------|----------------|------|-------|
| | | | | | Srednja | | | God. | IV-IX | God. | IV-IX | God. | IV-IX | | | | | God. | IV-IX |
| | | | | | God. | IV-IX | S (IV-IX) | | | | | | | | | | | | |
| Cazinska krajina | | V. Kladuša | 161 | 45°11' | 8,7 | 15,0 | - | - | - | 1133 | 600 | - | - | - | 169 | 553 | 17 | | |
| | | Bihać | 246 | 44°49' | 10,7 | 16,8 | 3076 | 76 | 72 | 1347 | 586 | 667 | 171 | 24,9 | 204 | 582 | 18 | | |
| Zapadno bosansko krečnjačko-dolomitno područje | Ključko-petrovački | B. Krupa | 176 | 44°43' | 10,3 | 16,2 | - | 83 | 79 | 1304 | 666 | 825 | 237 | 25,4 | 198 | 569 | 19 | | |
| | | B. Petrovac | 650 | 44°33' | 8,7 | 14,6 | - | - | - | 1198 | 630 | - | - | - | 170 | 528 | 20 | | |
| Srednje bosansko | Sarajevsko-zenički | Glamočko-kupreški | Ključ | 260 | 44°32' | 9,7 | 17,2 | - | - | - | 1284 | 711 | - | - | - | 181 | 561 | 26 | |
| | | Vranički | Bugojno | 562 | 44°04' | 8,8 | 14,8 | - | 78 | 74 | 826 | 383 | 447 | 124 | 15,4 | 174 | 532 | -9 | |
| Istočnobos visoravni | Romanijski | Zenica | 344 | 43°13' | 10,3 | 16,6 | 3039 | 76 | 72 | 804 | 416 | 395 | 109 | 15,6 | 197 | 570 | -5 | | |
| | | Travnik | 581 | 44°14' | 8,8 | 15,0 | - | 77 | 73 | 881 | 441 | 451 | 129 | 17,6 | 179 | 540 | 1 | | |
| | | Sarajevo | 630 | 43°52' | 9,7 | 15,5 | 2758 | 72 | 67 | 946 | 450 | 377 | 107 | 17,6 | 186 | 554 | 1 | | |
| | Sokolac | 872 | 43°57' | 6,5 | 12,8 | 2347 | 81 | 78 | 804 | 430 | 587 | 181 | 18,9 | 147 | 484 | 3 | | | |

Područje Cazinske krajine

Prema Stefanoviću i sur. (1983), ovo područje obuhvaća krajnji sjeverozapad Bosne, od Une i podnožja Plješevice do granice s Hrvatskom. Pripada brdskom pojasu dosta ujednačenih orografskih prilika, u visinskom intervalu od 200 do 550 m.

Klima ovog područja je umjereno kontinentalna, ali u periodima svibanj - srpanj i rujan - listopad osjećaju se utjecaji mediteranske klime, tako da u vegetacijskom periodu ukupno padne u prosjeku oko 48% godišnjih padavina. Odnos padavina i potencijalne evapotranspiracije u vegetacijskom periodu je povoljan (oko 1,4). Vegetacijski period traje od 170 do 205 dana (tablica 4).

Geomorfološki je brežuljkasto brdsko područje, izraženog reljefa, izgrađenog od krečnjaka i kiselih silikatnih stijena, često prekrivenih debelim nanosima beskarbonatnog lesa.

Najzastupljenija su zemljišta akrični luvisol na krečnjaku i distrični kambisol na kiselim silikatnim stijenama, a manje su zastupljeni mozaici kalkomelanosola s luvisolom ili kalkokambisola na krečnjaku, luvisola na kiselim silikatnim stijenama te semigleja i fluvisola.

Realna šumska vegetacija: rasprostranjena je mozaično i veoma uvjetovana antropogenim i orografsko-edafskim utjecajima. Zastupljene su šume kitnjaka i običnog graba (*Quercus - Carpinetum*), kitnjaka (*Quercetum petraeae montanum*), kitnjaka i kestena (*Quercus - Castanetum*) te u hladnijim položajima šume bukve (*Luzulo - Fagetum*, *Fagetum montanum illyricum*), a na toplijim šume javora gluhača i bukve (*Aceri obtusati - Fagetum*).

Potencijalna šumska vegetacija: područje pripada klimazonalnoj fitocenozi kitnjaka i običnog graba u kojoj su interpolirane, u zavisnosti od orografskih i antropogenih čimbenika, fitocenoze kitnjaka i kestena, odnosno bukve, na hladnijim položajima. Dolinski predjeli pripadaju šumama lužnjaka i običnog graba (*Carpino betuli - Quercetum roboris*), odnosno recentni fluvisoli šumama vrba i topola (*Salicetum et Populetum*).

Zapadnobosansko krečnjačko-dolomitno područje

Prema ekološko-vegetacijskoj rajonizaciji BiH (Stefanović i sur. 1983), ovo područje zauzima velika prostranstva krečnjačko-dolomitnih površina i planinskih masiva od Une na sjeverozapadu do

Glamočko-kupreške visoravni, uključujući i nju, na jugoistoku. Na jugozapadu doseže do doline Vrbasa, linijom Voljevac - Jajce, odakle prelazi na desnu obalu, zahvaćajući krečnjačke masive Vlašića i Čemerice. Većim dijelom pripada planinskom i subalpinskom pojasu, od 800 (900 m) do 1900 m. Manjim dijelom predstavlja brdsko područje, od 300 - 700 (800) m nadmorske visine.

Karakterizira se nedovoljno jasno međusobno razgraničenim prostorima mediteranske i kontinentalne klime. Prema analizi podataka za stanicu Drinić, u zimskom periodu prevladava utjecaj kontinentalne, a u ljetnom periodu mediteranske klime. Ima karakteristika i planinske klime, uvjetovane nadmorskom visinom područja. Iako su odnosi padavina i evapotranspiracije povoljni, u vegetacijskom periodu pada manji dio godišnjih padavina. Vegetacijski period traje od 120 do 200 dana, zavisno od nadmorske visine (tablica 4).

Geomorfološki, ovo područje je izgrađeno od nekoliko krečnjačko-dolomitnih masiva i visoravni. Mjestimično ima tragova glacijalnih aktivnosti. Dolomiti mogu biti čvrsti, a češće se javljaju istrošeni u vidu dolomitne pržine. Silikatne stijene su malo zastupljene, a na njima susrećemo uglavnom distrične kambisole.

Karakteristike zemljišta su plitkoća, suhoća, skeletnost, težak mehanički sastav i visoka površinska kamenitost.

Realna šumska vegetacija: najzastupljenije su fitocenoze bukve i jele sa smrčom (*Piceo - Abieti - Fagetum*). Dijelovi područja izloženi klimatskom utjecaju Panonske nizine odlikuju se šumama bukve i jele bez smrče (*Abieti - Fagetum*). Za niže dijelove ovog područja karakteristične su šume kitnjaka i običnog graba (*Quercu - Carpinetum*), a zatim i šume bukve (pretežno *Fagetum montanum illyricum*). Za kanjone rijeka i litičaste padine karakteristične su razne termofilne fitocenoze, često s reliktnim obilježjima: *Aceri obtusati - Fagetum*, *Quercu - Ostryetum*, *Orno - Ostryetum*, *Carpinetum orientalis*.

Potencijalna šumska vegetacija: ovo područje pripada različitim klimatogenim fitocenozama, od klimazonalne fitocenoze kitnjaka i običnog graba, u najnižim dijelovima ovog područja, do klimaregionalnih fitocenoza subalpinskog pojasa - šume subalpinske bukve, odnosno klekovine bora. Međutim, najveće površine pripadaju klimaregionalnim šumama bukve i jele sa smrčom s kojima, u mikroklimatski specifičnim staništima, alterniraju mrazišne šume smrče. Ravničarski predjeli, povremeno plavljeni i pod utjecajem podzemnih

voda, predstavljaju staništa šuma lužnjaka i običnog graba (*Carpino betuli* - *Quercetum roboris*), a najmočvarnija zemljišta pripadaju šumi crne johe (*Alnetum glutinosae*).

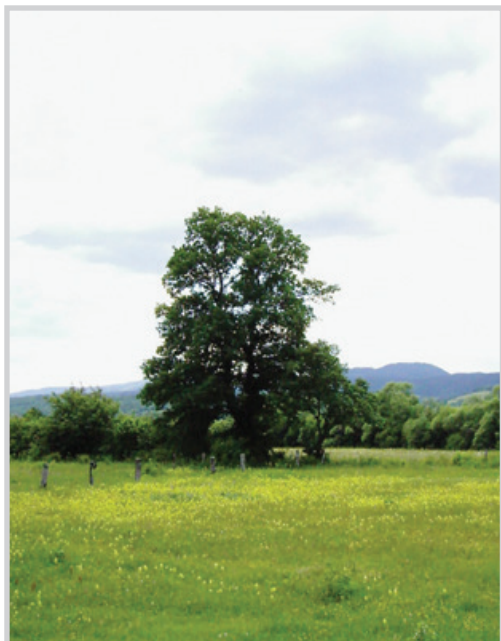
Srednjobosansko područje

Prema Stefanoviću i sur. (1983), ovo područje obuhvaća teritoriju od gornjeg toka Bosne na jugozapadu do grebena Ivan Sedla, Bitovnje, Vranice, niz dolinu Vrbasa do Jajca. Sjeveroistočno od doline Bosne dopire do linije Nahorevo - sjeverno od Breze, izvorišnih predjela Žuče i Ribnice, pa na Begov Han, pružajući se preko Bosne na sjeverozapad do Banje Luke. Izrazito je brdsko-planinskog karaktera, s prostranijom subalpinskom zonom na masivima Vranice i Bitovnje i dolinskom zonom uz Bosnu, Lepenicu, Fojnicu i Vrbas. Visinski se prostire od 300 m do preko 2200 m nadmorske visine (vrhovi Vranice).

Područje je pod dominantnim utjecajem planinske klime. Međutim, od srpnja do rujna i od prosinca do lipnja osjeća se djelovanje kontinentalne klime (Zenica). U ostalom dijelu godine jači su utjecaji mediteranske klime. U vegetacijskom periodu padne oko 48% godišnjih padavina, ali je odnos padavina prema potencijalnoj evapotranspiraciji ipak donekle nepovoljan. Vegetacijski period (bar u nižem dijelu područja) traje od 180 do 200 dana (tablica 4).

Geomorfološki se razlikuju tri cje-line i to: masiv srednjobosanskog škriljogorja (uglavnom izgrađen od kristalastih škriljaca i riolita), brežuljkasti teren jurskog fliša i Sarajevsko-zenička kotlina (uglavnom izgrađena od tercijskih sedimenata).

Zemljišni pokrivač je vrlo heterogen i složen, ali se izdvajaju dosta homogene površine izdvojene u posebne rajone.



Slika 16. Hrast lužnjak u središnjoj Bosni
(Kopčić kod Bugojna)

Realna šumska vegetacija: brežuljkaste terene doline Bosne, između Sarajeva i Zenice, odnosno Travnika, zauzimaju šume kitnjaka i običnog graba (*Quercus - Carpinetum*), a izvan ovih područja sporadično su zastupljene. Šume kitnjaka alterniraju na toplijim, a bukve na hladnijim položajima.

Ostaci šuma lužnjaka i običnog graba (*Carpinus betuli - Quercetum roboris*) nalaze se disperzno u dolinskim i priterasnim položajima. Na krečnjačko-dolomitnim probojima zastupljene su termofilne fitocenozе bukve i gluhača (*Acer obtusatum - Fagetum*) i šume hrastova i crnog graba (*Quercus - Ostrya carpinifoliae*), šume bijelog graba (*Carpinetum orientalis*).

Potencijalna šumska vegetacija: brežuljkasti tereni pripadaju klimazonalnim šumama kitnjaka i običnog graba (Sarajevsko-zenička kotlina, uz Lašvu do Travnika, dijelovi oko doline Vrbasa i krajnji sjeverozapad područja). Riječne doline i diluvijalne terase pripadaju šumi lužnjaka i običnog graba, a recentni fluvisoli predstavljaju staništa vrba i topola.

Zavidovičko-tesličko područje

Prema ekološko-vegetacijskoj rajonizaciji BiH (Stefanović i sur. 1983), ovo područje obuhvaća sliv srednjeg toka rijeke Bosne, posebno Krivaje i Usore, odnosno masiva Konjuha, Ozrena i Borje. Karakterizira se i jako heterogenim orografskim prilikama, a nalazi se u brdsko-planinskom pojasu od 250 do 1328 m nadmorske visine (vrh Konjuha).

Najvećim dijelom godine je pod utjecajem izmijenjene umjereno kontinentalne, a u periodu lipanj - kolovoz osjeća se jači utjecaj mediteranske klime. Tako u vegetacijskom periodu padne u prosjeku oko 56% godišnjih padavina pa je odnos padavina i potencijalne potrošnje vode, s klimatskog aspekta, povoljan. Vegetacijski period traje od 180 do 190 dana (tablica 4).

Geomorfološki, ovo područje pripada srednjobosanskoj ofiolitskoj zoni, a odlikuje se orografski brdsko-planinskim obilježjima s dosta izraženim reljefom. Izgrađeno je pretežno od serpentiniziranog peridotita, eruptiva, rožnjaka, a krečnjaci su daleko manje zastupljeni.

Najrasprostranjeniji tipovi zemljišta su eutrični kambisol na peridotitu i serpentinitu, kao i distrični kambisol na kiselim silikatnim sti-

jenama. Manje su zastupljeni eutrični kambisoli na ostalim silikatnim stijenama, pseudoglejevi, mozaik kalkomelanosola i kalkokambisola.

Realna šumska vegetacija: najrasprostranjenije su bazifilne šume borova (*Erico - Pinetum nigrae serpentinum*, *E.P. nigrae - silvestris serpentinum*), bazifilne šume hrasta kitnjaka (*Potentillo albae - Quercetum*, *Erico - Quercetum petraeae*), zatim acidofilne šume kitnjaka (*Quercetum petraeae montanum*), šume bukve i jele sa smrčom (*Abieti - Fagetum serpentinum*), acidofilne šume bukve i jele (*Abieti - Fagetum silicicolum*). Postoje i rijetki ostaci šuma lužnjaka i običnog graba (*Carpino betuli - Quercetum roboris*) ili kitnjaka i običnog graba (*Quercu - Carpinetum*) na diluvijalnim terasama.

Potencijalna šumska vegetacija: potencijalna šumska vegetacija je veoma mozaična. Ipak, veće površine pripadaju šumama bukve i jele i šumama bukve i jele sa smrčom unutar kojih su interpolirane borove i hrastove šume kao trajni stadij vegetacije. Samo periferni i najniži predjeli predstavljaju staništa bukve u alternaciji s hrastovim šumama.

Područje istočnobosanske visoravni

Prema Stefanoviću i sur. (1983), ovo područje obuhvaća planinske krajeve, počevši od linije Sarajevo - Vareš do kanjona Drine s veoma izraženom Romanijsko-sjemečkom visoravni. S juga je omeđeno granicom s prijelazno ilirsko-mezijskom oblasti, kao i sa sjeveroistoka, dok je sa sjeverozapada odvojeno ofiolitskom zonom, linijom Olovo - Kladanj (istočni dio Sprečkog polja). Izrazito planinsko područje, najvećim dijelom preko 1000 m nadmorske visine, s najvišim vrhovima Lupoglav na Romaniji 1629 m, Žep 1520 m, Sjemeč 1497 m.

I pored relativno položenog toka linije koja obilježava planinski karakter klime, u periodu od studenog do svibnja osjeća se utjecaj kontinentalne klime. U vegetacijskom periodu padne oko 52% godišnjih padavina te je odnos padavina i evapotranspiracije povoljan (u prosjeku 1,04). Vegetacijski period traje od 120 do 190 dana (Pale, Pržići, Vlasenica, Sokolac i Sjemeč), (tablica 4).

Geomorfološki ovo područje zauzima širi teritorij planinskih masiva i visoravni istočne Bosne. Visoravni imaju karakter starih riječnih ili fluvioglacialnih terasa. Uglavnom su izgrađene od krečnjačkih (jedrih, hanbuloških i s interkalacijama rožnjaka), kao i verfenskih glinaca i kvarcnih pješčara. Krečnjaci su relativno slabo karstificirani, s visokom površinskom stjenovitošću.

Najzastupljenija su zemljišta na krečnjacima i distrični kambisol na kiselim silikatnim supstratima.

Realna šumska vegetacija: najzastupljenije su šume bukve i jele sa smrčom (*Piceo - Abieti - Fagetum*) unutar kojih su rasprostranjene često sekundarne šume bijelog bora i smrče (sa jelom), (*Piceo - Pinetum illyricum*), šume jele i smrče (*Abieti - Piceetum illyricum*). Posebnost ovom području daju neke reliktno fitocenoze Pančićeve omorike (*Piceetum omorikae*) oko srednjeg dijela Drine u kanjonima te visinska varijanta lužnjakovih šuma (*Quercetum roboris montanum*) kod Sokoca i Knežine, odnosno fitocenoza maljave breze i bijelog bora (*Pino - Betuletum pubescentis*), kao i zajednice sphagnumskih tresetišta.

Potencijalna šumska vegetacija: područje pripada klimaregionalnom pojasu šuma bukve i jele sa smrčom, unutar kojih su interpolirane termofilne fitocenoze šuma borova, crnog graba, bukve, odnosno u depresijama intrazonalne mrazišne šume smrče. Glasinačka visoravan predstavlja enklavu šuma kitnjaka i običnog graba s cerom, odnosno brdske šume lužnjaka (*Quercetum roboris montanum*) kod Sokoca i na Knežini.



Slika 17. Hrast lužnjak u Posuškom polju

Mediteransko-dinarska oblast

Diferencira se na submediteransko-planinsko, submediteransko-montano, submediteransko i eumediteransko područje.

Tablica 5. Osnovni klimatski podaci za Mediteransko-dinarsku oblast (Stefanović i sur. 1983)

| Područje | Rajon | Met. st. | NV (m) | G.š. po Grin. | Temper. zraka °C | | | Sred. rel. vlaga zr. % | | Srednje sume pad mm | | N/S quoc | | Index suše IV-IX | Tr. vg. p. | Pot. ev. tr. | Ind kl. lm | | | |
|----------------------|-----------------|----------|--------|---------------|------------------|-------|-----------|------------------------|-------|---------------------|-----|----------|-----|------------------|------------|--------------|------------|-------|-------------|-------|
| | | | | | Srednja | | | God | IV-IX | S (IV-IX) | God | IV-IX | God | | | | | IV-IX | Srednje vr. | |
| | | | | | God | IV-IX | S (IV-IX) | | | | | | | | | | | | God | IV-IX |
| Sub medit. planinsko | - | Drvar | 485 | 44°23' | 9,4 | 15,5 | - | 77 | 73 | 1135 | 529 | 562 | 155 | 20,8 | 184 | 556 | 5 | | | |
| | | Prozor | 800 | 43°50' | 9,0 | 15,0 | - | 73 | 67 | 1112 | 422 | 438 | 108 | 16,9 | 176 | 540 | 1 | | | |
| | | B.Gra. | 861 | 44°11' | 8,2 | 13,9 | - | 68 | 64 | 1356 | 558 | 523 | 140 | 23,2 | 166 | 523 | 15 | | | |
| | | Rakitno | 915 | 44°34' | 9,4 | 14,8 | - | 80 | 77 | 1983 | 624 | 1127 | 255 | 25,1 | 173 | 568 | 23 | | | |
| Sub medit. | Bez zimz. elem. | Livno | 724 | 43°50' | 9,0 | 14,8 | - | 72 | 67 | 1181 | 457 | 494 | 119 | 18,4 | 171 | 533 | 3 | | | |

Submediteransko-planinsko područje

Kako navode Stefanović i sur. (1983), ovo područje se prostire u višim dijelovima mediteransko-dinarske oblasti, uglavnom iznad 800 m, pa do najviših predjela koji prelaze 2000 m nadmorske visine. Prema orografskim karakteristikama predstavlja izrazito planinsko područje sa široko zastupljenim subalpinskim pojasom.

Utjecaj mediteranske klime je izražen u cijelom području, pa čak i u području meteorološke stanice Gacko koja se nalazi na nadmorskoj visini od 960 metara. U vegetacijskom periodu u prosjeku padne oko 36% godišnjih padavina, ali, s obzirom na nadmorsku visinu, odnos padavina i potencijalne evapotranspiracije je povoljan (1,06). Vegetacijski period traje od 120 do 190 dana (Čemerno, Drvar), (tablica 5).

Geomorfološki, karakterizira se visokoplaninskim obilježjima vanjskih Dinarida sa svim oblicima karstne erozije, kao i glacijacije. Izgrađeno je od krečnjaka i dolomita i tercijskih sedimenata u karstnim poljima, a izvorišni predjeli rijeke Neretve od jurskog fliša.

Prevladavaju zemljišne kombinacije tipa mozaika kalkomelanosola - kalkokambisola - luvisola, kao i mozaika kalkomelanosola - kalkokambisola na krečnjaku, a manje su zastupljene rendzine na dolomitu, kompleks (odnosno mozaik) rendzina i kalkomelanosola - kalkokambisola na dolomitu i krečnjaku, distrični kambisol, eutrični kambisol i semiglej. Zemljišta su plitka s visokim stupnjem površinske stjenovitosti te se odlikuju naglim i čestim promjenama vlažnosti.

Realna šumska vegetacija: u mozaičnom rasporedu šumske vegetacije zastupljene su šume bukve i jele (*Abieti - Fagetum*), sekundarne

šume bukve (*Fagetum montanum illyricum*). Za površine eksponirane jugu i zapadu karakteristične su hrastove fitocenoze.

Potencijalna šumska vegetacija: najveće površine pripadaju šumi bukve i jele. Kraška polja pripadaju pretežno staništima lužnjaka i običnog graba (*Carpino betuli - Quercetum roboris*), odnosno najvlažniji dijelovi šumama crne johe (*Alnetum glutinosae*).

Submediteransko područje

Prema Stefanoviću i sur. (1983), ovo područje najvećim dijelom zahvaća niže predjele donje Hercegovine i jugozapadne Bosne, prostirući se uz Livanjsko polje. Visinski pripada dolinsko-brdskom pojasu, uglavnom do 750 m nadmorske visine.

Ovdje je izrazit karakter submediteranske klime što se posebno očituje uz tokove Neretve, Trebišnjice, Bregave i Trebižata. U višim predjelima (iznad 300 m) nešto je hladnije, a vegetacijski period traje od 200 do 230 dana (Berkovići, Bileća, Ljubinje, Lištica i Konjic). Već podaci za stanicu Livno znatno odstupaju od naprijed navedenih stanica. Niži dio područja (rajon sa zimzelenim elementima) je znatno topliji pa vegetacijski period traje duže (240-260 dana), što se odražava na trajanje bezmraznog perioda. U vegetacijskom periodu u prosjeku za cijelo područje padne oko 33% godišnjih padavina. Odnos padavina i potencijalne evapotranspiracije u vegetacijskom periodu je vrlo nepovoljan (oko 0,66). Uzmemo li u obzir pljuskoviti karakter padavina i površinska i vertikalna otjecanja, on je ustvari još nepovoljniji (tablica 5).

U pogledu geomorfologije, planinski masivi međusobno su razdvojeni visoravnima, zaravnima i kraškim poljima, a dobrim dijelom i aluvijalnim ravninama i terasama. Najvažnije stijene su krečnjaci i dolomiti kredne i jurske starosti, a u poljima i aluvijalnim ravninama zastupljeni su tercijarni sedimenti i recentni aluvijumi. Lokalno ima i lesolikog materijala.

Za razliku od prethodnog područja, ovo se karakterizira većim udjelom crvenica (terra rossa), bilo u zemljišnim kombinacijama, ili kao samostalni zemljišni areal.

Realna šumska vegetacija: najzastupljenija je klimazonalna zajednica medunca i bijelog graba (*Quercus pubescentis - Carpinetum orientalis = Carpinetum orientalis*) s različitim zemljopisnim varijanta-

ma, odnosno regresivnim stadijima. U većem dijelu areala ove zajednice (pretežno s lijeve strane Neretve) zastupljen je makedonski hrast (*Quercus trojana*), pojedinačno ili grupično. Rjeđe gradi cjelovite sastojine svoje zajednice (*Quercetum trojanae*). Na zaravnjenim položajima s dubljim zemljištem, najčešće ilimeriziranih crvenica, rasprostranjene su šume sladuna (*Quercetum confertae adriaticum*). Na recentnim fluvisolima (oko Neretve, Trebižata i Bregave) sreću se šume vrba i topola. Na višim položajima, u ekstremnijim uvjetima staništa, zastupljene su šume medunca i crnog graba (*Quercus - Ostryetum carpinifoliae*) te šume crnog graba s jesenjom šašikom (*Seslerio - Ostryetum carpinifoliae*).

Potencijalna šumska vegetacija: podudarna je u najvećoj mjeri s jedinicama realne vegetacije uz različite odnose u pogledu učešća pojedinih jedinica. Kraška polja, koja su periodično plavljena ili su pod utjecajem podzemnih voda, predstavljaju staništa šuma lužnjaka (*Carpino betuli - Quercetum roboris*, *Periploco graecae - Quercetum roboris*).

Klimatski i vegetacijski se područje diferencira na dva rajona, bez zimzelenih elemenata i sa zimzelenim elementima.

EKOLOŠKO - FITOCENOLOŠKA PRIPADNOST LUŽNJAKA U BIH

Kako navodi Stefanović (1986) u Bosni i Hercegovini lužnjak najvećim dijelom dolazi u fitocenoza šuma lužnjaka i običnog graba (*Carpino betuli - Quercetum roboris*, Rauš 1969) koje pripadaju svezi mezofilnih šuma običnog graba *Carpinion betuli illyricum (et moesiacum)*, (Horvat 1958). Ovdje ćemo dati pregled glavnih fitocenoza značajnih za ovo istraživanje (prema Stefanoviću 1977).

Sveza mezofilnih šuma običnog graba *Carpinion betuli illyricum (et moesiacum)*, (Horv. 1958)

Obuhvaća šume kitnjaka i običnog graba čiji je optimum rasprostiranja u sjevernoj Hrvatskoj, središnjoj i sjevernoj Bosni na dubljim smeđim, ilimeriziranim i pseudoglejenim zemljištima. One sadrže niz vrsta mezofilnog karaktera među kojima i niz endemskih vrsta, od kojih se mnoge gube u pravcu zapada i istoka.

Ova skupina šuma obuhvaća i šume običnog graba i hrasta lužnjaka jer su ekološki i floristički najrodnije šumama ove sveze. One su rasprostranjene na specifičnim staništima unutar, a češće na rubu poplavnih šuma lužnjaka, prema području drugih klimatogenih zajednica.

Šume hasta lužnjaka i običnog graba *(Carpino betuli - Quercetum roboris; Rauš 1969)*

Drugi naziv ove zajednice je *Quercu robori - Carpinetum* (Horvat i sur. 1974).

Karakterističan tip zemljišta je pseudoglej čiji glinoviti i zbijeni nepropusni sloj jakom energijom prodiranja korijena prožima lužnjak koji na ovim staništima postiže najbolji bonitet i gradi veličanstvene šume, dok za obični grab ovi edafski uvjeti predstavljaju ekološku granicu. Njegov bonitet ovisi od visine "greda" (mikrouvisina), odnosno nivoa podzemnih voda, a korijenov sistem mu je ograničen na dubinu od 10 do 30 cm. Obični grab se nalazi u podstojnoj etaži, ispod krošanja lužnjaka, pomažući čišćenju grana lužnjakovih stabala i popravljajući plodnost zemljišta. U kombinaciji s običnim grabom lužnjak raste vrlo dobro, razvija ravna i čista debla. S privrednog gledišta ove sastojine

spadaju u najvrjednije unutar šuma lužnjaka (Rauš 1974, prema Stefanoviću 1977).

Rasprostranjene su u poplavnoj zoni Posavine i poplavnim zonama drugih vodotoka, kao i izvan njih na starim aluvijalnim i diluvijalnim terasama. U prvom slučaju razvija se na ocjeditim površinama, "gredama", mikrouzvišenjima od nekoliko desetaka centimetara koje su pod utjecajem podzemne vode ili su kratkotrajno plavljene, gdje su zastupljene u alternaciji s tipičnim poplavnim šumama lužnjaka. U drugom slučaju šuma lužnjaka i običnog graba se razvija i izvan zone poplava, ali na zemljištima gdje podzemna voda igra također značajnu ulogu ili, pak, dolazi do zastoja poniranja površinskih voda.

Odlučujući ekološki faktor rasprostranjenja ovih šuma je specifičan vodni režim zemljišta u kome nivo vode oscilira, u vlažnom periodu podiže se blizu površine (od 10 do 20 cm ispod površine), ili čak dolazi do njene kraće stagnacije na površini, a ljeti se spušta na dubinu do 4 m, sa srednjim vodostajem podzemne vode od 2 do 3 m (Dekanić 1950, prema Stefanoviću 1977), odakle je drveće, naročito lužnjak, svojim korijenovim sistemom može koristiti.

U sloju drveća dominira hrast lužnjak, a u podstojnoj etaži obični grab. Od drveća primiješani su još: *Ulmus effusa*, *Acer campestre*, *Tilia cordata*, *T. tomentosa*, a od grmlja: *Corylus avellana*, *Crataegus* sp., *Evonymus europaeus*, *Daphne mezereum*, *Cornus mas*, *Prunus spinosa*,



Slika 18. Slavonska šuma hrasta lužnjaka

Cornus sanguinea i sur. U sloju prizemne flore nalaze se: *Carex silvatica*, *Ranunculus ficaria*, *Anemone nemorosa*, *Circea lutetiana*, *Anemone ranunculoides*, *Glechoma hederacea*, *Ajuga reptans*, *Rubus caesius*, *Lysimachia nummularia*, *Carex remota* i sur.

Sveza higrofilnih šuma lužnjaka i joha *Alno-Quercion robori* (Horv. 1938)

Sveza obuhvaća močvarne šume nizinskih predjela koje su izgrađene od "tvrdih liščara". Uključuje više asocijacija poplavnih šuma lužnjaka panonskog, istočnobalkanskog prostora, kraških polja duž Dinarskih planina i submediteranskih područja. Njihovo rasprostiranje je uvjetovano poplavnim i podzemnim vodama koje vrše ogromni utjecaj na karakter ovih staništa. Zauzimaju veće površine na oglejenim i močvarno oglejenim zemljištima, a poznate su pod nazivom "slavonske šume", iako je njihov areal i znatno širi. Po florističkim i ekološkim osobinama te po sindinamskom karakteru čine jasno izdvojenu odijeljenu cjelinu, koju je Horvat (Horvat 1963: prema Stefanoviću, 1977) izdvojio od mezofilnih kitnjakovo-grabovih šuma (*Carpinion betuli illyricum*, Horv.) koje se nalaze u dodiru s ovim, ali van utjecaja poplavnih i podzemnih voda.

Poplavne šume hrasta lužnjaka *Genisto elatae - Quercetum roboris* (Horv. 1938)

U prošlosti su zauzimale velika prostranstva u područjima rijeke Save, a i nekih drugih. Danas zauzimaju najveće površine u Slavoniji, poznate u bazenu Spačve, u Lipovljanima, gdje se nalaze čuvene stare šume lužnjaka. Na desnoj obali Save, u Bosanskoj Posavini javljaju se disjunktno, često u alternaciji sa šumama lužnjaka i običnog graba unutar poljoprivrednih rajona. U odnosu na šume lužnjaka i običnog graba, ove šume zauzimaju mikroreljefski niže terene s visinskom razlikom od nekoliko decimetara. Na ovim položajima je duže trajanje poplavnih i podzemnih voda uz čije su se prisustvo razvili karakteristični tipovi zemljišta - pseudoglej i močvarno oglejeno zemljište koji su dosta nepovoljnih morfoloških, fizičkih i kemijskih osobina i jako kisele reakcije. Prostorno su najčešće mozaična, na mikrouvisinama pseudoglej, a u mikrodepresijama hidromorfna oglejena zemljišta (močvarno oglejeno zemljište, s nizom prijelaza jednih prema dru-

gima. Poplave se javljaju jednom ili više puta godišnje, a traju u prosjeku oko dva mjeseca. Najtrajnije poplave su u mjesecu ožujku, a maksimalna visina vode je oko 2,20 m (Glavač 1962). Nivo podzemne vode je visok, u kasnu jesen i proljeće dopire do površine zemljišta, a oscilira od 0 do 5 m dubine.

Ova šuma zauzima i danas znatne površine, mada je u odnosu na nekadašnji areal, koji je obuhvaćao područje od Zagreba do Beograda, danas u regresiji. Naročito krupne promjene je doživjela u posljednjih 70 godina pa je starih sastojina ostalo prilično malo. Za to postoji više razloga (industrijske sječe većih razmjera, kalamiteti insekata i gljiva, opadanje nivoa podzemnih voda usljed izgradnje nasipa, kontinentalizacija klime po nekim shvaćanjima itd.).

U ovim sastojinama lužnjak postiže visinu do 40 m i prsni promjer od 2,5 do 3 m, drvenu masu od preko 50 m³ i starost preko pola milenija.

Kao i šume lužnjaka i običnog graba, i ove šume nemaju veće rasprostranjenje u Bosni, međutim, izuzetna vrijednost drveta lužnjaka utječe da ove šume na svim relativno cjelovitim kompleksima treba očuvati i šumskouzgojnim mjerama formirati visoke šume velike vrijednosti. U zajednici s drugim šumama nizinskih područja, uklopljene unutar prostranih poljoprivrednih zemljišta, imaju veliku zaštitnu ulogu u ublažavanju klimatskih ekstrema. Šumske površine predstavljaju svojevrsne vjetrobrane pojaseve u ovim predjelima, umanjujući štetno dejstvo vjetra i insolacije, koje, na prostranim ravničarskim predjelima, mogu uzrokovati velike štete na poljoprivrednoj produkciji. Tipična šuma hrasta lužnjaka, kako ju je prvi opisao Horvat (1937), sadrži u sloju drveća: *Quercus robur*, *Fraxinus oxycarpa*, *Ulmus effusa*, *Carpinus betulus*, *Alnus glutinosa*, *Acer campestre*, te pojedinačno: *Populus alba*, *P. tremula*, *P. canescens*, *P. nigra*. U sloju grmlja nalaze se: *Viburnum opulus*, *Genista tinctoria ssp. elata*, *Cornus sanguinea*, *Frangula alnus*, *Vitis silvestris*, *Rubus caesius*, a u sloju prizemne flore: *Carex brizoides*, *C. remota*, *C. strigosa*, *Aspidium spinolosum*, *Lycopus europaeus*, *Ramex sanguineus*, *Lysimachia nummularia*, *Glechoma hederacea*, *Valeriana dioica*, *Lychnis flos cuculi*, *Agrostis alba*, *Mentha aquatica*, *Myosotis scorpioides*, *Juncus sp.* i dr..

Sastav i građa tzv. slavonske šume lužnjaka zavisi, u prvom redu, od nivoa podzemne vode koja oscilira tijekom godine od 0 do 5 m dubine zemljišta i trajanja stagniranja površinske vode (Dekanić 1962, prema Stefanoviću 1977). Promjenljivost ovih čimbenika uvjetuje

pojavu više tipova lužnjakovih šuma. Proučene su i opisane sljedeće subasocijacije:

Genisto elatae - Quercetum caricetosum remotae (Horv.)

Tipična poplavna šuma lužnjaka, rasprostranjena na močvarno-oglejenom zemljištu u priobalnom, središnjem i priterasastom području riječnih terasa te izvan poplavne zone na raznim oblicima reljefa. Ovdje poplave traju jedan ili nekoliko puta godišnje od 16 do 114 dana, prosječno 56 dana. Najtrajnije su poplave u mjesecu ožujku. Kao maksimalna visina vode navodi se oko 2,20 m (Glavač 1962, prema Stefanoviću 1977). Nivo podzemne vode je visok te u proljeće i jesen dopire do površine zemljišta. Vršni se proces oglejavanja koji je praćen obrazovanjem gline, gubljenjem strukture itd. Zavisno od sadržaja vapna i baza, zemljišta su kisela ili slabo bazična, a pripadaju tipu močvarno-oglejenih zemljišta.

Sloj prizemne flore je bujan, naročito poslije poplava kada mu pokrovnost iznosi od 80% do 100%, a sastoji se od pretežno higrofilnih vrsta: *Carex remota*, *C. strigosa*, *Rumex sanguineus*, *Lycopus europaeus*, *Lysimachia nummularia*, *Ranunculus repens*, *Myosotis palustris*, *Galium palustre*, *Solanum dulcamara*, *Lysimachia vulgaris*, *Stachys palustre*, *Peucedanum palustre*, *Glechoma hederacea*, *Mentha aquatica*, *Deschampsia caespitosa* i dr.

Sastav, struktura i bonitet šume ovisni su od uvjeta staništa. Na ocjeditim zaravnima, na prijelazima mikrouzvisina (greda) u zaravni, sastojine su najboljeg boniteta, ekonomski su najvrjednije i tipični su proizvođači tzv. slavonske hrastovine. U njima su, pored lužnjaka, i poljski jasen, nizinski brijest, crna joha te pokoje stablo crne, bijele i sive topole.

Genisto - Quercetum caricetosum brizoides (Horv.)

Kao suha varijanta, rasprostranjena je uglavnom izvan poplavne zone, na pseudogleju i na prijelazima prema močvarno-oglejenom zemljištu. Staništa su pod jačim utjecajem podzemnih voda. U sastojinama su, pored lužnjaka, primiješani poljski jasen i nizinski brijest, s različitim omjerima smjese, rjeđe joha. U sloju prizemne flore ističu se higrofiti, s izvjesnim udjelom mezofilnih vrsta: *Anemone nemorosa*, *Veronica montana*, *Geranium robertianum*, *Carex silvatica*,

Brachypodium silvaticum i dr. Uskolisni šaš (*Carex brizoides*) je dominantna i dijagnostički važna vrsta.

U Bosni, u slivu rijeke Lepenice kod Kiseljaka, proučena je također zajednica žestilja i hrasta lužnjaka ***Aceri tatarici - Quercetum roboris*** na pseudogleju kao edafogeni stadij unutar zajednice kitnjaka i graba (Fabijanić i sur. 1963, prema Stefanoviću 1977).

U submediteranskom području Bosne i Hercegovine nalaze se ostaci šume lužnjaka i poljskog jasena ***Quercus - Fraxinetum*** oko Livanjskog polja gdje dolazi do većeg utjecaja submediteranske klime (Riter-Studnička 1971, prema Stefanoviću 1977).

Ekološka amplituda lužnjaka je, međutim, još šira pa je značajno spomenuti da se on pojavljuje i u brdskoj (montanoj) zoni ponegdje kao,

npr., u istočnoj Bosni gdje pod određenim prirodnim uvjetima obrazuje specifičnu reliktnu fitocenozu ***Quercetum roboris montanum*** (Stefanović 1969), na planini Romaniji.



Slika 19. Plus stablo hrasta lužnjaka kod Čazme (Hrvatska)

MORFOLOŠKA VARIJABILNOST LISTA HRASTA LUŽNJAKA U BOSNI I HERCEGOVINI

Na području Bosne i Hercegovine do sada je malo rađeno na istraživanjima hrasta lužnjaka. Vjerojatno je uzrok tomu to što je hrast lužnjak zbog prekomjernih sječa skoro potpuno nestao. Kako se radi o ekonomski vrlo vrijednoj vrsti, potrebno je izvršiti njenu reintrodukciju, pri čemu se mora voditi računa o genetskim karakteristikama i podrijetlu sjemena.

Bašić i sur. (2007) ispitivali su unutarpopulacijsku i međupopulacijsku varijabilnost listova hrasta lužnjaka na području sjeverne Bosne te utvrdili postojanje varijabilnosti svojstava lista unutar svake populacije, kao i među populacijama. Nešto kasnije Ballian i sur. (2010) provode jedno šire regionalno istraživanje koje je većim dijelom usredotočeno na Bosnu i Hercegovinu gdje se potvrđuje međupopulacijska i unutarpopulacijska varijabilnost.

Za razliku od Bosne i Hercegovine, u susjednoj Hrvatskoj je proveden veliki broj istraživanja morfoloških svojstava lužnjaka jer je u pitanju najznačajnija ekomska vrsta kod naših susjeda (Franjić 1993, 1994, 1996, Trinajstić 1988).

Prema Prpiću (1976) kod hrasta lužnjaka postoji vrlo izražena unutarpopulacijska varijabilnost u visini biljaka, težini proizvedene suhe tvari biljaka te u broju korijenskih vršaka kada se biljke iz zemljišta sa suviškom vode i s ocjeditog zemljišta testiraju u uvjetima intenzivnog vlaženja.



Slika 20. Hrast lužnjak u mješovitoj šumi s grabom

Prema Franjiću (1996a), multivarijantnom i univarijantnom analizom morfoloških svojstava lista hrasta lužnjaka utvrđene su signifikantne razlike kako na međupopulacijskom, tako i na unutarpopulacijskom nivou. Razlike između individua unutar populacija su i u ovom istraživanju veće od razlika između populacija.

Klepac i sur. (1996) navode da je morfološka varijabilnost hrasta lužnjaka najdetaljnije istraživana na rubovima njegovog areala (Hoeg 1929, Weimarck 1947, Cousens 1965, Olsson 1976) te u srednjoj Europi (Elsner 1993, Trinajstić i Krstinić 1993, Franjić 1994, Bogdan i sur. 2009).

Metoda mjerenja i obrade podataka



Karta 3. Istraživane populacije hrasta lužnjaka

U bosanskohercegovačkom istraživanju hrasta lužnjaka sakupljen je materijal iz 44 prirodne populacije (karta 3) te je, kao kontrola, korišten materijal iz hrvatskih, srbijanskih i crnogorskih populacija (Memišević 2010; Ballian i sur. 2011). U okviru istraživanja vršena su ispitivanja unutarpopulacijske i međupopulacijske varijabilnosti nekih morfoloških svojstava lista hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). U tu svrhu je u ljeto i jesen 2007. i 2008. godine (početak srpnja do početka listopada) skupljan lisni materijal hrasta lužnjaka na svim lokacijama u Bosni i Hercegovini gdje je pronađeno u skupini najmanje 10 stabala hrasta lužnjaka koja su rađala sjemenom i koja tu predstavljaju prirodnu populaciju.

Lisni materijal skupljan je s plodnih kratkorasta adultnih stabala na osami ili stabala na rubovima šuma jer se u ranijim istraživanjima pokazalo da je ovaj materijal najpodobniji za morfometrijske analize, a dobro reprezentira istraživane populacije.

Također se vodilo računa o tome da populacije budu iz kontrastnih ekoloških uvjeta i da, po mogućnosti, pripadaju različitim fitocenozama i geološkim podlogama.

Sa svakog stabla je sabrano po 30 listova i to s plodnih kratkorasta i južno eksponiranog dijela krošnje. Pri sabiranju materijala rađena je primarna selekcija i nastojalo se da listovi budu ujednačeni, da imaju izražena svojstva koja će se analizirati, i to kako kod listova jednoga stabla, tako i svih stabala iste populacije.

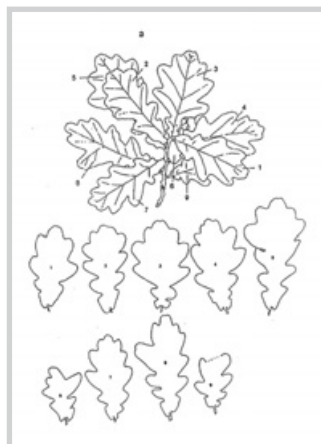


Slika 21. Stablo hrasta lužnjaka pogodno za uzimanje uzorka, lisnoga materijala

Ukupno je u Bosni i Hercegovini sakupljeno 13 200 listova sa 440 stabla iz 44 populacije kako je prikazano u tablici 6. Šesnaest populacija iz Hrvatske, četiri iz Srbije i jedna iz Crne Gore su korištene kao kontrolne populacije u ovom istraživanju. Primijenjena je metoda sakupljanja predložena od Trinajstića (1989).



Slika 22. Primarna selekcija listova



Slika 23. Prikaz kratkog fertilnog izbojka s listovima prema Trinajstiću (1989)

Lisni materijal je osušen standardnim postupkom herbarizacije u novinskom papiru.

Mjereno je 10 listova po stablu, prema metodologiji za istraživanje razlika u morfologiji lista hrastova kitnjaka i lužnjaka (Kremer i sur. 2002).

Tablica 6. Pregled istraživanih populacija u Bosni i Hercegovini

| R. b. | Naziv populacije | Sjeverna g. širina | Istočna g. dužina | NV | KNV | KEVR |
|-------|-----------------------------------|--------------------|-------------------|----|-----|------|
| 1 | Orašje - Donji Žabar - Pelagićevo | 45° 00' 17" | 18° 37' 23" | 82 | 1 | 1 |
| 2 | B. Brod - Zborište | 45° 03' 44" | 18° 00' 24" | 84 | 1 | 1 |
| 3 | Brezovo polje-Vršani Brčko | 44° 49' 26" | 19° 03' 39" | 84 | 1 | 3 |
| 4 | Brčko – Brka | 44° 53' 49" | 18° 42' 17" | 87 | 1 | 1 |
| 5 | Gradiška - Lipnica | 45° 07' 04" | 17° 19' 03" | 91 | 1 | 1 |
| 6 | Bijeljina Patkovača | 44° 43' 50" | 19° 13' 30" | 93 | 1 | 3 |
| 7 | Orahova | 45° 11' 11" | 17° 04' 25" | 96 | 1 | 1 |

Tablica 6. Pregled istraživanih populacija u Bosni i Hercegovini

| R. b. | Naziv populacije | Sjeverna g. širina | Istočna g. dužina | NV | KNV | KEVR |
|-------|--------------------------|--------------------|-------------------|-----|-----|------|
| 8 | Janja Glavičice | 44° 36' 40" | 19° 11' 55" | 124 | 2 | 3 |
| 9 | Dubrave Srebrenik | 44° 49' 06" | 18° 34' 11" | 133 | 2 | 1 |
| 10 | Novi Grad (B. Novi) | 45° 02' 29" | 16° 26' 06" | 136 | 2 | 2 |
| 11 | Zvornik Aluminij | 44° 25' 01" | 19° 07' 22" | 141 | 2 | 3 |
| 12 | Srbac | 44° 57' 23" | 17° 25' 14" | 142 | 2 | 1 |
| 13 | Knežica - B. Dubica | 45° 06' 24" | 16° 40' 32" | 145 | 2 | 2 |
| 14 | Banja Luka - Zalužani | 44° 48' 40" | 17° 12' 03" | 146 | 2 | 2 |
| 15 | Rastavci - Prijedor | 44° 54' 56" | 17° 01' 26" | 147 | 2 | 2 |
| 16 | Prnjavor | 44° 51' 51" | 17° 40' 40" | 151 | 2 | 1 |
| 17 | Jelah | 44° 39' 09" | 17° 56' 46" | 181 | 2 | 1 |
| 18 | Sanski Most - Vrhpolje | 44° 40' 21" | 16° 44' 38" | 190 | 2 | 2 |
| 19 | Živinice - D. Dubrave | 44° 28' 57" | 18° 41' 12" | 216 | 3 | 1 |
| 20 | Žepče | 44° 25' 46" | 18° 03' 22" | 224 | 3 | 9 |
| 21 | Ripač | 44° 46' 31" | 15° 55' 55" | 229 | 3 | 5 |
| 22 | Šeher | 44° 30' 07" | 18° 02' 02" | 230 | 3 | 9 |
| 23 | Kotor Varoš | 44° 39' 12" | 17° 21' 37" | 252 | 3 | 2 |
| 24 | Ključ – Velečevo | 44° 30' 56" | 16° 48' 45" | 260 | 3 | 6 |
| 25 | Mutnica – Cazin | 44° 58' 55" | 15° 50' 56" | 270 | 3 | 5 |
| 26 | Bila Voda - Vinac | 44° 15' 48" | 17° 17' 08" | 408 | 5 | 7 |
| 27 | Visoko | 44° 00' 39" | 18° 08' 46" | 413 | 5 | 8 |
| 28 | Kačuni - Nezirovići | 44° 03' 58" | 17° 56' 11" | 443 | 5 | 8 |
| 29 | Drvar | 44° 23' 39" | 16° 21' 54" | 462 | 5 | 11 |
| 30 | Nević Polje | 44° 11' 46" | 17° 42' 11" | 476 | 5 | 8 |
| 31 | Kiseljak | 43° 56' 30" | 18° 04' 57" | 477 | 5 | 8 |
| 32 | Bojnik | 43° 52' 41" | 18° 17' 34" | 489 | 5 | 8 |
| 33 | Stojčevac – Ilidža | 43° 48' 40" | 18° 17' 25" | 506 | 6 | 8 |
| 34 | Brestovsko | 44° 00' 29" | 18° 01' 30" | 508 | 6 | 8 |
| 35 | Kopčić | 44° 06' 00" | 17° 26' 31" | 537 | 6 | 7 |
| 36 | Olovo | 44° 07' 48" | 18° 36' 14" | 542 | 6 | 9 |
| 37 | Lukavica | 43° 49' 26" | 18° 21' 58" | 552 | 6 | 8 |
| 38 | Miljevina | 43° 31' 06" | 18° 38' 56" | 627 | 7 | 4 |
| 39 | Bosanski Petrovac | 44° 33' 20" | 16° 22' 25" | 672 | 7 | 6 |
| 40 | Posušje | 43° 28' 00" | 17° 19' 40" | 675 | 7 | 12 |
| 41 | Crni lug – Bos. Grahovo | 44° 00' 40" | 16° 39' 06" | 703 | 8 | 12 |
| 42 | Mrkonjić Grad - Čadavica | 44° 27' 04" | 16° 58' 44" | 753 | 8 | 6 |
| 43 | Knežina | 44° 01' 40" | 18° 44' 52" | 759 | 8 | 10 |
| 44 | Sokolac | 43° 55' 17" | 18° 48' 53" | 866 | 9 | 10 |

NV – nadmorska visina

KNV – klasa nadmorske visine

KEVR – klasa po ekološko – vegetacijskoj rajonzaciji

Tablica 6a. Lista istraživanih populacija iz susjednih zemalja

| R.b. | Zemlja | Populacija | Sjev. g. širina | Istočna g. dužina |
|------|-----------|-----------------|-----------------|-------------------|
| 1 | Hrvatska | Motovunska šuma | 45° 20' 00" | 13° 50' 00" |
| 2 | Hrvatska | Skakavac | 45° 29' 00" | 15° 42' 00" |
| 3 | Hrvatska | Orlovac | 45° 33' 00" | 15° 44' 00" |
| 4 | Hrvatska | Velika Gorica | 45° 40' 00" | 16° 10' 00" |
| 5 | Hrvatska | Novska | 45° 19' 08" | 16° 55' 00" |
| 6 | Hrvatska | Lipovljani | 45° 26' 00" | 16° 49' 00" |
| 7 | Hrvatska | Okučani | 45° 11' 00" | 17° 10' 00" |
| 8 | Hrvatska | Đurđenovac | 45° 34' 01" | 18° 18' 03" |
| 9 | Hrvatska | Guševac | 45° 13' 00" | 18° 29' 00" |
| 10 | Hrvatska | Spačva | 45° 56' 00" | 18° 50' 00" |
| 11 | Hrvatska | Gunja | 45° 05' 23" | 18° 49' 11" |
| 12 | Hrvatska | Morović | 45° 02' 00" | 19° 10' 53" |
| 13 | Hrvatska | Dubica | 45° 17' 00" | 16° 44' 00" |
| 14 | Hrvatska | Zdenački gaj | 45° 37' 01" | 17° 04' 00" |
| 15 | Hrvatska | Ključevi | 45° 11' 00" | 17° 21' 00" |
| 16 | Hrvatska | Vrbanja | 45° 01' 00" | 18° 59' 00" |
| 17 | Srbija | Ristovača | 45° 25' 44" | 19° 15' 19" |
| 18 | Srbija | Povoj | 45° 15' 27" | 19° 29' 35" |
| 19 | Srbija | Morović | 44° 58' 30" | 19° 21' 34" |
| 20 | Srbija | Paraćin | 43° 52' 01" | 21° 22' 00" |
| 21 | Crna Gora | Danilovgrad | 42° 33' 03" | 19° 06' 09" |

Nakon što je materijal osušen i selekcioniran pristupljeno je njegovo mjerjenje.

Korištena je metoda koju je dao Franjić (1996d), a modificirali Bašić i sur. (2007), proširena tako što su, osim svojstava koja ona koristi (a – dužina plojke lista; b – dužina peteljke lista; c – udaljenost najšireg dijela plojke od baze plojke; d – širina lijeve poluplojke; e – usječenost lista od središnjeg nerva; f – širina plojke lista; g – usječenost baze plojke; h – broj režnjeva s desne strane, f/a – LL-indeks), uvedena još neka (širina desne poluplojke na visini iz K_3 te izvedene karakteristike: ukupna dužina lista, prosječna dužina režnja, oznaka dlakavosti i oblik baze lista). Mjerena svojstva označena su oznakama od K_1 do K_{14} . Mjerena su i brojena sljedeća svojstva:

K_1 – dužina plojke lista u mm

K_2 – dužina peteljke lista u mm

K_3 – udaljenost najšireg dijela plojke od baze plojke (s desne strane) u mm

K_4 – širina desne poluplojke na visini iz K_3

K_5 – (najveća) širina lijeve poluplojke u mm

K_6 – usječenost lista od središnjeg nerva u mm

K_7 – usječenost baze plojke u mm

Izvedene su sljedeće karakteristike:

K_8 – ukupna dužina lista ($K_1 + K_2$)

K_9 – ukupna širina plojke lista u mm ($K_4 + K_5$)

K_{10} – odnos širine i dužine lista (K_9/K_1)

K_{11} – prosječna dužina režnja (K_1/K_{12})

K_{12} – broj režnjeva s desne strane, komada

K_{13} – ocjena dlakavosti (1 – nema, 2 – u pazuhu lista, 3 – na cijelom listu)

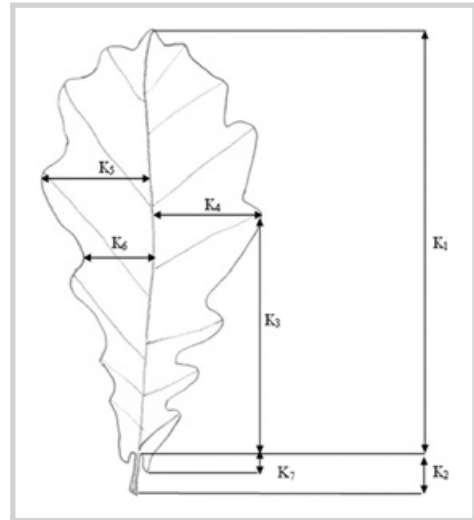
K_{14} – oblik baze lista, prema šemi (1-9)

Mjerenje navedenih svojstava vršeno je na milimetarskom papiru, s preciznošću od 1/10 mm, a ostale karakteristike procjenjivane su vizualno. Nakon izvršenog mjerenja i unosa u računalo, izvršeno je grupiranje dobivenih podataka po tri osnovna kriterija:

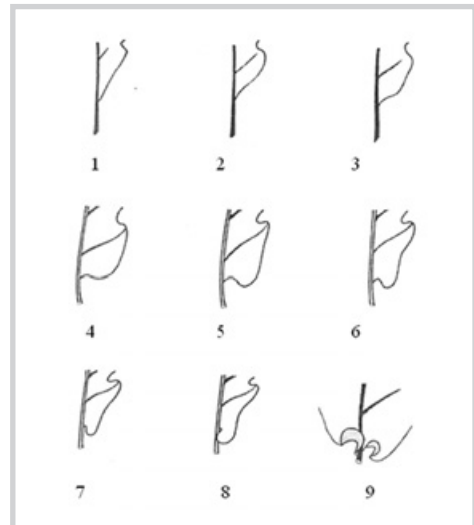
1. Populacija
2. Nadmorska visina
3. Ekološko-vegetacijska rajonizacija

Po faktoru "populacija", podaci su razvrstani u 44 kategorije, kako je naprijed navedeno.

Po faktoru "nadmorska visina", podaci su razvrstani u devet kategorija (tablica 7).



Slika 24. Mjerene karakteristike lista



Slika 25. Oblik baze lista (Kremer i sur. 2002)

Tablica 7. Oznake kategorija podataka po klasama nadmorskih visina

| Oznaka | Raspon nadmorskih visina | Broj populacija |
|--------|--------------------------|-----------------|
| 1 | 0 – 100 m | 7 |
| 2 | 101 – 200 m | 11 |
| 3 | 201 – 300 m | 7 |
| 4 | 301 – 400 m | 0 |
| 5 | 401 – 500 m | 7 |
| 6 | 501 – 600 m | 5 |
| 7 | 601 – 700 m | 3 |
| 8 | 701 – 800 m | 3 |
| 9 | 801 – 900 m | 1 |

Po faktoru “ekološko-vegetacijska rajonizacija”, podaci su razvrstani u devet kategorija (tablica 8).

Tablica 8. Oznake kategorija podataka po ekološko-vegetacijskim oblastima/ područjima/rajonima

| Oznaka | Ekološko – vegetacijska oblast/ područje/rajon | Broj populacija |
|--------|--|-----------------|
| 1 | Pripanonska oblast, Sjeverobosansko područje | 10 |
| 2 | Pripanonska oblast, Sjeverozapadno bosansko područje | 6 |
| 3 | Prijelazno ilirsko-mezijska oblast, Donjedrinsko područje, Semberijsko-posavski rajon | 4 |
| 4 | Prijelazno ilirsko-mezijska oblast, Gornjedrinsko područje, Goraždansko-fočanski rajon | 1 |
| 5 | Oblast unutrašnjih Dinarida, područje Cazinske krajine | 2 |
| 6 | Oblast unutrašnjih Dinarida, Zapadnobosansko krečnjačko-dolomitno područje, Ključko-petrovački rajon | 3 |
| 7 | Oblast unutrašnjih Dinarida, Srednjobosansko područje, Vranički rajon | 2 |
| 8 | Oblast unutrašnjih Dinarida, Srednjobosansko područje, Sarajevsko-zenički rajon | 8 |
| 9 | Oblast unutrašnjih Dinarida, Zavidovičko-tesličko područje | 3 |
| 10 | Oblast unutrašnjih Dinarida, Područje istočnobosanske visoravni, Romanijski rajon | 2 |
| 11 | Mediteransko-dinarska oblast, Submediteransko-planinsko područje | 1 |
| 12 | Mediteransko-dinarska oblast, Submediteransko područje, Submediteranski rajon bez zimzelenih elemenata | 2 |

Mjereni morfološki podaci statistički su obrađeni korištenjem paketa SPSS 15.0 for Windows (SPSS, Inc. 2005). Analize obuhvaćaju:

1. Individualnu unutarpopulacijsku varijabilnost kvantitativnih svojstava kroz deskriptivne pokazatelje: srednju vrijednost, standardnu devijaciju, značajnost razlika i koeficijent varijabilnosti;
2. Testove normalnosti raspodjele za kvantitativna svojstva;
3. Međupopulacijsku varijabilnost kroz standardne statističke pokazatelje: srednju vrijednost, standardnu devijaciju, minimalnu i maksimalnu vrijednost i koeficijent varijabilnosti za kvantitativna, i mod, medijanu i najčešću frekvenciju za kvalitativna svojstva;
4. Analizu varijance za kvantitativna svojstva prema skupinama formiranim po: zemljama podrijetla, klasama nadmorskih visina i ekološko-vegetacijskoj rajonizaciji;
5. Diskriminantnu analizu kvantitativnih svojstava prema skupinama formiranim po: zemljama podrijetla, klasama nadmorskih visina i ekološko-vegetacijskoj rajonizaciji;
6. Multipla testiranja za kvantitativna svojstva: LSD i Duncan;
7. Diskriminantnu analizu, uzimajući u obzir prosječne vrijednosti svih ispitivanih svojstava po populacijama.

Rezultati deskriptivnih pokazatelja unutar populacija su analizirani u cilju utvrđivanja postojanja ili nepostojanja statistički značajnih razlika morfoloških karakteristika listova između stabala jedne populacije.

Rezultati analize varijance i diskriminantne analize su, radi utvrđivanja postojanja statistički značajnih razlika između populacija po zemljama podrijetla, klasama nadmorskih visina i ekološko-vegetacijskim rajonima, analizirani prema skupinama i to:

- prema državama (4 skupine),
- prema nadmorskim visinama (8 skupina),
- prema ekološko-vegetacijskim rajonima u Bosni i Hercegovini (12 skupina).

ANALIZA INDIVIDUALNE UNUTARPOPULACIJSKE VARIJABILNOSTI ISPITIVANIH KVANTITATIVNIH SVOJSTAVA

Analizom rezultata individualne unutarpopulacijske varijabilnosti dobiveni su rezultati koji pokazuju da postoji statistički značajna varijabilnost u svakoj populaciji za većinu ispitivanih svojstava, što je vidljivo iz tablica 9 - 20.

Kao najvarijabilnija svojstva lista hrasta lužnjaka u ovom istraživanju pokazala su se:

K_2 – dužina peteljke lista, čiji je koeficijent varijabilnosti iznosio od 32,59% do 84,26%, K_6 – usječenost lista od središnjeg nerva od 29,16% do 50,82% te K_7 – usječenost baze plojke s koeficijentom varijabilnosti od 37,80% do 142,62%.

Ovi rezultati se poklapaju s rezultatima koje su istraživanjem u četiri populacije u Bosni i Hercegovini dobili Bašić i sur. (2007) gdje su se svojstva dužine peteljke lista, usječenost lista od središnjeg nerva i usječenosti baze plojke također pokazala kao najvarijabilnija svojstva, s koeficijentima varijabilnosti nešto manjim, što je i razumljivo s obzirom na veličinu uzorka, ali ipak vrlo visokim 41,15% - 46,15% za dužinu peteljke, 30,58% - 35,12% za usječenost lista od središnjeg nerva, odnosno 41,86% - 56,47% za usječenost baze plojke.

Do sličnih rezultata kod hrasta lužnjaka je došao i Franjić (1996) u Hrvatskoj koji je ispitivao pet svojstava lista (dužina plojke, širina plojke, dužina peteljke, broj režnjeva s lijeve i broj režnjeva s desne strane). On je utvrdio da se multivarijantno stabla međusobno razlikuju kod svih populacija, a univarijantno da se stabla međusobno razlikuju kod većine populacija po svih pet ispitivanih svojstava. Izuzetak čine neke populacije kod kojih se stabla međusobno signifikantno ne razlikuju po jednom ili više istraživanih svojstava.

(Nepostojanje statistički značajnih razlika unutar pojedinih populacija Franjić objašnjava izoliranošću populacija te selektivnim utjecajem staništa u smislu nemogućnosti preživljavanja većeg broja genotipova u većem broju.)

Dužina plojke lista

Rezultati individualne unutarpopulacijske varijabilnosti pokazuju da postoji statistički visoko značajna varijabilnost ovog svojstva unutar svake populacije (Značajnost < 0,05), kako je prikazano u tablici 9.

Najveći raspon vrijednosti ovoga svojstva pokazala je populacija Žepče gdje su se vrijednosti kretale između 81,0 mm i 141,8 mm. Najmanji raspon vrijednosti imala je populacija Stojčevac - Ilidža, između 65,2 mm i 76,8 mm.

Kod Bašića i sur. (2007) najveći raspon vrijednosti ovoga svojstva imala je populacija Odžak, 77,5 mm do 133,0 mm, a najmanji populacija Novi Šeher, 54,0 mm do 129,0 mm.

Standardna devijacija dužine plojke lista je najmanja u populaciji Stojčevac - Ilidža (što će se pokazati i kod većeg broja ostalih analiziranih karakteristika jer se radi o maloj skupini stabala koja se nalaze vrlo blizu te su, vjerojatno, u srodničkoj vezi) i iznosi 2,8 mm, a najveća u populaciji Bosanski Brod – Zborišta, 14,4 mm.

Najmanji koeficijent varijabilnosti dužine plojke lista bio je u populaciji Stojčevac - Ilidža, 3,85%, a najveći u populaciji Knežica – Bosanska Dubica gdje iznosi 15,58%.

Prema Bašiću i sur. (2007) vrijednost koeficijenta varijabilnosti za svojstvo dužine plojke lista dosta je ujednačenija. Najveća vrijednost bila je u populaciji Novi Šeher i iznosila 14,92%, u populaciji Jelah 13,57%, dok je u ostalim dvjema populacijama približno jednaka.

Minimalnu srednju vrijednost dužine plojke lista u ovom istraživanju imala je populacija Ripač, 64,2 mm, a maksimalnu Prnjavor, 111,3 mm. Prosječna vrijednost prosječne dužine plojke za sve populacije iznosi 82,2 mm.

Ovi rezultati približni su rezultatima istraživanja Bašića i sur. (2007) gdje se vrijednost ovog svojstva za pojedine listove kretala od 54,0 do 143,0 mm, što također odgovara vrijednostima ovog svojstva koje navodi Jovanović (2000).

U Hrvatskoj su ove vrijednosti nešto veće, minimalna 60,2 mm, srednja 99,6 mm, a maksimalna 165,5 mm, dok je standardna devijacija 15,6 mm.

Ekstremne vrijednosti ovog svojstva u Srbiji su još veće te minimum iznosi 66,5 mm, maksimum 162,5 mm, a srednja vrijednost je 107,4 mm. Standardna devijacija je manja nego u Bosni i Hercegovini i Hrvatskoj i iznosi 14,0 mm.

U Crnoj Gori minimum iznosi 76,2 mm, srednja vrijednost 97,8 mm, maksimum 117,3 mm, dok je standardna devijacija manja nego kod ostalih zemalja, što je i logično s obzirom da je analizirana samo jedna populacija iz Crne Gore i iznosi 10,1 mm.

Tablica 9. Individualna unutarpopulacijska varijabilnost svojstva dužine plojke lista

| R.b. | Minimum | Maksimum | Prosjeak | S. devijacija | F | Značajnost | CV |
|-----------------|---------|----------|-------------|---------------|--------|------------|-------|
| 1 | 86,4 | 141,1 | 106,3 | 13,4 | 114,25 | 0,00 | 12,63 |
| 2 | 90,1 | 150,3 | 110,4 | 14,4 | 187,60 | 0,00 | 13,03 |
| 3 | 66,2 | 102,0 | 87,6 | 8,1 | 62,33 | 0,00 | 9,29 |
| 4 | 74,2 | 106,4 | 92,6 | 7,6 | 62,51 | 0,00 | 8,15 |
| 5 | 70,5 | 106,0 | 86,7 | 9,6 | 87,07 | 0,00 | 11,10 |
| 6 | 73,0 | 114,2 | 93,9 | 9,8 | 177,10 | 0,00 | 10,46 |
| 7 | 70,4 | 101,1 | 82,4 | 6,6 | 25,17 | 0,00 | 7,98 |
| 8 | 80,2 | 107,2 | 90,6 | 6,4 | 55,52 | 0,00 | 7,07 |
| 9 | 79,4 | 114,4 | 97,0 | 7,8 | 76,98 | 0,00 | 8,02 |
| 10 | 65,3 | 107,0 | 78,9 | 10,8 | 133,91 | 0,00 | 13,71 |
| 11 | 72,2 | 112,2 | 94,4 | 9,0 | 102,52 | 0,00 | 9,58 |
| 12 | 68,0 | 109,3 | 89,5 | 10,4 | 95,96 | 0,00 | 11,58 |
| 13 | 60,6 | 107,3 | 81,6 | 12,7 | 230,66 | 0,00 | 15,58 |
| 14 | 74,1 | 98,8 | 86,3 | 5,8 | 12,00 | 0,00 | 6,69 |
| 15 | 62,0 | 106,4 | 79,4 | 11,3 | 187,68 | 0,00 | 14,19 |
| 16 | 95,1 | 128,7 | 111,3 | 8,0 | 52,77 | 0,00 | 7,18 |
| 17 | 77,2 | 120,2 | 99,1 | 11,6 | 71,78 | 0,00 | 11,66 |
| 18 | 70,0 | 98,8 | 82,6 | 7,5 | 119,79 | 0,00 | 9,09 |
| 19 | 83,9 | 131,7 | 102,1 | 10,1 | 63,17 | 0,00 | 9,86 |
| 20 | 81,0 | 141,8 | 106,9 | 9,7 | 26,34 | 0,00 | 9,07 |
| 21 | 55,4 | 73,2 | 64,2 | 3,6 | 20,23 | 0,00 | 5,57 |
| 22 | 67,6 | 108,4 | 93,2 | 10,0 | 54,89 | 0,00 | 10,73 |
| 23 | 65,8 | 100,0 | 80,5 | 7,1 | 54,89 | 0,00 | 8,80 |
| 24 | 61,3 | 102,8 | 78,9 | 8,4 | 96,42 | 0,00 | 10,69 |
| 25 | 59,0 | 91,7 | 73,7 | 7,1 | 68,25 | 0,00 | 9,68 |
| 26 | 61,0 | 97,6 | 74,3 | 8,9 | 166,84 | 0,00 | 11,91 |
| 27 | 62,8 | 87,5 | 75,5 | 6,4 | 74,44 | 0,00 | 8,46 |
| 28 | 58,8 | 75,4 | 66,6 | 3,8 | 50,44 | 0,00 | 5,67 |
| 29 | 64,2 | 86,2 | 72,3 | 5,0 | 61,44 | 0,00 | 6,96 |
| 30 | 54,4 | 75,8 | 65,4 | 4,7 | 66,23 | 0,00 | 7,20 |
| 31 | 59,4 | 75,8 | 67,9 | 3,4 | 17,69 | 0,00 | 4,95 |
| 32 | 57,6 | 85,1 | 69,7 | 6,3 | 83,98 | 0,00 | 9,04 |
| 33 | 65,2 | 76,8 | 71,9 | 2,8 | 11,00 | 0,00 | 3,85 |
| 34 | 63,8 | 81,2 | 70,8 | 3,7 | 25,44 | 0,00 | 5,24 |
| 35 | 66,0 | 79,8 | 73,4 | 3,3 | 22,40 | 0,00 | 4,43 |
| 36 | 60,1 | 80,3 | 70,9 | 4,7 | 30,09 | 0,00 | 6,59 |
| 37 | 60,2 | 97,7 | 76,1 | 9,4 | 128,85 | 0,00 | 12,28 |
| 38 | 61,7 | 86,6 | 74,7 | 6,3 | 77,58 | 0,00 | 8,38 |
| 39 | 58,6 | 84,2 | 72,6 | 6,1 | 48,93 | 0,00 | 8,35 |
| 40 | 69,2 | 97,4 | 78,8 | 6,0 | 39,42 | 0,00 | 7,62 |
| 41 | 59,2 | 89,0 | 72,1 | 6,7 | 64,78 | 0,00 | 9,26 |
| 42 | 55,6 | 81,8 | 67,0 | 5,5 | 49,36 | 0,00 | 8,13 |
| 43 | 65,4 | 90,7 | 75,5 | 5,4 | 47,84 | 0,00 | 7,13 |
| 44 | 60,0 | 81,5 | 71,9 | 4,8 | 34,12 | 0,00 | 6,70 |
| Prosjeak | - | - | 82,2 | - | - | - | - |

Dužine peteljke lista

Unutar najvećeg broja populacija utvrđena je statistički visoko značajna varijabilnost ovog svojstva (vrijednost Značajnost $< 0,05$), kako je prikazano u tablici 9. Izuzetak predstavljaju populacije Mrkonjić Grad – Čađavica i Knežina (vrijednost Značajnost $> 0,05$).

S obzirom da neki listovi nisu imali peteljku koja prelazi rub plojke lista, minimalna vrijednost ovog svojstva iznosi 0,0 mm, srednja vrijednost 4,0 mm, maksimalna 14,8 mm, dok je standardna devijacija 2,0 mm (tablica 10).

Najveći raspon vrijednosti ovog svojstva imala je populacija Šeher, 14,8 mm, dok je najmanji raspon imala populacija Kaćuni – Nezirovići, 5,0 mm.

Najveći raspon vrijednosti ovoga svojstva u istraživanju Bašića i sur. (2007. godine) imala je populacija Novi Šeher, od 2,5 mm do 16,5 mm, a najmanji Jelah, od 3,0 mm do 11,0 mm.

Najmanju standardnu devijaciju imaju populacije Kaćuni – Nezirovići i Brestovsko, 1,3 mm, a najveću Šeher, 3,0 mm.

Ovo svojstvo je vrlo varijabilno, što pokazuje koeficijent varijabilnosti. Najmanji koeficijent varijabilnosti dužine peteljke lista je u populaciji Knežina i iznosi 32,59%, a najveći u populaciji Sanski Most – Vrhpolje, 84,26%.

Bašić i sur. (2007) također su našli da dužina peteljke lista ima vrlo visoke vrijednosti koeficijenta varijabilnosti. Najveću vrijednost ima u populaciji Jelah (46,15%), zatim u populaciji Odžak (41,15%), a u populacijama Novi Šeher i Žepče vrijednosti su približne.

Za istraživane populacije iz Hrvatske minimalna vrijednost ovog svojstva iznosi 0,0 mm, srednja vrijednost 4,9 mm, maksimum 14,0 mm, dok je standardna devijacija 2,2 mm.

Za istraživane populacije iz Srbije minimum iznosi 0,0 mm, srednja vrijednost 5,2 mm, maksimum 17,4 mm, dok je standardna devijacija 2,7 mm.

Ekstremne vrijednosti ovog svojstva u istraživanoj crnogorskoj populaciji iznose: minimum 0,0 mm, srednja vrijednost 3,6 mm, maksimum 8,6 mm, dok je standardna devijacija najmanja i iznosi 2,0 mm.

| Tablica 10. Individualna unutarpopulacijska varijabilnost svojstva dužine peteljke lista | | | | | | | |
|--|---------|----------|------------|---------------|-------|------------|-------|
| R.b. | Minimum | Maksimum | Prosjek | S. devijacija | F | Značajnost | CV |
| 1 | 0,0 | 12,0 | 5,4 | 2,3 | 8,84 | 0,00 | 42,52 |
| 2 | 0,0 | 13,2 | 4,0 | 2,7 | 12,97 | 0,00 | 66,10 |
| 3 | 0,2 | 12,4 | 4,9 | 2,5 | 21,99 | 0,00 | 49,89 |
| 4 | 0,2 | 9,8 | 4,1 | 2,1 | 4,94 | 0,00 | 51,14 |
| 5 | 0,0 | 10,5 | 4,1 | 2,2 | 9,31 | 0,00 | 53,79 |
| 6 | 0,2 | 10,0 | 4,6 | 2,4 | 16,54 | 0,00 | 52,14 |
| 7 | 0,6 | 9,9 | 5,3 | 2,3 | 25,20 | 0,00 | 42,90 |
| 8 | 0,2 | 9,8 | 4,0 | 2,1 | 6,13 | 0,00 | 51,72 |
| 9 | 0,2 | 10,4 | 4,3 | 2,1 | 2,63 | 0,01 | 48,47 |
| 10 | 0,6 | 10,9 | 4,6 | 2,1 | 6,65 | 0,00 | 46,80 |
| 11 | 0,2 | 10,4 | 4,0 | 2,0 | 3,68 | 0,00 | 51,41 |
| 12 | 0,2 | 11,6 | 4,5 | 2,5 | 10,05 | 0,00 | 56,42 |
| 13 | 1,7 | 11,4 | 5,1 | 2,1 | 11,52 | 0,00 | 40,25 |
| 14 | 0,0 | 8,9 | 4,4 | 1,7 | 3,15 | 0,00 | 38,60 |
| 15 | 0,2 | 8,0 | 3,2 | 1,9 | 6,58 | 0,00 | 58,99 |
| 16 | 0,0 | 10,4 | 4,3 | 2,4 | 11,70 | 0,00 | 57,45 |
| 17 | 0,0 | 9,4 | 3,9 | 1,8 | 2,47 | 0,01 | 46,77 |
| 18 | 0,2 | 9,2 | 2,3 | 1,9 | 12,33 | 0,00 | 84,26 |
| 19 | 0,0 | 12,8 | 5,2 | 2,6 | 11,85 | 0,00 | 49,52 |
| 20 | 0,0 | 11,4 | 3,8 | 2,4 | 6,88 | 0,00 | 64,02 |
| 21 | 0,2 | 7,6 | 2,9 | 1,5 | 2,24 | 0,03 | 51,43 |
| 22 | 0,0 | 14,8 | 4,7 | 3,0 | 27,33 | 0,00 | 63,69 |
| 23 | 0,2 | 9,5 | 4,2 | 1,8 | 6,32 | 0,00 | 43,50 |
| 24 | 0,0 | 7,5 | 3,2 | 1,7 | 6,70 | 0,00 | 51,97 |
| 25 | 0,2 | 10,7 | 4,5 | 2,3 | 15,61 | 0,00 | 51,14 |
| 26 | 0,0 | 9,8 | 3,4 | 2,2 | 19,16 | 0,00 | 64,38 |
| 27 | 0,0 | 7,2 | 4,0 | 1,6 | 3,15 | 0,00 | 40,67 |
| 28 | 0,2 | 5,2 | 2,7 | 1,3 | 9,03 | 0,00 | 46,21 |
| 29 | 0,0 | 12,8 | 4,7 | 2,3 | 7,26 | 0,00 | 48,61 |
| 30 | 0,2 | 8,8 | 3,2 | 1,6 | 3,99 | 0,00 | 51,57 |
| 31 | 0,0 | 8,8 | 3,4 | 1,8 | 4,29 | 0,00 | 54,16 |
| 32 | 0,0 | 8,7 | 3,7 | 1,9 | 8,01 | 0,00 | 50,72 |
| 33 | 0,4 | 9,0 | 4,5 | 2,1 | 17,95 | 0,00 | 46,04 |
| 34 | 0,4 | 6,2 | 3,2 | 1,3 | 2,15 | 0,03 | 42,36 |
| 35 | 0,8 | 8,8 | 3,9 | 1,5 | 3,23 | 0,00 | 38,60 |
| 36 | 0,0 | 8,4 | 3,5 | 1,8 | 10,74 | 0,00 | 51,65 |
| 37 | 0,0 | 7,0 | 2,9 | 1,6 | 5,85 | 0,00 | 54,81 |
| 38 | 0,0 | 8,4 | 3,3 | 1,5 | 6,52 | 0,00 | 44,69 |
| 39 | 0,0 | 9,8 | 3,1 | 1,9 | 6,01 | 0,00 | 60,38 |
| 40 | 0,0 | 10,2 | 3,7 | 2,3 | 17,47 | 0,00 | 61,56 |
| 41 | 0,0 | 8,0 | 3,6 | 1,7 | 3,85 | 0,00 | 49,06 |
| 42 | 0,0 | 9,0 | 4,2 | 1,7 | 1,04 | 0,42 | 40,35 |
| 43 | 0,0 | 9,3 | 4,7 | 1,5 | 1,30 | 0,25 | 32,59 |
| 44 | 0,0 | 9,0 | 4,6 | 2,1 | 15,46 | 0,00 | 45,56 |
| Prosjek | - | - | 4,0 | - | - | - | - |



Slika 26. Hrast lužnjak na Petrovačkom polju

Udaljenosti najšireg dijela plojke od baze lista

Kako je predstavljeno u tablici 11, analizom rezultata individualne unutarpopulacijske varijabilnosti utvrđena je statistički visoko značajna varijabilnost ovog svojstva unutar najvećeg broja populacija (vrijednost Značajnost $< 0,05$), osim u populacijama Banja Luka - Zalužani, Prnjavor, Kaćuni – Nezirovići, Kiseljak, Stojčevac – Ilidža.

Minimalna zabilježena vrijednost iznosi 19,2 mm, srednja vrijednost 49,2 mm, maksimalna 97,0 mm, dok je standardna devijacija 12,4 mm.

Najveći raspon vrijednosti ovog svojstva ima populacija Donji Žabar – Pelagićevo, 61,0 mm, a najmanji populacija Kaćuni – Nezirovići, 27,6 mm.

U istraživanju Bašića i sur. (2007) najveći raspon imala je populacija Žepče, od 28,0 do 100,0 mm, a najmanji Jelah, od 26,0 mm do 90,0 mm.

Tablica 11. Individualna unutarpopulacijska varijabilnost udaljenosti najšireg dijela plojke od baze plojke

| R.b. | Minimum | Maksimum | Prosjek | S. devijacija | F | Značajnost | CV |
|----------------|---------|----------|-------------|---------------|-------|------------|-------|
| 1 | 36,0 | 97,0 | 64,1 | 12,3 | 5,79 | 0,00 | 19,13 |
| 2 | 45,0 | 96,0 | 67,6 | 11,8 | 9,19 | 0,00 | 17,40 |
| 3 | 29,6 | 70,6 | 52,4 | 9,0 | 7,16 | 0,00 | 17,14 |
| 4 | 28,8 | 74,6 | 54,8 | 10,2 | 4,73 | 0,00 | 18,66 |
| 5 | 33,0 | 83,0 | 54,5 | 10,5 | 10,35 | 0,00 | 19,31 |
| 6 | 27,6 | 84,6 | 54,3 | 11,3 | 5,40 | 0,00 | 20,76 |
| 7 | 29,0 | 68,0 | 48,1 | 8,4 | 3,22 | 0,00 | 17,49 |
| 8 | 31,6 | 73,2 | 55,0 | 8,5 | 2,34 | 0,02 | 15,48 |
| 9 | 25,6 | 81,0 | 59,4 | 11,2 | 5,18 | 0,00 | 18,88 |
| 10 | 25,0 | 76,0 | 49,1 | 10,2 | 6,94 | 0,00 | 20,85 |
| 11 | 37,2 | 81,2 | 61,3 | 9,7 | 8,08 | 0,00 | 15,84 |
| 12 | 27,0 | 77,0 | 52,8 | 12,0 | 7,46 | 0,00 | 22,70 |
| 13 | 35,0 | 80,0 | 49,0 | 10,1 | 8,52 | 0,00 | 20,56 |
| 14 | 33,0 | 70,0 | 52,8 | 8,6 | 1,22 | 0,29 | 16,20 |
| 15 | 25,4 | 79,0 | 47,3 | 11,5 | 8,15 | 0,00 | 24,37 |
| 16 | 41,0 | 97,0 | 67,6 | 10,5 | 1,66 | 0,11 | 15,53 |
| 17 | 31,6 | 87,0 | 61,1 | 11,8 | 5,25 | 0,00 | 19,37 |
| 18 | 31,0 | 74,4 | 49,4 | 9,6 | 2,85 | 0,01 | 19,47 |
| 19 | 32,0 | 91,0 | 61,6 | 10,1 | 3,43 | 0,00 | 16,32 |
| 20 | 36,2 | 92,0 | 64,0 | 11,4 | 4,10 | 0,00 | 17,90 |
| 21 | 23,2 | 54,6 | 36,7 | 7,7 | 3,16 | 0,00 | 21,07 |
| 22 | 24,2 | 79,2 | 55,2 | 12,3 | 5,59 | 0,00 | 22,35 |
| 23 | 31,0 | 67,0 | 47,5 | 8,5 | 3,07 | 0,00 | 17,84 |
| 24 | 25,0 | 70,0 | 45,7 | 10,0 | 4,51 | 0,00 | 21,94 |
| 25 | 25,0 | 63,0 | 44,9 | 8,2 | 3,65 | 0,00 | 18,30 |
| 26 | 24,0 | 61,0 | 44,1 | 8,7 | 6,99 | 0,00 | 19,75 |
| 27 | 30,0 | 64,0 | 45,8 | 8,4 | 2,63 | 0,01 | 18,43 |
| 28 | 26,6 | 54,2 | 39,4 | 6,9 | 1,73 | 0,09 | 17,49 |
| 29 | 24,2 | 58,2 | 41,5 | 7,6 | 3,64 | 0,00 | 18,39 |
| 30 | 21,6 | 54,2 | 38,5 | 6,9 | 3,49 | 0,00 | 17,90 |
| 31 | 22,6 | 57,2 | 41,4 | 7,2 | 1,00 | 0,45 | 17,38 |
| 32 | 26,0 | 64,0 | 42,6 | 8,4 | 2,90 | 0,00 | 19,65 |
| 33 | 25,2 | 58,4 | 42,2 | 7,4 | 0,71 | 0,70 | 17,48 |
| 34 | 21,6 | 55,6 | 39,9 | 7,2 | 2,33 | 0,02 | 18,07 |
| 35 | 26,2 | 60,4 | 44,5 | 7,8 | 2,13 | 0,04 | 17,50 |
| 36 | 25,0 | 61,0 | 42,5 | 7,6 | 5,18 | 0,00 | 17,78 |
| 37 | 26,0 | 63,0 | 43,9 | 8,6 | 4,88 | 0,00 | 19,64 |
| 38 | 27,0 | 67,0 | 46,2 | 8,8 | 3,71 | 0,00 | 18,98 |
| 39 | 19,2 | 64,4 | 41,4 | 8,7 | 4,25 | 0,00 | 20,98 |
| 40 | 23,2 | 66,4 | 46,9 | 9,5 | 4,25 | 0,00 | 20,28 |
| 41 | 27,2 | 63,6 | 44,5 | 8,7 | 3,84 | 0,00 | 19,60 |
| 42 | 22,6 | 57,6 | 39,7 | 7,4 | 6,04 | 0,00 | 18,68 |
| 43 | 24,0 | 66,0 | 43,7 | 8,6 | 7,50 | 0,00 | 19,70 |
| 44 | 26,0 | 61,0 | 42,3 | 8,1 | 3,83 | 0,00 | 19,24 |
| Prosjek | - | - | 49,2 | - | - | - | - |

Najmanju standardnu devijaciju ovog ispitivanog svojstva imaju populacije Kaćuni – Nezirovići i Nević Polje, 6,9 mm, a najveću Donji Žabar – Pelagićevo i Šeher, 12,3 mm.

Prema istraživanju Bašića i sur. (2007) standardna devijacija ovog svojstva kretala se od 12,4 mm za populaciju Jelah do 13,6 mm za populaciju Žepče.

Koeficijent varijabilnosti ovog svojstva najmanji je u populaciji Janja Glavičica i iznosi 15,48%, a najveći Rastavci – Prijedor 24,37%, dok su Bašić i sur. (2007) dobili najmanji koeficijent varijabilnosti za populaciju Jelah 20,33%, a najveći za Novi Šeher 24,25%.

Minimalna vrijednost izmjerena u hrvatskim populacijama iznosi 20,0 mm, srednja vrijednost 60,2 mm, maksimum 110,0 mm, standardna devijacija 13,6 mm.

Ekstremne vrijednosti za srbijanske populacije iznose: minimum 33,0 mm, srednja vrijednost 66,0 mm, maksimum 111,0 mm, dok je standardna devijacija 13,0 mm.

Ekstremne vrijednosti za Crnu Goru iznose: minimum 33,0 mm, srednja vrijednost 59,5 mm, maksimum 95,0 mm, dok je standardna devijacija 12,2 mm.

Širina desne poluplojke

Rezultati individualne unutarpopulacijske varijabilnosti prikazani u tablici 12 pokazuju da postoji statistički visoko značajna varijabilnost ovog svojstva (vrijednost Značajnost < 0,05) unutar najvećeg broja populacija (vrijednost), osim u populacijama Visoko, Kiseljak, Kopčić i Bosanski Petrovac.

Najmanja izmjerena širina desne poluplojke iznosi 11,1 mm, srednja 24,6 mm, najveća 54,0 mm. Standardna devijacija iznosi 4,1 mm.

Najveći raspon vrijednosti ovoga svojstva ima populacija Šeher, 37,2 mm, a najmanji Kopčić, 10,0 mm.

Standardna devijacija je najmanja u populaciji Kopčić i iznosi 2,2 mm, a najveća u populaciji Donji Žabar – Pelagićevo, 6,8 mm.

U populaciji Kopčić je koeficijent varijabilnosti najmanji, 9,8%, a u populaciji Knežica – Bosanska Dubica najveći, 25,83%.

Ispitivane populacije iz Hrvatske imaju minimalnu vrijednost 13,2 mm, srednju 30,5 mm te maksimalnu 68,0 mm, dok je standardna devijacija 7,0 mm.

Tablica 12. Individualna unutarpopulacijska varijabilnost svojstva (najveće) širine desne poluplojke

| R.b. | Minimum | Maksimum | Prosjek | S. devijacija | F | Značajnost | CV |
|----------------|---------|----------|-------------|---------------|-------|------------|-------|
| 1 | 22,0 | 54,0 | 34,3 | 6,8 | 12,03 | 0,00 | 19,73 |
| 2 | 25,9 | 51,7 | 34,6 | 5,7 | 8,13 | 0,00 | 16,60 |
| 3 | 11,6 | 37,8 | 26,4 | 5,1 | 9,20 | 0,00 | 19,23 |
| 4 | 18,2 | 36,2 | 28,2 | 4,0 | 3,65 | 0,00 | 14,06 |
| 5 | 19,8 | 36,8 | 26,2 | 3,5 | 3,77 | 0,00 | 13,17 |
| 6 | 15,0 | 43,6 | 27,9 | 4,9 | 9,68 | 0,00 | 17,52 |
| 7 | 12,5 | 43,1 | 23,7 | 5,4 | 12,18 | 0,00 | 22,79 |
| 8 | 18,4 | 38,8 | 26,9 | 4,3 | 2,98 | 0,00 | 15,89 |
| 9 | 18,2 | 37,2 | 28,1 | 4,7 | 12,37 | 0,00 | 16,79 |
| 10 | 12,1 | 38,5 | 22,8 | 4,6 | 7,71 | 0,00 | 20,30 |
| 11 | 18,4 | 35,2 | 27,5 | 3,9 | 5,33 | 0,00 | 14,27 |
| 12 | 16,6 | 39,3 | 26,1 | 4,7 | 5,75 | 0,00 | 18,10 |
| 13 | 15,6 | 42,0 | 25,4 | 6,6 | 51,92 | 0,00 | 25,83 |
| 14 | 18,5 | 40,2 | 25,7 | 3,9 | 2,06 | 0,04 | 15,05 |
| 15 | 12,8 | 34,8 | 22,3 | 4,6 | 15,26 | 0,00 | 20,69 |
| 16 | 20,6 | 49,2 | 34,8 | 6,1 | 12,46 | 0,00 | 17,44 |
| 17 | 16,8 | 42,2 | 28,8 | 5,1 | 9,11 | 0,00 | 17,85 |
| 18 | 12,8 | 34,2 | 23,8 | 4,2 | 9,14 | 0,00 | 17,48 |
| 19 | 20,7 | 48,0 | 31,0 | 5,5 | 7,90 | 0,00 | 17,77 |
| 20 | 21,2 | 43,4 | 31,7 | 4,9 | 3,49 | 0,00 | 15,29 |
| 21 | 12,4 | 24,4 | 19,1 | 2,6 | 2,81 | 0,01 | 13,78 |
| 22 | 15,8 | 53,0 | 26,8 | 6,5 | 7,44 | 0,00 | 24,06 |
| 23 | 14,6 | 36,5 | 24,2 | 4,0 | 7,68 | 0,00 | 16,40 |
| 24 | 12,8 | 32,5 | 23,5 | 3,9 | 8,01 | 0,00 | 16,47 |
| 25 | 15,6 | 32,4 | 22,3 | 3,3 | 8,97 | 0,00 | 14,59 |
| 26 | 14,0 | 30,6 | 22,2 | 3,7 | 3,15 | 0,00 | 16,65 |
| 27 | 12,4 | 30,6 | 22,4 | 3,4 | 1,95 | 0,05 | 15,01 |
| 28 | 12,4 | 26,2 | 19,9 | 2,7 | 2,84 | 0,01 | 13,78 |
| 29 | 15,6 | 29,4 | 21,5 | 3,0 | 5,87 | 0,00 | 13,75 |
| 30 | 11,2 | 26,2 | 19,8 | 3,0 | 3,72 | 0,00 | 15,29 |
| 31 | 14,8 | 26,6 | 20,0 | 2,5 | 1,25 | 0,28 | 12,25 |
| 32 | 11,1 | 33,1 | 20,6 | 3,6 | 4,56 | 0,00 | 17,69 |
| 33 | 15,6 | 29,4 | 21,3 | 2,5 | 3,30 | 0,00 | 11,73 |
| 34 | 12,0 | 26,6 | 20,2 | 3,2 | 9,93 | 0,00 | 15,61 |
| 35 | 18,2 | 28,2 | 22,5 | 2,2 | 1,00 | 0,45 | 9,80 |
| 36 | 13,3 | 28,3 | 21,7 | 3,2 | 3,18 | 0,00 | 14,89 |
| 37 | 15,0 | 35,0 | 23,9 | 4,7 | 20,19 | 0,00 | 19,80 |
| 38 | 15,5 | 32,6 | 23,2 | 3,2 | 4,61 | 0,00 | 13,91 |
| 39 | 15,2 | 35,8 | 22,8 | 3,6 | 1,34 | 0,23 | 15,83 |
| 40 | 13,6 | 39,0 | 24,7 | 4,7 | 7,52 | 0,00 | 18,85 |
| 41 | 11,6 | 27,8 | 21,1 | 3,1 | 4,53 | 0,00 | 14,60 |
| 42 | 11,6 | 27,0 | 19,6 | 3,2 | 4,06 | 0,00 | 16,13 |
| 43 | 13,7 | 29,3 | 21,2 | 3,5 | 8,12 | 0,00 | 16,68 |
| 44 | 13,7 | 27,6 | 21,3 | 3,0 | 3,78 | 0,00 | 14,24 |
| Prosjek | - | - | 24,6 | - | - | - | - |

Minimum za Srbiju iznosi 15,2 mm, srednja vrijednost 32,0 mm, maksimum 57,6 mm, dok je standardna devijacija 6,6 mm.

Crna Gora ima minimalnu vrijednost 18,7 mm, srednju vrijednost 28,8 mm, maksimum 51,0 mm. Standardna devijacija za Crnu Goru iznosi 6,12 mm.

Širina lijeve poluplojke

Populacije Stojčevac - Iliđa, Kopčić i Knežina nisu pokazale statistički značajnu varijabilnost ovog svojstva (vrijednost Sig > 0,05), dok je u svim ostalim istraživanim populacijama ona statistički visoko značajna (vrijednost Značajnost < 0,05), kako je prikazano u tablici 13.

Minimalna vrijednost ovog svojstva iznosi 3,8 mm, srednja 24,4 mm, maksimalna 54,6 mm, dok je standardna devijacija 4,1 mm.

Najveći raspon variranja ovo svojstvo imalo je u populaciji Prnjavor, 33,2 mm, a najmanji u populaciji Ripač, 11,0 mm.

Bašić i sur. (2007) imali su najveći raspon vrijednosti u populaciji Jelah, od 18,0 mm do 58,0 mm, a najmanji u Novom Šeheru, od 13,0 mm do 42,0 mm.

Najmanju standardnu devijaciju imala je populacija Ripač, 2,4 mm, a najveću Prnjavor, 6,3 mm.

Prema Bašiću i sur. (2007), najmanju standardnu devijaciju je imala populacija Novi Šeher, 5,2 mm, a najveću Odžak, 6,0 mm.

Populacija Kopčić pokazala je najmanje variranje ovog svojstva, s koeficijentom varijabilnosti 11,35%, a najveće Bila Voda – Vinac, 24,22%.

Koeficijent varijabilnosti u istraživanju Bašića i sur. (2007) imao je svoju najmanju vrijednost u populaciji Žepče, 17,67%, a najveću u populaciji Novi Šeher, 19,81%.

Ekstremne vrijednosti ovog svojstva za Hrvatsku su: minimum 12,1 mm, srednja vrijednost 30,3 mm, maksimum 61,0 mm, dok je standardna devijacija 6,9 mm.

Za Srbiju ove vrijednosti iznose: minimum 14,0 mm, srednja vrijednost 32,6 mm, maksimum 69,0 mm, dok je standardna devijacija 7,2 mm.

Minimum za Crnu Goru iznosi 20,2 mm, srednja vrijednost 30,4 mm, dok je maksimum 46,1 mm. Standardna devijacija iznosi 5,62 mm.

Tablica 13. Individualna unutarpopulacijska varijabilnost svojstava (najveće) širine lijeve poluplojke

| R.b. | Minimum | Maksimum | Prosjek | S. devijacija | F | Značajnost | CV |
|----------------|---------|----------|-------------|---------------|-------|------------|-------|
| 1 | 20,2 | 47,0 | 33,4 | 5,5 | 10,37 | 0,00 | 16,50 |
| 2 | 22,0 | 51,0 | 34,0 | 5,8 | 5,14 | 0,00 | 17,14 |
| 3 | 14,4 | 38,2 | 25,4 | 4,9 | 12,28 | 0,00 | 19,36 |
| 4 | 15,0 | 41,2 | 27,8 | 4,3 | 3,81 | 0,00 | 15,43 |
| 5 | 15,7 | 33,5 | 25,2 | 3,6 | 4,66 | 0,00 | 14,22 |
| 6 | 18,0 | 46,6 | 28,6 | 5,4 | 10,14 | 0,00 | 18,86 |
| 7 | 14,7 | 38,4 | 24,3 | 4,7 | 6,50 | 0,00 | 19,28 |
| 8 | 16,4 | 40,8 | 26,9 | 4,8 | 3,66 | 0,00 | 17,94 |
| 9 | 17,8 | 38,2 | 29,5 | 4,9 | 8,30 | 0,00 | 16,58 |
| 10 | 10,3 | 35,7 | 23,2 | 4,2 | 10,50 | 0,00 | 18,00 |
| 11 | 15,8 | 37,0 | 27,7 | 4,2 | 8,29 | 0,00 | 15,20 |
| 12 | 14,8 | 37,0 | 25,9 | 4,8 | 8,59 | 0,00 | 18,39 |
| 13 | 15,0 | 38,9 | 24,3 | 5,6 | 31,02 | 0,00 | 22,97 |
| 14 | 16,2 | 39,0 | 26,8 | 4,6 | 6,89 | 0,00 | 17,26 |
| 15 | 14,4 | 35,0 | 22,8 | 4,6 | 7,89 | 0,00 | 19,97 |
| 16 | 21,4 | 54,6 | 35,7 | 6,3 | 5,93 | 0,00 | 17,54 |
| 17 | 17,8 | 43,0 | 29,5 | 5,9 | 14,34 | 0,00 | 19,97 |
| 18 | 14,8 | 36,4 | 23,8 | 4,1 | 11,88 | 0,00 | 17,05 |
| 19 | 20,0 | 49,1 | 31,5 | 5,5 | 9,50 | 0,00 | 17,40 |
| 20 | 21,8 | 44,2 | 32,2 | 5,0 | 11,42 | 0,00 | 15,52 |
| 21 | 14,2 | 25,2 | 19,1 | 2,4 | 3,53 | 0,00 | 12,57 |
| 22 | 17,6 | 37,8 | 25,8 | 4,2 | 6,21 | 0,00 | 16,39 |
| 23 | 14,2 | 34,2 | 23,8 | 3,6 | 5,10 | 0,00 | 15,06 |
| 24 | 16,0 | 31,4 | 23,1 | 3,8 | 5,50 | 0,00 | 16,57 |
| 25 | 15,6 | 31,2 | 22,4 | 3,4 | 5,86 | 0,00 | 15,06 |
| 26 | 3,8 | 31,4 | 20,7 | 5,0 | 15,40 | 0,00 | 24,22 |
| 27 | 14,1 | 30,4 | 22,7 | 3,4 | 3,76 | 0,00 | 15,14 |
| 28 | 13,0 | 25,2 | 19,5 | 2,5 | 6,23 | 0,00 | 13,03 |
| 29 | 14,0 | 28,6 | 21,5 | 3,2 | 5,43 | 0,00 | 15,08 |
| 30 | 13,2 | 27,8 | 19,3 | 3,0 | 5,39 | 0,00 | 15,70 |
| 31 | 15,0 | 29,8 | 20,2 | 2,7 | 2,59 | 0,01 | 13,35 |
| 32 | 12,0 | 28,2 | 20,0 | 3,3 | 5,30 | 0,00 | 16,72 |
| 33 | 14,6 | 27,2 | 21,0 | 2,6 | 0,99 | 0,45 | 12,28 |
| 34 | 13,0 | 28,2 | 20,4 | 3,1 | 2,54 | 0,01 | 15,31 |
| 35 | 17,2 | 28,4 | 22,3 | 2,5 | 1,97 | 0,05 | 11,35 |
| 36 | 13,5 | 27,4 | 21,1 | 3,0 | 4,41 | 0,00 | 14,41 |
| 37 | 13,2 | 35,7 | 22,9 | 5,1 | 19,99 | 0,00 | 22,08 |
| 38 | 15,5 | 32,8 | 22,3 | 3,3 | 7,24 | 0,00 | 14,73 |
| 39 | 15,2 | 33,0 | 21,8 | 3,8 | 3,14 | 0,00 | 17,43 |
| 40 | 17,8 | 36,4 | 25,3 | 4,0 | 5,02 | 0,00 | 15,94 |
| 41 | 13,8 | 28,6 | 21,2 | 3,1 | 6,15 | 0,00 | 14,63 |
| 42 | 13,2 | 27,8 | 19,6 | 2,9 | 3,10 | 0,00 | 14,85 |
| 43 | 13,9 | 28,9 | 20,3 | 3,2 | 1,51 | 0,16 | 15,50 |
| 44 | 11,6 | 28,0 | 21,0 | 3,4 | 5,10 | 0,00 | 16,06 |
| Prosjek | - | - | 24,4 | - | - | - | - |

Usječenost lista od središnjeg nerva

Analizom rezultata individualne unutarpopulacijske varijabilnosti (tablica 14) utvrđena je statistički visoko značajna varijabilnost ovoga svojstva unutar najvećeg broja populacija (vrijednost Značajnost < 0,05), osim u populacijama Banja Luka – Zalužani, Rasavci - Prijedor, Ripač, Šeher, Bila Voda – Vinac i Nević Polje.



Slika 27. Stari hrast lužnjak u selu Ljubatovići kod Novog Šehera

Tablica 14. Individualna unutarpopulacijska varijabilnost svojstva usječenost lista od središnjeg nerva

| R.b. | Minimum | Maksimum | Prosjek | S. devijacija | F | Značajnost | CV |
|----------------|---------|----------|---------|---------------|-------|------------|-------|
| 1 | 2,8 | 31,6 | 14,1 | 5,8 | 2,53 | 0,01 | 40,90 |
| 2 | 0,2 | 22,8 | 12,1 | 5,3 | 4,52 | 0,00 | 43,75 |
| 3 | 0,6 | 21,4 | 11,4 | 4,4 | 5,97 | 0,00 | 38,83 |
| 4 | 2,6 | 28,4 | 13,1 | 5,0 | 4,00 | 0,00 | 38,55 |
| 5 | 2,6 | 22,0 | 11,7 | 4,2 | 5,42 | 0,00 | 35,69 |
| 6 | 2,0 | 21,0 | 11,1 | 3,8 | 4,32 | 0,00 | 34,67 |
| 7 | 0,2 | 20,1 | 10,2 | 3,9 | 7,64 | 0,00 | 38,14 |
| 8 | 2,8 | 21,4 | 11,2 | 4,2 | 2,63 | 0,01 | 37,50 |
| 9 | 2,0 | 26,0 | 12,0 | 4,8 | 4,18 | 0,00 | 39,95 |
| 10 | 0,2 | 19,0 | 8,2 | 4,2 | 5,75 | 0,00 | 50,82 |
| 11 | 2,6 | 19,4 | 10,7 | 3,6 | 2,25 | 0,03 | 33,50 |
| 12 | 3,1 | 22,0 | 10,5 | 4,4 | 3,68 | 0,00 | 42,03 |
| 13 | 2,8 | 25,4 | 10,7 | 4,1 | 3,26 | 0,00 | 38,41 |
| 14 | 0,2 | 21,7 | 11,3 | 3,9 | 1,88 | 0,06 | 34,51 |
| 15 | 3,2 | 17,0 | 10,1 | 2,9 | 0,91 | 0,52 | 29,16 |
| 16 | 4,2 | 26,5 | 14,4 | 5,2 | 2,43 | 0,02 | 35,94 |
| 17 | 1,0 | 22,8 | 10,3 | 4,8 | 2,95 | 0,00 | 46,11 |
| 18 | 1,0 | 22,0 | 9,8 | 4,2 | 3,81 | 0,00 | 43,31 |
| 19 | 0,4 | 26,4 | 13,9 | 5,3 | 4,81 | 0,00 | 37,91 |
| 20 | 3,6 | 31,0 | 12,4 | 5,4 | 11,36 | 0,00 | 43,97 |
| 21 | 2,8 | 16,2 | 8,2 | 2,5 | 1,44 | 0,18 | 29,96 |
| 22 | 4,2 | 19,2 | 11,1 | 3,8 | 1,58 | 0,13 | 34,50 |
| 23 | 0,2 | 19,3 | 10,1 | 4,0 | 3,86 | 0,00 | 39,58 |
| 24 | 0,4 | 17,2 | 8,2 | 3,3 | 4,30 | 0,00 | 40,25 |
| 25 | 2,5 | 21,3 | 9,3 | 3,2 | 3,35 | 0,00 | 34,82 |
| 26 | 2,1 | 16,8 | 9,1 | 3,6 | 1,65 | 0,11 | 39,72 |
| 27 | 1,1 | 17,9 | 9,2 | 3,3 | 2,82 | 0,01 | 35,39 |
| 28 | 1,4 | 15,4 | 7,3 | 3,4 | 10,09 | 0,00 | 45,97 |
| 29 | 2,4 | 17,2 | 9,0 | 3,2 | 2,84 | 0,01 | 35,52 |
| 30 | 2,6 | 16,0 | 7,9 | 2,8 | 1,33 | 0,23 | 35,53 |
| 31 | 2,0 | 15,6 | 8,4 | 2,9 | 2,70 | 0,01 | 34,33 |
| 32 | 1,0 | 15,3 | 8,1 | 3,4 | 6,90 | 0,00 | 42,64 |
| 33 | 1,0 | 16,0 | 8,1 | 3,0 | 6,42 | 0,00 | 37,70 |
| 34 | 0,2 | 17,6 | 8,0 | 3,3 | 7,63 | 0,00 | 40,79 |
| 35 | 2,2 | 17,0 | 8,7 | 3,3 | 4,19 | 0,00 | 37,72 |
| 36 | 0,2 | 17,3 | 9,6 | 3,6 | 3,42 | 0,00 | 37,55 |
| 37 | 0,2 | 22,0 | 9,0 | 3,8 | 3,40 | 0,00 | 42,53 |
| 38 | 0,2 | 16,0 | 8,2 | 3,7 | 5,68 | 0,00 | 45,57 |
| 39 | 1,0 | 16,4 | 7,7 | 3,5 | 5,58 | 0,00 | 45,24 |
| 40 | 0,2 | 16,6 | 7,1 | 3,3 | 3,35 | 0,00 | 45,88 |
| 41 | 3,0 | 15,6 | 9,1 | 2,8 | 2,70 | 0,01 | 30,39 |
| 42 | 1,0 | 16,2 | 8,9 | 2,8 | 3,01 | 0,00 | 31,82 |
| 43 | 3,2 | 19,1 | 8,9 | 3,2 | 7,22 | 0,00 | 35,41 |
| 44 | 0,2 | 15,5 | 7,9 | 2,8 | 2,37 | 0,02 | 36,10 |
| Prosjek | - | - | - | 9,9 | - | - | - |

Izmjerena minimalna vrijednost ovog svojstva iznosi 0,02 mm, srednja 9,9 mm, a maksimalna 31,6 mm. Standardna devijacija iznosi 3,8 mm.

Najveći raspon vrijednosti ovog svojstva ima populacija Donji Žabar – Pelagićevo, 28,8 mm, a najmanji populacija Crni Lug – Bosansko Grahovo, 12,6 mm.

Mnogo manji najveći raspon ovoga svojstva na bazi četiri populacije dobili su Bašić i sur. (2007) i to najveći u populaciji Odžak, gdje je iznosio od 1,0 mm do 17,5 mm, dok je najmanji bio približan onome do kojih se došlo ovim istraživanjima – u populaciji Žepče, od 2,0 mm do 13,0 mm.

Najmanja standardna devijacija je u populaciji Ripač, u vrijednosti 2,5 mm, a najveća u populaciji Donji Žabar – Pelagićevo, 5,8 mm.

Najmanja standardna devijacija u istraživanju Bašića (2007) bila je u populaciji Jelah, 2,1 mm, a najveća u populaciji Odžak, 2,5 mm.

Najveće variranje ovog svojstva zabilježeno je u populaciji Novi Grad – Bosanski Novi s koeficijentom varijabilnosti 50,82%, a najmanje u populaciji Rasavci – Prijedor, s 29,16%.

Najveći koeficijent varijabilnosti Bašić i sur. (2007) dobili su u populaciji Odžak, 35,12%, a najmanje u populaciji Jelah, 30,58%.

Za Hrvatsku minimalna vrijednost iznosi 0,0 mm, srednja 13,1 mm, a maksimalna 36,0 mm, dok je standardna devijacija 5,5 mm.

Minimum za Srbiju iznosi također 0,0 mm, srednja vrijednost 13,0 mm, a maksimalna 35,0 mm. Standardna devijacija u Srbiji iznosi 5,83 mm.

U Crnoj Gori minimum iznosi 0,3 mm, srednja vrijednost 10,5 mm, a maksimalna 25,0 mm. Standardna devijacija iznosi 5,2 mm.

Usječenosti baze plojke

Kako se može vidjeti u tablici 15, svojstvo usječenosti baze plojke nije pokazalo statistički značajnu varijabilnost za nešto veći broj populacija nego prethodna svojstva. Tako je vrijednost Sig > 0,05 bila u populacijama Drvar, Donji Žabar – Pelagićevo, Janja – Glavičice, Ripač, Bosanski Brod – Zborište, Bojnik, Knežina, Prnjavor, Kiseljak, Banja Luka – Zalužani i Crni Lug – Bosansko Grahovo. U ostalim populacijama varijabilnost ovog svojstva bila je statistički visoko značajna (Sig < 0,05).

Tablica 15. Individualna unutarpopulacijska varijabilnost svojstva usječenost baze plojke

| R.b. | Minimum | Maksimum | Prosjek | S. devijacija | F | Značajnost | CV |
|----------------|---------|----------|------------|---------------|-------|------------|--------|
| 1 | 0,0 | 4,2 | 1,0 | 1,0 | 1,94 | 0,06 | 104,78 |
| 2 | 0,0 | 4,0 | 0,7 | 1,0 | 1,46 | 0,17 | 142,62 |
| 3 | 0,0 | 2,6 | 0,7 | 0,7 | 5,29 | 0,00 | 99,61 |
| 4 | 0,0 | 4,2 | 1,3 | 1,1 | 4,88 | 0,00 | 79,12 |
| 5 | 0,0 | 3,0 | 0,7 | 0,8 | 2,79 | 0,01 | 111,10 |
| 6 | 0,0 | 3,8 | 1,5 | 0,9 | 2,47 | 0,01 | 56,99 |
| 7 | 0,0 | 3,7 | 0,9 | 1,0 | 10,52 | 0,00 | 102,14 |
| 8 | 0,0 | 4,2 | 1,5 | 1,0 | 1,92 | 0,06 | 69,52 |
| 9 | 0,0 | 5,6 | 1,7 | 1,3 | 7,21 | 0,00 | 74,41 |
| 10 | 0,0 | 3,4 | 0,7 | 0,8 | 2,50 | 0,01 | 110,89 |
| 11 | 0,0 | 4,6 | 1,4 | 1,0 | 5,01 | 0,00 | 74,25 |
| 12 | 0,0 | 4,3 | 0,9 | 1,1 | 2,64 | 0,01 | 121,03 |
| 13 | 0,0 | 3,8 | 0,8 | 0,9 | 6,34 | 0,00 | 111,95 |
| 14 | 0,0 | 3,3 | 0,7 | 0,8 | 0,86 | 0,56 | 125,87 |
| 15 | 0,0 | 3,8 | 1,6 | 0,8 | 2,17 | 0,03 | 52,78 |
| 16 | 0,0 | 3,8 | 0,7 | 0,9 | 1,27 | 0,27 | 141,39 |
| 17 | 0,0 | 6,4 | 1,7 | 1,2 | 3,47 | 0,00 | 67,53 |
| 18 | 0,0 | 5,2 | 2,1 | 1,0 | 6,10 | 0,00 | 48,96 |
| 19 | 0,0 | 3,5 | 0,7 | 0,9 | 3,63 | 0,00 | 129,43 |
| 20 | 0,0 | 6,8 | 2,2 | 1,2 | 4,62 | 0,00 | 55,39 |
| 21 | 0,0 | 2,8 | 0,9 | 0,6 | 1,56 | 0,14 | 66,98 |
| 22 | 0,0 | 5,2 | 1,8 | 1,1 | 8,52 | 0,00 | 59,87 |
| 23 | 0,0 | 3,1 | 1,2 | 1,0 | 3,38 | 0,00 | 77,52 |
| 24 | 0,0 | 3,2 | 0,7 | 0,9 | 3,30 | 0,00 | 123,80 |
| 25 | 0,0 | 3,0 | 1,0 | 0,8 | 3,31 | 0,00 | 86,01 |
| 26 | 0,0 | 2,3 | 0,7 | 0,7 | 2,87 | 0,01 | 100,36 |
| 27 | 0,0 | 3,5 | 1,0 | 0,9 | 2,40 | 0,02 | 84,21 |
| 28 | 0,0 | 3,2 | 1,9 | 0,7 | 2,13 | 0,03 | 37,80 |
| 29 | 0,0 | 3,2 | 1,4 | 0,7 | 1,99 | 0,05 | 49,90 |
| 30 | 0,0 | 3,2 | 1,3 | 0,7 | 2,16 | 0,03 | 53,26 |
| 31 | 0,0 | 4,4 | 1,8 | 0,8 | 1,03 | 0,42 | 45,16 |
| 32 | 0,0 | 3,2 | 1,1 | 0,9 | 1,43 | 0,19 | 85,54 |
| 33 | 0,0 | 3,4 | 1,4 | 0,9 | 14,83 | 0,00 | 65,23 |
| 34 | 0,0 | 3,8 | 1,8 | 0,7 | 2,07 | 0,04 | 40,40 |
| 35 | 0,0 | 3,8 | 1,7 | 0,9 | 3,84 | 0,00 | 54,78 |
| 36 | 0,0 | 4,2 | 1,1 | 0,9 | 6,75 | 0,00 | 83,82 |
| 37 | 0,0 | 3,4 | 1,0 | 1,0 | 2,57 | 0,01 | 101,09 |
| 38 | 0,0 | 4,6 | 1,3 | 1,2 | 4,83 | 0,00 | 90,95 |
| 39 | 0,0 | 4,0 | 1,9 | 0,8 | 1,19 | 0,31 | 44,02 |
| 40 | 0,0 | 4,2 | 1,8 | 0,9 | 4,09 | 0,00 | 51,69 |
| 41 | 0,0 | 3,2 | 1,0 | 0,8 | 0,85 | 0,57 | 80,84 |
| 42 | 0,0 | 4,2 | 1,3 | 0,8 | 2,57 | 0,01 | 58,53 |
| 43 | 0,0 | 3,0 | 1,1 | 0,9 | 1,40 | 0,20 | 84,62 |
| 44 | 0,0 | 3,3 | 0,9 | 0,8 | 2,18 | 0,03 | 92,66 |
| Prosjek | - | - | 1,2 | - | - | - | - |

Minimalna izmjerena vrijednost ovog svojstva iznosi 0,0 mm, srednja vrijednost 1,2 mm, maksimum 6,8 mm, dok je standardna devijacija 0,9 mm.

Najveći raspon vrijednosti ovog svojstva ima populacija Žepče, 6,8 mm, a najmanji Bila Voda – Vinac, 2,3 mm.

Raspon varijabilnosti ovog svojstva u ovom istraživanju nešto je manji od onoga koji su dobili Bašić i sur. (2007) gdje je najveći bio u populacijama Novi Šeher i Odžak, od 0,0 mm do 9,0 mm, a najmanji u populaciji Jelah, od 0,5 mm do 7,0 mm.

Najmanju standardnu devijaciju ima populacija Ripač, gdje je ona 0,6 mm, a najveću populacija Dubrave Srebrenik, 1,3 mm.

Najmanja standardna devijacija u istraživanjima Bašića i sur. (2007) bila je u populaciji Jelah, 1,2 mm, a najveća u Odžaku, 1,7 mm.

Ovo svojstvo je pokazalo veliki stupanj varijabilnosti u svim populacijama, čak 142,62% u Bosanskom Brodu – Zborišta, a najmanje 37,80%, koliki je iznos ovog koeficijenta u populaciji Kačuni – Nezirovići, te ga tako možemo smatrati najvarijabilnijim ispitivanim svojstvom.

Bašić i sur. (2007) su također dobili kao rezultat visoku varijabilnost ovoga svojstva. Najmanji koeficijent varijabilnosti 41,86% je u populaciji Jelah, a najveći u Odžaku 56,47%.

Za Hrvatsku ekstremne vrijednosti ovog svojstva iznose: minimum 0,0 mm, srednja vrijednost 0,8 mm, maksimum 4,4 mm, dok standardna devijacija iznosi 0,8 mm.

Minimalna vrijednost ovog svojstva za Srbiju je 0,0 mm, srednja vrijednost 0,9 mm, maksimalna, 6,5 mm, dok standardna devijacija iznosi 0,9 mm.

Minimum za Crnu Goru je također 0,0 mm, srednja vrijednost 0,9 mm, maksimalna 4,0 mm, dok je standardna devijacija 1,06 mm.

Ukupna dužina lista

Ovo svojstvo je pokazalo statistički visoko značajnu varijabilnost unutar svih ispitivanih populacija (vrijednost Značajnost < 0,05), što je prikazano u tablici 16.

Minimalna vrijednost ovog svojstva je 58,90 mm, srednja 86,2 mm, maksimalna 153,9 mm, dok je standardna devijacija 7,7 mm.

Najveći raspon vrijednosti ovog svojstva ima populacija Bosanski Brod – Zborišta, 62,0 mm, a najmanji populacija Ripač, 14,2 mm.

Tablica 16. Individualna unutarpopulacijska varijabilnost svojstva ukupne dužine plojke lista

| R.b. | Minimum | Maksimum | Prosjek | S. devijacija | F | Značajnost | CV |
|----------------|---------|----------|-------------|---------------|--------|------------|-------|
| 1 | 90,3 | 145,8 | 111,7 | 14,0 | 110,09 | 0,00 | 12,52 |
| 2 | 91,9 | 153,9 | 114,4 | 14,6 | 185,28 | 0,00 | 12,74 |
| 3 | 71,4 | 108,6 | 92,5 | 8,6 | 73,39 | 0,00 | 9,32 |
| 4 | 78,0 | 115,8 | 96,7 | 8,1 | 63,71 | 0,00 | 8,42 |
| 5 | 76,7 | 111,6 | 90,8 | 9,3 | 66,23 | 0,00 | 10,28 |
| 6 | 79,6 | 123,2 | 98,5 | 9,0 | 109,81 | 0,00 | 9,14 |
| 7 | 75,6 | 107,1 | 87,7 | 7,4 | 32,34 | 0,00 | 8,44 |
| 8 | 81,4 | 113,0 | 94,6 | 6,6 | 41,46 | 0,00 | 6,98 |
| 9 | 81,6 | 120,8 | 101,3 | 8,2 | 64,04 | 0,00 | 8,06 |
| 10 | 67,8 | 113,6 | 83,5 | 11,2 | 115,68 | 0,00 | 13,38 |
| 11 | 78,4 | 116,8 | 98,3 | 9,2 | 91,02 | 0,00 | 9,33 |
| 12 | 74,6 | 115,8 | 94,0 | 10,4 | 87,71 | 0,00 | 11,06 |
| 13 | 66,4 | 116,2 | 86,7 | 13,5 | 212,96 | 0,00 | 15,57 |
| 14 | 77,9 | 102,3 | 90,7 | 5,4 | 9,41 | 0,00 | 5,94 |
| 15 | 62,8 | 108,6 | 82,6 | 11,9 | 161,59 | 0,00 | 14,46 |
| 16 | 99,9 | 137,2 | 115,5 | 8,8 | 51,28 | 0,00 | 7,57 |
| 17 | 81,0 | 123,4 | 103,0 | 11,7 | 89,73 | 0,00 | 11,31 |
| 18 | 71,6 | 101,0 | 84,9 | 7,7 | 107,81 | 0,00 | 9,07 |
| 19 | 91,2 | 140,9 | 107,3 | 9,5 | 48,38 | 0,00 | 8,83 |
| 20 | 87,4 | 145,0 | 110,7 | 9,4 | 24,86 | 0,00 | 8,49 |
| 21 | 60,0 | 74,2 | 67,1 | 3,4 | 21,91 | 0,00 | 5,13 |
| 22 | 70,6 | 114,0 | 97,9 | 10,9 | 69,50 | 0,00 | 11,12 |
| 23 | 69,2 | 106,4 | 84,7 | 7,8 | 83,20 | 0,00 | 9,24 |
| 24 | 64,2 | 104,1 | 82,2 | 8,6 | 92,58 | 0,00 | 10,43 |
| 25 | 63,3 | 97,5 | 78,2 | 7,7 | 70,40 | 0,00 | 9,86 |
| 26 | 61,9 | 103,6 | 77,7 | 10,0 | 157,59 | 0,00 | 12,91 |
| 27 | 67,9 | 93,3 | 79,5 | 6,2 | 59,45 | 0,00 | 7,83 |
| 28 | 61,0 | 79,0 | 69,3 | 3,8 | 44,47 | 0,00 | 5,48 |
| 29 | 66,2 | 89,8 | 76,9 | 5,5 | 69,93 | 0,00 | 7,13 |
| 30 | 59,8 | 79,0 | 68,6 | 5,0 | 71,35 | 0,00 | 7,30 |
| 31 | 65,2 | 80,0 | 71,3 | 3,1 | 16,07 | 0,00 | 4,33 |
| 32 | 58,9 | 87,7 | 73,4 | 6,6 | 80,09 | 0,00 | 8,93 |
| 33 | 67,2 | 83,2 | 76,4 | 3,1 | 10,94 | 0,00 | 4,05 |
| 34 | 66,8 | 85,2 | 73,9 | 3,9 | 30,20 | 0,00 | 5,34 |
| 35 | 68,8 | 84,6 | 77,3 | 3,4 | 20,57 | 0,00 | 4,36 |
| 36 | 64,1 | 84,4 | 74,4 | 5,1 | 37,54 | 0,00 | 6,86 |
| 37 | 64,0 | 100,2 | 79,1 | 8,9 | 116,02 | 0,00 | 11,26 |
| 38 | 65,6 | 93,7 | 78,0 | 6,8 | 74,32 | 0,00 | 8,70 |
| 39 | 61,0 | 88,4 | 75,7 | 6,6 | 51,50 | 0,00 | 8,74 |
| 40 | 71,6 | 98,2 | 82,5 | 5,8 | 29,75 | 0,00 | 7,00 |
| 41 | 62,2 | 91,0 | 75,7 | 6,6 | 51,39 | 0,00 | 8,65 |
| 42 | 61,0 | 89,2 | 71,2 | 5,7 | 39,58 | 0,00 | 8,05 |
| 43 | 67,9 | 93,7 | 80,2 | 5,6 | 43,42 | 0,00 | 6,92 |
| 44 | 62,9 | 89,2 | 76,5 | 6,0 | 43,76 | 0,00 | 7,84 |
| Prosjek | - | - | 86,2 | - | - | - | - |

Rasponi vrijednosti ovog svojstva u istraživanju Bašića i sur. (2007) su veći, najveći od 34,0 mm do 101,0 mm u populaciji Žepče, a najmanji od 41,00 mm do 88,00 mm u populaciji Jelah. Najmanja standardna devijacija ukupne dužine lista je u populaciji Kiseljak i iznosi 3,1 mm, a najveća u populaciji Bosanski Brod – Zborišta, 14,6 mm.

Najmanja standardna devijacija po Bašiću i sur. (2007) iznosi 9,2 mm u Žepču, a najveća 10,0 mm u Jelahu.

Ovo svojstvo nije pokazalo veliku varijabilnost, koeficijent varijabilnosti se kreće od 4,05%, koliko iznosi u populaciji Kačuni – Nezirovići, i 15,57% u populaciji Knežica – Bosanska Dubica.

Najmanji koeficijent varijabilnosti kod Bašića i sur. (2007) iznosio je 13,7% u Žepču, a najveći 17,92% u Novom Šeheru.

Minimum za hrvatske populacije iznosi 63,2 mm, srednja vrijednost 104,5 mm, maksimum 165,5 mm, dok je standardna devijacija najveća i iznosi 15,9 mm.

Za Srbiju ove vrijednosti su: minimum 71,2 mm, srednja vrijednost 112,6 mm, maksimum 169,9 mm, dok je standardna devijacija 14,8 mm.

Minimum za Crnu Goru je najviši i iznosi 78,7 mm, srednja vrijednost 101,4 mm, maksimum 121,7 mm, dok je standardna devijacija 10,1 mm.

Širina plojke lista

Kao i svojstvo ukupna dužina lista, analizom rezultata individualne unutarpopulacijske varijabilnosti utvrđena je statistički visoko značajna varijabilnost ovog svojstva unutar svih ispitivanih populacija (vrijednost Značajnost < 0,05), (tablica 17).

Ovo svojstvo najveći raspon variranja ima u populaciji Donji Žabar - Pelagićevo, 48,7 mm, a najmanji u populaciji Stojčevac – Ilidža, 12,2 mm.

Najmanju standardnu devijaciju, 2,8 mm, ima populacija Kiseljak, a najveću Knežica – Bosanska Dubica, 11,1 mm.

Ovo svojstvo također ima umjerenu varijabilnost u odnosu na ostala ispitivana svojstva i najveći koeficijent varijabilnosti mu je 22,27% u populaciji Knežica – Bosanska Dubica, a najmanji 6,8%, u populaciji Kopčić.

Minimalna vrijednost iznosi 26,1 mm, srednja vrijednost 49,0 mm, maksimum 95,8 mm, dok je standardna devijacija 6,1 mm.

Tablica 17. Individualna unutarpopulacijska varijabilnost svojstva ukupne širine plojke lista

| R.b. | Minimum | Maksimum | Prosjek | S. devijacija | F | Značajnost | CV |
|---------|---------|----------|---------|---------------|--------|------------|-------|
| 1 | 47,1 | 95,8 | 67,7 | 9,9 | 34,53 | 0,00 | 14,62 |
| 2 | 52,0 | 90,4 | 68,5 | 8,5 | 19,22 | 0,00 | 12,34 |
| 3 | 27,0 | 66,4 | 51,9 | 7,9 | 27,68 | 0,00 | 15,24 |
| 4 | 40,6 | 70,4 | 56,0 | 5,9 | 7,80 | 0,00 | 10,58 |
| 5 | 40,0 | 64,2 | 51,4 | 4,8 | 10,02 | 0,00 | 9,36 |
| 6 | 38,2 | 80,4 | 56,5 | 8,5 | 25,86 | 0,00 | 14,99 |
| 7 | 34,3 | 68,8 | 47,9 | 7,8 | 21,00 | 0,00 | 16,18 |
| 8 | 38,0 | 66,8 | 53,8 | 6,5 | 7,92 | 0,00 | 12,08 |
| 9 | 37,2 | 71,4 | 57,6 | 8,0 | 20,16 | 0,00 | 13,93 |
| 10 | 32,9 | 63,1 | 46,0 | 6,9 | 27,34 | 0,00 | 15,01 |
| 11 | 38,8 | 69,8 | 55,1 | 6,4 | 15,97 | 0,00 | 11,51 |
| 12 | 38,6 | 67,3 | 52,0 | 7,3 | 19,37 | 0,00 | 14,08 |
| 13 | 35,2 | 73,9 | 49,7 | 11,1 | 158,98 | 0,00 | 22,27 |
| 14 | 41,0 | 65,6 | 52,6 | 6,0 | 8,82 | 0,00 | 11,40 |
| 15 | 34,8 | 69,0 | 45,1 | 7,3 | 25,32 | 0,00 | 16,28 |
| 16 | 45,0 | 89,2 | 70,5 | 9,2 | 21,79 | 0,00 | 13,09 |
| 17 | 41,4 | 81,6 | 58,4 | 9,3 | 25,88 | 0,00 | 16,01 |
| 18 | 34,6 | 66,2 | 47,6 | 6,6 | 25,91 | 0,00 | 13,95 |
| 19 | 44,0 | 86,2 | 62,4 | 8,5 | 25,45 | 0,00 | 13,69 |
| 20 | 46,0 | 81,2 | 63,9 | 7,7 | 14,03 | 0,00 | 12,04 |
| 21 | 30,8 | 45,8 | 38,2 | 3,6 | 5,70 | 0,00 | 9,30 |
| 22 | 36,8 | 83,4 | 52,6 | 8,3 | 11,87 | 0,00 | 15,77 |
| 23 | 34,8 | 62,8 | 48,0 | 5,6 | 14,20 | 0,00 | 11,59 |
| 24 | 33,1 | 60,5 | 46,6 | 5,7 | 19,23 | 0,00 | 12,21 |
| 25 | 35,6 | 62,2 | 44,8 | 5,1 | 19,08 | 0,00 | 11,35 |
| 26 | 26,1 | 56,5 | 42,9 | 5,9 | 15,47 | 0,00 | 13,80 |
| 27 | 35,3 | 56,3 | 45,1 | 4,2 | 8,19 | 0,00 | 9,23 |
| 28 | 30,2 | 46,4 | 39,4 | 3,7 | 11,00 | 0,00 | 9,49 |
| 29 | 34,6 | 54,8 | 43,0 | 4,5 | 15,96 | 0,00 | 10,45 |
| 30 | 28,8 | 48,0 | 39,1 | 4,2 | 13,26 | 0,00 | 10,75 |
| 31 | 34,0 | 47,8 | 40,2 | 2,8 | 3,40 | 0,00 | 7,04 |
| 32 | 32,2 | 51,8 | 40,6 | 4,8 | 14,33 | 0,00 | 11,81 |
| 33 | 36,2 | 48,4 | 42,3 | 3,0 | 5,69 | 0,00 | 7,13 |
| 34 | 28,4 | 53,0 | 40,7 | 4,7 | 12,14 | 0,00 | 11,62 |
| 35 | 36,8 | 52,5 | 44,8 | 3,1 | 4,06 | 0,00 | 6,81 |
| 36 | 34,3 | 51,5 | 42,8 | 4,1 | 9,95 | 0,00 | 9,52 |
| 37 | 31,0 | 66,2 | 46,8 | 8,6 | 55,98 | 0,00 | 18,28 |
| 38 | 35,5 | 64,4 | 45,6 | 4,9 | 13,44 | 0,00 | 10,85 |
| 39 | 33,8 | 61,0 | 44,6 | 5,2 | 5,08 | 0,00 | 11,57 |
| 40 | 34,6 | 73,0 | 50,0 | 6,6 | 15,15 | 0,00 | 13,26 |
| 41 | 32,4 | 53,0 | 42,3 | 4,8 | 9,48 | 0,00 | 11,32 |
| 42 | 28,8 | 50,0 | 39,2 | 4,3 | 6,14 | 0,00 | 10,91 |
| 43 | 33,8 | 56,0 | 41,5 | 4,5 | 7,24 | 0,00 | 10,91 |
| 44 | 31,5 | 53,3 | 42,2 | 4,3 | 11,20 | 0,00 | 10,23 |
| Prosjek | - | - | 49,0 | - | - | - | - |

Za Hrvatsku minimum iznosi 31,4 mm, srednja vrijednost 61,0 mm, maksimum 120,0 mm, dok standardna devijacija iznosi 11,74 mm.

Za Srbiju minimum iznosi 40,7 mm, srednja vrijednost 64,6 mm, maksimum 101,5 mm, dok je standardna devijacija 10,8 mm.

Minimum za Crnu Goru iznosi 40,5 mm, srednja vrijednost 53,0 mm, maksimum 87,9 mm, dok je standardna devijacija 8,9 mm.

Odnos širine i dužine plojke lista

Analizom rezultata individualne unutarpopulacijske varijabilnosti utvrđena je statistički visoko značajna varijabilnost ovog svojstva unutar najvećeg broja populacija (vrijednost Značajnost $< 0,05$), osim u populacijama Zvornik - Aluminijski, Žepče te Mrkonjić Grad – Čađavica (tablica 18).

Minimalna vrijednost ovog svojstva iznosi 0,4, srednja vrijednost 0,6, maksimum 0,9, dok je standardna devijacija 0,6.

Najveći raspon variranja iznosi 0,4 i javlja se u većem broju populacija, a najmanji 0,2, također u većem broju populacija.

Standardna devijacija u svim populacijama iznosi 0,1.

Najmanja standardna devijacija po Bašiću i sur. (2007) bila je u populaciji Žepče, 0,1, a najveća u Jelahu, 0,3.

Uzak raspon varijabilnosti ispitivanog svojstva odnosa širine i dužine lista pokazuje koeficijent varijabilnosti koji se kreće od 8,36% u populaciji Stojčevac – Ilidža, do 14,58% u populaciji Šeher.

Bašić i sur. (2007) su dobili najmanji koeficijent varijabilnosti 9,19% u populaciji Žepče, a najveći 13,45% u Novom Šeheru.

Za Hrvatsku minimalna vrijednost je 0,4, srednja 0,6, maksimalna 0,9, dok je standardna devijacija 0,1.

Minimum za Srbiju također iznosi 0,4, srednja 0,6, maksimum 0,8, dok je standardna devijacija 0,1.

Minimum za Crnu Goru iznosi 0,5, srednja vrijednost 0,6, maksimum 0,8, dok je standardna devijacija 0,1.

Tablica 18. Individualna unutarpopulacijska varijabilnost svojstva odnosa širine i dužine lista

| R.b. | Minimum | Maksimum | Prosjek | S. devijacija | F | Značajnost | CV |
|---------|---------|----------|---------|---------------|-------|------------|-------|
| 1 | 0,5 | 0,8 | 0,6 | 0,1 | 4,98 | 0,00 | 9,70 |
| 2 | 0,5 | 0,8 | 0,6 | 0,1 | 7,87 | 0,00 | 12,18 |
| 3 | 0,4 | 0,7 | 0,6 | 0,1 | 13,67 | 0,00 | 13,73 |
| 4 | 0,5 | 0,8 | 0,6 | 0,1 | 4,14 | 0,00 | 11,81 |
| 5 | 0,5 | 0,7 | 0,6 | 0,1 | 11,95 | 0,00 | 11,36 |
| 6 | 0,4 | 0,8 | 0,6 | 0,1 | 12,83 | 0,00 | 12,88 |
| 7 | 0,5 | 0,7 | 0,6 | 0,1 | 5,60 | 0,00 | 12,15 |
| 8 | 0,4 | 0,7 | 0,6 | 0,1 | 4,47 | 0,00 | 11,79 |
| 9 | 0,4 | 0,7 | 0,6 | 0,1 | 4,73 | 0,00 | 11,39 |
| 10 | 0,4 | 0,8 | 0,6 | 0,1 | 7,63 | 0,00 | 12,63 |
| 11 | 0,5 | 0,7 | 0,6 | 0,1 | 1,71 | 0,10 | 9,75 |
| 12 | 0,4 | 0,7 | 0,6 | 0,1 | 5,12 | 0,00 | 11,08 |
| 13 | 0,5 | 0,8 | 0,6 | 0,1 | 13,56 | 0,00 | 11,53 |
| 14 | 0,5 | 0,8 | 0,6 | 0,1 | 3,54 | 0,00 | 12,25 |
| 15 | 0,4 | 0,8 | 0,6 | 0,1 | 5,30 | 0,00 | 11,42 |
| 16 | 0,5 | 0,8 | 0,6 | 0,1 | 8,17 | 0,00 | 11,32 |
| 17 | 0,4 | 0,7 | 0,6 | 0,1 | 4,30 | 0,00 | 11,30 |
| 18 | 0,4 | 0,8 | 0,6 | 0,1 | 9,74 | 0,00 | 13,07 |
| 19 | 0,5 | 0,7 | 0,6 | 0,1 | 8,11 | 0,00 | 10,43 |
| 20 | 0,4 | 0,7 | 0,6 | 0,1 | 0,71 | 0,69 | 10,05 |
| 21 | 0,5 | 0,8 | 0,6 | 0,1 | 3,80 | 0,00 | 11,89 |
| 22 | 0,4 | 0,9 | 0,6 | 0,1 | 6,29 | 0,00 | 14,58 |
| 23 | 0,5 | 0,8 | 0,6 | 0,1 | 3,48 | 0,00 | 11,29 |
| 24 | 0,5 | 0,8 | 0,6 | 0,1 | 10,51 | 0,00 | 11,61 |
| 25 | 0,5 | 0,8 | 0,6 | 0,1 | 18,91 | 0,00 | 12,42 |
| 26 | 0,4 | 0,8 | 0,6 | 0,1 | 8,27 | 0,00 | 13,77 |
| 27 | 0,5 | 0,8 | 0,6 | 0,1 | 5,47 | 0,00 | 10,89 |
| 28 | 0,4 | 0,8 | 0,6 | 0,1 | 8,02 | 0,00 | 10,66 |
| 29 | 0,5 | 0,8 | 0,6 | 0,1 | 3,08 | 0,00 | 9,31 |
| 30 | 0,4 | 0,8 | 0,6 | 0,1 | 5,64 | 0,00 | 11,36 |
| 31 | 0,5 | 0,7 | 0,6 | 0,1 | 4,97 | 0,00 | 9,81 |
| 32 | 0,5 | 0,8 | 0,6 | 0,1 | 7,36 | 0,00 | 11,05 |
| 33 | 0,5 | 0,7 | 0,6 | 0,1 | 5,02 | 0,00 | 8,36 |
| 34 | 0,4 | 0,8 | 0,6 | 0,1 | 9,75 | 0,00 | 13,48 |
| 35 | 0,5 | 0,7 | 0,6 | 0,1 | 2,21 | 0,03 | 8,97 |
| 36 | 0,5 | 0,7 | 0,6 | 0,1 | 5,23 | 0,00 | 9,93 |
| 37 | 0,5 | 0,8 | 0,6 | 0,1 | 9,12 | 0,00 | 11,41 |
| 38 | 0,5 | 0,9 | 0,6 | 0,1 | 8,72 | 0,00 | 11,98 |
| 39 | 0,4 | 0,8 | 0,6 | 0,1 | 3,74 | 0,00 | 11,18 |
| 40 | 0,5 | 0,8 | 0,6 | 0,1 | 11,43 | 0,00 | 12,16 |
| 41 | 0,5 | 0,7 | 0,6 | 0,1 | 2,34 | 0,02 | 9,94 |
| 42 | 0,4 | 0,8 | 0,6 | 0,1 | 1,65 | 0,11 | 10,64 |
| 43 | 0,4 | 0,8 | 0,6 | 0,1 | 6,90 | 0,00 | 12,43 |
| 44 | 0,5 | 0,7 | 0,6 | 0,1 | 3,10 | 0,00 | 10,10 |
| Prosjek | - | - | 0,6 | - | - | - | - |

Prosječna dužina reznja

Za ovo svojstvo je analizom rezultata individualne unutarpopulacijske varijabilnosti (tablica 19) utvrđena statistički visoko značajna varijabilnost unutar svih ispitivanih populacija (vrijednost Značajnost < 0,05).

Minimum iznosi 8,0 mm, srednja vrijednost 17,6 mm, maksimum 49,1 mm, dok je standardna devijacija 4,0 mm.

Najveći raspon vrijednosti ovog svojstva ima populacija Knežica – Bosanska Dubica 39,2 mm, a najmanji Nević Polje 13,7 mm.

Standardna devijacija je najmanja u populaciji Kiseljak, 2,7 mm, a najveća u populaciji Knežica – Bosanska Dubica, 6,4 mm.

Koeficijent varijabilnosti prosječne dužine reznja najmanji je u populaciji Kiseljak i iznosi 17,65%, a najveći u populaciji Knežica – Bosanska Dubica gdje iznosi 34,22%.

Za Hrvatsku minimum iznosi 9,5 mm, srednja vrijednost 18,9 mm, maksimum 39,9 mm, a standardna devijacija 4,14 mm.

Minimum za Srbiju iznosi 11,1 mm, srednja vrijednost 20,2 mm, maksimum 38,3 mm. Standardna devijacija iznosi 5,0 mm.

Za Crnu Goru minimum iznosi 11,0 mm, srednja vrijednost 21,8 mm, maksimum 37,1 mm. Standardna devijacija ovog svojstva u Crnoj Gori iznosi 5,5 mm.

Tablica 19. Individualna unutarpopulacijska varijabilnost svojstva prosječne dužine reznja

| R.b. | Minimum | Maksimum | Prosjek | S. devijacija | F | Značajnost | CV |
|------|---------|----------|---------|---------------|-------|------------|-------|
| 1 | 14,5 | 45,4 | 19,8 | 4,0 | 5,44 | 0,00 | 20,07 |
| 2 | 12,9 | 39,4 | 20,7 | 5,0 | 12,63 | 0,00 | 24,08 |
| 3 | 10,3 | 33,7 | 18,3 | 5,0 | 6,80 | 0,00 | 27,35 |
| 4 | 11,6 | 34,9 | 20,5 | 5,6 | 5,72 | 0,00 | 27,08 |
| 5 | 10,9 | 32,8 | 17,0 | 3,3 | 3,66 | 0,00 | 19,60 |
| 6 | 12,0 | 33,1 | 19,6 | 4,1 | 7,69 | 0,00 | 20,96 |
| 7 | 10,0 | 36,7 | 18,3 | 5,2 | 11,49 | 0,00 | 28,36 |
| 8 | 10,3 | 44,1 | 20,0 | 5,5 | 5,58 | 0,00 | 27,39 |
| 9 | 12,5 | 34,7 | 21,4 | 5,0 | 7,32 | 0,00 | 23,37 |
| 10 | 11,3 | 26,4 | 16,7 | 3,0 | 4,78 | 0,00 | 17,79 |
| 11 | 12,0 | 26,9 | 18,0 | 3,2 | 3,49 | 0,00 | 17,71 |
| 12 | 10,6 | 34,5 | 20,1 | 5,5 | 14,85 | 0,00 | 27,42 |
| 13 | 9,6 | 48,8 | 18,8 | 6,4 | 12,11 | 0,00 | 34,22 |
| 14 | 12,4 | 32,3 | 18,6 | 4,5 | 5,91 | 0,00 | 23,98 |

Tablica 19. Individualna unutarpopulacijska varijabilnost svojstva prosječne dužine režnja

| R.b. | Minimum | Maksimum | Prosjek | S. devijacija | F | Značajnost | CV |
|---------|---------|----------|---------|---------------|-------|------------|-------|
| 15 | 10,3 | 26,7 | 16,3 | 3,6 | 9,24 | 0,00 | 21,87 |
| 16 | 13,9 | 40,8 | 20,6 | 4,6 | 8,26 | 0,00 | 22,37 |
| 17 | 10,6 | 34,7 | 21,4 | 4,9 | 15,39 | 0,00 | 23,13 |
| 18 | 11,9 | 49,1 | 19,9 | 5,5 | 8,97 | 0,00 | 27,49 |
| 19 | 12,1 | 43,7 | 19,5 | 5,2 | 13,96 | 0,00 | 26,42 |
| 20 | 12,1 | 41,1 | 21,5 | 5,4 | 8,67 | 0,00 | 25,05 |
| 21 | 10,0 | 30,7 | 17,6 | 4,3 | 3,99 | 0,00 | 24,46 |
| 22 | 12,7 | 34,7 | 21,2 | 4,2 | 8,29 | 0,00 | 19,62 |
| 23 | 12,0 | 31,7 | 17,7 | 3,7 | 6,93 | 0,00 | 21,05 |
| 24 | 10,2 | 27,4 | 16,1 | 3,4 | 10,74 | 0,00 | 21,05 |
| 25 | 10,5 | 29,2 | 16,1 | 3,1 | 5,29 | 0,00 | 19,06 |
| 26 | 8,8 | 27,0 | 15,4 | 3,6 | 13,44 | 0,00 | 23,48 |
| 27 | 9,2 | 27,7 | 16,5 | 3,6 | 4,02 | 0,00 | 21,65 |
| 28 | 10,0 | 36,0 | 15,4 | 3,6 | 5,95 | 0,00 | 23,62 |
| 29 | 9,2 | 25,3 | 15,1 | 3,7 | 18,65 | 0,00 | 24,35 |
| 30 | 9,7 | 23,3 | 15,1 | 2,9 | 3,11 | 0,00 | 18,89 |
| 31 | 9,6 | 23,6 | 15,3 | 2,7 | 3,91 | 0,00 | 17,65 |
| 32 | 8,0 | 28,0 | 14,0 | 4,1 | 29,56 | 0,00 | 29,46 |
| 33 | 11,0 | 25,6 | 17,0 | 3,3 | 8,43 | 0,00 | 19,31 |
| 34 | 11,2 | 34,5 | 17,1 | 3,5 | 3,37 | 0,00 | 20,60 |
| 35 | 10,2 | 25,0 | 15,1 | 2,7 | 6,66 | 0,00 | 18,10 |
| 36 | 10,0 | 24,9 | 14,9 | 2,8 | 4,74 | 0,00 | 18,96 |
| 37 | 11,5 | 29,3 | 16,8 | 3,8 | 11,60 | 0,00 | 22,72 |
| 38 | 10,5 | 26,1 | 15,6 | 3,1 | 7,17 | 0,00 | 19,73 |
| 39 | 10,9 | 25,0 | 16,7 | 3,0 | 4,39 | 0,00 | 18,05 |
| 40 | 10,3 | 26,2 | 16,8 | 3,4 | 7,55 | 0,00 | 20,26 |
| 41 | 8,4 | 25,3 | 14,9 | 3,4 | 5,95 | 0,00 | 22,52 |
| 42 | 8,5 | 30,9 | 14,4 | 3,7 | 3,60 | 0,00 | 25,74 |
| 43 | 10,9 | 38,7 | 17,3 | 4,2 | 9,97 | 0,00 | 24,20 |
| 44 | 9,3 | 26,8 | 16,6 | 3,7 | 8,77 | 0,00 | 22,49 |
| Prosjek | - | - | 17,6 | - | - | - | - |

Broj režnjeva s desne strane

Osim populacije Donji Žabar–Pelagićevo, analizom rezultata individualne unutarpopulacijske varijabilnosti utvrđena je statistički visoko značajna varijabilnost ovog svojstva unutar svih istraživanih populacija (vrijednost Značajnost < 0,05), što je prikazano u tablici 20.

Minimalan broj režnjeva iznosi 2, srednja vrijednost 5, maksimum 8, dok je standardna devijacija 1.

Najveći raspon varijabilnosti, u iznosu od 6, imaju populacije Orahova i Janja Glavičice, a najmanji, u iznosu od 3, Šeher, Kotor Varoš, Stojčevac - Ilidža i Lukavica.

Kod Bašića i sur. (2007) ove vrijednosti su se kretale 4-7 u Novom Šeheru i Jelahu, 4-8 u Žepču te 3-8 u Odžaku.

Standardna devijacija u svim populacijama iznosi 1.

Bašić i sur. (2007) dobili su da je najmanja standardna devijacija 0,6 u Novom Šeheru, a najveća 0,8 u Žepču.

Najmanji koeficijent varijabilnosti broja reznjeva s desne strane je u populaciji Donji Žabar - Pelagićevo i iznosi 13,86%, a najveći u populaciji Srbac, 27,32%.

Najmanji koeficijent varijabilnosti po Bašiću i sur. iznosio je 10,61% u Novom Šeheru, a najveći 15,14% u Odžaku.

Minimum za Hrvatsku iznosi 2, srednja vrijednost 5, maksimum 9, dok je standardna devijacija 1.

Minimum za Srbiju iznosi 3, srednja vrijednost 6, maksimum 8, dok je standardna devijacija 1.

Minimum za Crnu Goru iznosi 3, srednja vrijednost 5, maksimum 7, dok je standardna devijacija 1.



Slika 28. Sakupljeno sjeme hrasta lužnjaka

Tablica 20. Individualna unutarpopulacijska varijabilnost svojstva broja režnjeva s desne strane

| R.b. | Minimum | Maksimum | Prosjek | S. devijacija | F | Značajnost | CV |
|---------|---------|----------|---------|---------------|-------|------------|-------|
| 1 | 3 | 7 | 5 | 1 | 1,83 | 0,07 | 13,86 |
| 2 | 3 | 8 | 6 | 1 | 7,00 | 0,00 | 18,29 |
| 3 | 3 | 7 | 5 | 1 | 4,23 | 0,00 | 22,65 |
| 4 | 3 | 7 | 5 | 1 | 4,27 | 0,00 | 21,46 |
| 5 | 3 | 8 | 5 | 1 | 4,84 | 0,00 | 18,22 |
| 6 | 3 | 7 | 5 | 1 | 3,77 | 0,00 | 17,93 |
| 7 | 2 | 8 | 5 | 1 | 7,35 | 0,00 | 23,04 |
| 8 | 2 | 8 | 5 | 1 | 4,94 | 0,00 | 21,56 |
| 9 | 3 | 7 | 5 | 1 | 7,09 | 0,00 | 22,76 |
| 10 | 3 | 7 | 5 | 1 | 8,89 | 0,00 | 18,27 |
| 11 | 3 | 7 | 5 | 1 | 5,73 | 0,00 | 16,88 |
| 12 | 3 | 8 | 5 | 1 | 16,77 | 0,00 | 27,32 |
| 13 | 2 | 7 | 5 | 1 | 9,75 | 0,00 | 22,62 |
| 14 | 3 | 7 | 5 | 1 | 3,02 | 0,00 | 19,19 |
| 15 | 3 | 7 | 5 | 1 | 6,80 | 0,00 | 19,05 |
| 16 | 3 | 7 | 6 | 1 | 4,45 | 0,00 | 16,35 |
| 17 | 3 | 8 | 5 | 1 | 5,35 | 0,00 | 18,74 |
| 18 | 2 | 7 | 4 | 1 | 7,53 | 0,00 | 22,90 |
| 19 | 3 | 8 | 5 | 1 | 8,29 | 0,00 | 18,14 |
| 20 | 3 | 8 | 5 | 1 | 3,81 | 0,00 | 19,11 |
| 21 | 2 | 6 | 4 | 1 | 4,64 | 0,00 | 23,87 |
| 22 | 3 | 6 | 5 | 1 | 3,54 | 0,00 | 15,63 |
| 23 | 3 | 6 | 5 | 1 | 3,67 | 0,00 | 16,79 |
| 24 | 3 | 8 | 5 | 1 | 12,70 | 0,00 | 18,59 |
| 25 | 3 | 7 | 5 | 1 | 3,76 | 0,00 | 16,88 |
| 26 | 3 | 7 | 5 | 1 | 6,92 | 0,00 | 19,07 |
| 27 | 3 | 7 | 5 | 1 | 3,03 | 0,00 | 18,87 |
| 28 | 2 | 7 | 5 | 1 | 6,55 | 0,00 | 19,04 |
| 29 | 3 | 8 | 5 | 1 | 11,16 | 0,00 | 21,56 |
| 30 | 3 | 7 | 4 | 1 | 2,82 | 0,01 | 17,55 |
| 31 | 3 | 7 | 5 | 1 | 3,58 | 0,00 | 16,82 |
| 32 | 3 | 8 | 5 | 1 | 13,01 | 0,00 | 21,04 |
| 33 | 3 | 6 | 4 | 1 | 7,69 | 0,00 | 17,10 |
| 34 | 2 | 6 | 4 | 1 | 3,98 | 0,00 | 17,95 |
| 35 | 3 | 7 | 5 | 1 | 6,87 | 0,00 | 16,66 |
| 36 | 3 | 7 | 5 | 1 | 7,44 | 0,00 | 18,65 |
| 37 | 3 | 6 | 5 | 1 | 4,94 | 0,00 | 17,23 |
| 38 | 3 | 7 | 5 | 1 | 6,26 | 0,00 | 16,73 |
| 39 | 3 | 7 | 4 | 1 | 5,79 | 0,00 | 18,59 |
| 40 | 3 | 7 | 5 | 1 | 8,22 | 0,00 | 19,38 |
| 41 | 3 | 8 | 5 | 1 | 4,58 | 0,00 | 21,40 |
| 42 | 2 | 7 | 5 | 1 | 4,10 | 0,00 | 22,81 |
| 43 | 2 | 6 | 5 | 1 | 7,71 | 0,00 | 18,05 |
| 44 | 3 | 7 | 5 | 1 | 8,50 | 0,00 | 19,51 |
| Prosjek | - | - | 5 | - | - | - | - |

ANALIZA INDIVIDUALNE UNUTARPOPULACIJSKE VARIJABILNOSTI ISPITIVANIH KVALITATIVNIH SVOJSTAVA

Dlakavost lista

Dlakavost lista, iako je bila očekivana, nije zabilježena niti na jednom listu iz bosanskohercegovačkih populacija, odnosno nije registrirano očekivano pojavljivanje hibrida s hrastom meduncem (*Quercus pubescens*), mada u Europi o tome izvještavaju Kurtu i sur. (2007, 2009) i Lepais i sur. (2009).

Dlakavost lista nije se pojavila ni na listovima iz kontrolnih populacija iz Hrvatske, Srbije i Crne Gore.

Oblik baze lista

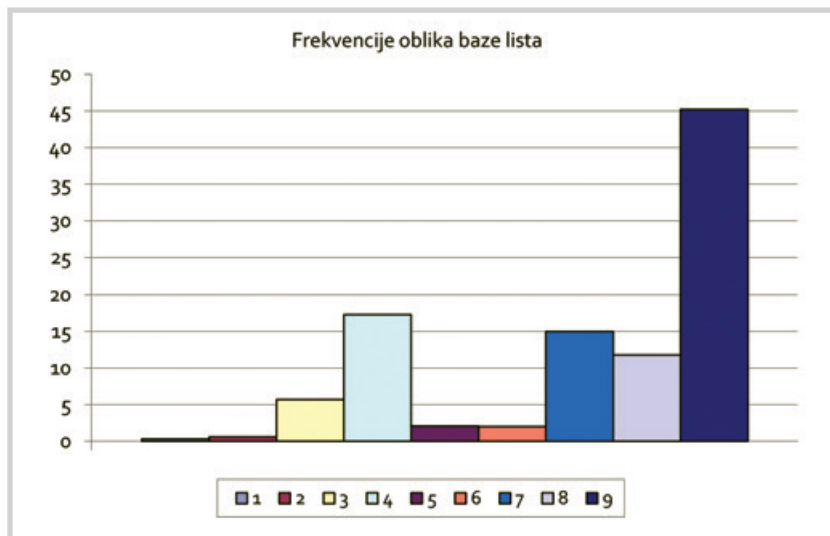
Analiza oblika baze lista (tablica 21, slika 29) pokazuje da su prisutni svi pretpostavljeni oblici, a da oblik označen brojem 9 ima najveću frekvenciju i da je najtipičniji za hrast lužnjak u istraživanom području. Njegova frekvencija je 45,2%, dok je najmanje frekventan oblik lista označen sa 1, svega 0,3%.

Najveći broj listova s oblikom baze lista označenom brojem 9 imala je populacija Brestovsko (83), a najmanji Sanski Most – Vrhpolje (16 listova).

Tablica 21. Oblik baze lista

| Populacija | N | Oblik 1 | Oblik 2 | Oblik 3 | Oblik 4 | Oblik 5 | Oblik 6 | Oblik 7 | Oblik 8 | Oblik 9 |
|------------|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 100 | 0 | 0 | 10 | 28 | 9 | 6 | 7 | 2 | 38 |
| 2 | 100 | 0 | 0 | 11 | 50 | 3 | 8 | 8 | 0 | 20 |
| 3 | 100 | 0 | 0 | 26 | 12 | 0 | 0 | 14 | 5 | 43 |
| 4 | 100 | 0 | 0 | 6 | 14 | 0 | 0 | 4 | 18 | 58 |
| 5 | 100 | 1 | 3 | 3 | 38 | 10 | 5 | 5 | 0 | 35 |
| 6 | 100 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 50 | 18 | 28 |
| 7 | 100 | 3 | 4 | 11 | 20 | 0 | 1 | 4 | 0 | 57 |
| 8 | 100 | 0 | 0 | 3 | 9 | 0 | 0 | 13 | 16 | 59 |
| 9 | 100 | 0 | 0 | 3 | 8 | 0 | 0 | 14 | 23 | 52 |
| 10 | 100 | 2 | 2 | 18 | 21 | 4 | 1 | 2 | 0 | 50 |
| 11 | 100 | 0 | 0 | 2 | 6 | 0 | 0 | 8 | 20 | 64 |
| 12 | 100 | 1 | 1 | 11 | 35 | 3 | 3 | 6 | 0 | 40 |

| Tablica 21. Oblik baze lista | | | | | | | | | | |
|------------------------------|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Populacija | N | Oblik 1 | Oblik 2 | Oblik 3 | Oblik 4 | Oblik 5 | Oblik 6 | Oblik 7 | Oblik 8 | Oblik 9 |
| 13 | 100 | 1 | 2 | 11 | 28 | 5 | 6 | 4 | 1 | 42 |
| 14 | 100 | 0 | 1 | 22 | 29 | 4 | 3 | 3 | 0 | 38 |
| 15 | 100 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 33 | 28 | 37 |
| 16 | 100 | 1 | 1 | 11 | 48 | 5 | 3 | 9 | 0 | 22 |
| 17 | 100 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 31 | 21 | 45 |
| 18 | 100 | 2 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 25 | 53 | 16 |
| 19 | 100 | 0 | 4 | 16 | 35 | 6 | 2 | 11 | 0 | 26 |
| 20 | 100 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 24 | 38 | 34 |
| 21 | 100 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 26 | 24 | 39 |
| 22 | 100 | 0 | 0 | 4 | 4 | 0 | 0 | 9 | 52 | 31 |
| 23 | 100 | 0 | 0 | 11 | 17 | 0 | 5 | 1 | 0 | 66 |
| 24 | 100 | 0 | 0 | 8 | 43 | 5 | 1 | 7 | 0 | 36 |
| 25 | 100 | 1 | 0 | 8 | 24 | 5 | 3 | 14 | 0 | 45 |
| 26 | 100 | 0 | 0 | 5 | 37 | 2 | 1 | 10 | 0 | 45 |
| 27 | 100 | 1 | 0 | 4 | 23 | 5 | 4 | 11 | 0 | 52 |
| 28 | 100 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 25 | 71 |
| 29 | 100 | 0 | 0 | 4 | 2 | 0 | 0 | 37 | 19 | 38 |
| 30 | 100 | 0 | 0 | 2 | 3 | 0 | 0 | 18 | 20 | 57 |
| 31 | 100 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 12 | 30 | 56 |
| 32 | 100 | 0 | 0 | 2 | 29 | 10 | 3 | 8 | 0 | 48 |
| 33 | 100 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 39 | 3 | 48 |
| 34 | 100 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 5 | 11 | 83 |
| 35 | 100 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 15 | 22 | 62 |
| 36 | 100 | 0 | 0 | 1 | 26 | 4 | 5 | 12 | 0 | 52 |
| 37 | 100 | 0 | 0 | 0 | 44 | 1 | 1 | 8 | 0 | 46 |
| 38 | 100 | 0 | 0 | 1 | 31 | 2 | 8 | 19 | 0 | 39 |
| 39 | 100 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 22 | 28 | 47 |
| 40 | 100 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 13 | 23 | 62 |
| 41 | 100 | 0 | 0 | 8 | 17 | 0 | 0 | 40 | 12 | 23 |
| 42 | 100 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 38 | 9 | 48 |
| 43 | 100 | 0 | 0 | 14 | 18 | 6 | 4 | 3 | 0 | 55 |
| 44 | 100 | 0 | 3 | 6 | 24 | 5 | 13 | 15 | 0 | 34 |
| % od ukupnog broja | | 0,3 | 0,6 | 5,7 | 17,3 | 2,1 | 2,0 | 15,0 | 11,8 | 45,2 |



Slika 29. Frekvencije oblika baze lista hrasta lužnjaka

U Hrvatskoj je ukupno 32,5% uzoraka imalo oblik baze lista označen s 9, a 2,6% oblik označen s 1. Ispitivani uzorci iz Srbije pokazali su nešto drugačije rezultate te je skoro jednak procent imao oblik baze lista 3 (33,8%) i 9 (32,3%), a najmanje je bilo oblika 8, svega 0,3%. U Crnoj Gori se oblici baze lista označeni s 1,2 i 8 uopće ne pojavljuju, visoko frekventni su oblici 4 (40,0%) i 9 (37,0%), a najmanje frekventan oblik označen sa 7 (2,0%).



Slika 30. Iskljalo sjeme hrasta lužnjaka

Prosječna svojstva lista hrasta lužnjaka

Deskriptivnom analizom dolazi se do podataka o prosječnim svojstvima lista hrasta lužnjaka u Bosni i Hercegovini na bazi 4400 listova iz 44 populacije.

Dužina plojke lista je $82,2 \text{ mm} \pm 7,5 \text{ mm}$, dužina peteljke lista $4,0 \text{ mm} \pm 2,0 \text{ mm}$, udaljenost najšireg dijela plojke od baze plojke (s desne strane) $49,2 \text{ mm} \pm 9,3 \text{ mm}$, (najveća) širina desne poluplojke $24,6 \text{ mm} \pm 4,1 \text{ mm}$, (najveća) širina lijeve poluplojke $24,4 \text{ mm} \pm 4,1 \text{ mm}$, usječenost lista od središnjeg nerva $9,9 \text{ mm} \pm 3,8 \text{ mm}$, usječenost baze plojke $1,2 \text{ mm} \pm 0,9 \text{ mm}$, ukupna dužina lista $86,2 \text{ mm} \pm 7,7 \text{ mm}$, ukupna širina plojke lista $49,0 \text{ mm} \pm 6,1 \text{ mm}$, odnos širine i dužine lista $0,60 \pm 0,1$, prosječna dužina reznja $17,6 \text{ mm} \pm 4,0 \text{ mm}$. Prosječan broj reznjeva s desne strane je 5 ± 1 .

Prosječan list hrasta lužnjaka u Bosni i Hercegovini nema dlakavosti, a najčešći oblik baze lista je 9.



Slika 31. Hrast lužnjak u Knežini

Deskriptivnom analizom vrijednosti statističkih parametara za prosječno stablo i prosječni list hrasta lužnjaka u Hrvatskoj, na bazi 7161 lista iz 17 populacija, Franjić (1996) je utvrdio da je prosječna dužina plojke $87,06 \text{ mm} \pm 21,65 \text{ mm}$, prosječna širina plojke $52,30 \text{ mm} \pm 15,28 \text{ mm}$, dužina peteljke $4,77 \text{ mm} \pm 1,99 \text{ mm}$, broj reznjeva s lijeve strane $4,71 \pm 1,23$ i broj reznjeva s desne strane $4,73 \pm 1,23$.

Iz ovoga se da zaključiti da su vrijednosti dužine i širine plojke i dužine peteljke lista za prosječan list hrasta lužnjaka u Hrvatskoj nešto veće nego u Bosni i Hercegovini, a da je broj reznjeva s desne strane nešto manji.

Rasponi variranja istraživanih svojstava

Najveći dobiveni rasponi vrijednosti pojedinih svojstava unutar populacija i među populacijama te vrijednosti koeficijenata varijabilnosti prikazani su u tablici 22.

| Tablica 22. Rasponi vrijednosti svojstava unutar i između populacija | | | | | |
|--|-------------------|------------|-------------|-------------------|-------------|
| Svojstvo | Unutar populacija | | | Među populacijama | |
| | CV min (%) | CV max (%) | Raspon (mm) | CV (%) | Raspon (mm) |
| K ₁ | 3,85 | 15,58 | 60,8 | 9,11 | 95,9 |
| K ₂ | 32,59 | 84,26 | 14,0 | 50,13 | 14,8 |
| K ₃ | 15,48 | 24,37 | 61,0 | 18,83 | 77,8 |
| K ₄ | 11,73 | 25,83 | 37,2 | 16,68 | 42,9 |
| K ₅ | 11,35 | 24,22 | 33,2 | 16,66 | 50,8 |
| K ₆ | 29,16 | 50,82 | 28,8 | 38,49 | 31,4 |
| K ₇ | 37,80 | 142,62 | 6,8 | 73,15 | 6,8 |
| K ₈ | 4,05 | 15,57 | 62,0 | 8,98 | 95,0 |
| K ₉ | 6,81 | 22,27 | 48,7 | 12,54 | 69,7 |
| K ₁₀ | 8,36 | 14,58 | 0,4 | 16,67 | 0,5 |
| K ₁₁ | 17,65 | 34,22 | 39,2 | 22,92 | 41,1 |
| K ₁₂ | 13,86 | 27,32 | 6 | 20,00 | 6 |

Iz tablice 22 možemo zaključiti da, iako su rasponi vrijednosti veći između populacija nego unutar pojedinih populacija za većinu svojstava, koeficijent varijabilnosti kao najpouzdanija mjera za komparaciju pokazuje da je varijabilnost svojstava između pojedinih stabala unutar populacija veća nego između populacija za većinu svojstava u Bosni i Hercegovini.

Franjić (1996), koji je ispitivao pet svojstava (dužina plojke, širina plojke, dužina peteljke, broj režnjeva s lijeve i broj režnjeva s desne strane), također je dobio rezultate koji pokazuju da se multivarijantno stabla međusobno razlikuju kod svih populacija.

Također, i analizom varijance između populacija i između stabala unutar svih populacija s obzirom na istraživana svojstva lista, Franjić (1996) je dobio rezultate koji ukazuju na postojanje signifikantnih razlika kako između populacija (populacijska varijabilnost), tako i između stabala (individualna varijabilnost), s tom razlikom da su razlike između stabala veće nego razlike između populacija, jednako za svih pet istraživanih svojstava. Takvi rezultati potvrđuju neke ranije

rezultate istraživanja kod drugih drvenastih vrsta i za neka druga svojstva (usp. Eriksson i Jonsson 1986), što se može smatrati općim pravilom.

I druge vrste, također, pokazuju izraženiju unutarpopulacijsku nego međupopulacijsku varijabilnost. Tako su u istraživanju morfoloških karakteristika munike (šišarice i sjema) u dijelu areala Ballian i sur. (2005) dobili rezultat da je razlika između stabala prisutna po svim istraživanim svojstvima i dosta veća nego između populacija.

Testovi normalnosti raspodjele ispitivanih svojstava

Tablica 23. Testovi normalnosti raspodjele ispitivanih svojstava

| Svojstvo | Kolmogorov-Smirnov(a) | | | Shapiro-Wilk | | |
|----------|-----------------------|------|------------|--------------|------|------------|
| | Statistika | df | Značajnost | Statistika | df | Značajnost |
| K1 | 0,102 | 4400 | 0,000 | 0,942 | 4400 | 0,000 |
| K2 | 0,054 | 4400 | 0,000 | 0,976 | 4400 | 0,000 |
| K3 | 0,055 | 4400 | 0,000 | 0,981 | 4400 | 0,000 |
| K4 | 0,088 | 4400 | 0,000 | 0,951 | 4400 | 0,000 |
| K5 | 0,084 | 4400 | 0,000 | 0,956 | 4400 | 0,000 |
| K6 | 0,064 | 4400 | 0,000 | 0,977 | 4400 | 0,000 |
| K7 | 0,127 | 4400 | 0,000 | 0,931 | 4400 | 0,000 |
| K8 | 0,097 | 4400 | 0,000 | 0,947 | 4400 | 0,000 |
| K9 | 0,105 | 4400 | 0,000 | 0,938 | 4400 | 0,000 |
| K10 | 0,038 | 4400 | 0,000 | 0,997 | 4400 | 0,000 |
| K11 | 0,084 | 4400 | 0,000 | 0,925 | 4400 | 0,000 |
| K12 | 0,192 | 4400 | 0,000 | 0,914 | 4400 | 0,000 |

Korištenjem Kolmogorov – Smirnov i Shapiro – Wilk testova normalnosti raspodjele zaključujemo da je raspodjela normalna za svako ispitivano svojstvo jer je vrijednost Sig < 0,05 (tablica 23).

U šumarstvu, i općenito u biološkim znanostima, "pogreška", pored pravog značenja, znači i promjenu odstupanja individualnih veličina od njihove sredine. Kod teorijski normalne raspodjele, rasipanje vrijednosti oko sredine je posljedica slučajnog varijabiliteta u populaciji (pogreška mjerenja) ili neslučajnih faktora koji se očituju u slučajnom obliku. S obzirom da se ovdje radi o ostacima nekadašnjih šuma hrasta lužnjaka, odnosno o populacijama koje su pretrpjele veliki

antropogeni utjecaj, bilo je očekivano odstupanje pojedinih svojstava od normalne raspodjele, što se ipak nije dogodilo.



Slika 32. Hrast lužnjak, mladi žirovi

ANALIZA VARIJANCE

Analiza varijance svojstava lista po skupinama prema nadmorskim visinama

| Tablica 24. Analiza varijanse (ANOVA) skupina prema klasama nadmorskih visina | | | | | | |
|---|----------------------|---------------|------|------------------|--------|------------|
| Svojstvo | Izvor varijabilnosti | Suma kvadrata | df | Sredina kvadrata | F | Značajnost |
| K ₁ | Između skupina | 383134,04 | 7 | 54733,43 | 397,62 | 0,00 |
| | Unutar skupina | 604573,07 | 4392 | 137,65 | | |
| | Ukupno | 987707,11 | 4399 | | | |
| K ₂ | Između skupina | 662,19 | 7 | 94,60 | 21,94 | 0,00 |
| | Unutar skupina | 18938,18 | 4392 | 4,31 | | |
| | Ukupno | 19600,37 | 4399 | | | |
| K ₃ | Između skupina | 158892,67 | 7 | 22698,95 | 190,89 | 0,00 |
| | Unutar skupina | 522252,26 | 4392 | 118,91 | | |
| | Ukupno | 681144,93 | 4399 | | | |

Tablica 24. Analiza varijanse (ANOVA) skupina prema klasama nadmorskih visina

| Svojtvo | Izvor varijabilnosti | Suma kvadrata | df | Sredina kvadrata | F | Značajnost |
|-----------------|----------------------|---------------|------|------------------|--------|------------|
| K ₄ | Između skupina | 36085,54 | 7 | 5155,08 | 195,58 | 0,00 |
| | Unutar skupina | 115762,02 | 4392 | 26,36 | | |
| | Ukupno | 151847,56 | 4399 | | | |
| K ₅ | Između skupina | 39836,88 | 7 | 5690,98 | 215,26 | 0,00 |
| | Unutar skupina | 116114,27 | 4392 | 26,44 | | |
| | Ukupno | 155951,15 | 4399 | | | |
| K ₆ | Između skupina | 8548,56 | 7 | 1221,22 | 73,67 | 0,00 |
| | Unutar skupina | 72808,42 | 4392 | 16,58 | | |
| | Ukupno | 81356,99 | 4399 | | | |
| K ₇ | Između skupina | 126,64 | 7 | 18,09 | 18,16 | 0,00 |
| | Unutar skupina | 4374,87 | 4392 | 1,00 | | |
| | Ukupno | 4501,51 | 4399 | | | |
| K ₈ | Između skupina | 407326,48 | 7 | 58189,50 | 402,24 | 0,00 |
| | Unutar skupina | 635364,42 | 4392 | 144,66 | | |
| | Ukupno | 1042690,90 | 4399 | | | |
| K ₉ | Između skupina | 151446,26 | 7 | 21635,18 | 285,53 | 0,00 |
| | Unutar skupina | 332793,21 | 4392 | 75,77 | | |
| | Ukupno | 484239,47 | 4399 | | | |
| K ₁₀ | Između skupina | 0,40 | 7 | 0,06 | 11,65 | 0,00 |
| | Unutar skupina | 21,74 | 4392 | 0,00 | | |
| | Ukupno | 22,15 | 4399 | | | |
| K ₁₁ | Između skupina | 12172,25 | 7 | 1738,89 | 91,52 | 0,00 |
| | Unutar skupina | 83448,88 | 4392 | 19,00 | | |
| | Ukupno | 95621,12 | 4399 | | | |
| K ₁₂ | Između skupina | 87,64 | 7 | 12,52 | 12,77 | 0,00 |
| | Unutar skupina | 4306,42 | 4392 | 0,98 | | |
| | Ukupno | 4394,06 | 4399 | | | |

Analiza varijance prema klasama nadmorskih visina, gdje su podaci grupirani u 8 skupina pokazali su da postoje visoko statistički značajne razlike između skupina po svakoj karakteristici jer je vrijednost Sig < 0,05 (vjerojatnoća 95%) i Sig < 0,01 (vjerojatnoća 99%) (tablica 24). Ovo ukazuje na postojanje diferencijacije i vrlo vjerojatno modifikacija prema nadmorskim visinama, zbog čega se ne preporučuje korištenje sjemenskog i sadnog materijala s različitih nadmorskih visina.

Zaključci o eventualnom mogućem grupiranju klasa nadmorskih visina u kojima se međusobno mogu koristiti sjemenski i sadni materijal hrasta lužnjaka bit će doneseni nakon diskriminantne analize i multiplih testiranja.

Analiza varijance svojstava lista po skupinama prema ekološko-vegetacijskim rajonima

Tablica 25. Analiza varijance (ANOVA) skupina (za BiH) prema ekološko-vegetacijskim rajonima

| Svojstvo | Izvor varijabilnosti | Suma kvadrata | df | Sredina kvadrata | F | Značajnost |
|-----------------|----------------------|---------------|------|------------------|--------|------------|
| K ₁ | Između skupina | 521380,29 | 11 | 47398,21 | 446,00 | 0,00 |
| | Unutar skupina | 466326,94 | 4388 | 106,27 | | |
| | Ukupno | 987707,22 | 4399 | | | |
| K ₂ | Između skupina | 894,79 | 11 | 81,35 | 18,31 | 0,00 |
| | Unutar skupina | 19491,29 | 4388 | 4,44 | | |
| | Ukupno | 20386,08 | 4399 | | | |
| K ₃ | Između skupina | 218473,91 | 11 | 19861,26 | 188,37 | 0,00 |
| | Unutar skupina | 462671,73 | 4388 | 105,44 | | |
| | Ukupno | 681145,64 | 4399 | | | |
| K ₄ | Između skupina | 49225,26 | 11 | 4475,02 | 191,35 | 0,00 |
| | Unutar skupina | 102622,30 | 4388 | 23,39 | | |
| | Ukupno | 151847,56 | 4399 | | | |
| K ₅ | Između skupina | 53886,89 | 11 | 4898,81 | 210,61 | 0,00 |
| | Unutar skupina | 102064,26 | 4388 | 23,26 | | |
| | Ukupno | 155951,15 | 4399 | | | |
| K ₆ | Između skupina | 11289,18 | 11 | 1026,29 | 64,23 | 0,00 |
| | Unutar skupina | 70114,30 | 4388 | 15,98 | | |
| | Ukupno | 81403,47 | 4399 | | | |
| K ₇ | Između skupina | 166,71 | 11 | 15,16 | 15,38 | 0,00 |
| | Unutar skupina | 4325,21 | 4388 | 0,99 | | |
| | Ukupno | 4491,92 | 4399 | | | |
| K ₈ | Između skupina | 555489,30 | 11 | 50499,03 | 454,76 | 0,00 |
| | Unutar skupina | 487267,00 | 4388 | 111,05 | | |
| | Ukupno | 1042756,30 | 4399 | | | |
| K ₉ | Između skupina | 205793,78 | 11 | 18708,53 | 294,83 | 0,00 |
| | Unutar skupina | 278445,69 | 4388 | 63,46 | | |
| | Ukupno | 484239,47 | 4399 | | | |
| K ₁₀ | Između skupina | 0,34 | 11 | 0,03 | 7,39 | 0,00 |
| | Unutar skupina | 18,22 | 4388 | 0,00 | | |
| | Ukupno | 18,56 | 4399 | | | |
| K ₁₁ | Između skupina | 13506,43 | 11 | 1227,86 | 65,70 | 0,00 |
| | Unutar skupina | 82009,96 | 4388 | 18,69 | | |
| | Ukupno | 95516,38 | 4399 | | | |
| K ₁₂ | Između skupina | 232,70 | 11 | 21,15 | 22,31 | 0,00 |
| | Unutar skupina | 4161,37 | 4388 | 0,95 | | |
| | Ukupno | 4394,06 | 4399 | | | |

Analiza varijance prema ekološko-vegetacijskim rajonima, gdje su podaci grupirani u 12 skupina pokazala je da postoje visoko statistički značajne razlike između skupina po svakoj karakteristici jer je vrijednost Sig < 0,05 (vjerojatnoća 95%) i Sig < 0,01 (vjerojatnoća 99%) (tablica 25). Ovo ukazuje na postojanje diferencijacije i vrlo vjerojatno modifikacija prema ekološko-vegetacijskim rajonima, zbog čega se preporučuje korištenje sjemenskog i sadnog materijala unutar jednog rajona, odnosno područja tamo gdje nije izvršena podjela na rajone.

Zaključci o eventualnom mogućem grupiranju rajona u kojima se međusobno mogu koristiti sjemenski i sadni materijal hrasta lužnjaka bit će doneseni nakon diskriminantne analize i multiplih testiranja.



Slika 33. Hrast lužnjak u Mutnici kod Cazina

DISKRIMINANTNE ANALIZE

Diskriminantna analiza svojstava lista po skupinama prema klasama nadmorskih visina

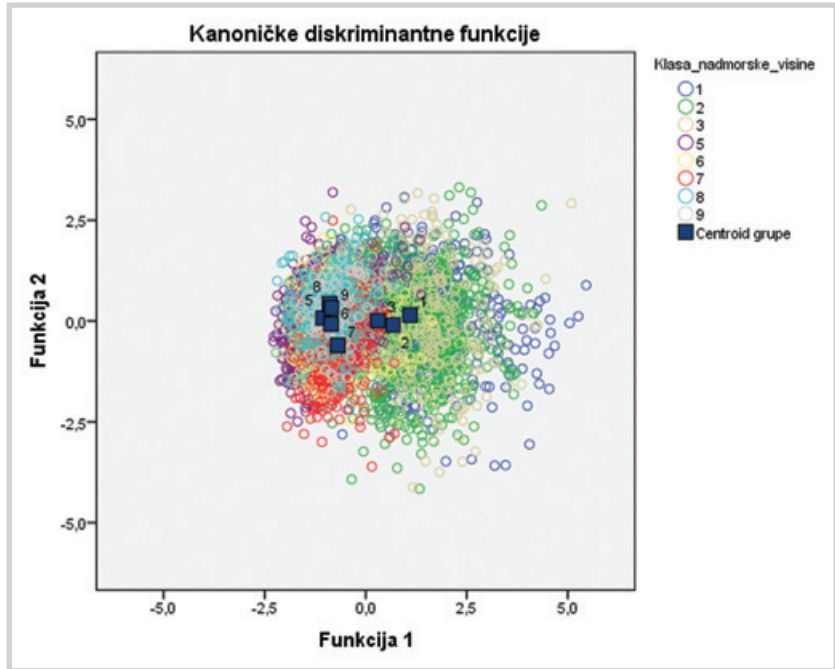
Diskriminantna analiza po skupinama formiranim na osnovi klasa nadmorskih visina pokazala je da postoji sedam funkcija kod kojih je vlastita vrijednost manja od 1 (tablica 26) što znači da nema statistički značajne diskriminacije – razdvajanja u skupu ni po jednoj od funkcija (slika 35).

| Tablica 26. Vlastita vrijednost - Diskriminantna analiza skupina prema klasama nadmorskih visina | | | | |
|--|---------------------|-------------|---------------|----------------------|
| Funkcija | Vlastita vrijednost | % Varijance | Kumulativni % | Kanonička korelacija |
| 1 | 0,683(a) | 88,4 | 88,4 | 0,637 |
| 2 | 0,048(a) | 6,1 | 94,6 | 0,213 |
| 3 | 0,021(a) | 2,7 | 97,2 | 0,143 |
| 4 | 0,011(a) | 1,4 | 98,7 | 0,104 |
| 5 | 0,007(a) | 1,0 | 99,6 | 0,086 |
| 6 | 0,003(a) | 0,3 | 100,0 | 0,051 |
| 7 | 0,000(a) | 0,0 | 100,0 | 0,018 |

U analizi je korišteno prvih sedam kanoničkih diskriminantnih funkcija.



Slika 34. Šuma hrasta lužnjaka



Slika 35. Diskriminantna analiza skupina prema klasama nadmorskih visina

Diskriminantna analiza svojstava lista po skupinama prema klasama nadmorskih visina na temelju srednjih vrijednosti po populacijama

S obzirom da nije došlo do očekivanog razdvajanja klasa nadmorskih visina diskriminantnom analizom, provedena je i diskriminantna analiza prosječnih vrijednosti po populacijama gdje bi se eliminirao utjecaj očigledno suviše jake unutarpopulacijske varijabilnosti.

Diskriminantna analiza prosječnih vrijednosti svih svojstava po populacijama po skupinama, formiranim na osnovi klasa nadmorskih visina (tablica 27), pokazala je da je vlastita vrijednost po funkciji 1, koja je rezultanta svih ispitivanih karaktera, veća od 1. Ona iznosi 3,434. To znači da je prisutno razdvajanje skupina po toj funkciji. Ovom diskriminantnom funkcijom protumačeno je 66,4% varijance.

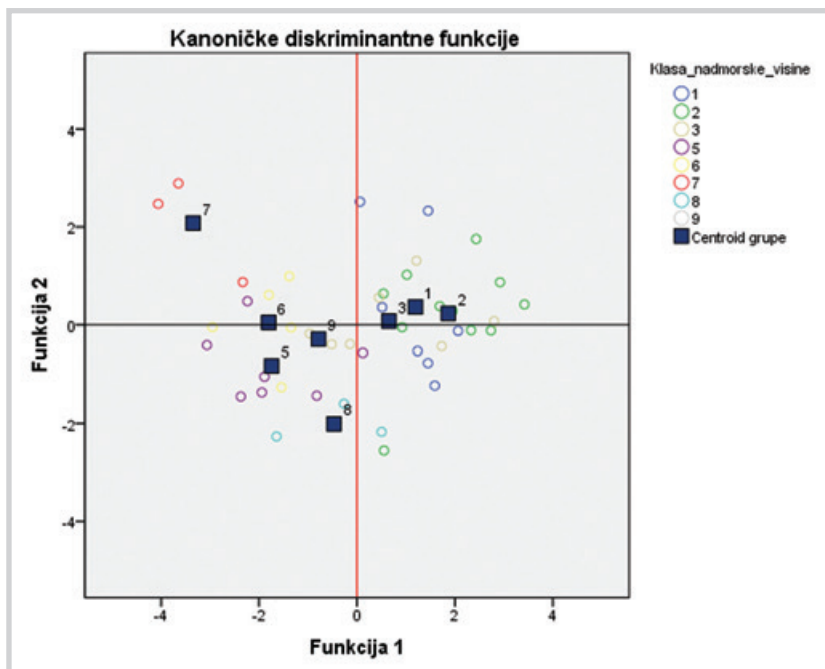
Iz tablice 27 i slike 36 se vidi da su skupine po funkciji 1 razdvojene na dva podskupa. Lijevo od nule funkcije su više klase nadmorskih visina, 401-500 m, 501-600 m, 601-700 m, 701-800 m i 801-900 m. S desne strane nulte linije nalaze se klase nadmorskih visina 0-100, 101-200 m i

201-300 m. Ovo praktično znači da postoje statistički značajne razlike između vrijednosti svojstava listova iz populacija s nižih nadmorskih visina, 0-300 m, i onih s viših nadmorskih visina, 301-900 m.

Tablica 27. Vlastita vrijednost - Diskriminantna analiza skupina prema klasama nadmorskih visina na temelju srednjih vrijednosti po populacijama

| Funkcija | Vlastita vrijednost | % Varijance | Kumulativni % | Kanonička korelacija |
|----------|---------------------|-------------|---------------|----------------------|
| 1 | 3,434(a) | 66,4 | 66,4 | 0,880 |
| 2 | 0,875(a) | 16,9 | 83,3 | 0,683 |
| 3 | 0,580(a) | 11,2 | 94,5 | 0,606 |
| 4 | 0,169(a) | 3,3 | 97,8 | 0,380 |
| 5 | 0,095(a) | 1,8 | 99,7 | 0,295 |
| 6 | 0,011(a) | 0,2 | 99,9 | 0,105 |
| 7 | 0,006(a) | 0,1 | 100,0 | 0,078 |

U analizi je korišteno prvih sedam kanoničkih diskriminantnih funkcija.

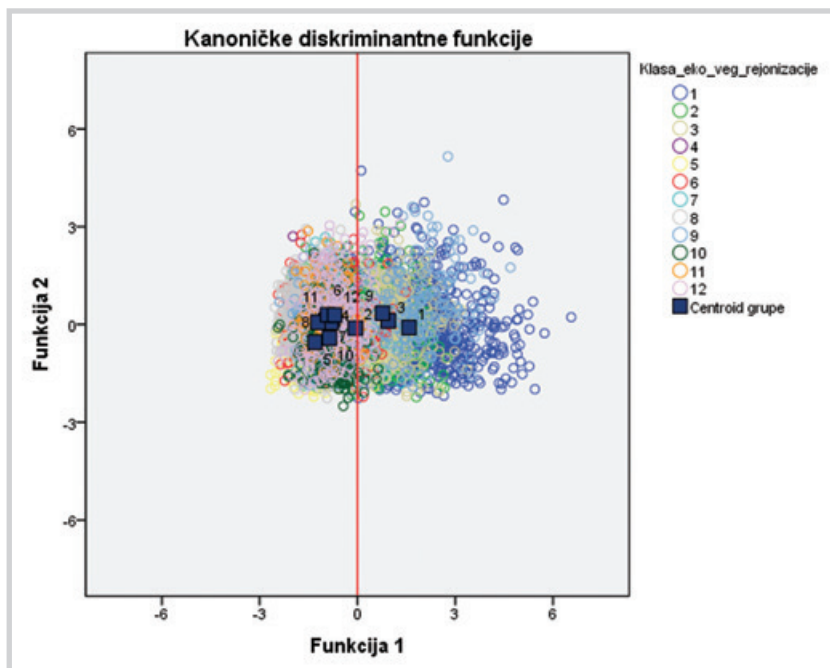


Slika 36. Diskriminantna analiza skupina prema klasama nadmorskih visina na temelju srednjih vrijednosti po populacijama

Diskriminantna analiza svojstava lista po skupinama prema ekološko-vegetacijskim rajonima u Bosni i Hercegovini

Diskriminantna analiza po skupinama formiranim na osnovi ekološko-vegetacijskih rajona pokazala je da je vlastita vrijednost po svim funkcijama manja od 1, osim po funkciji 1 koja je rezultanta svih ispitivanih karaktera i koja iznosi 1,219 (tablica 28). Tom diskriminantnom funkcijom je protumačeno 91,2% ukupne varijance. To znači da je prisutno razdvajanje skupina po toj funkciji. Iz tablice 28 i slike 37 se vidi da su skupine po funkciji 1 razdvoje ne na dva podskupa. To su dva podskupa kod kojih se razlikuje opće stanje stvari s obzirom na sve ispitivane karaktere.

Prvom podskupu, lijevo od nule funkcije, pripadaju ekološko-vegetacijske jedinice (područja/rajoni) označeni sa 2, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11 i 12, a drugom, desno od nule funkcije 1, 3 i 9 (tablica 1, slike 37, 38).



Slika 37. Diskriminantna analiza skupina prema ekološko-vegetacijskim rajonima u BiH

Tablica 28. Vlastita vrijednost - Diskriminantna analiza skupina prema ekološko-vegetacijskim rajonima u Bosni i Hercegovini

| Funkcija | Vlastita vrijednost | % Varijance | Kumulativni % | Kanonička korelacija |
|----------|---------------------|-------------|---------------|----------------------|
| 1 | 1,219(a) | 91,2 | 91,2 | 0,741 |
| 2 | 0,043(a) | 3,2 | 94,4 | 0,203 |
| 3 | 0,030(a) | 2,2 | 96,6 | 0,170 |
| 4 | 0,025(a) | 1,8 | 98,5 | 0,155 |
| 5 | 0,007(a) | 0,5 | 99,0 | 0,082 |
| 6 | 0,005(a) | 0,4 | 99,3 | 0,071 |
| 7 | 0,004(a) | 0,3 | 99,7 | 0,063 |
| 8 | 0,003(a) | 0,3 | 99,9 | 0,058 |
| 9 | 0,001(a) | 0,1 | 100,0 | 0,035 |
| 10 | 0,000(a) | 0,0 | 100,0 | 0,007 |

U analizi je korišteno prvih deset kanoničkih diskriminantnih funkcija.



Slika 38. Diferenciranost ekološko-vegetacijskih rajona na skupine (prema Stefanović i sur., 1983.)

Diskriminantna analiza svojstava lista po skupinama prema ekološko-vegetacijskim rajonima na temelju srednjih vrijednosti po populacijama

Iako je diskriminantna analiza svih vrijednosti pokazala razdvajanje ekološko-vegetacijskih rajona na podskupove, kako je bilo i očekivano, provedena je i diskriminantna analiza prosječnih vrijednosti svih ispitivanih svojstava u populacijama, čime se nastojao izbjeći utjecaj jake unutarpopulacijske varijabilnosti.

Kako se vidi u tablici 29, diskriminantna analiza prosječnih vrijednosti svih svojstava po populacijama po skupinama formiranim na osnovi ekološko-vegetacijskih rajona pokazala je da je vlastita vrijednost po funkcijama 1 i 2, što znači da je prisutno razdvajanje skupina po ove dvije funkcije.

Vlastita vrijednost po funkciji 1, koja je rezultanta svih ispitivanih karaktera, iznosi 5,054, što znači da postoji razdvajanje po toj funkciji. Ovom diskriminantnom funkcijom protumačeno je 67,9% ukupne varijance.

Iz slika 39 i 40 se vidi da su skupine po funkciji 1 razdvojene na dva podskupa kod kojih se razlikuje opće stanje stvari s obzirom na sve ispitivane karaktere.

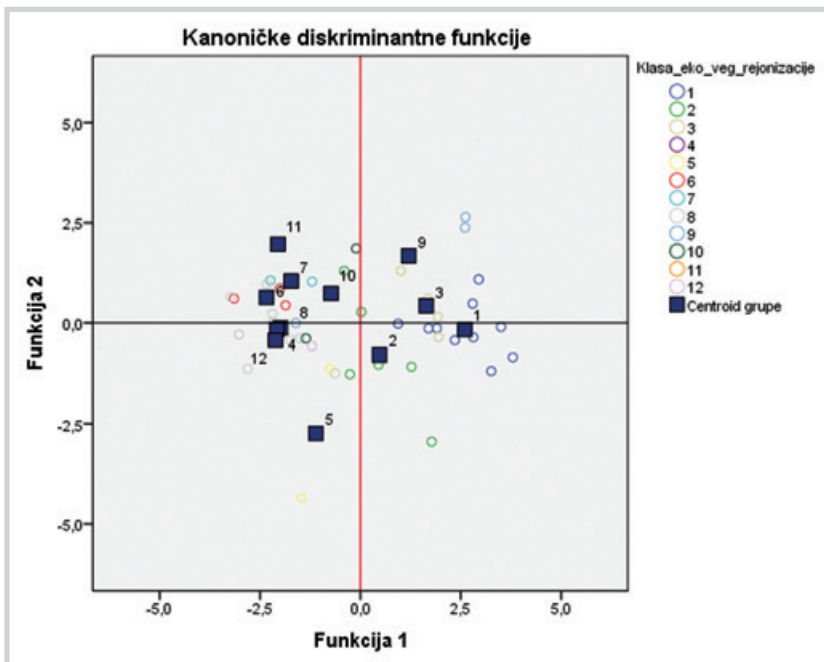
Prvom podskupu, lijevo od nule funkcije, pripadaju ekološko-vegetacijski rajoni označeni 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11 i 12, a drugom, desno od nule funkcije, rajoni 1, 2, 3 i 9.

Po funkciji 2, čija vlastita vrijednost iznosi 1,159, rajoni se također dijele na dva podskupa, gdje se ispod nulte linije nalaze rajoni 1, 2, 4, 5, 8 i 12, a rajoni 3, 6, 7, 9, 10 i 11 iznad nulte linije (slike 39, 41).

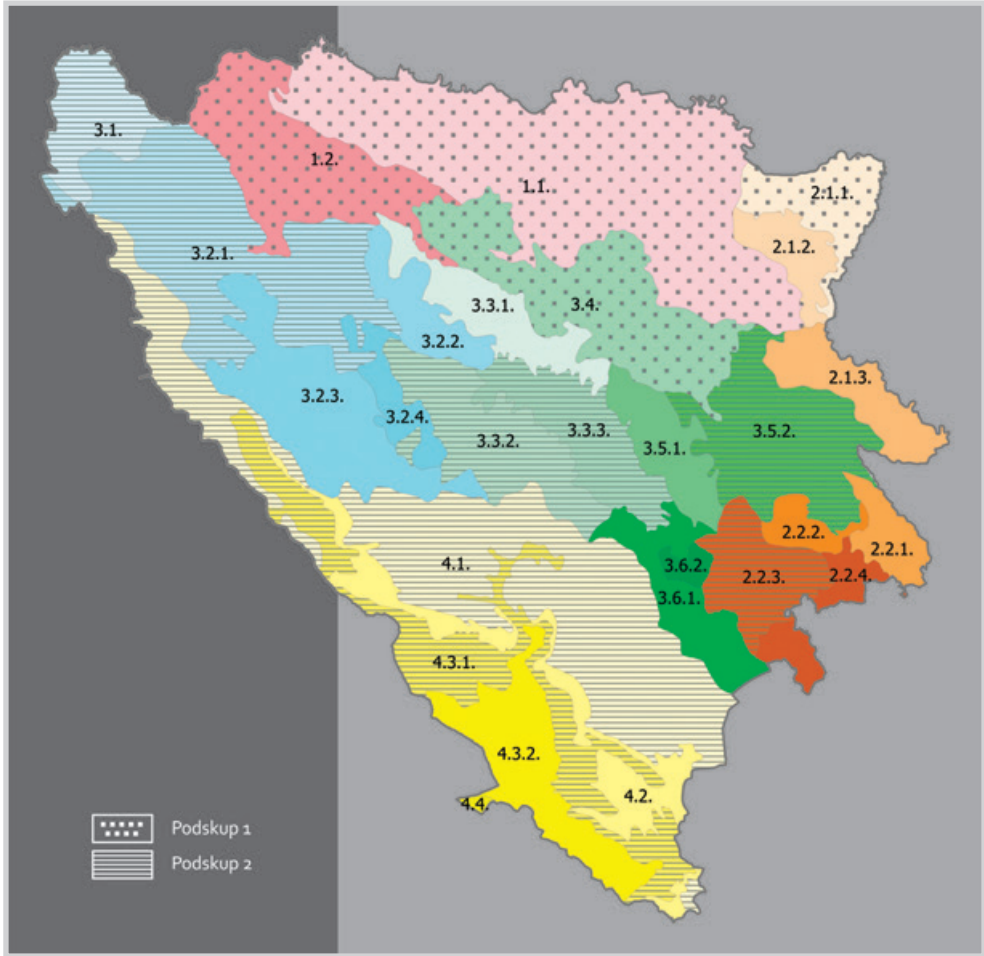
Tablica 29. Vlastita vrijednost - Diskriminantna analiza skupina prema ekološko-vegetacijskim rajonima u Bosni i Hercegovini na temelju srednjih vrijednosti po populacijama

| Funkcija | Vlastita vrijednost | % Varijance | Kumulativni % | Kanonička korelacija |
|----------|---------------------|-------------|---------------|----------------------|
| 1 | 5,054(a) | 67,9 | 67,9 | 0,914 |
| 2 | 1,159(a) | 15,6 | 83,5 | 0,733 |
| 3 | 0,469(a) | 6,3 | 89,8 | 0,565 |
| 4 | 0,274(a) | 3,7 | 93,5 | 0,464 |
| 5 | 0,206(a) | 2,8 | 96,2 | 0,413 |
| 6 | 0,128(a) | 1,7 | 98,0 | 0,337 |
| 7 | 0,081(a) | 1,1 | 99,0 | 0,274 |
| 8 | 0,057(a) | 0,8 | 99,8 | 0,231 |
| 9 | 0,015(a) | 0,2 | 100,0 | 0,120 |

U analizi je korišteno prvih devet kanoničkih diskriminantnih funkcija.



Slika 39. Diskriminantna analiza skupina prema ekološko-vegetacijskim rajonima u Bosni i Hercegovini na temelju srednjih vrijednosti po populacijama



Slika 40. Diferenciranost ekološko-vegetacijskih rajona po funkciji 1, prosjeci po populacijama (podskup 1; podskup 2) (prema Stefanović i sur., 1983.)



Slika 41. Diferenciranost ekološko-vegetacijskih rajona po funkciji 2, prosjeci po populacijama (podskup 1; ostali rajoni podskup 2) (prema Stefanović i sur., 1983.)

ANALIZA REZULTATA MULTIPLIH TESTIRANJA

REZULTATI DUNCANOVOG TESTA PREMA KLASAMA NADMORSKIH VISINA

Dužina plojke lista

S obzirom na Duncanov test, prema dužini plojke lista (tablica 30) razdvaja se šest skupina između kojih postoje statistički značajne razlike. U prvoj skupini nalaze se klase nadmorskih visina 401-500, 701-800 i 801-900, sa srednjim vrijednostima između 70,24 mm i 71,86 mm. Druga skupina se preklapa s prvom, srednje su vrijednosti između 71,54 mm i 72,60 mm i u njoj se nalaze klase nadmorskih visina 701-800, 801-900 i 501-600. Klase 601-700 (srednja vrijednost 75,35 mm), 201-300 (srednja vrijednost 85,65 mm), 101-200 (srednja vrijednost 90,06 mm) i 0-100 (srednja vrijednost 94,26 mm) čine zasebne skupine.

| Tablica 30. Duncanov test za svojstvo dužina plojke lista prema klasama nadmorskih visina | | | | | | | | |
|---|---------|------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Klasa NV | NV | N | Podskup za alfa = 0,05 | | | | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 5 | 401-500 | 700 | 70,24 | | | | | |
| 8 | 701-800 | 300 | 71,54 | 71,54 | | | | |
| 9 | 801-900 | 100 | 71,86 | 71,86 | | | | |
| 6 | 501-600 | 500 | | 72,60 | | | | |
| 7 | 601-700 | 300 | | | 75,35 | | | |
| 3 | 201-300 | 700 | | | | 85,65 | | |
| 2 | 101-200 | 1100 | | | | | 90,06 | |
| 1 | 0-100 | 700 | | | | | | 94,26 |
| Značajnost | | | 0,092 | 0,273 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

Dužina peteljke lista

S obzirom na dužinu peteljke lista, Duncanov test (tablica 31) pokazuje razdvajanje u tri skupine. U prvoj skupini nalaze se klase nadmorskih visina 601-700 m, 401-500 m i 501-600 (srednje vrijednosti između 3,39 mm i 3,63 mm). U drugoj skupini nalaze se klase nadmorskih visina 101-200 m, 201-300 m i 701-800 m (srednje vrijednosti između 4,06 mm i 4,15 mm), a u trećoj 801-900 m i 0-100 m (srednje vrijednosti 4,61 mm i 4,67 mm).



Slika 42. Šuma hrasta lužnjaka u Sprečkom polju kod Živinica

Tablica 31. Duncanov test za svojstvo dužina peteljke lista prema klasama nadmorskih visina

| Klasa NV | NV | N | Podskup za alfa = 0,05 | | |
|------------|---------|------|------------------------|-------|-------|
| | | | 1 | 2 | 3 |
| 7 | 601-700 | 300 | 3,39 | | |
| 5 | 401-500 | 700 | 3,60 | | |
| 6 | 501-600 | 500 | 3,63 | | |
| 2 | 101-200 | 1100 | | 4,06 | |
| 3 | 201-300 | 700 | | 4,10 | |
| 8 | 701-800 | 300 | | 4,15 | |
| 9 | 801-900 | 100 | | | 4,61 |
| 1 | 0-100 | 700 | | | 4,67 |
| Značajnost | | | 0,166 | 0,637 | 0,691 |

Udaljenost najšireg dijela plojke od baze plojke s desne strane

Udaljenost najšireg dijela plojke od baze plojke s desne strane po Duncanovom testu, kao što se vidi u tablici 32, dijeli cijeli uzorak u četiri skupine gdje su populacije s nadmorskih visina 401-500 m, 801-900 m, 501-600 m i 701-800 (srednja vrijednost između 41,88 mm i 42,65 mm) u jednoj skupini, populacije s nadmorskih visina 601-700 m (srednja vrijednost 44,80 mm) čine zasebnu skupinu, kao i populacije s nadmorskih visina 201-300 m (srednja vrijednost 50,79 mm), dok populacije sa 101-200 m i 0-100 m (srednje vrijednosti 54,98 mm i 56,54 mm) čine četvrtu skupinu.

Tablica 32. Duncanov test za udaljenost najšireg dijela plojke od baze plojke prema klasama nadmorskih visina

| Klasa NV | NV | N | Podskup za alfa = 0,05 | | | |
|-------------------|---------|------|------------------------|--------------|--------------|--------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 5 | 401-500 | 700 | 41,88 | | | |
| 9 | 801-900 | 100 | 42,30 | | | |
| 6 | 501-600 | 500 | 42,60 | | | |
| 8 | 701-800 | 300 | 42,65 | | | |
| 7 | 601-700 | 300 | | 44,80 | | |
| 3 | 201-300 | 700 | | | 50,79 | |
| 2 | 101-200 | 1100 | | | | 54,98 |
| 1 | 0-100 | 700 | | | | 56,54 |
| Značajnost | | | 0,412 | 1,000 | 1,000 | 0,064 |

Širina desne poluplojke

Prema širini desne poluplojke i Duncanovom testu (tablica 33), izdvaja se šest skupina. Prvu skupinu čine klase nadmorskih visina 701-800 m, 401-500 m, 801-900 m (srednja vrijednost između 20,61 mm i 21,26 mm). S prvom se prepliće druga skupina koju čine klase nadmorskih visina 801-900 m i 501-600 m (srednja vrijednost između 21,26 mm i 21,92 mm). Ostale skupine čine pojedinačne klase nadmorskih visina 601-700 m (srednja vrijednost 23,56 mm), 201-300 m (srednja vrijednost 25,51 mm), 101-200 m (srednja vrijednost 26,57 mm) i 0-100 m (srednja vrijednost 28,74 mm).

Tablica 33. Duncanov test za svojstvo širina desne poluplojke prema klasama nadmorskih visina

| Klasa NV | NV | N | Podskup za alfa = 0,05 | | | | | |
|-------------------|---------|------|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 8 | 701-800 | 300 | 20,61 | | | | | |
| 5 | 401-500 | 700 | 20,93 | | | | | |
| 9 | 801-900 | 100 | 21,26 | 21,26 | | | | |
| 6 | 501-600 | 500 | | 21,92 | | | | |
| 7 | 601-700 | 300 | | | 23,56 | | | |
| 3 | 201-300 | 700 | | | | 25,51 | | |
| 2 | 101-200 | 1100 | | | | | 26,57 | |
| 1 | 0-100 | 700 | | | | | | 28,74 |
| Značajnost | | | 0,122 | 0,096 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

Najveća širina lijeve poluplojke

Prvu skupinu prema Duncanovom testu (tablica 34) za najveću širinu lijeve poluplojke čine populacije s nadmorskih visina 701-800 m, 401-500 m i 801-900 m, sa srednjim vrijednostima između 20,37 mm i 20,98 mm. U drugu skupinu, čije se srednje vrijednosti kreću između 20,98 mm i 21,54 mm te se tako djelomično poklapaju s prvom skupinom, spadaju klase nadmorskih visina 801-900 m i 501-600 m. Ostale klase nadmorskih visina, 601-700 m sa srednjom vrijednošću 23,17 mm, 201-300 m sa 25,41 mm, 101-200 m sa 26,92 mm te 0-100 m sa 28,38, čine zasebne skupine.

Tablica 34. Duncanov test za svojstvo (najveća) širina lijeve poluplojke prema klasama nadmorskih visina

| Klasa NV | NV | N | Podskup za alfa = 0,05 | | | | | |
|-------------------|---------|------|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 8 | 701-800 | 300 | 20,37 | | | | | |
| 5 | 401-500 | 700 | 20,54 | | | | | |
| 9 | 801-900 | 100 | 20,98 | 20,98 | | | | |
| 6 | 501-600 | 500 | | 21,54 | | | | |
| 7 | 601-700 | 300 | | | 23,17 | | | |
| 3 | 201-300 | 700 | | | | 25,41 | | |
| 2 | 101-200 | 1100 | | | | | 26,92 | |
| 1 | 0-100 | 700 | | | | | | 28,38 |
| Značajnost | | | 0,143 | 0,165 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

Usječenost lista od središnjeg nerva

Duncanov test (tablica 35) pokazuje podjelu u pet skupina prema usječenosti lista od središnjeg nerva. U prvju su klase nadmorskih visina 601-700 m i 801-900 m sa srednjim vrijednostima 7,67 mm i 7,87 mm, u drugoj 801-900 m sa 7,87 mm i 401-500 m sa 8,42 mm, u trećoj 401-500 m, 501-600 m i 701-800 m sa srednjim vrijednostima između 8,42 mm i 8,91 mm, u četvrtoj 201-300 m i 101-200 m sa srednjim vrijednostima 10,46 mm i 10,83, u petoj 0-100 sa 11,94 mm.

Tablica 35. Duncanov test za svojstvo usječenost lista od središnjeg nerva prema klasama nadmorskih visina

| Klasa NV | NV | N | Podskup za alfa = 0,05 | | | | |
|------------|---------|------|------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 7 | 601-700 | 300 | 7,67 | | | | |
| 9 | 801-900 | 100 | 7,87 | 7,87 | | | |
| 5 | 401-500 | 700 | | 8,42 | 8,42 | | |
| 6 | 501-600 | 500 | | | 8,67 | | |
| 8 | 701-800 | 300 | | | 8,91 | | |
| 3 | 201-300 | 700 | | | | 10,46 | |
| 2 | 101-200 | 1100 | | | | 10,83 | |
| 1 | 0-100 | 700 | | | | | 11,94 |
| Značajnost | | | 0,517 | 0,082 | 0,095 | 0,238 | 1,000 |

Usječenost baze plojke

Prema usječenosti baze plojke po Duncanovom testu (tablica 36), javlja se šest skupina: prva obuhvaća populacije s nadmorskih visina 801-900 i 0-100 (srednje vrijednosti 0,88 mm i 0,99 mm), druga 0-100 m i 701-800 m (srednje vrijednosti 0,99 mm i 1,11 mm), treća 701-800 m, 201-300 m i 101-200 m (srednje vrijednosti između 1,11 mm i 1,26 mm), četvrta 201-300 m, 101-200 m i 401-500 (1,21 mm do 1,31 mm), u petoj skupini 101-200 m, 401-500 m i 501-600 m (srednja vrijednost između 1,26 mm i 1,40 mm), dok populacije s nadmorskih visina 601-700 m čine zasebnu, šestu skupinu.

Tablica 36. Duncanov test za svojstvo usječenost baze plojke prema klasama nadmorskih visina

| Klasa NV | NV | N | Podskup za alfa = 0,05 | | | | | |
|-------------------|---------|------|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 9 | 801-900 | 100 | 0,88 | | | | | |
| 1 | 0-100 | 700 | 0,99 | 0,99 | | | | |
| 8 | 701-800 | 300 | | 1,11 | 1,11 | | | |
| 3 | 201-300 | 700 | | | 1,21 | 1,21 | | |
| 2 | 101-200 | 1100 | | | 1,26 | 1,26 | 1,26 | |
| 5 | 401-500 | 700 | | | | 1,31 | 1,31 | |
| 6 | 501-600 | 500 | | | | | 1,40 | |
| 7 | 601-700 | 300 | | | | | | 1,64 |
| Značajnost | | | 0,147 | 0,122 | 0,075 | 0,188 | 0,084 | 1,000 |

Ukupna dužina lista

Ukupna dužina lista pokazuje grupiranje populacija u šest skupina prema klasama nadmorskih visina po Duncanovom testu (tablica 37). U prvu od šest skupina spadaju populacije sa 401-500 m, sa srednjom vrijednosti 73,84 mm, u drugu populacije sa 701-800 m, 501-600 m i 801-900 m, sa srednjim vrijednostima između 75,69 mm i 76,46 mm. Ostale klase pojedinačno čine populacije s nadmorskih visina 601-700 m sa srednjom vrijednosti 78,73 mm, 201-300m sa 89,75 mm, 101-200 m sa 94,12 mm i 0-100 m sa 98,93 mm.

Tablica 37. Duncanov test za svojstvo ukupna dužina lista prema klasama nadmorskih visina

| Klasa NV | NV | N | Podskup za alfa = 0,05 | | | | | |
|-------------------|---------|------|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 5 | 401-500 | 700 | 73,84 | | | | | |
| 8 | 701-800 | 300 | | 75,69 | | | | |
| 6 | 501-600 | 500 | | 76,23 | | | | |
| 9 | 801-900 | 100 | | 76,46 | | | | |
| 7 | 601-700 | 300 | | | 78,73 | | | |
| 3 | 201-300 | 700 | | | | 89,75 | | |
| 2 | 101-200 | 1100 | | | | | 94,12 | |
| 1 | 0-100 | 700 | | | | | | 98,93 |
| Značajnost | | | 1,000 | 0,438 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

Širina plojke lista

Skoro identično prethodnom svojstvu, širina plojke lista po Duncanovom testu pokazuje grupiranje u šest skupina (tablica 38) gdje populacije s nadmorskih visina 701-800 m, 401-500 m i 801-900 m čine jednu skupinu (srednja vrijednost između 40,98 mm i 42,24 mm). Druga skupina se preklapa s prvom i čine je populacije s nadmorskih visina 801-900 m i 501-600 m (42,24 mm i 43,46mm). Populacije s nadmorskih visina 601-700 m, 201-300 m, 101-200 m i 0,100 m čine zasebne skupine.

Tablica 38. Duncanov test za svojstvo širina plojke lista prema klasama nadmorskih visina

| Klasa NV | NV | N | Podskup za alfa = 0,05 | | | | | | |
|------------|---------|------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| 8 | 701-800 | 300 | 40,98 | | | | | | |
| 5 | 401-500 | 700 | 41,48 | | | | | | |
| 9 | 801-900 | 100 | 42,24 | 42,24 | | | | | |
| 6 | 501-600 | 500 | | 43,46 | | | | | |
| 7 | 601-700 | 300 | | | 46,73 | | | | |
| 3 | 201-300 | 700 | | | | 50,92 | | | |
| 2 | 101-200 | 1100 | | | | | 53,48 | | |
| 1 | 0-100 | 700 | | | | | | | 57,13 |
| Značajnost | | | 0,074 | 0,071 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

Odnos širine i dužine lista

Svojstvo odnosa širine i dužine lista, kao izvedeno svojstvo, pokazalo je grupiranje u četiri skupine prema Duncanovom testu (tablica 39). U prvoj skupini su populacije s nadmorske visine 701-800 m, sa srednjom vrijednošću 0,58, u drugoj 801-900 m, 401-500 m, 101-200 m, 201-300 m i 501-600 m, s prosječnim vrijednostima između 0,59 i 0,60, u trećoj, koja se preklapa s drugom, 201-300 m, 501-600 m i 0-100 m, sa srednjim vrijednostima između 0,60 i 0,61, dok se populacije s nadmorske visine 601-700 m odvajaju u zasebnu skupinu, sa srednjom vrijednošću 0,62.

Tablica 39. Duncanov test za svojstvo odnos širine i dužine lista prema klasama nadmorskih visina

| Klasa NV | NV | N | Podskup za alfa = 0,05 | | | |
|-------------------|---------|------|------------------------|--------------|--------------|--------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 8 | 701-800 | 300 | 0,58 | | | |
| 9 | 801-900 | 100 | | 0,59 | | |
| 5 | 401-500 | 700 | | 0,59 | | |
| 2 | 101-200 | 1100 | | 0,59 | | |
| 3 | 201-300 | 700 | | 0,60 | 0,60 | |
| 6 | 501-600 | 500 | | 0,60 | 0,60 | |
| 1 | 0-100 | 700 | | | 0,61 | |
| 7 | 601-700 | 300 | | | | 0,62 |
| Značajnost | | | 1,000 | 0,143 | 0,118 | 1,000 |



Slika 43. Bujna krošnja hrasta lužnjaka

Prosječna dužina reznja

Prosječna dužina reznja je također izvedeno svojstvo i pokazuje grupiranje u pet skupina prema Duncanovom testu (tablica 40). Klase 401-500 m i 701-800 m čine prvu skupinu (srednje vrijednosti 15,26 mm i 15,51 mm). Druga skupina se preklapa s prvom i čine je populacije s nadmorskih visina 701-800 m i 501-600 m (srednje vrijednosti 15,51mm i 16,15mm). Treća skupina se preklapa s drugom i čine je populacije s nadmorskih visina 501-600 m, 601-700 m i 801-900 m drugu (srednje vrijednosti između 16,15 mm i 16,57 mm). Četvrtu skupinu čine populacije s nadmorskih visina 201-300 m i 0-100 m treću (18,53 mm i 19,18 mm), a s njom se preklapa peta skupina koju čine populacije s 0-100 m i 101-200 (19,18 mm i 19,26 mm).

Tablica 40. Duncanov test za svojstvo prosječna dužina reznja prema klasama nadmorskih visina

| Klasa NV | NV | N | Podskup za alfa = 0,05 | | | | | |
|------------|---------|------|------------------------|-------|-------|-------|---|-------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 5 | 401-500 | 700 | 15,26 | | | | | |
| 8 | 701-800 | 300 | 15,51 | 15,51 | | | | |
| 6 | 501-600 | 500 | | 16,15 | 16,15 | | | |
| 7 | 601-700 | 300 | | | 16,33 | | | |
| 9 | 801-900 | 100 | | | 16,57 | | | |
| 3 | 201-300 | 700 | | | | 18,53 | | |
| 1 | 0-100 | 700 | | | | 19,18 | | 19,18 |
| 2 | 101-200 | 1100 | | | | | | 19,26 |
| Značajnost | | | 0,458 | 0,056 | 0,249 | 0,054 | | 0,812 |

Broj reznjeva s desne strane

Po broju reznjeva s desne strane, kako se vidi u tablici 41, Duncanov test grupira klase nadmorskih visina u četiri skupine između kojih dolazi do preklapanja. Tako prvu skupinu čine 801-900 m i 501-600 m (srednje vrijednosti 4,52 i 4,66), drugu 501-600 m, 601-700 m, 201-300 m i 401-500 m (srednje vrijednosti između 4,66 i 4,80), treću 601-700 m, 201-300 m, 401-500 m, 701-800 m i 101-200 m (srednje vrijednosti između 4,77 i 4,89). U četvrtoj skupini su samo populacije s nadmorske visine 0-100 m (srednja vrijednost 5,39).

Tablica 41. Duncanov test za svojstvo broj režnjeva s desne strane prema klasama nadmorskih visina

| Klasa NV | NV | N | Podskup za alfa = 0,05 | | | |
|------------|---------|------|------------------------|-------|-------|-------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 9 | 801-900 | 100 | 4,52 | | | |
| 6 | 501-600 | 500 | 4,66 | 4,66 | | |
| 7 | 601-700 | 300 | | 4,77 | 4,77 | |
| 3 | 201-300 | 700 | | 4,78 | 4,78 | |
| 5 | 401-500 | 700 | | 4,80 | 4,80 | |
| 8 | 701-800 | 300 | | | 4,84 | |
| 2 | 101-200 | 1100 | | | 4,89 | |
| 1 | 0-100 | 700 | | | | 5,11 |
| Značajnost | | | 0,075 | 0,092 | 0,167 | 1,000 |

REZULTATI DUNCANOVOG TESTA PO SKUPINAMA (PREMA EKOLOŠKO-VEGETACIJSKIM RAJONIMA U BIH)

Iz analize rezultata Duncanovog testa po skupinama, formiranim na osnovi ekološko-vegetacijskih rajona iz kojih potječu pojedini uzorci, mogao bi se izvesti opći zaključak da se po većini svojstava uzorci iz rajona 1 izdvajaju u zasebnu skupinu, iz rajona 2 također u zasebnu skupinu, 3 i 9 u jednu i rajoni 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11 i 12 u jednu skupinu.

Dužina plojke lista

Prema ekološko-vegetacijskim rajonima, primjenom Duncanovog testa došlo je do razdvajanja na osam skupina između kojih postoje statistički značajne razlike prema svojstvu dužine plojke lista (tablica 42).

U prvu skupinu spadaju ekološko-vegetacijski rajoni označeni sa 5 i 8, sa srednjim vrijednostima 68,92 mm i 70,49 mm. U drugu skupinu spadaju 8 i 11, sa 70,49 mm i 72,25 mm, dok treću čine 11, 6, 10 i 7, sa srednjim vrijednostima između 72,25 mm i 73,83 mm. Četvrtu skupinu čine 6, 10, 7 i 4, između 72,82 mm i 74,70 mm, a petu 10, 7, 4, 12, između 73,70 mm i 75,46 mm. Ovih pet skupina se, kao što je vidljivo po srednjim vrijednostima, međusobno preklapaju.

U šestoj skupini je ekološko-vegetacijski rajon označen s 2, srednja vrijednost dužine plojke 81,54 mm, u sedmoj 9 i 3, 90,34 mm i 91,62 mm te u osmoj 1, s 97,73 mm.

Tablica 42. Duncanov test za svojstvo dužina plojke lista prema ekološko-vegetacijskim rajonima

| Klasa EVR | N | Podskup za alfa = 0,05 | | | | | | | |
|------------|------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 5 | 200 | 68,92 | | | | | | | |
| 8 | 800 | 70,49 | 70,49 | | | | | | |
| 11 | 100 | | 72,25 | 72,25 | | | | | |
| 6 | 300 | | | 72,82 | 72,82 | | | | |
| 10 | 200 | | | 73,69 | 73,69 | 73,69 | | | |
| 7 | 200 | | | 73,83 | 73,83 | 73,83 | | | |
| 4 | 100 | | | | 74,70 | 74,70 | | | |
| 12 | 200 | | | | | 75,46 | | | |
| 2 | 600 | | | | | | 81,54 | | |
| 9 | 300 | | | | | | | 90,34 | |
| 3 | 400 | | | | | | | 91,62 | |
| 1 | 1000 | | | | | | | | 97,73 |
| Značajnost | | 0,107 | 0,070 | 0,138 | 0,077 | 0,096 | 1,000 | 0,185 | 1,000 |

Dužina peteljke lista

Prema Duncanovom testu, statistički značajne razlike po dužini peteljke lista postoje između pet izdvojenih skupina, s tim što se sve one međusobno preklapaju (tablica 43).

U prvu skupinu spadaju ekološko-vegetacijski rajoni označeni sa 4, 8, 6, 12 i 7, sa srednjim vrijednostima između 3,27 mm i 3,67 mm, u drugu 8, 6, 12, 7 i 5, između 3,43 mm i 3,72 mm, treću 6, 12, 7, 5 i 2, između 3,62 mm i 3,99 mm, četvrtu 2 i 9, sa 3,99 mm i 4,37 mm te u petu 9, 3, 1, 10 i 11, između 4,37 mm i 4,69 mm.

Udaljenost najšireg dijela plojke od baze plojke s desne strane

Ovo svojstvo, kako je vidljivo u tablici 44, pokazuje razdvajanje u šest skupina ekološko-vegetacijskih rajona po provedenom Duncanovom testu gdje postoje preklapanja između prve četiri skupine.

U prvoj skupini su rajoni označeni sa 5, 11, 8 i 6, sa srednjim vrijednostima između 40,79 mm i 42,26 mm, u drugoj 11, 8, 6 i 10, između 41,49 mm i 43,00 mm, u trećoj 10 i 7, 43,00 i 44,28 mm, u četvrtoj 7, 12 i 4, između 44,28 mm i 46,17 mm, u petoj 2 sa 49,18 mm, u šestoj 9 i 3 sa 53,89 mm i 55,73 mm i u sedmoj 1 sa 59,167.

Tablica 43. Duncanov test za svojstvo dužina peteljke lista prema ekološko-vegetacijskim rajonima

| Klasa EVR | N | Podskup za alfa = 0,05 | | | | |
|-------------------|------|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 4 | 100 | 3,27 | | | | |
| 8 | 800 | 3,43 | 3,43 | | | |
| 6 | 300 | 3,51 | 3,51 | | | |
| 12 | 200 | 3,62 | 3,62 | 3,62 | | |
| 7 | 200 | 3,67 | 3,67 | 3,67 | | |
| 5 | 200 | | 3,72 | 3,72 | | |
| 2 | 600 | | | 3,96 | | |
| 9 | 300 | | | 3,99 | 3,99 | |
| 3 | 400 | | | | 4,37 | 4,37 |
| 1 | 1000 | | | | | 4,51 |
| 10 | 200 | | | | | 4,64 |
| 11 | 100 | | | | | 4,69 |
| Značajnost | | 0,072 | 0,203 | 0,096 | 0,055 | 0,142 |

Tablica 44. Duncanov test za svojstvo udaljenost najšireg dijela plojke od baze plojke s desne strane prema ekološko-vegetacijskim rajonima

| Klasa EVR | N | Podskup za alfa = 0,05 | | | | | | |
|-------------------|------|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 5 | 200 | 40,79 | | | | | | |
| 11 | 100 | 41,49 | 41,49 | | | | | |
| 8 | 800 | 41,70 | 41,70 | | | | | |
| 6 | 300 | 42,26 | 42,26 | | | | | |
| 10 | 200 | | 43,00 | 43,00 | | | | |
| 7 | 200 | | | 44,28 | 44,28 | | | |
| 12 | 200 | | | | 45,67 | | | |
| 4 | 100 | | | | 46,17 | | | |
| 2 | 600 | | | | | 49,17 | | |
| 9 | 300 | | | | | | 53,89 | |
| 3 | 400 | | | | | | 55,73 | |
| 1 | 1000 | | | | | | | 59,17 |
| Značajnost | | 0,166 | 0,158 | 0,185 | 0,064 | 1,000 | 0,056 | 1,000 |

Širina desne poluplojke

Kao i za prethodno svojstvo, Duncanovim testom dobili smo razdvajanje u sedam skupina po ekološko-vegetacijskim rajonima, sa skoro identičnim rasporedom u skupine, a ako uzmemo u obzir preklapanja skupina, može se reći da je praktično isti.

Kao što vidimo u tablici 45, u prvu skupinu dolaze rajoni 5, 8, 10, 11, srednje vrijednosti između 20,70 mm i 21,51 mm, u drugu 8, 10, 11 i 6, između 21,93 mm i 21,94 mm, u treću 11, 6 i 7 (između 21,51 mm i 22,38 mm), u četvrtu 7, 12 i 4 (između 22,38 mm i 23,24 mm), u petu 4 i 2 (23,24 mm i 24,05 mm), u šestu 9 i 3 (26,73 mm i 27,18 mm) i u sedmu 1 (29,56 mm).

Tablica 45. Duncanov test za svojstvo širina desne poluplojke prema ekološko-vegetacijskim rajonima

| Klasa EVR | N | Podskup za alfa = 0,05 | | | | | | |
|------------|------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 5 | 200 | 20,70 | | | | | | |
| 8 | 800 | 21,03 | 21,03 | | | | | |
| 10 | 200 | 21,22 | 21,22 | | | | | |
| 11 | 100 | 21,51 | 21,51 | 21,51 | | | | |
| 6 | 300 | | 21,94 | 21,94 | | | | |
| 7 | 200 | | | 22,38 | 22,38 | | | |
| 12 | 200 | | | | 22,88 | | | |
| 4 | 100 | | | | 23,24 | 23,24 | | |
| 2 | 600 | | | | | 24,05 | | |
| 9 | 300 | | | | | | 26,73 | |
| 3 | 400 | | | | | | 27,18 | |
| 1 | 1000 | | | | | | | 29,56 |
| Značajnost | | 0,101 | 0,067 | 0,072 | 0,072 | 0,078 | 0,320 | 1,000 |

Najveća širina lijeve poluplojke

Manji broj skupina rajona formira se prema širini lijeve poluplojke, njih pet, kako vidimo u tablici 46. Najveća je prva, u nju spada 6 rajona, 10, 8, 5, 7, 11 i 6, sa srednjim vrijednostima između 20,65 mm i 21,53 mm. S njom se preklapa druga, koju čine rajoni 7, 11, 6 i 4, s vrijednostima između 21,45 mm i 22,32 mm. U trećoj skupini su rajoni 12 i 2 (23,26 mm i 24,12 mm), u četvrtoj 9 i 3 (26,36 mm i 27,16 mm) i u petoj je rajon 1 (29,67 mm).

Usječenost lista od središnjeg nerva

Prema usječenosti lista od središnjeg nerva formira se također pet skupina ekološko-vegetacijskih rajona, s tim što se prve dvije skoro potpuno preklapaju, kako se vidi u tablici 47. Naime, u prvu spadaju

rajoni 12, 4, 8, 6, 10, 5, 7 (8,08 mm – 8,92 mm), a u drugu 4, 8, 6, 10, 5, 7 i 11 (8,19 mm – 8,95 mm). U trećoj skupini je rajon 2, (10,02 mm), u četvrtoj 9 i 3 (11,02 mm i 11,10 mm) i u petoj rajon 1 (12,22 mm).

Tablica 46. Duncanov test za svojstvo (najveća) širina lijeve poluplojke prema ekološko-vegetacijskim rajonima

| Klasa EVR | N | Podskup za alfa = 0,05 | | | | |
|-------------------|------|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 10 | 200 | 20,65 | | | | |
| 8 | 800 | 20,74 | | | | |
| 5 | 200 | 20,76 | | | | |
| 7 | 200 | 21,45 | 21,45 | | | |
| 11 | 100 | 21,49 | 21,49 | | | |
| 6 | 300 | 21,53 | 21,53 | | | |
| 4 | 100 | | 22,32 | | | |
| 12 | 200 | | | 23,26 | | |
| 2 | 600 | | | 24,12 | | |
| 9 | 300 | | | | 26,36 | |
| 3 | 400 | | | | 27,16 | |
| 1 | 1000 | | | | | 29,67 |
| Značajnost | | 0,093 | 0,081 | 0,058 | 0,076 | 1,000 |

Tablica 47. Duncanov test za svojstvo usječenost lista od središnjeg nerva prema ekološko-vegetacijskim rajonima

| Klasa EVR | N | Podskup za alfa = 0,05 | | | | |
|-------------------|------|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 12 | 200 | 8,08 | | | | |
| 4 | 100 | 8,19 | 8,19 | | | |
| 8 | 800 | 8,24 | 8,24 | | | |
| 6 | 300 | 8,27 | 8,27 | | | |
| 10 | 200 | 8,40 | 8,40 | | | |
| 5 | 200 | 8,76 | 8,76 | | | |
| 7 | 200 | 8,92 | 8,92 | | | |
| 11 | 100 | | 8,95 | | | |
| 2 | 600 | | | 10,02 | | |
| 9 | 300 | | | | 11,02 | |
| 3 | 400 | | | | 11,10 | |
| 1 | 1000 | | | | | 12,22 |
| Značajnost | | 0,052 | 0,079 | 1,000 | 0,828 | 1,000 |

Usječenost baze plojke

I usječenost baze plojke po Duncanovom testu (tablica 48) grupira rajone u pet skupina, ali se u ovom slučaju preklapaju prve četiri.

U prvu skupinu spadaju rajoni 5, 10 i 1 (0,95 mm – 1,04 mm), u drugu 1, 7 i 2 (1,04 mm – 1,17 mm), u treću 7, 2, 4, 3, 6 i 12 (1,17 mm – 1,37 mm), u četvrtu 4, 3, 6, 12, 8 i 11 (1,27 mm – 1,43 mm) i u petu 9 (1,67 mm).

Ukupna dužina lista

Po ovom svojstvu Duncanov test je razdvojio ekološko-vegetacijske rajone u šest skupina. U tablici 49 vidimo da u prvu skupinu spadaju rajoni 5 i 8 (72,64 mm i 73,92 mm), u drugu 6, 11, 7, 4 i 10 (između 76,33 mm i 78,33 mm), u treću 11, 7, 4, 10 i 12 (između 79,94 mm i 79,08 mm), u četvrtu 2 (85,50 mm), u petu 9 i 3 (94,32 mm i 95,99 mm) i u šestu 1 (102,24 mm).



Slika 44. Obnovljena šuma hrasta lužnjaka u Sprečkom polju

Tablica 48. Duncanov test za svojstvo usječenost baze plojke prema ekološko-vegetacijskim rajonima

| Klasa EVR | N | Podskup za alfa = 0,05 | | | | |
|-------------------|------|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 5 | 200 | 0,95 | | | | |
| 10 | 200 | 0,97 | | | | |
| 1 | 1000 | 1,04 | 1,04 | | | |
| 7 | 200 | | 1,17 | 1,17 | | |
| 2 | 600 | | 1,17 | 1,17 | | |
| 4 | 100 | | | 1,27 | 1,27 | |
| 3 | 400 | | | 1,28 | 1,28 | |
| 6 | 300 | | | 1,31 | 1,31 | |
| 12 | 200 | | | 1,37 | 1,37 | |
| 8 | 800 | | | | 1,42 | |
| 11 | 100 | | | | 1,43 | |
| 9 | 300 | | | | | 1,67 |
| Značajnost | | 0,360 | 0,168 | 0,055 | 0,143 | 1,000 |

Tablica 49. Duncanov test za svojstvo ukupna dužina lista prema ekološko-vegetacijskim rajonima

| Klasa EVR | N | Podskup za alfa = 0,05 | | | | | |
|-------------------|------|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 5 | 200 | 72,64 | | | | | |
| 8 | 800 | 73,92 | | | | | |
| 6 | 300 | | 76,33 | | | | |
| 11 | 100 | | 76,94 | 76,94 | | | |
| 7 | 200 | | 77,50 | 77,50 | | | |
| 4 | 100 | | 77,97 | 77,97 | | | |
| 10 | 200 | | 78,33 | 78,33 | | | |
| 12 | 200 | | | 79,08 | | | |
| 2 | 600 | | | | 85,50 | | |
| 9 | 300 | | | | | 94,32 | |
| 3 | 400 | | | | | 95,99 | |
| 1 | 1000 | | | | | | 102,25 |
| Značajnost | | 0,198 | 0,073 | 0,053 | 1,000 | 0,093 | 1,000 |

Širina plojke lista

I po ovom svojstvu formira se također šest skupina (tablica 50). Prvu skupinu čine rajoni 5, 8, 10 i 11 (41,45 mm – 43,00 mm), drugu 11, 6 i 7 (43,00 mm – 43,83 mm), treću 4 i 12 (45,56 mm i 46,14 mm), četvrtu 2 (48,17 mm), petu 9 i 3 (53,09 mm i 54,34 mm) i šestu 1 (59,23 mm).

| Tablica 50. Duncanov test za svojstvo širina plojke lista prema ekološko-vegetacijskim rajonima | | | | | | | |
|---|------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Klasa EVR | N | Podskup za alfa = 0,05 | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 5 | 200 | 41,45 | | | | | |
| 8 | 800 | 41,77 | | | | | |
| 10 | 200 | 41,88 | | | | | |
| 11 | 100 | 43,00 | 43,00 | | | | |
| 6 | 300 | | 43,46 | | | | |
| 7 | 200 | | 43,83 | | | | |
| 4 | 100 | | | 45,56 | | | |
| 12 | 200 | | | 46,14 | | | |
| 2 | 600 | | | | 48,17 | | |
| 9 | 300 | | | | | 53,09 | |
| 3 | 400 | | | | | 54,34 | |
| 1 | 1000 | | | | | | 59,23 |
| Značajnost | | 0,058 | 0,301 | 0,442 | 1,000 | 0,094 | 1,000 |

Odnos širine i dužine lista

U tablici 51 vidimo da se prema Duncanovom testu ekološko-vegetacijski rajoni dijele u šest skupina, ali s dosta različitim rasporedom od prethodnih, što i nije od velikog značaja, s obzirom da se radi o izvedenom svojstvu, odnosu širine i dužine lista.

U prvu skupinu spada samo rajon 10 (0,57). U drugoj su 9, 2, 8, 3, 7, 11 i 6 (0,589 – 0,599), koja se preklapa s trećom u kojoj su 2, 8, 3, 7, 11, 6 i 5 (0,591 – 0,603). Ova se prepliće s četvrtom (8, 3, 7, 11, 6, 5 i 1, 0,593 – 0,605), četvrta s petom (6, 5, 1 i 12, 0, 599 – 0,611), a peta sa šestom (5, 1, 12 i 4, 0,603 – 0,612).

Prosječna dužina reznja

Podjela na pet skupina ekološko-vegetacijskih rajona je prikazana u tablici 52. U prvu spadaju 11, 7, 4, 6, 12 i 8 (15,12 mm – 15,88 mm), u

drugu 5 i 10 (16,82 mm i 16,92 mm), u treću 2 (18,00 mm), u četvrtu 3 i 9 (18,99 mm i 19,20 mm) i u petu 9 i 1 (19,20 mm i 19,93 mm).

Tablica 51. Duncanov test za svojstvo odnos širine i dužine lista prema ekološko-vegetacijskim rajonima

| Klasa EVR | N | Podskup za alfa = 0,05 | | | | | |
|-------------------|------|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 10 | 200 | 0,57 | | | | | |
| 9 | 300 | | 0,59 | | | | |
| 2 | 600 | | 0,59 | 0,59 | | | |
| 8 | 800 | | 0,59 | 0,59 | 0,59 | | |
| 3 | 400 | | 0,59 | 0,59 | 0,59 | | |
| 7 | 200 | | 0,60 | 0,60 | 0,60 | | |
| 11 | 100 | | 0,60 | 0,60 | 0,60 | | |
| 6 | 300 | | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | |
| 5 | 200 | | | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 |
| 1 | 1000 | | | | 0,61 | 0,61 | 0,61 |
| 12 | 200 | | | | | 0,61 | 0,61 |
| 4 | 100 | | | | | | 0,61 |
| Značajnost | | 1,000 | 0,203 | 0,076 | 0,079 | 0,058 | 0,202 |

Tablica 52. Duncanov test za svojstvo prosječna dužina reznja prema ekološko-vegetacijskim rajonima

| Klasa EVR | N | Podskup za alfa = 0,05 | | | | |
|-------------------|------|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 11 | 100 | 15,12 | | | | |
| 7 | 200 | 15,24 | | | | |
| 4 | 100 | 15,58 | | | | |
| 6 | 300 | 15,71 | | | | |
| 12 | 200 | 15,80 | | | | |
| 8 | 800 | 15,88 | | | | |
| 5 | 200 | | 16,82 | | | |
| 10 | 200 | | 16,92 | | | |
| 2 | 600 | | | 18,00 | | |
| 3 | 400 | | | | 18,99 | |
| 9 | 300 | | | | 19,20 | 19,20 |
| 1 | 1000 | | | | | 19,93 |
| Značajnost | | 0,105 | 0,798 | 1,000 | 0,598 | 0,074 |

Broj režnjeva s desne strane

Po ovom svojstvu Duncanov test dijeli rajone na sedam skupina. U prvoj skupini je rajon 5 (4,29), u drugoj 10 i 8 (4,54 i 4,61), u trećoj 8 i 2 (4,61 i 4,74), u četvrtoj 2, 6 i 9 (4,74 – 4,87), u petoj 6, 9, 4, 12, 7 i 11 (4,82 – 5,02), u šestoj 9, 4, 12, 7, 11 i 3 (4,87 – 5,04) i u sedmoj 4, 12, 7, 11, 3 i 1 (4,94 – 5,12), (tablica 53).

Tablica 53. Duncanov test za svojstvo broj režnjeva s desne strane prema ekološko-vegetacijskim rajonima

| Klasa EVR | N | Podskup za alfa = 0,05 | | | | | | |
|------------|------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 5 | 200 | 4,29 | | | | | | |
| 10 | 200 | | 4,54 | | | | | |
| 8 | 800 | | 4,61 | 4,61 | | | | |
| 2 | 600 | | | 4,74 | 4,74 | | | |
| 6 | 300 | | | | 4,82 | 4,82 | | |
| 9 | 300 | | | | 4,87 | 4,87 | 4,87 | |
| 4 | 100 | | | | | 4,94 | 4,94 | 4,94 |
| 12 | 200 | | | | | 4,98 | 4,98 | 4,98 |
| 7 | 200 | | | | | 5,01 | 5,01 | 5,01 |
| 11 | 100 | | | | | 5,02 | 5,02 | 5,02 |
| 3 | 400 | | | | | | 5,04 | 5,04 |
| 1 | 1000 | | | | | | | 5,12 |
| Značajnost | | 1,000 | 0,390 | 0,180 | 0,171 | 0,055 | 0,106 | 0,096 |

DIFERENCIIRANOST PREMA NADMORSKIM VISINAMA

Analiza varijance prema skupinama, formiranim na osnovi nadmorskih visina populacija iz kojih je sakupljan materijal (9 skupina), pokazuje da postoje statistički značajne razlike između skupina po svakom svojstvu. To ukazuje na postojanje visinske diferencijacije i vrlo vjerojatno modifikacija, te da bi trebalo voditi računa o tome pri pošumljavanju.

Diskriminacijska analiza prosječnih vrijednosti svih ispitivanih svojstava po populacijama pokazala je da je prisutno razdvajanje po funkciji 1 i to na dva podskupa. U jednom se nalaze klase nadmorskih visina 0-100 m i 101-200 m. Klasa nadmorskih visina 201-300 predstavlja granicu između ova dva podskupa, dok su u drugom podskupu više klase

nadmorskih visina, 401-500 m, 501-600 m, 601-700 m, 701-800 m i 801-900 m. Ovo praktično znači da postoje statistički značajne razlike između morfoloških karakteristika listova hrasta lužnjaka iz populacija s nižih nadmorskih visina, 0-300 m i onih s viših nadmorskih visina, 301-900 m, što se može koristiti u daljim istraživanjima (Ballian i sur. 2015).

Duncanov test je djelomično potvrdio rezultate dobivene diskriminacijskom analizom, s tom razlikom što se klase nadmorskih visina 0-100 m, 101-200 m i 201-300 m izdvajaju u zasebne skupine, a klase nadmorskih visina između 400 i 900 m mogu se svrstati u jednu skupinu, s izuzetkom klase 601-700 m koja po većini svojstava čini zasebnu skupinu.

Iz prethodnih podataka da se zaključiti da je visinska rajonizacija hrasta lužnjaka vrlo bitna te da treba voditi računa da se sjemenski i sadni materijal može prenositi u rasponu 0-300, odnosno 301-900 m nadmorske visine.

Ovo je suprotno rezultatima istraživanja morfoloških svojstava obične jele koje su proveli Ballian i Čabaravdić (2005), a koje je rezultiralo zaključkom da razlike u nadmorskoj visini, kao i pedološkoj i geološkoj strukturi tla između populacija, nisu imale utjecaja na međupopulacijsku varijabilnost istraživanih svojstava, kao ni udaljenost između populacija.

U Norveškoj su rađena istraživanja visinske rajonizacije, uz utvrđivanje podrijetla s preko 37 rajona ili oblasti za sakupljanje sjemena (sjemenih zona) koje se dalje dijele na visinske oblasti (Barner i Willan, 1995). Ova podjela se temelji na zemljopisno-klimatskim faktorima koji ustvari ograničavaju distribuciju šumskih zajednica. Također, tu su uključena i razgraničenja administrativnog tipa. Tako u južnim oblastima, s blažom klimom, umjesto visinske diobe se,



Slika 45. Štete od strizibube (*Cerambyx cerdo*) na drvu, kanali u drvu hrasta lužnjaka

kao diobeni element, upotrebljava udaljenost od mora. Reprodukcijski materijal, sjeme i sadnice, trebali bi se koristiti unutar rajona u kojem su sakupljeni. Inače, za dvije glavne vrste, smrču i obični bor, određene su i visinske i širinske granice unutar kojih se može prenositi reprodukcijski materijal bez većih problema koji nastaju tijekom procesa prilagodbe, tj. nekoliko stotina kilometara na sjever ili jug (400 do 200 km) i nekoliko stotina metara prema gore ili dolje (250 m) od mjesta sabiranja.

DIFERENCIIRANOST PREMA EKOLOŠKO-VEGETACIJSKOJ RAJONIZACIJI

Europska komisija za područje Europske unije propisuje osnove koje su bitne za određivanje podrijetla sjemenskog reprodukcijskog materijala te su to u svoje zakonodavstvo uvele sve članice Unije, kao i pridružene zemlje, odnosno kandidati za članstvo. Osnova za pristupanje rajonizaciji sjemenskih objekata je u uputi 1999/105/EC (Europske komisije) čl. 2 točka g koja glasi *“Sjemenski rajoni se definiraju prema vrsti ili podvrsti šumskog drveća, kao teritorija ili cjelina teritorije na kojima vladaju prilično istovjetni okolišni uvjeti i na kojima se nalaze sjemenske sastojine ili neki drugi izvori sjemena sa sličnim fenotipskim ili genetskim svojstvima, a ujedno vodeći računa i o visinskom rasprostranjenju ako je to moguće”*.

Sjemenski rajoni su, prema tome, prvi i osnovni stupanj upravljanju genetskim resursima (sjemenske sastojine su predstavljene kao izvori sjemena, sastojine koje rađaju sjemenom te po potrebi i kao umjetni nasadi) koji su određeni za proizvodnju šumskog reprodukcijskog materijala za proizvodnju sadnica.

Osnovni cilj određivanja granica nekog sjemenskog rajona je da se uvede jedna učinkovitija kontrola kretanja šumskog reprodukcijskog materijala, uz izbjegavanje da taj materijal bude upotrijebljen u neadekvatnim ekološkim uvjetima. Tu prije svega treba imati na umu i namjeru da se omogući bolje upravljanje genetskim resursima u područjima u kojima je prisutna veća raznolikost kako vrsta, tako i genetska, te da se autohtoni genofond zaštititi od pojave neprirodnih introgresija koje mogu promijeniti (uništiti) genetsku strukturu viso-

kovrijednih autohtonih populacija, odnosno dovesti do kontaminacije autohtonog genetskog materijala.

Razvojem Bosne i Hercegovine krajem sedamdesetih i početkom osamdesetih godina prošlog stoljeća, te pokretanjem velikog projekta pošumljavanja krša i rekonstrukcije degradiranih šuma u Bosni i Hercegovini, javlja se potreba za velikim količinama kvalitetnog sjemena. Tada je već i sazrela svijest, a i znanstvena saznanja su ukazivala da je za naše podneblje potrebno proizvoditi i koristiti sjeme iz vlastitih populacija, odnosno vlastite provenijencije, te se pristupa reviziji postojećih i izdvajanju novih sjemenskih objekata, kao i njihova rajonizacija. Osnova za rajonizaciju sjemenskih objekata je ležala u prethodno urađenoj "Ekološko-vegetacijskoj rajonizaciji Bosne i Hercegovine" (Stefanović i sur. 1983). Odmah zatim počinje rad na projektu "Revizija postojećih i izdvajanju novih sjemenskih sastojina" (Dizdarević i sur. 1987) koji se završava izvještajem 1987. koji nije primijenjen u praksi. I pored jako dobre osnove dobivene iz ekološko-vegetacijske rajonizacije, te dobre osnove u metodologiji revizije, na kraju su napravljene velike pogreške kod izrade plana distribucije sjemena jer nisu uvažene rajonske osobnosti populacija, vezane za genetsku diferencijaciju. Osnovni problem je ležao u tadašnjem nepoznavanju genetskih struktura sjemenskih sastojina te kasnijeg genetskog razvoja i utjecaja introducirane populacije kroz introgresiju u novoj sredini.

U isto vrijeme, Šumarski fakultet u Sarajevu za potrebe ŠIPAD-a radi i "Plan proizvodnje, dorade i distribucije šumskog sjemena i sadnog materijala SOUR-ŠIPAD za period 1989-1995. godine", gdje se točno planira koje sjeme i iz kojeg objekta će biti upotrijebljeno te na kojem mjestu. Ipak, svi ovi planovi su bili bazirani na empirijskim podacima jer se nije raspolagalo podacima koji proizlaze iz eksperimentalne rajonizacije, dobivenih iz terenskih eksperimenata, odnosno na osnovama molekularno-genetske rajonizacije. No, postali su dobra osnova za daljnje razvijanje. Ako pratimo znanstvenu literaturu, možemo primijetiti da smo do 1992. godine pratili europska dostignuća, a u nekim stvarima da smo bili i korak ispred Europe, gdje naročito možemo istaći aktivnosti na "Ekološko-vegetacijskoj rajonizaciji".

Analiza varijance i Diskriminacijska analiza prema skupinama, formirane na osnovi ekološko-vegetacijske rajonizacije, tj. pripadnosti populacija iz kojih je sakupljan materijal u pojedinim ekološko-vege-

tacijskim rajonima (12 skupina), pokazuju da postoje statistički značajne razlike između skupina, odnosno rajona po svakom svojstvu, te bi pri pošumljavanju trebalo koristiti materijal samo s područja jednog rajona, odnosno područja u kojem nije izvršena podjela na rajone.

Diskriminacijska analiza svih vrijednosti, kao i prosječnih vrijednosti po populacijama, pokazala je da po diskriminantnoj funkciji 1 ekološko-vegetacijski rajoni, označeni sa 4, 5, 6, 8, 10, 11 i 12, pripadaju jednoj skupini po većini svojstava, a rajoni 1, 2, 3 i 9 drugoj. Jedino je rajon 7 pri analizi svih vrijednosti pripadao drugoj, a pri analizi prosječnih vrijednosti prvoj skupini.

Po funkciji 2 rajoni se također dijele na dva podskupa, gdje rajoni 2, 5, 8 i 10 pripadaju jednoj, rajon 1 je na samoj nultoj liniji, a rajoni 3, 4, 6, 7, 9, 11 i 12 drugoj skupini.

Posmatrajući rezultate Duncanovog testa prema ekološko-vegetacijskim rajonima za sva svojstva, može se izvesti zaključak da se ekološko-vegetacijski rajon označen sa 1 izdvaja u zasebnu skupinu, rajoni označeni sa 3 i 9 u drugu, rajon 2 u treću, a svi ostali rajoni u četvrtu skupinu.

Uvjetno uzevši, rezultati Duncanovog testa mogu se tumačiti kao potvrda rezultata diskriminacijske analize, gdje su rajon, odnosno područja (tamo gdje nije izvršena podjela na rajone) podijeljeni u dvije skupine:

Prvu skupinu čine: Pripanonska oblast, Sjeverobosansko područje (Donji Žabar - Pelagićevo, B. Brod - Zborišta, Brčko - Brka, Gradiška - Lipnica, Orahova, Dubrave - Srebrenik, Srbac, Prnjavor, Jelah, Živinice - D. Dubrave); Pripanonska oblast, Sjeverozapadno bosansko područje (Novi Grad - B. Novi, Knežica - B. Dubica, Zalužani, Rastavci - Prijedor, Sanski Most - Vrhpolje, Kotor Varoš); Prijelazno ilirsko-mezijska oblast, Donjedrinsko područje, Semberijsko-posavski rajon (Brezovo polje - Vrsani Brčko, Bijeljina Patkovača, Janja Glavičica, Zvornik Aluminijski) i Oblast unutrašnjih Dinarida, Zavidovičko-tesličko područje (Žepče, Šeher, Olovo).

Drugu skupinu čine Prijelazno ilirsko-mezijska oblast, Gornjedrinsko područje, Goraždansko-fočanski rajon (Miljevina); Oblast unutrašnjih Dinarida, područje Cazinske krajine (Ripač, Mutnica - Cazin); Oblast unutrašnjih Dinarida, Zapadnobosansko krečnjačko-dolomitno područje, Ključko-petrovački rajon (Ključ - Velečevo, Bosanski Petrovac, Mrkonjić Grad (Čađavica); Oblast unutrašnjih Dinarida, Sre-

dnjebosansko područje, Vranički rajon (Bila Voda - Vinac, Kopčić); Oblast unutrašnjih Dinarida, Srednjebosansko područje, Sarajevsko-zenički rajon (Visoko, Kačuni - Nezirovići, Nević Polje - Kiseljak, Bojnik, Stojčevac - Ilidža, Brestovsko, Lukavica); Oblast unutrašnjih Dinarida, Područje istočnobosanske visoravni, Romanijski rajon (Knežina, Sokolac); Mediteransko-dinarska oblast, Submediteransko-planinsko područje (Drvar); Mediteransko-dinarska oblast, Submediteransko područje, Submediteranski rajon bez zimzelenih elemenata (Posušje, Crni lug - Bos. Grahovo).

Rezultati ovog rada su djelomično suglasni s Planom proizvodnje, dorade i distribucije šumskog sjemena i sadnog materijala SOUR-a ŠIPAD za period 1989-1995. godine za hrast kitnjak jer, iako je naglašena potreba korištenja sjemenskog i sadnog materijala na nivou jednog rajona, odnosno područja, ipak skupine koje je pokazala diskriminacijska analiza i multipli testovi dozvoljavaju da se u slučaju potrebe ipak mogu napraviti izvjesni ustupci u tom pogledu.



Slika 46. Hrast lužnjak na Romaniji

VARIJABILNOST HRASTA LUŽNJAKA U BOSANSKOHERCEGOVAČKOM TESTU PROVENIJENCIJA

Za razliku od Bosne i Hercegovine, u Europi su pokusi provenijencija s hrastom lužnjakom podizani prije 80 - 100 godina (Hauch 1909; Cieslar 1921), a kod nas se krenulo s istraživanjem provenijencija hrasta lužnjaka 2007. godine (Ballian i sur. 2011, Memišević Hodžić i Ballian 2016). O provenijencijskim testovima hrasta lužnjaka postoje brojni podaci u Europi, od južne Europe do Skandinavije. Za nas su interesantni oni iz našeg susjedstva, prije svega iz Hrvatske gdje je podignuto više takvih pokusa. Kada su u pitanju morfološka istraživanja u testovima provenijencija, prva značajnija istraživanja provodi Gračan (1995, 1996) koji analizira hrast lužnjak iz više provenijencija na dva lokaliteta. Na istim lokalitetima daljnja istraživanja provode i drugi autori (Perić 2001; Perić i dr. 2000, 2003, 2006, 2007, 2008). Također, Roth (2003) u rasadničkom testu hrasta lužnjaka kod starosti 1+0, 2+0 i 3+0 godina utvrđuje da visine biljaka pokazuju varijabilnost. U narednom istraživanju Roth (2006) je analizirao rast biljaka hrasta lužnjaka iz različitih sjemenskih zona i rajona Hrvatske na dva lokaliteta (rasadnik Instituta Jastrebarsko i lokalitet Sedlarac) te također dobiva značajnu varijabilnost.

U susjednoj Hrvatskoj Ivanković i sur. (2011) istraživali su morfometrijska svojstva žireva i visinu jednogodišnjih sadnica hrasta lužnjaka iz sedamnaest sjemenskih sastojina. Uzorkovane sastojine su se statistički značajno razlikovale u svim istraživanim svojstvima sjemena, ali nisu odgovarale važećoj sjemenskoj podjeli, tj. nisu potvrdile zemljopisni obrazac diferencijacije populacija, a isto su dobili i za visine jednogodišnjih sadnica.

Također, i Popović i sur. (2014) analiziraju hrast lužnjak kod starosti biljaka od četiri godine koje su u testnom nasadu "Jastrebarski Lugovi", a dobivene su prosječne visine 162,3 cm, s intervalom između 154,8 i 179,3 cm. U starosti od pet godina prosječna visina biljaka iznosila je 182,7 cm, a maksimalna 204,5 cm.

Kada su u pitanju fenološka istraživanja, izrazitu unutarpopulacijsku varijabilnost početka listanja hrasta lužnjaka utvrdili su u prošlom stoljeću Cieslar (1923), Hesmer (1955), Krahl-Urban (1959, prema

Šafaru 1966), Stojković (1991), Jensen (1993) i u novom mileniju Jensen i Deans (2004) i Jensen i Hansen (2008). Inače, u literaturi postoje različiti podaci o razlikama u početku listanja u testovima provenijencija, između ranoga i kasnog hrasta lužnjaka.

Gailing i sur. (2003, 2007) proveli su analizu kloroplastne DNA u sastojinama hrasta lužnjaka u pokrajini Nordrhein-Westfalen s vjerojatnim podrijetlom iz Slavonije, u cilju utvrđivanja postojanja veze između geografskog podrijetla i fenologije listanja. U istraživanju 2003. godine, slavonske provenijencije s haplotipovima 2 i 5 pokazale su otvaranje pupa do tri tjedna kasnije nego susjedne domaće populacije u regiji Münsterland. U istraživanju 2007. godine otvaranje pupova je osmatrano na fiksni datum (30. travnja) u poljskom testu u Dormagenu koji sadrži biljke sa slavonskim, autohtonim i haplotipovima s jugozapada Europe. Otkrivena je snažna povezanost haplotipa 2 s kasnijim otvaranjem pupova, dok su uočene samo manje razlike između individua sa slavonskim haplotipom 5 i neslavonskih haplotipova, vjerojatno zbog procjene relativno kasno u proljeće.

Tu su još brojna istraživanja fenologije kod hrasta lužnjaka koja su provedena u Europi. Tako Jensen (2000) istražuje fenologiju iz više danskih pokusa. Također, tu je i interesantno istraživanje Jensen i Deans (2004) koji istražuju jesenju fenologiju engleskih provenijencija u Finskoj te Jensen i Hansen (2008) koji se bave problematikom skandinavskih provenijencija.

U Srbiji su Bobinac i sur. (2012) istraživali fenološka svojstva hrasta lužnjaka dva stabla u gradskom parku u Beogradu dvije uzastopne godine (2005. i 2006.) Faza 6 (F) obje godine pojavljuje se 4. svibnja na stablu 1, a 25. travnja na stablu 2.

Također, Batoš i sur. (2014) proveli su istraživanje fenologije cvjetanja hrasta lužnjaka na dvije lokacije u Beogradu, Ada Ciganlija i Bojčinska šuma. Osmatranja su vršena jednom tjedno u proljeće 2004., 2005. i 2006. godine. Prema početku fenofaza stabla su uvjetno grupirali u tri fenološke skupine: "rana" stabla koja su započela fenofazu u prvom tjednu travnja, "prosječna" stabla koja su započela fenofazu u drugom tjednu travnja, i "kasna" stabla koja su započela fenofazu u trećem tjednu travnja ili kasnije. Hrast lužnjak je počeo cvjetati najranije 7. travnja, a najkasnije 2. svibnja u svim godinama.

Interesantno je istraživanje fenologije u klonskim plantažama hrasta lužnjaka u Hrvatskoj koje su proveli Franjić i sur. (2009). Feno-

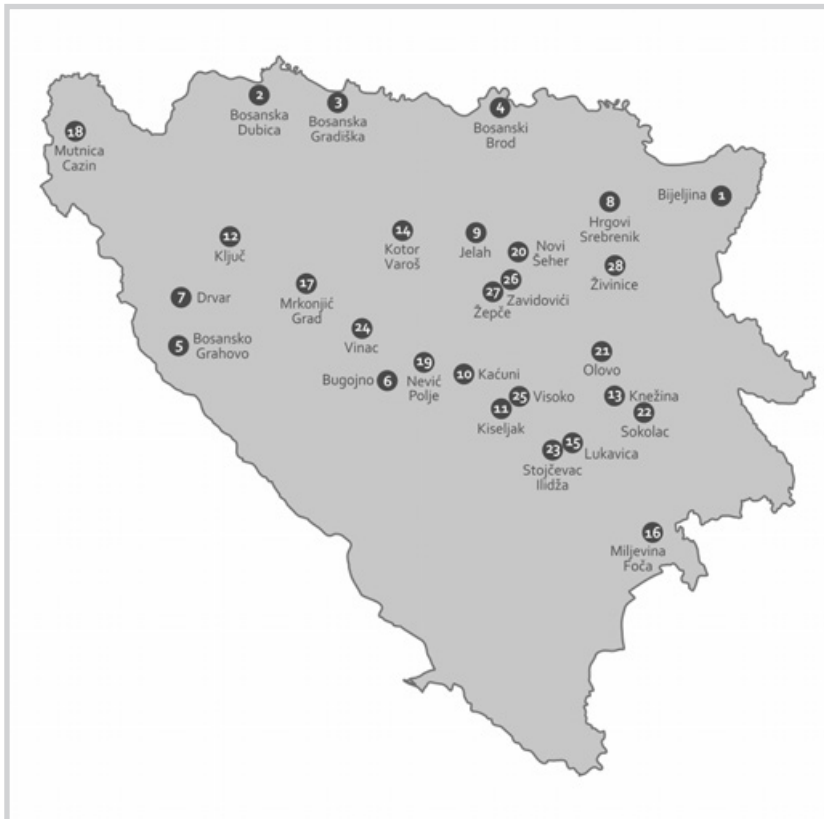
logiju otvaranja pupova do formiranja potpunog lista su podijelili u sedam faza, kako su predložili Perić i sur. (2000) i Perić (2001). Rezultati istraživanja klonova su pokazali dobru usklađenost fenoloških faza u sjemenskim plantažama.

Tijekom jeseni 2007. godine u rasadniku Žepče - Lugovi izvršeno je zasijavanje sjemena hrasta lužnjaka u Dunemannove lijehe, rasporeda parcelica s provenijencijama prema slučajnom rasporedu. Supstrat za zasijavanje je bio smjesa humusa, treseta i zemlje iz rasadnika koja se koristi u konvencionalnoj rasadničkoj proizvodnji. Sjetva je vršena

Tablica 54. Pregled istraživanih provenijencija

| R. br. | Provenijencije | Lokalitet | Sjeverna g. širina | Istočna g. dužina | NV |
|--------|-------------------|--------------|--------------------|-------------------|-----|
| 1 | Bijeljina | Patkovača | 44° 43' 50" | 19° 13' 30" | 93 |
| 2 | Bosanska Dubica | Knežica | 45° 06' 24" | 16° 40' 32" | 145 |
| 3 | Bosanska Gradiška | Lipnica | 45° 06' 64" | 17° 18' 63" | 91 |
| 4 | Bosanski Brod | Zborišta | 45° 05' 27" | 18° 00' 38" | 84 |
| 5 | Bosansko Grahovo | Crni lug | 44° 01' 05" | 16° 38' 24" | 703 |
| 6 | Bugojno | Kopčić | 44° 06' 00" | 17° 26' 31" | 537 |
| 7 | Drvar | Unac | 44° 23' 39" | 16° 21' 54" | 462 |
| 8 | Hrgovi Srebrenik | Dubrava | 44° 49' 06" | 18° 34' 11" | 133 |
| 9 | Jelah | - | 44° 39' 09" | 17° 56' 46" | 181 |
| 10 | Kačuni | Nezirovići | 44° 03' 59" | 17° 56' 13" | 443 |
| 11 | Kiseljak | Dalmacija | 43° 56' 30" | 18° 04' 56" | 477 |
| 12 | Ključ | Velečevo | 44° 30' 56" | 16° 48' 42" | 260 |
| 13 | Knežina | - | 44° 01' 40" | 18° 44' 53" | 759 |
| 14 | Kotor Varoš | - | 44° 39' 07" | 17° 21' 35" | 252 |
| 15 | Lukavica | - | 43° 49' 26" | 18° 21' 58" | 552 |
| 16 | Miljevina Foča | Miljevina | 43° 31' 06" | 18° 38' 56" | 627 |
| 17 | Mrkonjić Grad | Čadavica | 44° 27' 04" | 16° 58' 42" | 753 |
| 18 | Mutnica Cazin | - | 44° 58' 55" | 15° 50' 54" | 270 |
| 19 | Nević Polje | - | 44° 11' 46" | 17° 42' 11" | 476 |
| 20 | Novi Šeher | - | 44° 30' 09" | 18° 02' 02" | 230 |
| 21 | Olovo | Olovske Luke | 44° 07' 44" | 18° 36' 11" | 542 |
| 22 | Sokolac | Lug | 43° 55' 17" | 18° 48' 53" | 866 |
| 23 | Stojčevac Ilidža | - | 43° 48' 40" | 18° 17' 25" | 506 |
| 24 | Vinac | Bila Voda | 44° 15' 48" | 17° 17' 08" | 408 |
| 25 | Visoko | Muhašinovići | 44° 00' 38" | 18° 08' 45" | 413 |
| 26 | Zavidovići | Grad | 44° 26' 07" | 18° 07' 49" | 210 |
| 27 | Žepče | Žepački lug | 44° 25' 35" | 18° 03' 10" | 224 |
| 28 | Živinice | D. Dubrave | 44° 27' 58" | 18° 41' 09" | 216 |

za svaku provenijenciju posebno (tablica 54). Sjeme hrasta lužnjaka zasijano je na dubinu 2,5 – 3 cm, a po stavljanju sjemena u supstrat prekriveno je drvenom piljevinom. Tretiranje kemijskim sredstvima je provedeno u cilju zaštite od glodavaca i insekata, kao i patogenih gljiva. Tijekom vegetacijske sezone vršeno je redovno zalijevanje i plijevljenje. Provedene mjere njege i tehnika proizvodnje su smanjile gubitak biljaka kakav se obično dešava u klasičnoj proizvodnji sadnog materijala.



Karta 4. Pregled istraživanih populacija/provenijencija

Rasadnik Žepče - Lugovi nalazi se dva kilometra zapadno od Žepča, jugoistočno od magistralnog puta Doboj-Zenica, na lokalitetu topografskog naziva Šećin Han. Smješten je na 18°00' istočne zemljop-

pisne dužine i 44°25' sjeverne zemljopisne širine. Osnovan je 1982. godine na površini od 19 ha. Proizvodnja je zasnovana pretežno na četinarskim vrstama, a dijelovi rasadnika se u skorije vrijeme koriste za vegetativnu reprodukciju crne topole i planiranje proizvodnje sjemena hrasta lužnjaka.

Na geološkoj karti SFRJ, sekcija Zavidovići 1:100 000 (Sunarić-Pamić i sur. 1966), područje rasadnika se nalazi na aluvijalno-deluvijalnim nanosima. Prema podacima pedološke ekspertize Šumarskog instituta iz Jastrebarskog (Komlenović i Mayer, 1979), eluvijacija alohtonih materijala se događala na pretežno nepropusnim pleistocenskim ilovinama.

Teksturna oznaka zemljišta, na kojem je podignut test provenijencija, je ilovača s učešćem pijeska 39,4%, praha 31,8% i gline 28,8%, na dubini od deset centimetara (Komlenović i Mayer 1979), što je također potvrdila i Hukić (2012), s promjenom učešća pojedinih frakcija i to sa 32,5% pijeska, 45% praha i 22,5% gline, na dubini od deset centimetara.

Krajem prve vegetacijske sezone, u rujnu 2008. godine provedeno je mjerenje promjera korijenskog vrata i visine jednogodišnjih biljaka. Mjerenje je vršeno u sredini skupine biljaka svake provenijencije, na prvih trideset biljaka. Ukupno je kod 28 provenijencija (tablica 54) izmjereno 870 biljaka, odnosno po 30 biljaka po provenijenciji.

Nakon mjerenja materijala, pristupilo se postavljanju trajnog pokusa provenijencija u rasadniku Žepče - Lugovi. Svaka provenijencija je zasađena prema shemi slučajnog rasporeda posađena u tri ponavljanja, ako je dozvolio broj proizvedenih sadnica (shema 1). Krajem vegetacijske sezone 2009. godine proveli smo brojanje biljaka u cilju određivanja preživljavanja mladih biljaka te popunjavanja pokusa novim individuama iz rezerve.



Slika 47. Pripremljene sadnice hrasta lužnjaka za podizanje pokusa provenijencija u Žepču

| BLOK III | | | | BLOK IV | |
|-----------------------|------------------|-------------------|-----------------|------------------|---------------|
| ZAVIDOVIĆI | MRKONJIĆ GRAD | OLOVO | KISELJAK | BOSANSKO GRAHOVO | STOJČEVAC |
| SOKOLAC | BOSANSKI BROD | KAČUNI | BOSANSKA DUBICA | KOTOR VAROŠ | MILJEVINA |
| KNEŽINA | BUGOJNO | HRGOVI SREBRENİK | DRVAR | ŽEPČE | LUKAVICA |
| | | | MUTNICA | | |
| | | | ZVORNIK | | |
| KLJUČ | ŽIVINICE | BOSANSKA GRADIŠKA | BIJELJINA | ZAVIDOVIĆI | MRKONJIĆ GRAD |
| VINAC | BOSANSKO GRAHOVO | STOJČEVAC | NEVIĆ POLJE | SOKOLAC | BOSANSKI BROD |
| POPUNA REDA | | | | | |
| JELAH | KOTOR VAROŠ | MILJEVINA | MUHAŠINOVIĆI | KNEŽINA | BUGOJNO |
| POPUNA PRAZNE PLOHICE | ŽEPČE | LUKAVICA | NOVI ŠEHER | KLJUČ | ŽIVINICE |

Shema 1. Pokus provenijencija u rasadniku Žepče - Lugovi

Postoje provenijencije od kojih nismo proizveli dovoljan broj te su one samo djelomično zastupljene u testu. U svakom bloku provenijencija je zastupljena s 36 biljaka u tri bloka (tri ponavljanja), a oko svakog bloka podignut je zaštitni pojas od dva reda sadnica u cilju umanjenja rubnih efekata na površini testa. Sadnja je vršena na klasičan način, u rupe dubine 30 cm, razmak sadnje 2m x 2m. Krajem vegetacijske sezone 2009. godine proveli smo brojanje biljaka u cilju određivanja preživljavanja mladih biljaka te popunjavanja novim individuama iz rezerve. Rezultati preživljavanja pokazali su da provenijencije različito reagiraju na presađivanje i fiziološki stres. Prosječne vrijednosti preživljavanja prema blokovima kretale su se od 44,44% pa sve do 100%, a prema provenijencijama od 61,10% za provenijenciju Bugojno do 89,81% za Kiseljak. Prosjek za cijelu površinu testa provenijencija Žepče iznosio je 75,02% (Ballian i sur. 2011).

Morfološke karakteristike mjerene su na svim preživjelim biljkama iz svih provenijencija, a također i osmatrana fenologija.

| PRUGA ----- | | | | | |
|-------------------|-----------------|------------------|-------------------|-----------------|----------|
| BLOK II | | BLOK I | | | |
| NEVIĆ POLJE | VINAC | BOSANSKI BROD | KAČUNI | BOSANSKA DUBICA | SOKOLAC |
| MUHAŠINOVIĆI | JELAH | BUGOJNO | HRGOVI SREBRENİK | MUTNICA | KNEŽINA |
| NOVI ŠEHER | DRVAR | ŽIVINICE | BOSANSKA GRADIŠKA | BIJELJINA | KLJUČ |
| OLOVO | KISELJAK | BOSANSKO GRAHOVO | STOJČEVAC | NEVIĆ POLJE | VINAC |
| KAČUNI | BOSANSKA DUBICA | KOTOR VAROŠ | MILJEVINA | MUHAŠINOVIĆI | JELAH |
| HRGOVI SREBRENİK | MUTNICA | ŽEPČE | LUKAVICA | NOVI ŠEHER | DRVAR |
| BOSANSKA GRADIŠKA | BIJELJINA | ZAVIDOVIĆI | MRKONJIĆ GRAD | OLOVO | KISELJAK |
| RASADNIKU | | | | | |

S obzirom da ne postoji klimatološka stanica na proučavanom lokalitetu čije bismo parametre mogli koristiti neposredno za opis mikroklimatskih karakteristika proučavanih lokaliteta, izabrani su relevantni klimatski elementi s meteorološke stanice u Zenici koja je najbliža osmatranom lokalitetu. Osnovne klimatske karakteristike (minimalne, maksimalne i srednje mjesečne temperature zraka (°C) i sume padavina (l/m^2), za period vršenja fenoloških osmatranja - od polovine ožujka do polovine svibnja u 2012. i 2013. godini) s ovih stanica date su u tablicama u prilogu 1 (izvor: Federalni hidrometeorološki zavod BiH, Odsjek za klimatološka istraživanja i studije).

Mjerenje morfoloških svojstava

U svrhu utvrđivanja varijabilnosti morfoloških svojstava unutar i između provenijencija hrasta lužnjaka u prvom dijelu istraživanja su mjerene visine, prečnici na vratu korijena te izračunavan visinski prirast svih biljaka iz svih 28 provenijencija na površini testa.

Morfološke karakteristike mjerene su:

- u proljeće 2012. godine (na biljkama starim četiri godine)
- u proljeće 2013. godine (na biljkama starim pet godina)
- u proljeće 2014. godine (na biljkama starim šest godina)

Nakon što su svi uzorci izmjereni, dobijeni podaci su uneseni u računalo i statistički obrađeni statističkim paketom SPSS 20.0.

Urađene su sljedeće statističke analize, za svaku sezonu mjerenja i svako svojstvo posebno:

1. Deskriptivni statistički pokazatelji (srednja vrijednost, standardna devijacija, minimalna i maksimalna vrijednost i koeficijent varijabilnosti),
2. Analiza varijance za utvrđivanje unutarprovenijencijske i međuprovenijencijske varijabilnosti,
3. Duncanov test za utvrđivanje grupiranja provenijencija po istraživanim svojstvima.

Osmatranje fenologije listanja

U prvom dijelu istraživanja također je i osmatrana fenologija svih biljaka iz svih provenijencija na površini testa tijekom dvije godine:

- u proljeće 2012. godine (na biljkama starim četiri godine),
- u proljeće 2013. godine (na biljkama starim pet godina).

Fenološka praćenja vršena su od kraja ožujka do početka svibnja.



Slika 48. Fenološke faze listanja: A, D, F

Tijekom tog perioda praćeno je šest različitih fenofaza (Forstreuter 2002), (slika 48):

- A - Spavajući pup (zimski pup, smeđe do tamnosmeđe boje),
- B - Pupovi bubre (izduženi, nabubreni, žućkasto-zelenkaste boje, imaju opnu koju vršci iglica još nisu probili),
- C - Pupovi se počinju otvarati (napukli) i vidi se prvo zelenilo,
- D - Počinju se javljati savijeni (smotani) dlakavi listići,
- E - Listovi su odmotani, još lepezasti, prisutne blijede liske,
- F - Listovi su potpuno razvijeni, glatki i široki.

Nakon unosa podataka u računalo izrađena je slika praćenja fenologije listanja.

Rezultati promjera, visina i preživljavanja u prvoj godini nakon osnivanja testa

Ako analiziramo dobivene podatke prikazane u tablici 55, evidentno je da provenijencija Jelah ima najveće visine jednogodišnjih biljaka, s prosječnom visinom od 47,41 cm, ali i s najvećom standardnom devijacijom. Najmanje visine je pokazala provenijencija Mutnica, s visinom od 25,76 cm i malom standardnom devijacijom. Inače, najmanje variranje je pokazala provenijencija Žepče, odnosno sadni materijal podrijetlom iz Žepačkih lugova. Srednja vrijednost za sve istraživane provenijencije iz Bosne i Hercegovine iznosila je 36,41 cm, sa standardnom devijacijom od 9,94 cm.



Tablica 55. Osnovni deskriptivni pokazatelji

| Provenijencija | Broj analiziranih biljaka | Visina biljaka | | Promjer korijenskog vrata | | Vitkost | |
|----------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|
| | | Srednja veličina (cm) | Standardna devijacija | Srednja veličina (mm) | Standardna devijacija | Srednja veličina | Standardna devijacija |
| Sokolac | 30 | 27,15 | 4,87 | 6,70 | 1,26 | 41,28 | 7,87 |
| Knežina | 30 | 37,13 | 10,93 | 5,96 | 1,30 | 62,02 | 11,49 |
| Ključ | 30 | 38,33 | 9,21 | 6,05 | 1,51 | 64,06 | 8,38 |
| Vinac | 30 | 39,16 | 7,63 | 6,13 | 1,14 | 64,47 | 8,83 |
| Jelah | 30 | 47,41 | 14,01 | 7,25 | 1,35 | 65,60 | 14,32 |
| Drvar | 30 | 29,90 | 8,10 | 6,08 | 1,06 | 48,95 | 8,58 |
| Kiseljak | 30 | 33,76 | 7,89 | 5,30 | 0,89 | 63,45 | 8,72 |
| Bos. Dubica | 30 | 33,80 | 6,16 | 6,33 | 1,09 | 54,51 | 13,17 |
| Mutnica | 30 | 25,76 | 6,54 | 5,48 | 1,20 | 46,63 | 4,53 |
| Nević Polje | 30 | 32,53 | 6,83 | 5,60 | 1,05 | 58,10 | 6,68 |
| Muhašinovići | 30 | 42,76 | 7,81 | 5,91 | 1,00 | 72,81 | 10,22 |
| Novi Šeher | 30 | 37,26 | 10,86 | 4,91 | 1,35 | 75,99 | 9,31 |
| Olovo Lug | 30 | 36,03 | 7,54 | 5,31 | 0,80 | 68,08 | 11,79 |
| Kačuni | 30 | 39,00 | 10,08 | 5,07 | 1,44 | 77,74 | 7,56 |
| Hrgovi | 30 | 45,23 | 8,64 | 5,75 | 1,24 | 79,77 | 11,50 |
| Bos. Gradiška | 30 | 39,70 | 7,75 | 4,90 | 0,92 | 81,26 | 6,46 |
| Stojčevac | 30 | 33,93 | 6,81 | 5,15 | 0,69 | 65,67 | 9,11 |
| Miljevina | 30 | 25,86 | 7,38 | 4,43 | 0,57 | 57,44 | 11,27 |
| Lukavica | 30 | 29,56 | 5,81 | 5,57 | 0,84 | 52,91 | 5,47 |
| Zvornik | 30 | 30,23 | 8,80 | 5,82 | 1,37 | 51,74 | 7,50 |
| Mrkonjić Grad | 30 | 34,26 | 9,03 | 5,92 | 0,89 | 57,35 | 10,49 |
| Bos. Brod | 30 | 33,86 | 7,12 | 6,04 | 1,05 | 55,81 | 4,20 |
| Bugojno | 30 | 43,23 | 8,47 | 5,13 | 0,59 | 84,13 | 13,53 |
| Živinice | 30 | 44,26 | 7,94 | 5,57 | 1,25 | 81,00 | 12,99 |
| Bijeljina | 30 | 38,10 | 5,43 | 5,90 | 0,80 | 64,92 | 7,25 |
| Bos. Grahovo | 30 | 45,80 | 11,95 | 6,91 | 1,80 | 66,65 | 7,91 |
| Kotor Varoš | 30 | 39,33 | 5,32 | 6,05 | 0,90 | 65,28 | 5,21 |
| Žepče | 30 | 33,80 | 4,64 | 4,29 | 0,67 | 79,32 | 7,65 |
| Zavidovići | 30 | 38,70 | 6,61 | 4,80 | 0,81 | 80,88 | 6,77 |
| Ukupno | 870 | 36,41 | 9,94 | 5,66 | 1,28 | 65,10 | 14,63 |

Kod svojstva promjera korijenskoga vrata provenijencija iz Bosanskog Grahova, odnosno s područja Crnog luga, pokazuje najveću veličinu s 6,91 mm, dok je populacija Žepče s najtanjim korijenskim vratom. Što se tiče variranja, provenijencija Bosanskog Grahova je također na prvom mjestu, dok najmanje variranje pokazuje provenijencija Bugojno, s veličinom standardne devijacije od 0,59 mm (tablica 55).



Slika 49. Test provenijencija u Žepču

Srednji promjer korijenskog vrata za sve istraživane provenijencije iz Bosne i Hercegovine iznosio je 5,66 mm, sa standardnom devijacijom od 1,28 mm.

Na izvedeno svojstvo vitkosti često presudni utjecaj ima gustoća sjetve sjemena u lijehe. Prilikom sjetve smo pazili da ona bude ujednačena, ali sjeme nije u potpunosti isključilo te su neke provenijencije imale više životnog prostora. Ipak, koeficijent vitkosti je zadovoljavajući. Najveći je bio kod provenijencije Bosanska Gradiška, a najmanji kod provenijencije Sokolac. Ako analiziramo varijabilnost unutar provenijencija, najveća je kod provenijencije Jelah, a najmanja kod provenijencije Mutnica s veličinom od 4,53 (tablica 55). Prosječan koeficijent vitkosti za istraživane provenijencije iznosio je 65,10, s veličinom standardne devijacije od 14,63.

Analiza varijance

Provedena analiza varijance za sva istraživana svojstva je pokazala prisustvo statistički značajnih razlika između istraživanih provenijencija (tablica 56). Najveću varijabilnost pokazuje svojstvo vitkosti, dok svojstvo visina i promjera korijenskog vrata ima nešto manje veličine.

| Tablica 56. Analiza varijance | | | | | | |
|--------------------------------|-----------------------|---------------|-------------------|------------------|--------------|------------|
| Svojstvo | Variranje | Suma kvadrata | Stupnjeva slobode | Sredina kvadrata | F – veličina | Značajnost |
| Visina biljaka (cm) | Između provenijencija | 29185,69 | 28 | 1042,34 | 15,44 | 0,000 |
| | Unutar provenijencija | 56765,76 | 841 | 67,49 | | |
| | Ukupno | 85951,46 | 869 | | | |
| Promjer korijenskog vrata (mm) | Između provenijencija | 397,43 | 28 | 14,19 | 11,57 | 0,000 |
| | Unutar provenijencija | 1031,76 | 841 | 1,22 | | |
| | Ukupno | 1429,19 | 869 | | | |
| Vitkost | Između provenijencija | 113064,17 | 28 | 4038,00 | 46,42 | 0,000 |
| | Unutar provenijencija | 73151,44 | 841 | 86,98 | | |
| | Ukupno | 186215,613 | 869 | | | |

Testiranje dobivene varijabilnosti

Primjenom Duncanovog testa, testirali smo svojstvo visina i promjera korijenskoga vrata da bismo provjerili rezultate dobivene anali-

zom varijance. Provedenim testom smo dobili grupiranje populacija prema sličnosti za svako od istraživanih svojstava, a za svojstvo visina imamo devet skupina. Skupine gradi od 5 do 12 provenijencija (tablica 57). Samo je 7 provenijencija specifično za po jednu skupinu, i to za prvu i devetu.

| Tablica 57. Duncan test za svojstvo visina (cm) | | | | | | | | | |
|---|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Provenijencija | Za vjerojatnost od 95% | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Mutnica | 25,76 | | | | | | | | |
| Miljevina | 25,86 | | | | | | | | |
| Sokolac | 27,15 | | | | | | | | |
| Lukavica | 29,56 | 29,56 | | | | | | | |
| Drvar | 29,90 | 29,90 | | | | | | | |
| Zvornik | 30,23 | 30,23 | | | | | | | |
| Nević Polje | | 32,53 | 32,53 | | | | | | |
| Kiseljak | | 33,76 | 33,76 | 33,76 | | | | | |
| Bos. Dubica | | 33,80 | 33,80 | 33,80 | | | | | |
| Žepče | | 33,80 | 33,80 | 33,80 | | | | | |
| Bos. Brod | | 33,86 | 33,86 | 33,86 | | | | | |
| Stojčevac | | 33,93 | 33,93 | 33,93 | | | | | |
| Mrkonjić Grad | | 34,26 | 34,26 | 34,26 | 34,26 | | | | |
| Olovo Lug | | | 36,03 | 36,03 | 36,03 | 36,03 | | | |
| Knežina | | | 37,13 | 37,13 | 37,13 | 37,13 | | | |
| Novi Šeher | | | 37,26 | 37,26 | 37,26 | 37,26 | | | |
| Bijeljina | | | | 38,10 | 38,10 | 38,10 | 38,10 | | |
| Ključ | | | | 38,33 | 38,33 | 38,33 | 38,33 | | |
| Zavidovići | | | | 38,70 | 38,70 | 38,70 | 38,70 | 38,70 | |
| Kačuni | | | | | 39,00 | 39,00 | 39,00 | 39,00 | |
| Vinac | | | | | 39,16 | 39,16 | 39,16 | 39,16 | |
| Kotor Varoš | | | | | | 39,33 | 39,33 | 39,33 | |
| Bos. Gradiška | | | | | | 39,70 | 39,70 | 39,70 | |
| Muhašinovići | | | | | | | 42,76 | 42,76 | 42,76 |
| Bugojno | | | | | | | | 43,23 | 43,23 |
| Živinice | | | | | | | | | 44,26 |
| Hrgovi | | | | | | | | | 45,23 |
| Bos. Grahovo | | | | | | | | | 45,80 |
| Jelah | | | | | | | | | 47,41 |
| Značajnost | 0,065 | 0,064 | 0,062 | 0,054 | 0,050 | 0,154 | 0,060 | 0,065 | 0,054 |

Tablica 58. Duncan test za svojstvo promjera korijenskog vrata (mm)

| Provenijencija | Za vjerojatnost od 95% | | | | | | | | | | | |
|----------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Žepče | 4,29 | | | | | | | | | | | |
| Miljevina | 4,43 | | | | | | | | | | | |
| Zavidovići | 4,80 | 4,80 | | | | | | | | | | |
| Bos. Gradiška | 4,90 | 4,90 | 4,90 | | | | | | | | | |
| Novi Šeher | 4,91 | 4,91 | 4,91 | 4,91 | | | | | | | | |
| Kačuni | | 5,07 | 5,07 | 5,07 | 5,07 | | | | | | | |
| Bugojno | | 5,13 | 5,13 | 5,13 | 5,13 | 5,13 | | | | | | |
| Stojčevac | | 5,15 | 5,15 | 5,15 | 5,15 | 5,15 | | | | | | |
| Kiseljak | | 5,30 | 5,30 | 5,30 | 5,30 | 5,30 | 5,30 | | | | | |
| Olovo Lug | | 5,31 | 5,31 | 5,31 | 5,31 | 5,31 | 5,31 | | | | | |
| Mutnica | | | 5,48 | 5,48 | 5,48 | 5,48 | 5,48 | 5,48 | | | | |
| Živinice | | | | 5,57 | 5,57 | 5,57 | 5,57 | 5,57 | | | | |
| Lukavica | | | | 5,57 | 5,57 | 5,57 | 5,57 | 5,57 | | | | |
| Nević Polje | | | | | 5,60 | 5,60 | 5,60 | 5,60 | | | | |
| Hrgovi | | | | | | 5,75 | 5,75 | 5,75 | 5,75 | | | |
| Zvornik | | | | | | | 5,82 | 5,82 | 5,82 | | | |
| Bijeljina | | | | | | | 5,90 | 5,90 | 5,90 | | | |
| Muhašinovići | | | | | | | 5,91 | 5,91 | 5,91 | | | |
| Mrkonjić Grad | | | | | | | 5,92 | 5,92 | 5,92 | | | |
| Knežina | | | | | | | 5,96 | 5,96 | 5,96 | | | |
| Bos. Brod | | | | | | | | 6,04 | 6,04 | | | |
| Ključ | | | | | | | | 6,05 | 6,05 | | | |
| Kotor Varoš | | | | | | | | 6,05 | 6,05 | | | |
| Drvar | | | | | | | | 6,08 | 6,08 | | | |
| Vinac | | | | | | | | 6,13 | 6,13 | 6,13 | | |
| Dubica | | | | | | | | | 6,33 | 6,33 | 6,33 | |
| Sokolac | | | | | | | | | | 6,70 | 6,70 | 6,70 |
| Bos. Grahovo | | | | | | | | | | | 6,91 | 6,91 |
| Jelah | | | | | | | | | | | | 7,25 |
| Značajnost | 0,052 | 0,133 | 0,083 | 0,050 | 0,127 | 0,069 | 0,058 | 0,065 | 0,099 | 0,057 | 0,053 | 0,069 |

Provedeno testiranje promjera korijenskoga vrata pokazuje prisustvo 12 skupina, gdje su skupine od 3 do 15 provenijencija. Specifičnih populacija, koje se javljaju u samo jednoj skupini je 7, i to tri koje se javljaju samo u prvoj skupini i četiri koje se javljaju u samo u dvanaestoj skupini (tablica 58).

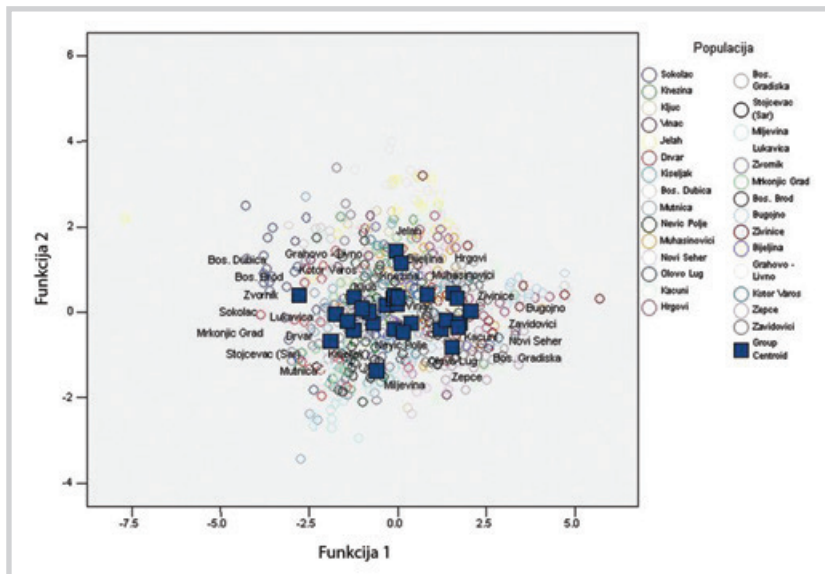
Diskriminacijska analiza

Tablica 59. Rezultati diskriminacijske analize (Eigenvalues)

| Funkcija | Eigenvalue | % varijance | Kumulanta % | Kanonička korelacija |
|----------|------------|-------------|-------------|----------------------|
| 1 | 1,428(a) | 75,6 | 75,6 | 0,767 |
| 2 | 0,293(a) | 15,5 | 91,1 | 0,476 |
| 3 | 0,168(a) | 8,9 | 100,0 | 0,379 |

(a) prve 3 kanoničke diskriminantne funkcije koje su korištene u analizi.

Provedena diskriminacijska analiza je pokazala da je između istraživanih populacija prisutno razdvajanje, odnosno grupiranje istraživanih provenijencija. Na ovo nas upućuje vrijednost koju smo dobili za funkciju jedan, a u kojem slučaju je dobivena veličina 1,428, odnosno veća je od jedan i ukazuje na grupiranje provenijencija po svojstvu visina (tablica 59). Ovo je također vidljivo i na slici 50, gdje je primjetno grupiranje populacija. Ipak, možda na ovu veličinu kod diskriminacijske analize utječe provenijencija Sokolac koja se znatno izdvaja.



Slika 50. Grupiranje populacija na temelju kanoničkih diskriminantnih funkcija

Test normalnosti raspodjele

Testovi normalnosti raspodjele Kolmogorov-Smirnov i Shapiro-Wilk pokazuju da je za svojstvo visina i promjer korijenskoga vrata prisutna normalna raspodjela uz značajnost manju od 95% (Sig<0,05) (tablica 60). Ipak, za svojstvo vitkost po Kolmogorov-Smirnov testu dolazi do odstupanja što potvrđuje veliku varijabilnost koju smo dobili za ovo svojstvo analizom varijance (tablica 60). No, ovdje se moramo i ograditi jer postoji pretpostavka da je svojstvo vitkosti nepogodno za ovaj vid istraživanja, što će buduća istraživanja morati potvrditi.

Tablica 60. Test normalnosti prema Kolmogorov-Smirnovu i Shapiro-Wilk

| Svojstva | Kolmogorov-Smirnov(a) | | | Shapiro-Wilk | | |
|--------------------------------|-----------------------|-------------------|------------|--------------|-------------------|------------|
| | Statistika | Stupnjevi slobode | Značajnost | Statistika | Stupnjevi slobode | Značajnost |
| Visina biljaka (cm) | 0,073 | 870 | 0,000 | 0,986 | 870 | 0,000 |
| Promjer korijenskog vrata (mm) | 0,087 | 870 | 0,000 | 0,978 | 870 | 0,000 |
| Vitkost | 0,025 | 870 | 0,200(*) | 0,995 | 870 | 0,005 |

* niska vrijednost stvarne značajnosti
a Lilliefortova značajna korelacija

Preživljavanje u pokusu provenijencija

Rezultati preživljavanja su pokazali da provenijencije različito reagiraju na presađivanje i fiziološki stres. Vrijednosti preživljavanja prema blokovima su se kretale od 44,44 % pa sve do 100 %, prosjeci za provenijencije su se kretali od 61,10 % kod provenijencije Bugojno do 89,81 % kod provenijencije Kiseljak (tablica 61), dok je prosjek za pokusnu površinu iznosio 75,02 %.

Razlozi za ovakvu šarolikost mogu biti od oštećenosti korijena do slabe adaptabilnosti na presađenom staništu. Presađene biljke su se tijekom ljeta okopavale i zalijevale da se suzbije negativno djelovanje suše na teškom pseudoglejnom tlu.

Provedenom analizom varijance nismo ustanovili postojanje statistički značajnih razlika u preživljavanju biljaka kod starosti 1+0 (tablica 62). Na ovo su upućivale srednje veličine preživljavanja, mada bi se nekom suptilnijom metodom vjerojatno detektirale određene razlike.

Tablica 61. Temeljni podaci o sadnji i preživljavanju biljaka u pokusu

| Provenijencija | Sadnja po bloku | Ukupno zasađenih biljaka | Preživljavanje biljaka u % | | | Prosječno preživjelo |
|------------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|------------------|--------------|----------------------|
| | | | Blok I | Blok II | Blok III | |
| Sokolac | 36+36+36 | 108 | 75,00 | 33,33 | 83,33 | 63,88 |
| Knežina | 36+36+36 | 108 | 66,66 | 52,77 | 80,55 | 66,66 |
| Ključ | 36+36+36 | 108 | 58,33 | 77,77 | 72,22 | 69,44 |
| Vinac | 36+36+30 | 102 | 75,00 | 50,00 | 63,33 | 62,77 |
| Jelah | 36+36+36 | 108 | 100,00 | 72,22 | 86,11 | 86,11 |
| Drvar | 36+36+12 | 084 | 88,88 | 69,44 | 100 | 86,10 |
| Kiseljak | 36+36+36 | 108 | 94,44 | 94,44 | 80,55 | 89,81 |
| Bos. Dubica | 36+36+36 | 108 | 77,77 | 94,44 | 88,88 | 87,03 |
| Mutnica | 36+36+06 | 078 | 61,11 | 94,44 | 100,00 | 85,18 |
| Bjeljina | 36+36+36 | 108 | 86,11 | 88,88 | 77,77 | 84,25 |
| Nević Polje | 36+36+36 | 108 | 91,66 | 44,44 | 75,00 | 70,36 |
| Muhašinovići | 36+36+36 | 108 | 97,22 | 72,22 | 75,00 | 81,48 |
| Novi Šeher | 36+36+36 | 108 | 94,44 | 52,77 | 80,55 | 75,92 |
| Olovo | 36+36+36 | 108 | 94,44 | 63,88 | 94,44 | 84,25 |
| Kačuni | 36+36+36 | 108 | 61,11 | 55,55 | 94,44 | 70,36 |
| Hrgovi | 36+36+36 | 108 | 80,55 | 66,66 | 77,77 | 74,99 |
| Bos. Gradiška | 36+36+36 | 108 | 75,00 | 75,00 | 72,22 | 74,07 |
| Stoječevac (Sar) | 36+36+36 | 108 | 97,22 | 52,77 | 63,88 | 71,29 |
| Miljevina | 36+36+36 | 108 | 94,44 | 63,88 | 50,00 | 69,44 |
| Lukavica (Sar) | 36+36+36 | 108 | 91,66 | 33,33 | 61,11 | 62,03 |
| Mrkonjić Grad | 36+36+36 | 108 | 97,22 | 27,77 | 91,66 | 72,21 |
| Bos. Brod | 36+36+36 | 108 | 50,00 | 50,00 | 94,44 | 64,81 |
| Bugojno | 36+36+36 | 108 | 58,33 | 30,55 | 94,44 | 61,10 |
| Živinice | 36+36+36 | 108 | 97,22 | 63,88 | 69,44 | 76,84 |
| Bos. Grahovo | 36+36+36 | 108 | 100,00 | 52,77 | 83,33 | 78,70 |
| Kotor Varoš | 36+36+36 | 108 | 91,66 | 63,88 | 91,66 | 82,40 |
| Žepče | 36+36+36 | 108 | 91,66 | 55,55 | 80,55 | 75,92 |
| Zavidovići | 36+36+36 | 108 | 86,11 | 61,11 | 75,00 | 74,07 |
| Zvornik | 00+00+18 | 018 | Nije zastupljena | Nije zastupljena | 72,22 | 72,22 |
| Prosjek | | | 83,33 | 61,21 | 80,34 | 75,02 |

Tablica 62. Analiza preživljavanja u pokusu

| Svojstvo | Variranje | Suma kvadrata | Stupnjeva slobode | Sredina kvadrata | F - veličina |
|----------------|----------------|---------------|-------------------|------------------|--------------|
| Preživljavanje | Blokovi | 1338,62 | 2 | 669,31 | 2,13 |
| | Provenijencije | 8775,08 | 28 | 313,39 | 1,63 |
| | Pogreška | 28621,09 | 56 | 511,09 | |
| | Ukupno | 38734,79 | 86 | | |

Kod svih analiziranih svojstava smo dobili statistički značajne razlike između istraživanih provenijencija. Uspoređujući rezultate visina i promjera korijenskoga vrata s onima do kojih je došao Roth (2001), primjećuje se sukladnost rezultata iz oba istraživanja. Naše srednje visine provenijencija i srednji promjeri korijenskoga vrata su intermedijarni između minimalnih i maksimalnih veličina do kojih je došao Roth (2001), a također naše srednje veličine su bliske srednjim veličinama do kojih je došao Roth (2001), s tim da su naši prosjecima nešto veći. Razloge za te male razlike između dva istraživanja možemo tražiti u primijenjenim agrotehničkim mjerama tijekom proizvodnje u rasadniku. Ovdje ipak moramo naglasiti i genetsku komponentu te pretpostaviti da su razlike uvjetovane možda i samom genetskom strukturom istraživanih provenijencija u pokusu, a tako i spram rezultata do kojih je došao Roth (2001). Treba se također osvrnuti i na samu veličinu žirova koju mi nismo analizirali. O tome detaljno izvještavaju u svojim istraživanjima Burger (1921), Kahrl-Urban (1959) i Kleinschmit (1993), a veličina žira se može odraziti na biljke starosti od 6 godina. Za razliku od njih, Cieslar (1923), koji se također bavio tom problematikom, konstatira da razlike između biljaka na temelju veličine žira ostaju vidljive i do 15. godine. Temeljem tih saznanja, sve usporedbe koje provedemo mogu biti konačne tek nakon većeg vremenskog razdoblja, što će potvrditi ili odbaciti naša daljnja istraživanja.

U istraživanjima koje su proveli Oppermann (1932) te Naidenova i Kostov (1979) konstantirano je da su južne provenijencije nešto bržeg rasta od sjevernih. Mi to u našem istraživanju nismo mogli potvrditi zbog specifičnosti reljefa u Bosni i Hercegovini. Tako, najvišu prosječnu visinu ima provenijencija Jelah koja je sjeverna, ali na rubu Panonskog bazena, dok su južne provenijencije smještene u kraška polja i na većim nadmorskim visinama te imaju nešto manje visine biljaka. Ovo se mora kasnije još jednom provjeriti i kroz ovaj pokus, ali kada se izgubi utjecaj krupnoće sjemena da bismo mogli donijeti valjan zaključak o tome koje provenijencije brže prirašćuju.

Pored rečenog, dobiveni rezultati imaju i aplikativnu vrijednost jer prilikom sjetvi na terenu treba provoditi selekciju na krupnoću sjemena. Razlozi su što veće biljke u prvim godinama života imaju veću mogućnost za preživljavanje te odupiranje korovskoj vegetaciji.

Kada se govori o preživljavanju biljaka, sve su zasađene u istim ekološkim uvjetima te njihovo propadanje možemo pripisati slaboj adaptabilnosti određenih provenijencija. Kako su ipak rezultati uje-

dnačeni, možemo reći da je u pitanju normalno izlučivanje neadaptabilnih genotipova koje je prisutno u svim prirodnim populacijama. Ipak, ovdje se trebamo osvrnuti i na visoke ekstremne temperature koje su vladale tijekom ljeta 2009. godine. Stoga se pristupilo i okopavanju mladih biljaka i uklanjanju korova oko njih te je vjerojatno to razlog što je i preživljavanje nešto veće. Ove rezultate možemo usporediti s onima koje iznose Gračan (1995) i Roth (2006). Gračan (1995) za pokusnu površinu Slavir daje prosjek preživljavanja od 50,38%, ali kod starosti pokusa od 8 godina, kao i za Gajno 89,30 % kod starosti 9 godina, s tim da je pokus Slavir podignut jesenjom sadnjom, kod pokusa Gajno proljetnom sadnjom, a sadni materijal prilikom podizanja pokusa je bio u starosti od 2 godine. Za razliku od njega, Roth (2006) u poljskom pokusu dobiva preživljavanje između 43 % i 93 % s prosječnim preživljavanjem od 67 %, kod mladih biljaka u starosti od 3+1. U našem istraživanju prosjek preživljavanja je 75,02 % i to u starosti sadnog materijala od 1+1 te, ako usporedimo rezultate s onim do kojih je došao Roth (2006), možemo primijetiti da je kod nas uspjeh preživljavanja u prvoj godini pokusa nešto bolji. U narednim godinama se očekuje da propadne još dio biljaka, ali će se pokušati dopuniti rezervom materijala.

Rezultati istraživanja visine biljaka starosti četiri, pet i šest godina

U proljeće 2012. godine, na bazi mjerenja 2516 biljaka starih četiri godine, dobivena je prosječna visina 50,3 cm, minimalna 7,5 cm, maksimalna 206,1 cm, a standardna devijacija 23,7 cm (tablica 63).

U proljeće 2013. godine mjerene su preživjele 2274 biljke stare pet godina, čija je prosječna visina bila 79,8 cm, minimalna 15,8 cm, a maksimalna 263,8 cm. Standardna devijacija iznosila je 33,7 cm.

U proljeće 2014. godine u testu provenijencija ostalo je 2245 biljaka, a njihova prosječna visina bila je 117,8 cm. Minimalna visina bila je 23,0 cm, maksimalna 321,0 cm, a standardna devijacija 33,7 cm.

Tablica 63. Deskriptivni pokazatelji visine biljaka po godinama za sve provenijencije po god.

| Svojstvo | Vrijeme mjerenja | N | Minimum (cm) | Maksimum (cm) | Srednja vrijednost (cm) | Standardna devijacija (cm) |
|---------------|---------------------|------|--------------|---------------|-------------------------|----------------------------|
| Visina biljke | Proljeće 2012. god. | 2516 | 7,5 | 206,1 | 50,3 | 23,7 |
| Visina biljke | Proljeće 2013. god. | 2274 | 15,8 | 263,8 | 79,8 | 33,7 |
| Visina biljke | Proljeće 2014. god. | 2245 | 23,0 | 321,0 | 117,8 | 45,6 |

Kako vidimo u tablici 64, najmanju prosječnu visinu u proljeće 2012. godine imala je provenijencija Miljevina sa 38,8 cm, a najveću Jelah sa 74,3 cm (slika 51). U proljeće 2013. godine najmanju prosječnu visinu imala je provenijencija Stojčevac sa 61,3 cm, dok provenijencija Jelah ostaje provenijencija s najvećom prosječnom visinom koja iznosi 108,4 cm. Miljevina i dalje ima prosječnu visinu vrlo nisku i iznosi 63,0 cm. U proljeće 2014. godine najmanju prosječnu visinu zadržava provenijencija Stojčevac sa 90,8 cm, a najveću provenijencija Jelah sa 152,1 cm (tablica 64, slika 51).

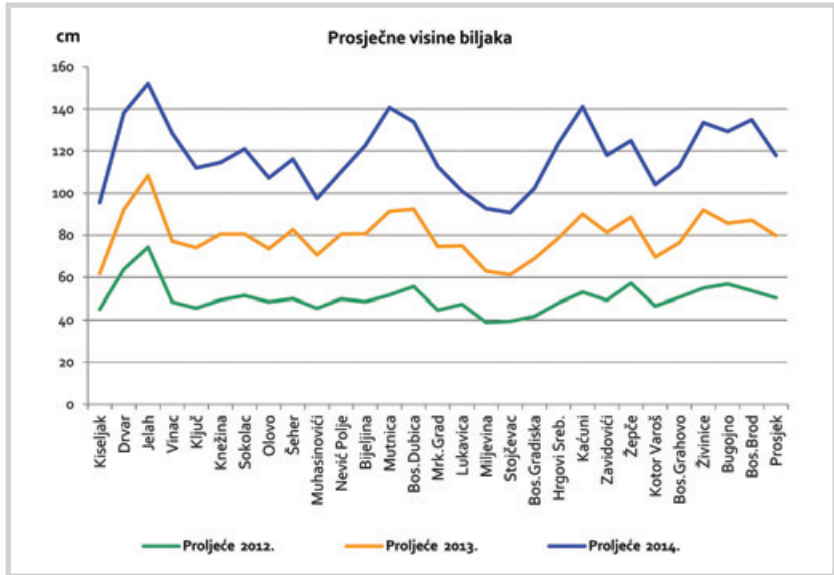
Tablica 64. Deskriptivni pokazatelji visine biljaka po godinama po provenijencijama

| Provenijencija | Proljeće 2012. godine | | | | | | N | Sred. vrijed. (cm) |
|----------------|-----------------------|--------------------|----------------|------------|--------------|-------------|-------------|--------------------|
| | N | Sred. vrijed. (cm) | Std. dev. (cm) | Min (cm) | Max (cm) | CV (%) | | |
| Bijeljina | 99 | 48,5 | 21,1 | 7,5 | 140,0 | 43,5 | 91 | 80,7 |
| Bos.Dubica | 102 | 55,7 | 26,2 | 12,0 | 141,0 | 47,0 | 99 | 92,4 |
| Bos.Gradiška | 101 | 41,7 | 17,3 | 13,0 | 90,0 | 41,5 | 94 | 68,9 |
| Bos.Brod | 82 | 53,7 | 19,2 | 13,0 | 104,0 | 35,8 | 67 | 87,1 |
| Bos.Grahovo | 92 | 50,7 | 17,9 | 20,0 | 100,0 | 35,3 | 81 | 76,4 |
| Bugojno | 95 | 56,9 | 20,7 | 18,0 | 114,0 | 36,4 | 84 | 85,7 |
| Drvar | 58 | 63,9 | 30,8 | 22,0 | 127,9 | 48,2 | 58 | 92,2 |
| Hrgovi Sreb. | 96 | 48,0 | 21,5 | 18,0 | 155,0 | 44,8 | 91 | 78,6 |
| Jelah | 101 | 74,3 | 41,9 | 15,4 | 206,1 | 56,4 | 101 | 108,4 |
| Kačuni | 88 | 53,1 | 23,2 | 20,0 | 105,0 | 43,7 | 76 | 90,0 |
| Kiseljak | 102 | 45,1 | 17,0 | 13,0 | 91,9 | 37,7 | 102 | 61,8 |
| Ključ | 80 | 45,6 | 20,4 | 12,0 | 93,2 | 44,7 | 65 | 74,1 |
| Knežina | 93 | 49,4 | 24,5 | 11,5 | 116,1 | 49,6 | 84 | 80,5 |
| Kotor Varoš | 99 | 46,5 | 16,8 | 15,0 | 110,0 | 36,1 | 92 | 69,7 |
| Lukavica | 83 | 47,4 | 20,4 | 12,0 | 103,1 | 43,0 | 71 | 74,9 |
| Miljevina Foča | 89 | 38,8 | 17,6 | 10,0 | 100,0 | 45,4 | 76 | 63,0 |
| Mrk.Grad | 90 | 44,6 | 16,5 | 10,0 | 95,0 | 37,0 | 79 | 74,6 |
| Mutnica | 58 | 51,7 | 19,9 | 15,0 | 108,2 | 38,5 | 46 | 91,3 |
| Nević Polje | 76 | 49,9 | 26,9 | 19,0 | 129,8 | 53,9 | 66 | 80,5 |
| Novi Šeher | 86 | 50,0 | 26,0 | 12,0 | 110,0 | 52,0 | 74 | 82,7 |
| Olovo | 99 | 48,4 | 16,3 | 17,3 | 90,0 | 33,7 | 92 | 73,6 |
| Sokolac | 89 | 51,5 | 24,1 | 12,0 | 107,0 | 46,8 | 81 | 80,5 |
| Stojčevac | 90 | 39,3 | 16,2 | 12,0 | 85,0 | 41,2 | 78 | 61,3 |
| Vinac | 83 | 48,4 | 24,6 | 12,4 | 128,2 | 50,8 | 72 | 77,2 |
| Visoko Muhaš. | 95 | 45,5 | 21,1 | 12,0 | 107,4 | 46,4 | 88 | 70,6 |
| Zavidovići | 96 | 49,3 | 20,6 | 11,0 | 112,0 | 41,8 | 87 | 81,4 |
| Žepče | 100 | 57,3 | 23,1 | 16,0 | 138,0 | 40,3 | 95 | 88,6 |
| Živinice | 94 | 55,0 | 27,8 | 12,0 | 132,0 | 50,5 | 84 | 92,0 |
| Ukupno | 2516 | 50,3 | 23,7 | 7,5 | 206,1 | 47,1 | 2274 | 79,8 |

Najmanji koeficijent varijabilnosti u proljeće 2012. godine ima provenijencija Olovo, a u proljeće 2013. i 2014. godine provenijencija Bosanski Brod. Najveći koeficijent varijabilnosti za sve tri godine ima provenijencija Jelah.

Najveću standardnu devijaciju za sve tri godine imala je provenijencija s najvećim prosječnim visinama, Jelah, dok je najmanju standardnu devijaciju u proljeće 2012. godine imala provenijencija Stojčevac, a 2013. i 2014. godine provenijencija Bosanski Brod.

| Proljeće 2013. godine | | | | Proljeće 2014. godine | | | | | |
|-----------------------|----------|----------|--------|-----------------------|--------------------|----------------|----------|----------|--------|
| Std. dev. (cm) | Min (cm) | Max (cm) | CV (%) | N | Sred. vrijed. (cm) | Std. dev. (cm) | Min (cm) | Max (cm) | CV (%) |
| 30,5 | 33,2 | 192,6 | 37,8 | 90 | 122,7 | 47,3 | 42,0 | 321,0 | 38,5 |
| 38,2 | 26,1 | 204,0 | 41,3 | 99 | 133,9 | 52,7 | 40,0 | 289,0 | 39,4 |
| 22,4 | 25,6 | 142,3 | 32,5 | 92 | 102,3 | 33,4 | 39,0 | 205,0 | 32,6 |
| 21,1 | 45,5 | 144,6 | 24,2 | 67 | 134,8 | 30,3 | 81,0 | 203,0 | 22,5 |
| 24,3 | 35,4 | 142,5 | 31,8 | 81 | 112,8 | 33,9 | 54,0 | 213,0 | 30,1 |
| 25,3 | 36,2 | 159,5 | 29,5 | 83 | 129,3 | 40,5 | 54,0 | 240,0 | 31,3 |
| 39,5 | 31,7 | 187,3 | 42,8 | 57 | 138,1 | 44,5 | 50,0 | 227,0 | 32,2 |
| 31,4 | 23,6 | 201,5 | 39,9 | 91 | 123,7 | 42,0 | 51,0 | 261,0 | 34,0 |
| 58,3 | 19,1 | 263,8 | 53,8 | 101 | 152,1 | 66,3 | 36,0 | 300,0 | 43,6 |
| 30,8 | 31,1 | 153,5 | 34,2 | 76 | 141,1 | 46,4 | 40,0 | 253,0 | 32,9 |
| 25,0 | 20,0 | 143,0 | 40,5 | 100 | 95,5 | 41,5 | 31,0 | 271,0 | 43,5 |
| 31,1 | 22,5 | 138,4 | 42,0 | 64 | 112,0 | 47,1 | 26,0 | 222,0 | 42,1 |
| 36,2 | 20,5 | 163,3 | 45,0 | 84 | 114,6 | 48,3 | 23,0 | 226,0 | 42,1 |
| 25,9 | 32,3 | 174,7 | 37,2 | 91 | 104,1 | 37,2 | 44,0 | 237,0 | 35,7 |
| 25,9 | 28,3 | 150,5 | 34,6 | 71 | 100,9 | 31,0 | 37,0 | 172,0 | 30,7 |
| 27,1 | 28,2 | 139,4 | 43,0 | 76 | 92,7 | 33,8 | 39,0 | 195,0 | 36,5 |
| 22,7 | 29,5 | 140,9 | 30,4 | 78 | 112,7 | 33,1 | 44,0 | 214,0 | 29,4 |
| 31,4 | 34,1 | 175,9 | 34,4 | 46 | 140,6 | 47,8 | 40,0 | 254,0 | 34,0 |
| 37,0 | 26,0 | 174,1 | 46,0 | 64 | 110,2 | 43,8 | 33,0 | 224,0 | 39,7 |
| 39,6 | 21,3 | 175,1 | 47,9 | 73 | 116,1 | 45,8 | 36,0 | 257,0 | 39,4 |
| 22,1 | 35,9 | 122,1 | 30,0 | 91 | 107,3 | 30,8 | 49,0 | 179,0 | 28,7 |
| 32,5 | 15,8 | 147,7 | 40,4 | 80 | 121,0 | 43,4 | 28,0 | 217,0 | 35,9 |
| 23,8 | 30,4 | 132,9 | 38,8 | 77 | 90,8 | 33,9 | 36,0 | 196,0 | 37,3 |
| 39,3 | 23,2 | 181,4 | 50,9 | 61 | 128,5 | 51,4 | 41,0 | 234,0 | 40,0 |
| 28,6 | 25,7 | 143,1 | 40,5 | 88 | 97,4 | 33,2 | 33,0 | 170,0 | 34,1 |
| 29,1 | 27,4 | 187,0 | 35,7 | 85 | 118,0 | 36,7 | 46,0 | 234,0 | 31,1 |
| 31,1 | 27,2 | 195,4 | 35,1 | 95 | 124,9 | 45,1 | 44,0 | 280,0 | 36,1 |
| 38,1 | 26,9 | 186,5 | 41,4 | 84 | 133,5 | 53,0 | 37,0 | 280,0 | 39,7 |
| 33,7 | 15,8 | 263,8 | 42,2 | 2245 | 117,9 | 45,6 | 23,0 | 321,0 | 38,7 |



Slika 51. Prosječne vrijednosti visine biljaka po godinama po provenijencijama

Kako je prikazano u tablici 65, analiza varijance za svojstvo visine biljke pokazuje da postoje statistički značajne razlike između provenijencija u svim godinama (F izračunato $>$ F tablično; Značajnost $<$ 0,05).

Tablica 65. Analiza varijance visine biljaka po godinama

| Izvor variranja | Suma kvadrata | Broj stupnja slobode | Sredina kvadrata | F-vrijednost (izračunato) | F-vrijednost (tablično) | Signifikantnost |
|------------------------------|---------------|----------------------|------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------|
| Proljeće 2012. godine | | | | | | |
| Između skupina | 128438,5 | 27 | 4757,0 | 9,2* | 1,49 | 0,0 |
| Unutar skupina | 1285172,9 | 2488 | 516,6 | | | |
| Ukupno | 1413611,4 | 2515 | | | | |
| Proljeće 2013. godine | | | | | | |
| Između skupina | 268700,6 | 27 | 9951,9 | 9,7* | 1,49 | 0,0 |
| Unutar skupina | 2314714,2 | 2246 | 1030,6 | | | |
| Ukupno | 2583414,8 | 2273 | | | | |
| Proljeće 2014. godine | | | | | | |
| Između skupina | 572766,9 | 27 | 21213,6 | 11,5* | 1,49 | 0,0 |
| Unutar skupina | 4083455,1 | 2217 | 1841,9 | | | |
| Ukupno | 4656222,0 | 2244 | | | | |

Rezultati morfometrijskih istraživanja visinskog prirasta biljaka u petoj i šestoj godini

U vegetacijskoj sezoni 2012. godine minimalan visinski prirast, baziran na mjerenju 2274 biljke, bio je 0,1 cm, a bilo je i biljaka bez visinskog prirasta zbog oštećenja terminalnog izbojka. Maksimalan visinski prirast iznosio je 168,6 cm, srednji 29,0 cm, uz standardnu devijaciju 24,2 cm (tablica 69).

U vegetacijskoj sezoni 2013. godine minimalan visinski prirast, baziran na mjerenju 2245 biljaka, također je bio 0,1 cm, a bilo je i biljaka bez visinskog prirasta, dok je maksimalan visinski prirast iznosio 145,1 cm, srednji 37,7 cm, uz standardnu devijaciju 22,8 cm.

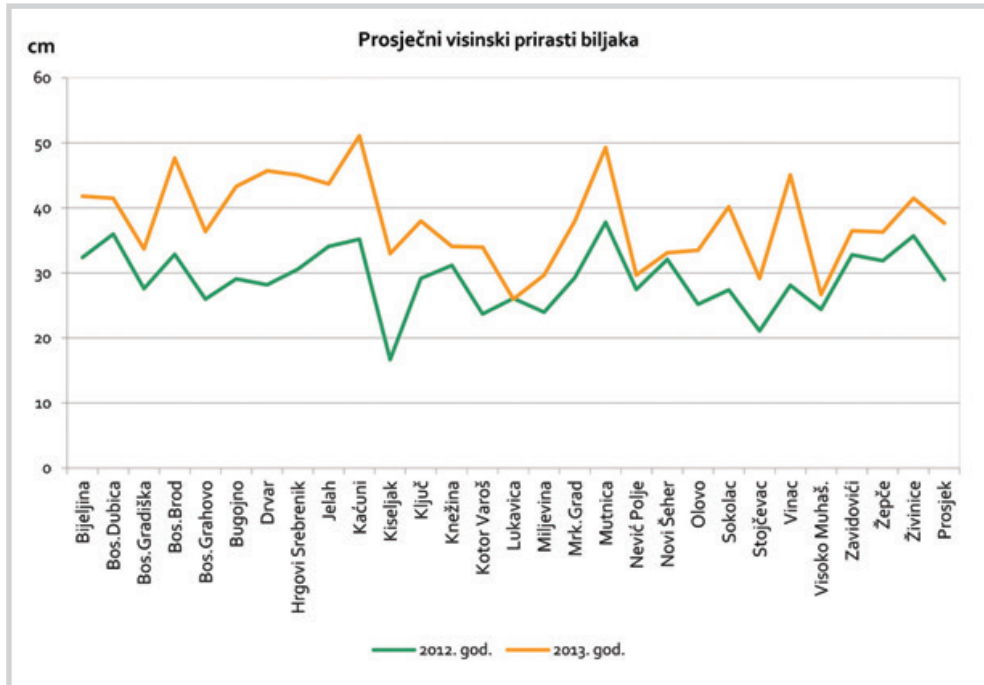
Tablica 69. Deskriptivni pokazatelji visinskog prirasta za sve provenijencije po godinama

| Svojstvo | Godina | N | Minimum (cm) | Maksimum (cm) | Srednja vrijednost (cm) | Standardna devijacija (cm) |
|------------------|--------|------|--------------|---------------|-------------------------|----------------------------|
| Visinski prirast | 2012. | 2274 | 0,0 | 168,6 | 29,0 | 24,2 |
| Visinski prirast | 2013. | 2245 | 0,0 | 145,1 | 37,7 | 22,8 |

Srednje vrijednosti visinskog prirasta u 2012. godini (tablica 70) kretale su se između 16,7 cm, koliko je imala provenijencija Kiseljak, i 37,8 cm (Mutnica), a u 2013. godini između 26,0 cm, koliko je imala Lukavica, i 51,1 cm, koliko je iznosio srednji visinski prirast provenijencije Kaćuni.

Najmanji minimalni visinski prirast 2012. godine (tablica 70) imale su neke biljke provenijencija Bosansko Grahovo, Mrkonjić Grad, Mutnica, Stojčevac i Vinac s 0,1 cm. Najveći maksimalan visinski prirast 168,6 cm imala je biljka iz provenijencije Zavidovići. Najmanji srednji visinski prirast u 2012. godini imala je provenijencija Kiseljak sa 16,7 cm, a najveći Bosanska Dubica s 36,0 cm (slika 52).

Najmanji minimalni visinski prirast 2013. godine (tablica 70), s vrijednošću 0,1 cm, imale su neke biljke iz provenijencija Bugojno, Kiseljak i Olovo, dok je najveći maksimalan visinski prirast 145,1 cm imala biljka iz provenijencije Novi Šeher. Najmanji srednji visinski prirast u 2013. godini imala je provenijencija Lukavica s 26,0 cm, a najveći Kaćuni s 51,1 cm (slika 52).



Slika 52. Prosječne vrijednosti visinskog prirasta po provenijencijama po godinama

Najmanji koeficijent varijabilnosti svojstva visinskog prirasta za 2012. godinu (tablica 70) imala je provenijencija Drvar sa 56,0 %, a najveći Hrgovi Srebrenik s 94,4%, dok je najmanji koeficijent varijabilnosti za 2013. godinu imala provenijencija Bosansko Grahovo s 47,3 %, a najveći Novi Šeher sa 74,6%.

Najmanju standardnu devijaciju svojstva visinski prirast za 2012. godinu (tablica 70) imala je provenijencija Kiseljak s 13,5 cm, a najveću Bosanska Dubica s 32,4 cm, dok je za 2013. godinu najmanju imala provenijencija Stojčevac sa 17,0 cm, a najveću Kaćuni s 25,8 cm.

Tablica 70. Deskriptivni pokazatelji visinskog prirasta po provenijencijama po godinama

| Provenijencija | 2012. godina | | | | |
|---------------------|--------------|----------------|----------------|------------|--------------|
| | N | Sred. vr. (cm) | Std. dev. (cm) | Min (cm) | Max (cm) |
| Bijeljina | 91 | 32,4 | 27,1 | 0,0 | 141,6 |
| Bos.Dubica | 99 | 36,0 | 32,4 | 0,4 | 164,2 |
| Bos.Gradiška | 94 | 27,6 | 22,0 | 0,3 | 116,3 |
| Bos.Brod | 67 | 32,9 | 19,2 | 0,5 | 84,6 |
| Bos.Grahovo | 81 | 26,0 | 21,5 | 0,1 | 105,9 |
| Bugojno | 84 | 29,1 | 23,2 | 0,7 | 91,5 |
| Drvar | 58 | 28,2 | 15,8 | 0,3 | 68,8 |
| Hrgovi Srebrenik | 91 | 30,6 | 28,9 | 0,6 | 164,5 |
| Jelah | 101 | 34,1 | 21,2 | 0,2 | 76,6 |
| Kačuni | 76 | 35,2 | 26,0 | 0,3 | 108,9 |
| Kiseljak | 102 | 16,7 | 13,5 | 0,6 | 71,2 |
| Ključ | 65 | 29,2 | 20,7 | 0,4 | 87,4 |
| Knežina | 84 | 31,2 | 26,6 | 0,8 | 121,4 |
| Kotor Varoš | 92 | 23,7 | 21,5 | 0,6 | 138,2 |
| Lukavica | 71 | 26,1 | 22,4 | 0,8 | 93,6 |
| Miljevina | 76 | 24,0 | 20,9 | 0,5 | 92,2 |
| Mrk.Grad | 79 | 29,3 | 21,6 | 0,1 | 125,9 |
| Mutnica | 46 | 37,8 | 30,6 | 0,1 | 122,9 |
| Nević Polje | 66 | 27,5 | 24,3 | 0,0 | 106,8 |
| Novi Šeher | 74 | 32,1 | 27,9 | 0,0 | 115,8 |
| Olovo | 92 | 25,2 | 20,0 | 0,2 | 81,7 |
| Sokolac | 81 | 27,4 | 23,6 | 0,8 | 123,9 |
| Stojčevac | 78 | 21,1 | 17,5 | 0,1 | 75,9 |
| Vinac | 72 | 28,1 | 24,9 | 0,1 | 90,1 |
| Visoko Muhašinovići | 88 | 24,4 | 17,3 | 0,5 | 90,1 |
| Zavidovići | 87 | 32,8 | 28,9 | 1,2 | 168,6 |
| Žepče | 95 | 31,9 | 26,8 | 0,0 | 122,7 |
| Živinice | 84 | 35,7 | 30,1 | 0,6 | 135,5 |
| Ukupno | 2274 | 29,0 | 24,2 | 0,0 | 168,6 |

Analiza varijance za visinski prirast (tablica 71) pokazuje da postoje statistički značajne razlike između provenijencija u svim godinama (F izračunato > F tablično; Značajnost < 0,05)

Duncanov test za visinski prirast biljke za 2012. godinu pokazuje da se provenijencije po svojstvu visinski prirast biljke razdvajaju u sedam (tablica 72), a za 2013. godinu u deset skupina (tablica 73). Skupine se međusobno preklapaju u velikoj mjeri tako da se ne može izvesti temeljitiji zaključak o grupiranju. Shodno rezultatima Duncanovog testa za visine, rezultati za visinski prirast ukazuju na povećavanje diferencijacije sa starošću.

| 2013. godina | | | | | | |
|--------------|-------------|----------------|----------------|------------|--------------|-------------|
| CV (%) | N | Sred. vr. (cm) | Std. dev. (cm) | Min (cm) | Max (cm) | CV (%) |
| 83,6 | 90 | 41,8 | 25,2 | 0,6 | 128,4 | 60,3 |
| 90,0 | 99 | 41,5 | 23,3 | 1,1 | 108,9 | 56,1 |
| 79,7 | 92 | 33,7 | 19,2 | 0,3 | 95,4 | 57,0 |
| 58,4 | 67 | 47,7 | 23,1 | 2,1 | 94,7 | 48,4 |
| 82,7 | 81 | 36,4 | 17,2 | 0,3 | 82,0 | 47,3 |
| 79,7 | 83 | 43,3 | 25,7 | 0,1 | 104,1 | 59,4 |
| 56,0 | 57 | 45,7 | 24,8 | 3,2 | 124,3 | 54,3 |
| 94,4 | 91 | 45,1 | 24,0 | 0,0 | 108,7 | 53,2 |
| 62,2 | 101 | 43,7 | 23,0 | 0,3 | 99,7 | 52,6 |
| 73,9 | 76 | 51,1 | 25,8 | 0,7 | 114,4 | 50,5 |
| 80,8 | 100 | 33,0 | 23,1 | 0,1 | 128,0 | 70,0 |
| 70,9 | 64 | 38,0 | 22,0 | 0,3 | 83,6 | 57,9 |
| 85,3 | 84 | 34,1 | 21,1 | 1,0 | 99,8 | 61,9 |
| 90,7 | 91 | 34,0 | 21,7 | 0,8 | 100,8 | 63,8 |
| 85,8 | 71 | 26,0 | 18,2 | 1,2 | 78,8 | 70,0 |
| 87,1 | 76 | 29,7 | 20,1 | 0,4 | 113,9 | 67,7 |
| 73,7 | 78 | 38,0 | 20,8 | 1,7 | 99,1 | 54,7 |
| 81,0 | 46 | 49,3 | 24,2 | 3,6 | 101,0 | 49,1 |
| 88,4 | 64 | 29,7 | 19,3 | 0,3 | 84,6 | 65,0 |
| 86,9 | 73 | 33,1 | 24,7 | 0,4 | 145,1 | 74,6 |
| 79,4 | 91 | 33,5 | 20,1 | 0,1 | 79,3 | 60,0 |
| 86,1 | 80 | 40,2 | 21,3 | 0,6 | 95,6 | 53,0 |
| 82,9 | 77 | 29,2 | 17,0 | 0,4 | 70,6 | 58,2 |
| 88,6 | 61 | 45,1 | 24,9 | 2,7 | 106,3 | 55,2 |
| 70,9 | 88 | 26,7 | 18,0 | 0,5 | 75,8 | 67,4 |
| 88,1 | 85 | 36,5 | 18,2 | 2,5 | 78,1 | 49,9 |
| 84,0 | 95 | 36,3 | 23,6 | 0,0 | 107,3 | 65,0 |
| 84,3 | 84 | 41,5 | 22,9 | 0,8 | 101,7 | 55,2 |
| 83,4 | 2245 | 37,7 | 22,8 | 0,0 | 145,1 | 60,5 |

Tablica 71. Analiza varijance visinskog prirasta biljaka po godinama

| Izvor variranja | Suma kvadrata | Broj stupnja slobode | Sredina kvadrata | F-vrijednost (izračunato) | F-vrijednost (tablično) | Značajnost |
|---------------------|---------------|----------------------|------------------|---------------------------|-------------------------|------------|
| 2012. godina | | | | | | |
| Između skupina | 53161,8 | 27 | 1969,0 | 3,4* | 1,49 | 0,0 |
| Unutar skupina | 1282889,7 | 2246 | 571,2 | | | |
| Ukupno | 1336051,5 | 2273 | | | | |
| 2013. godina | | | | | | |
| Između skupina | 93673,4 | 27 | 3469,4 | 7,2* | 1,49 | 0,0 |
| Unutar skupina | 1072228,9 | 2217 | 483,6 | | | |
| Ukupno | 1165902,4 | 2244 | | | | |



Slika 53. Klonska sjemenska plantaža hrasta lužnjaka u Čazmi (Hrvatska)

Rezultati morfometrijskih istraživanja promjera vrata korijena biljaka starosti četiri, pet i šest godina

Prosječna vrijednost promjera vrata korijena biljaka starih četiri godine, bazirana na mjerenju 2516 biljaka u proljeće 2012. godine, iznosi $13,1 \text{ mm} \pm 4,7 \text{ mm}$ (tablica 74). U proljeće 2013. godine mjerene su 2274 petogodišnje biljke i prosječna vrijednost promjera vrata korijena iznosi $20,5 \text{ mm} \pm 6,3 \text{ mm}$. U proljeće 2014. godine, prosječna

vrijednost promjera vrata korijena, bazirana na mjerenju 2245 biljaka starih šest godina, je $28,9 \text{ mm} \pm 9,5 \text{ mm}$.

Tablica 74. Deskriptivni pokazatelji po godinama za sve provenijencije po godinama

| Svojstvo | Vrijeme mjerenja | N | Minimum (mm) | Maksimum (mm) | Srednja vrijedn. (mm) | Standardna dev. (mm) |
|------------------------|---------------------|------|--------------|---------------|-----------------------|----------------------|
| Promjer vrata korijena | Proljeće 2012. god. | 2516 | 2,4 | 34,0 | 13,1 | 4,7 |
| Promjer vrata korijena | Proljeće 2013. god. | 2274 | 5,1 | 51,8 | 20,5 | 6,3 |
| Promjer vrata korijena | Proljeće 2014. god. | 2245 | 7,0 | 79,0 | 28,9 | 9,5 |

Najmanji srednji promjer vrata korijena u proljeće 2012. godine imala je provenijencija Vinac s 11,3 mm, a najveći provenijencija Jelah sa 16,2 mm (tablica 75, slika 54).

Najmanji srednji promjer vrata korijena u proljeće 2013. godine imala je provenijencija Stojčevac sa 17,9 mm, a najveći Jelah s 23,8 mm (tablica 75, slika 54). Provenijencija Vinac se pomjerala za sedamnaest mjesta, s prosječnim promjerom vrata korijena 19,9 mm.

Najmanji srednji promjer vrata korijena u proljeće 2014. godine zadržala je provenijencija Stojčevac s vrijednošću 23,7 mm, a najveći provenijencija Jelah s 34,7 mm (tablica 75, slika 54).

Najmanja minimalna vrijednost svojstva promjera vrata korijena u proljeće 2012. godine bila je u provenijenciji Knežina i iznosila 2,4 mm, u proljeće 2013. godine u provenijencijama Kiseljak i Jelah 5,1 mm, a u proljeće 2014. godine u provenijencijama Jelah, Miljevina i Živinice s vrijednošću 7,0 mm.

Najveća maksimalna vrijednost svojstva promjera vrata korijena u proljeće 2012. godine bila je 34,0 mm u provenijencijama Lukavica i Kotor Varoš, u proljeće 2013. godine 51,8 mm u provenijenciji Jelah, a u proljeće 2014. godine 79,0 mm u provenijencijama Bosanska Dubica i Živinice.

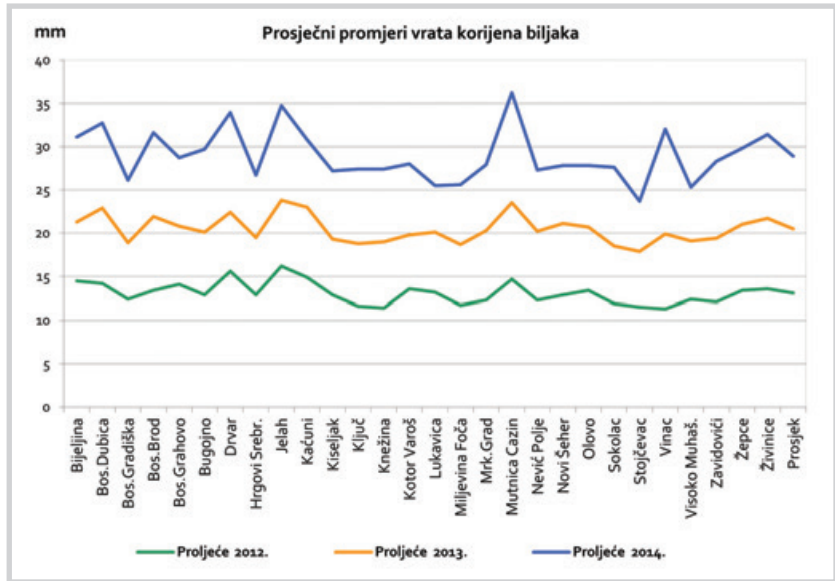
Najmanju standardnu devijaciju pri sva tri mjerenja imala je provenijencija Stojčevac, a najveću Jelah.

Najmanji koeficijent varijabilnosti u proljeće 2012. godine imala je provenijencija Mutnica, u proljeće 2013. godine Stojčevac, a u proljeće 2014. Bosanski Brod. Najveći koeficijent varijabilnosti u proljeće 2012. godine imala je provenijencija Knežina, u proljeće 2013. godine Vinac, a u proljeće 2014. godine provenijencija Jelah.

Tablica 75. Deskriptivni pokazatelji promjera vrata korijena po provenijencijama po godinama

| Provenijencija | Proljeće 2012. godine | | | | | | N | Sred. (mm) |
|------------------|-----------------------|---------------|--------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | N | Sred. v. (mm) | Std. d. (mm) | Min (mm) | Max (mm) | CV (%) | | |
| Bijeljina | 99 | 14,5 | 5,1 | 5,3 | 29,5 | 35,2 | 91 | 21,3 |
| Bos.Dubica | 102 | 14,2 | 5,2 | 5,3 | 32,0 | 36,6 | 99 | 22,9 |
| Bos.Gradiška | 101 | 12,4 | 4,6 | 3,5 | 24,5 | 37,1 | 94 | 18,9 |
| Bos.Brod | 82 | 13,4 | 4,0 | 4,3 | 22,4 | 29,9 | 67 | 21,9 |
| Bos.Grahovo | 92 | 14,1 | 4,5 | 4,3 | 27,0 | 31,9 | 81 | 20,8 |
| Bugojno | 95 | 12,9 | 4,5 | 5,0 | 26,0 | 34,9 | 84 | 20,1 |
| Drvar | 58 | 15,6 | 4,9 | 6,0 | 25,5 | 31,4 | 58 | 22,4 |
| Hrgovi Srebrenik | 96 | 12,9 | 4,3 | 5,0 | 26,0 | 33,3 | 91 | 19,5 |
| Jelah | 101 | 16,2 | 6,2 | 4,3 | 33,8 | 38,3 | 101 | 23,8 |
| Kačuni | 88 | 14,9 | 5,0 | 6,5 | 28,0 | 33,6 | 76 | 23,0 |
| Kiseljak | 102 | 12,9 | 3,8 | 3,2 | 21,8 | 29,5 | 102 | 19,3 |
| Ključ | 80 | 11,6 | 4,1 | 4,3 | 23,2 | 35,3 | 65 | 18,8 |
| Knežina | 93 | 11,4 | 4,5 | 2,4 | 22,4 | 39,5 | 84 | 19,0 |
| Kotor Varoš | 99 | 13,6 | 4,7 | 4,3 | 34,0 | 34,6 | 92 | 19,8 |
| Lukavica | 83 | 13,2 | 5,1 | 4,0 | 34,0 | 38,6 | 71 | 20,1 |
| Miljevina Foča | 89 | 11,7 | 4,3 | 4,2 | 23,8 | 36,8 | 76 | 18,7 |
| Mrk.Grad | 90 | 12,3 | 4,0 | 4,1 | 21,4 | 32,5 | 79 | 20,3 |
| Mutnica Cazin | 58 | 14,7 | 4,2 | 7,0 | 26,3 | 28,6 | 46 | 23,5 |
| Nević Polje | 76 | 12,3 | 4,5 | 4,3 | 27,8 | 36,6 | 66 | 20,2 |
| Novi Šeher | 86 | 12,9 | 4,7 | 5,2 | 25,3 | 36,4 | 74 | 21,1 |
| Olovo | 99 | 13,4 | 4,1 | 4,3 | 26,3 | 30,6 | 92 | 20,7 |
| Sokolac | 89 | 11,9 | 3,7 | 5,0 | 24,3 | 31,1 | 81 | 18,5 |
| Stojčevac | 90 | 11,5 | 3,3 | 4,3 | 20,5 | 28,7 | 78 | 17,9 |
| Vinac | 83 | 11,3 | 4,1 | 3,5 | 22,3 | 36,3 | 72 | 19,9 |
| Visoko Muhaš. | 95 | 12,4 | 3,9 | 5,7 | 23,1 | 31,5 | 88 | 19,1 |
| Zavidovići | 96 | 12,1 | 4,2 | 4,5 | 28,3 | 34,7 | 87 | 19,4 |
| Žepce | 100 | 13,4 | 4,5 | 3,2 | 31,2 | 33,6 | 95 | 21,0 |
| Živinice | 94 | 13,6 | 5,0 | 4,0 | 29,2 | 36,8 | 84 | 21,7 |
| Ukupno | 2516 | 13,1 | 4,7 | 2,4 | 34,0 | 35,9 | 2274 | 20,5 |

| Proljeće 2013. Godine | | | | | Proljeće 2014. godine | | | | | |
|-----------------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-----------------------|------------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|
| v. | Std. d.
(mm) | Min
(mm) | Max
(mm) | CV
(%) | N | Sred. v.
(mm) | Std. d.
(mm) | Min
(mm) | Max
(mm) | CV
(%) |
| | 5,8 | 9,7 | 39,4 | 27,2 | 90 | 31,1 | 10,8 | 12,0 | 68,0 | 34,7 |
| | 7,0 | 10,4 | 45,5 | 30,6 | 99 | 32,7 | 12,3 | 11,0 | 79,0 | 37,6 |
| | 5,2 | 8,1 | 32,7 | 27,5 | 92 | 26,1 | 7,7 | 11,0 | 47,0 | 29,5 |
| | 5,2 | 10,4 | 31,7 | 23,7 | 67 | 31,6 | 6,6 | 17,0 | 46,0 | 20,9 |
| | 5,2 | 5,3 | 34,1 | 25,0 | 81 | 28,7 | 6,8 | 14,0 | 45,0 | 23,7 |
| | 4,8 | 10,4 | 31,4 | 23,9 | 83 | 29,7 | 7,8 | 14,0 | 51,0 | 26,3 |
| | 7,1 | 8,4 | 36,1 | 31,7 | 57 | 33,9 | 11,8 | 11,0 | 68,0 | 34,8 |
| | 5,3 | 10,4 | 35,5 | 27,2 | 91 | 26,7 | 6,7 | 15,0 | 47,0 | 25,1 |
| | 9,6 | 5,1 | 51,8 | 40,3 | 101 | 34,7 | 14,0 | 7,0 | 74,0 | 40,3 |
| | 6,1 | 10,4 | 38,5 | 26,5 | 76 | 30,8 | 8,7 | 17,0 | 54,0 | 28,2 |
| | 5,2 | 5,1 | 29,1 | 26,9 | 100 | 27,2 | 8,9 | 10,0 | 49,0 | 32,7 |
| | 6,3 | 8,4 | 31,1 | 33,5 | 64 | 27,4 | 10,1 | 11,0 | 46,0 | 36,9 |
| | 6,2 | 7,2 | 33,6 | 32,6 | 84 | 27,4 | 8,9 | 10,0 | 48,0 | 32,5 |
| | 6,2 | 6,3 | 38,3 | 31,3 | 91 | 28,0 | 7,9 | 10,0 | 50,0 | 28,2 |
| | 5,4 | 10,3 | 38,4 | 26,9 | 71 | 25,5 | 7,0 | 12,0 | 46,0 | 27,5 |
| | 6,1 | 6,3 | 40,1 | 32,6 | 76 | 25,6 | 7,6 | 7,0 | 49,0 | 29,7 |
| | 4,9 | 6,5 | 31,4 | 24,1 | 78 | 27,9 | 6,5 | 15,0 | 47,0 | 23,3 |
| | 6,3 | 14,6 | 45,4 | 26,8 | 46 | 36,2 | 10,3 | 20,0 | 61,0 | 28,5 |
| | 5,9 | 7,4 | 36,4 | 29,2 | 64 | 27,3 | 8,1 | 11,0 | 45,0 | 29,7 |
| | 6,5 | 9,5 | 39,2 | 30,8 | 73 | 27,8 | 8,2 | 14,0 | 50,0 | 29,5 |
| | 4,8 | 10,7 | 34,6 | 23,2 | 91 | 27,8 | 7,5 | 13,0 | 49,0 | 27,0 |
| | 4,8 | 7,2 | 30,2 | 25,9 | 80 | 27,6 | 8,2 | 11,0 | 45,0 | 29,7 |
| | 4,0 | 10,4 | 28,6 | 22,3 | 77 | 23,7 | 5,2 | 13,0 | 36,0 | 21,9 |
| | 8,2 | 7,3 | 40,5 | 41,2 | 61 | 32,0 | 11,7 | 10,0 | 58,0 | 36,6 |
| | 5,9 | 8,1 | 31,7 | 30,9 | 88 | 25,3 | 7,7 | 10,0 | 51,0 | 30,4 |
| | 5,8 | 8,3 | 36,4 | 29,9 | 85 | 28,3 | 8,0 | 12,0 | 48,0 | 28,3 |
| | 6,2 | 11,3 | 40,6 | 29,5 | 95 | 29,8 | 9,5 | 13,0 | 63,0 | 31,9 |
| | 7,2 | 6,8 | 43,2 | 33,2 | 84 | 31,4 | 11,7 | 7,0 | 79,0 | 37,3 |
| | 6,3 | 5,1 | 51,8 | 30,7 | 2245 | 28,9 | 9,5 | 7,0 | 79,0 | 32,9 |



Slika 54. Prosječne vrijednosti promjera vrata korjena po provenijencijama i godinama

Analiza varijance za promjer vrata korijena (tablica 76) pokazuje da postoje statistički značajne razlike između provenijencija u svim godinama (F izračunato > F tablično; Značajnost < 0,05).

| Izvor variranja | Suma kvadrata | Broj stupnja slobode | Sredina kvadrata | F-vrijednost (izračunato) | F-vrijednost (tablično) | Signifikantnost |
|------------------------------|---------------|----------------------|------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------|
| Proljeće 2012. godine | | | | | | |
| Između skupina | 3821,884 | 27 | 141,551 | 6,9* | 1,49 | 0,0 |
| Unutar skupina | 50750,139 | 2488 | 20,398 | | | |
| Ukupno | 54572,023 | 2515 | | | | |
| Proljeće 2013. godine | | | | | | |
| Između skupina | 5546,231 | 27 | 205,416 | 5,5* | 1,49 | 0,0 |
| Unutar skupina | 83407,228 | 2246 | 37,136 | | | |
| Ukupno | 88953,458 | 2273 | | | | |
| Proljeće 2014. godine | | | | | | |
| Između skupina | 18485,151 | 27 | 684,635 | 8,3* | 1,49 | 0,0 |
| Unutar skupina | 181974,674 | 2217 | 82,081 | | | |
| Ukupno | 200459,824 | 2244 | | | | |

Tablica 78. Skupine provenijencija prema Duncan testu za promjer vrata korijena za prolj. 2013. g.

| Provenijencija | N | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|------------------|-----|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | Srednje vrijednosti promjera vrata korijena (mm) | | | | | | | | | |
| Stojčevac | 78 | 17,9 | | | | | | | | | |
| Sokolac | 81 | 18,5 | 18,5 | | | | | | | | |
| Miljevina | 76 | 18,7 | 18,7 | 18,7 | | | | | | | |
| Ključ | 65 | 18,8 | 18,8 | 18,8 | 18,8 | | | | | | |
| Bos.Gradiška | 94 | 18,9 | 18,9 | 18,9 | 18,9 | | | | | | |
| Knežina | 84 | 19,0 | 19,0 | 19,0 | 19,0 | | | | | | |
| Visoko Muhaš. | 88 | 19,1 | 19,1 | 19,1 | 19,1 | 19,1 | | | | | |
| Kiseljak | 102 | 19,3 | 19,3 | 19,3 | 19,3 | 19,3 | | | | | |
| Zavidovići | 87 | 19,4 | 19,4 | 19,4 | 19,4 | 19,4 | 19,4 | | | | |
| Hrgovi Srebrenik | 91 | 19,5 | 19,5 | 19,5 | 19,5 | 19,5 | 19,5 | | | | |
| Kotor Varoš | 92 | 19,8 | 19,8 | 19,8 | 19,8 | 19,8 | 19,8 | 19,8 | | | |
| Vinac | 72 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | | | |
| Lukavica | 71 | 20,1 | 20,1 | 20,1 | 20,1 | 20,1 | 20,1 | 20,1 | | | |
| Bugojno | 84 | 20,1 | 20,1 | 20,1 | 20,1 | 20,1 | 20,1 | 20,1 | | | |
| Nević Polje | 66 | 20,2 | 20,2 | 20,2 | 20,2 | 20,2 | 20,2 | 20,2 | 20,2 | | |
| Mrk.Grad | 79 | | 20,3 | 20,3 | 20,3 | 20,3 | 20,3 | 20,3 | 20,3 | | |
| Olovo | 92 | | 20,7 | 20,7 | 20,7 | 20,7 | 20,7 | 20,7 | 20,7 | | |
| Bos.Grahovo | 81 | | 20,8 | 20,8 | 20,8 | 20,8 | 20,8 | 20,8 | 20,8 | 20,8 | |
| Žepče | 95 | | | 21,0 | 21,0 | 21,0 | 21,0 | 21,0 | 21,0 | 21,0 | |
| Novi Šeher | 74 | | | | 21,1 | 21,1 | 21,1 | 21,1 | 21,1 | 21,1 | |
| Bijeljina | 91 | | | | | 21,3 | 21,3 | 21,3 | 21,3 | 21,3 | |
| Živinice | 84 | | | | | | 21,7 | 21,7 | 21,7 | 21,7 | 21,7 |
| Bos.Brod | 67 | | | | | | | 21,9 | 21,9 | 21,9 | 21,9 |
| Drvar | 58 | | | | | | | | 22,4 | 22,4 | 22,4 |
| Bos.Dubica | 99 | | | | | | | | | 22,9 | 22,9 |
| Kaćuni | 76 | | | | | | | | | 23,0 | 23,0 |
| Mutnica | 46 | | | | | | | | | | 23,5 |
| Jelah | 101 | | | | | | | | | | 23,8 |

Rezultati fenoloških osmatranja

Kao što vidimo u tablici 80, trajanje pojedinih faza posmatrano za sve provenijencije različito je u dvije uzastopne godine, što potvrđuje veliki utjecaj klimatskih čimbenika na pojavu fenoloških faza.

Faza A se može uzeti samo uvjetno jer ona u suštini traje cijelu zimsku sezonu i podrazumijeva period kada su pupovi zatvoreni,

Tablica 79. Skupine provenijencija prema Duncan testu za promjer vrata korijena za prolj. 2014. g.

| Provenijencija | N | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|------------------|-----|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | Srednje vrijednosti promjera vrata korijena (mm) | | | | | | | | | |
| Stojčevac | 77 | 23,7 | | | | | | | | | |
| Visoko Muhaš. | 88 | 25,3 | 25,3 | | | | | | | | |
| Lukavica | 71 | 25,5 | 25,5 | | | | | | | | |
| Miljevina | 76 | 25,6 | 25,6 | | | | | | | | |
| Bos.Gradiška | 92 | 26,1 | 26,1 | | | | | | | | |
| Hrgovi Srebrenik | 91 | 26,7 | 26,7 | 26,7 | | | | | | | |
| Kiseljak | 100 | | 27,2 | 27,2 | | | | | | | |
| Nević Polje | 64 | | 27,3 | 27,3 | | | | | | | |
| Ključ | 64 | | 27,4 | 27,4 | | | | | | | |
| Knežina | 84 | | 27,4 | 27,4 | | | | | | | |
| Sokolac | 80 | | 27,6 | 27,6 | 27,6 | | | | | | |
| Novi Šeher | 73 | | 27,8 | 27,8 | 27,8 | 27,8 | | | | | |
| Olovo | 91 | | 27,8 | 27,8 | 27,8 | 27,8 | | | | | |
| Mrk.Grad | 78 | | 27,9 | 27,9 | 27,9 | 27,9 | | | | | |
| Kotor Varoš | 91 | | 28,0 | 28,0 | 28,0 | 28,0 | | | | | |
| Zavidovići | 85 | | 28,3 | 28,3 | 28,3 | 28,3 | 28,3 | | | | |
| Bos.Grahovo | 81 | | 28,7 | 28,7 | 28,7 | 28,7 | 28,7 | | | | |
| Bugojno | 83 | | | 29,7 | 29,7 | 29,7 | 29,7 | 29,7 | | | |
| Žepče | 95 | | | 29,8 | 29,8 | 29,8 | 29,8 | 29,8 | | | |
| Kačuni | 76 | | | | 30,8 | 30,8 | 30,8 | 30,8 | 30,8 | | |
| Bijeljina | 90 | | | | | 31,1 | 31,1 | 31,1 | 31,1 | | |
| Živinice | 84 | | | | | | 31,4 | 31,4 | 31,4 | | |
| Bos.Brod | 67 | | | | | | 31,6 | 31,6 | 31,6 | 31,6 | |
| Vinac | 61 | | | | | | | 32,0 | 32,0 | 32,0 | |
| Bos.Dubica | 99 | | | | | | | 32,7 | 32,7 | 32,7 | |
| Drvar | 57 | | | | | | | | 33,9 | 33,9 | 33,9 |
| Jelah | 101 | | | | | | | | | 34,7 | 34,7 |
| Mutnica | 46 | | | | | | | | | | 36,2 |

a u ovom izračunu je obuhvatila period od posljednjeg dana kada nije bilo niti jedne biljke u fazi B, pa do pojave faze B za svaku biljku pojedinačno. Ukupna prosječna dužina trajanja faze A je za pet dana duža 2013. godine u odnosu na 2012. godinu. Faze B i C su 2012. godine trajale u prosjeku 10, odnosno devet dana, a faze D, E i F imale su ujednačeno trajanje od po šest dana.

Razvoj fenoloških faza u 2013. godini tekao je dosta drugačije, što je vidljivo u tablici 80, gdje su faze C, D i E trajale samo jedan, dva ili tri dana, dok je prosječna dužina trajanja faze F 12 dana. Ovakvi rezultati mogu se bolje shvatiti uvidom u tabelu 30 gdje se vidi da su u 2013. godini kod nekih provenijencija potpuno preskočene pojedine faze.

U podacima s terena jasno je vidljivo da u skoro svim provenijencijama postoje pojedine biljke kod kojih nedostaju pojedine faze, što nije bio slučaj u 2012. godini gdje je razvoj faza tekao dosta ujednačenije.

Ukoliko uporedimo podatke o klimatskim pojavama, vidjet ćemo da su u mjesecu ožujku minimalne, maksimalne i srednje temperature prilično izjednačene za 2012. i 2013. godinu, ali je suma padavina 2012. godine bila samo 5,7 l/m², a 2013. godine 90,2 l/m². U travnju su temperature također bile izjednačene, ali je suma padavina bila veća 2012. godine i iznosila 99,9 l/m², dok je 2013. godine iznosila 38,9 l/m². U svibnju su i temperature i sume padavina izjednačene za obje godine. Neujednačenost fenoloških faza prema godinama se, vjerojatno, može pripisati neujednačenosti klimatskih pojava.

Tablica 80. Dužina trajanja faza za sve provenijencije po godinama

| Trajanje faze | N | 2012. godina | | | | 2013. godina | | | |
|---------------|-----|--------------|-------|---------|-----------|--------------|-------|---------|-----------|
| | | Min | Maks. | Prosjek | Std. dev. | Min | Maks. | Prosjek | Std. dev. |
| A | 280 | 1 | 25 | 9 | 3,6 | 14 | 22 | 16 | 2,5 |
| B | 280 | 4 | 18 | 10 | 2,5 | 0 | 8 | 2 | 1,8 |
| C | 280 | 4 | 20 | 9 | 2,4 | 0 | 7 | 1 | 2,1 |
| D | 276 | 4 | 12 | 6 | 1,6 | 0 | 6 | 2 | 2,4 |
| E | 280 | 0 | 13 | 6 | 1,5 | 0 | 11 | 3 | 2,8 |
| F | 280 | 2 | 20 | 6 | 2,1 | 8 | 14 | 12 | 2,9 |

Analiza varijance dužine trajanja pojedinih faza pokazuje da postoji statistički značajna razlika između provenijencija (F izračunato > F tablično; Značajnost < 0,05) u 2012. godini.

U 2013. godini ne postoji statistički značajna razlika za dužinu trajanja faza D i E (F izračunato < F tablično; Značajnost > 0,05), dok za ostale faze postoji statistički značajna razlika (F izračunato > F tablično; Značajnost < 0,05), (tablica 81).

Tablica 81. Analiza varijance dužine trajanja fenoloških faza po godinama

| Faza | Izvor variranja | Suma kvadrata | Broj stupnja slobode | Sredina kvadrata | F-vrijednost (izračunato) | F-vrijednost (tablično) | Značajnost |
|---------------------|-----------------|---------------|----------------------|------------------|---------------------------|-------------------------|------------|
| 2012. godina | | | | | | | |
| A | Između skupina | 1190,1 | 27 | 44,1 | 4,8* | 1,5336 | 0,000 |
| | Unutar skupina | 2317,2 | 252 | 9,2 | | | |
| | Ukupno | 3507,3 | 279 | | | | |
| B | Između skupina | 252,0 | 27 | 9,3 | 1,6* | 1,5336 | 0,035 |
| | Unutar skupina | 1472,4 | 252 | 5,8 | | | |
| | Ukupno | 1724,4 | 279 | | | | |
| C | Između skupina | 363,0 | 27 | 13,4 | 2,8* | 1,5336 | 0,000 |
| | Unutar skupina | 1224,1 | 252 | 4,9 | | | |
| | Ukupno | 1587,1 | 279 | | | | |
| D | Između skupina | 112,6 | 27 | 4,2 | 1,7* | 1,5344 | 0,018 |
| | Unutar skupina | 601,8 | 248 | 2,4 | | | |
| | Ukupno | 714,4 | 275 | | | | |
| E | Između skupina | 150,8 | 27 | 5,6 | 2,9* | 1,5336 | 0,000 |
| | Unutar skupina | 483,3 | 252 | 1,9 | | | |
| | Ukupno | 634,1 | 279 | | | | |
| F | Između skupina | 310,5 | 27 | 11,5 | 3,3* | 1,5336 | 0,000 |
| | Unutar skupina | 873,5 | 252 | 3,5 | | | |
| | Ukupno | 1184,0 | 279 | | | | |
| 2013. godina | | | | | | | |
| A | Između skupina | 613,1 | 27 | 22,7 | 5,4* | 1,5336 | 0,000 |
| | Unutar skupina | 1066,2 | 252 | 4,2 | | | |
| | Ukupno | 1679,3 | 279 | | | | |
| B | Između skupina | 145,2 | 27 | 5,4 | 1,7* | 1,5336 | 0,017 |
| | Unutar skupina | 784,9 | 252 | 3,1 | | | |
| | Ukupno | 930,1 | 279 | | | | |
| C | Između skupina | 192,7 | 27 | 7,1 | 1,6* | 1,5336 | 0,027 |
| | Unutar skupina | 1095,1 | 252 | 4,3 | | | |
| | Ukupno | 1287,8 | 279 | | | | |
| D | Između skupina | 216,2 | 27 | 8,0 | 1,4 | 1,5336 | 0,095 |
| | Unutar skupina | 1439,2 | 252 | 5,7 | | | |
| | Ukupno | 1655,4 | 279 | | | | |
| E | Između skupina | 321,5 | 27 | 11,9 | 1,5 | 1,5336 | 0,050 |
| | Unutar skupina | 1962,8 | 252 | 7,8 | | | |
| | Ukupno | 2284,3 | 279 | | | | |
| F | Između skupina | 700,8 | 27 | 26,0 | 3,9* | 1,5336 | 0,000 |
| | Unutar skupina | 1695,6 | 252 | 6,7 | | | |
| | Ukupno | 2396,4 | 279 | | | | |

Duncanov test za dužinu trajanja pojedinih fenoloških faza pokazao je veći broj skupina u 2012. godini za sve faze, osim faze B (tablica 82).

| Godina | Faza A | Faza B | Faza C | Faza D | Faza E | Faza F |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 2012. | 8 | 3 | 5 | 5 | 5 | 8 |
| 2013. | 6 | 5 | 4 | 3 | 4 | 7 |

U proljeće 2012. godine, kao što vidimo u tablici 83, sve biljke svih provenijencija su 26. ožujka bile u fazi A koja je trajala najkraće kod pojedinih biljaka provenijencija Mrkonjić Grad, Jelah i Nević Polje do 3. travnja, a najduže kod pojedinih biljaka provenijencije Bosanska Dubica, do 19. travnja.

Faza B kod većine provenijencija počela je 1. travnja (ranije samo kod provenijencija Bijeljina, 28. ožujka, Živinice i Kaćuni 30. ožujka), a nešto kasnije u provenijencijama Kiseljak, Zavidovići, Drvar, Novi Šeher, Muhašinovići, Ključ, Mutnica i Sokolac 3. travnja te Bosanska Dubica 5. travnja. Faza B najduže je trajala kod provenijencija Bijeljina i Bosansko Grahovo.

Faza C najranije je počela kod provenijencije Kaćuni, 5. travnja, kod koje je i najduže trajala, do 27. travnja, a najkasnije kod provenijencije Bosanska Dubica, 19. travnja, kod koje se najkasnije i javlja, 29. travnja.

Faza D najranije se javlja kod provenijencije Miljevina, 13. travnja, a najkasnije kod Bosanske Dubice, 27. travnja. Najkasnije se može naći 3. svibnja kod provenijencija: Kiseljak, Lukavica, Miljevina, Bijeljina, Mutnica i Bosanska Dubica. Ova faza najduže traje kod provenijencije Miljevina.

Faza E najranije, 23. travnja, počinje kod provenijencija Lukavica, Jelah, Miljevina i Nević Polje, a najkasnije, 3. svibnja kod Bosanske Dubice. U provenijencijama Lukavica, Miljevina, Kotor Varoš, Bijeljina, Mutnica i Bosanska Dubica biljke u ovoj fazi mogu se naći 7. svibnja. Najduže traje kod provenijencija Lukavica i Miljevina.

Faza F najranije počinje kod provenijencija Jelah i Nević Polje, 1. svibnja, najkasnije u provenijenciji Bosanska Dubica, 7. svibnja, a već 9. svibnja je završena u svim provenijencijama.

Tablica 83. Interval trajanja fenofaza listanja hrasta lužnjaka u 2012. godini

| Provenijencija | A | B | C | D | E | F |
|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Bijeljina | 26.03.-11.04. | 28.03.-23.04. | 07.04.-29.04. | 17.04.-03.05. | 27.04.-07.05. | 03.05.-09.05. |
| Bos. Dubica | 26.03.-19.04. | 05.04.-25.04. | 19.04.-29.04. | 27.04.-03.05. | 03.05.-07.05. | 07.05.-09.05. |
| Bos. Gradiška | 26.03.-07.04. | 01.04.-21.04. | 09.04.-27.04. | 19.04.-01.05. | 27.04.-05.05. | 03.05.-09.05. |
| Bos. Brod | 26.03.-05.04. | 01.04.-19.04. | 07.04.-25.04. | 17.04.-29.04. | 27.04.-05.05. | 03.05.-09.05. |
| Bos. Grahovo | 26.03.-13.04. | 01.04.-25.04. | 07.04.-01.05. | 17.04.-25.04. | 27.04.-03.05. | 05.05.-09.05. |
| Bugojno | 26.03.-09.04. | 01.04.-23.04. | 09.04.-27.04. | 17.04.-01.05. | 29.04.-05.05. | 05.05.-09.05. |
| Drvar | 26.03.-07.04. | 03.04.-17.04. | 13.04.-23.04. | 19.04.-29.04. | 27.04.-05.05. | 03.05.-09.05. |
| Hrgovi Srebr. | 26.03.-13.04. | 30.03.-21.04. | 05.04.-27.04. | 17.04.-01.05. | 27.04.-05.05. | 03.05.-09.05. |
| Jelah | 26.03.-03.04. | 01.04.-15.04. | 07.04.-23.04. | 17.04.-29.04. | 23.04.-05.05. | 01.05.-09.05. |
| Kačuni | 26.03.-05.04. | 30.03.-21.04. | 05.04.-25.04. | 19.04.-29.04. | 27.04.-05.05. | 05.05.-09.05. |
| Kiseljak | 26.03.-11.04. | 03.04.-21.04. | 13.04.-27.04. | 21.04.-03.05. | 29.04.-05.05. | 03.05.-09.05. |
| Ključ | 26.03.-09.04. | 03.04.-21.04. | 09.04.-25.04. | 19.04.-29.04. | 29.04.-05.05. | 05.05.-09.05. |
| Knežina | 26.03.-07.04. | 05.04.-19.04. | 13.04.-27.04. | 21.04.-01.05. | 29.04.-05.05. | 05.05.-09.05. |
| KotorVaroš | 26.03.-09.04. | 01.04.-19.04. | 13.04.-25.04. | 23.04.-01.05. | 29.04.-07.05. | 03.05.-09.05. |
| Lukavica | 26.03.-11.04. | 01.04.-19.04. | 09.04.-27.04. | 17.04.-03.05. | 23.04.-07.05. | 03.05.-09.05. |
| Miljevina | 26.03.-07.04. | 01.04.-15.04. | 07.04.-23.04. | 13.04.-03.05. | 23.04.-07.05. | 03.05.-09.05. |
| Mrkonjić Grad | 26.03.-03.04. | 01.04.-17.04. | 07.04.-23.04. | 19.04.-29.04. | 25.04.-05.05. | 03.05.-09.05. |
| Mutnica Cazin | 26.03.-09.04. | 03.04.-19.04. | 09.04.-27.04. | 21.04.-03.05. | 29.04.-07.05. | 05.05.-09.05. |
| Nević Polje | 26.03.-03.04. | 01.04.-15.04. | 07.04.-23.04. | 17.04.-29.04. | 23.04.-03.05. | 01.05.-09.05. |
| Novi Šeher | 26.03.-09.04. | 03.04.-19.04. | 11.04.-25.04. | 21.04.-29.04. | 27.04.-05.05. | 03.05.-09.05. |
| Olovo | 26.03.-11.04. | 01.04.-19.04. | 07.04.-25.04. | 19.04.-29.04. | 27.04.-03.05. | 03.05.-09.05. |
| Sokolac | 26.03.-11.04. | 03.04.-21.04. | 13.04.-27.04. | 21.04.-01.05. | 29.04.-05.05. | 03.05.-09.05. |
| Stojčevac | 26.03.-11.04. | 01.04.-21.04. | 09.04.-27.04. | 17.04.-01.05. | 29.04.-05.05. | 05.05.-09.05. |
| Vinac | 26.03.-05.04. | 01.04.-15.04. | 07.04.-23.04. | 19.04.-29.04. | 27.04.-05.05. | 03.05.-09.05. |
| Visoko Muhaš. | 26.03.-05.04. | 03.04.-15.04. | 09.04.-23.04. | 17.04.-29.04. | 25.04.-03.05. | 03.05.-09.05. |
| Zavidovići | 26.03.-11.04. | 03.04.-23.04. | 09.04.-27.04. | 19.04.-01.05. | 27.04.-05.05. | 03.05.-09.05. |
| Žepče | 26.03.-07.04. | 01.04.-19.04. | 09.04.-25.04. | 19.04.-01.05. | 25.04.-05.05. | 03.05.-09.05. |
| Živinice | 26.03.-11.04. | 30.03.-21.04. | 07.04.-25.04. | 17.04.-29.04. | 25.04.-05.05. | 03.05.-09.05. |

U proljeće 2013. godine (tablica 84), 2. travnja sve biljke svih provenijencija su bile u fazi A koja je trajala najkraće kod pojedinih biljaka provenijencija Žepče, Miljevina, Vinac i Živinice, do 16. travnja, a najduže kod većine provenijencija do 23. travnja.

Faza B kod većine provenijencija počela je 16. travnja, za razliku od prethodne godine kad je počela 1. travnja, dok je najkasnije započela u provenijenciji Bosanska Dubica, 23. travnja. Završila je u većini provenijencija 23. travnja, s izuzetkom Bosanske Dubice gdje je završila 29. travnja.

Početak faze C je kod skoro podjednako velikog broja provenijencija počeo 18. i 23. travnja, s izuzetkom Bosanske Dubice kod koje je počeo 29. travnja. Kod većine provenijencija završila se do 26. travnja, a kod Bosanske Dubice 7. svibnja.

Faza D najranije počinje kod provenijencija Stojčevac i Bosansko Grahovo, 18. travnja, najkasnije kod Sokoca i Bosanske Dubice, 29. travnja, a najkasnije završava 7. svibnja kod Sokoca, Bosanske Dubice i Kaćuna.

Faza E najranije, 23. travnja, počinje kod nekoliko provenijencija i traje najduže do 7. svibnja, preklapajući se s fazom D.

Faza F kod svih provenijencija počinje 29. travnja, a već 7. svibnja je završena u svim provenijencijama. Iako je, kao što smo vidjeli, faza B počela dosta kasnije, svi listovi su normalno razvijeni, završena faza F, ranije nego 2012. godine.

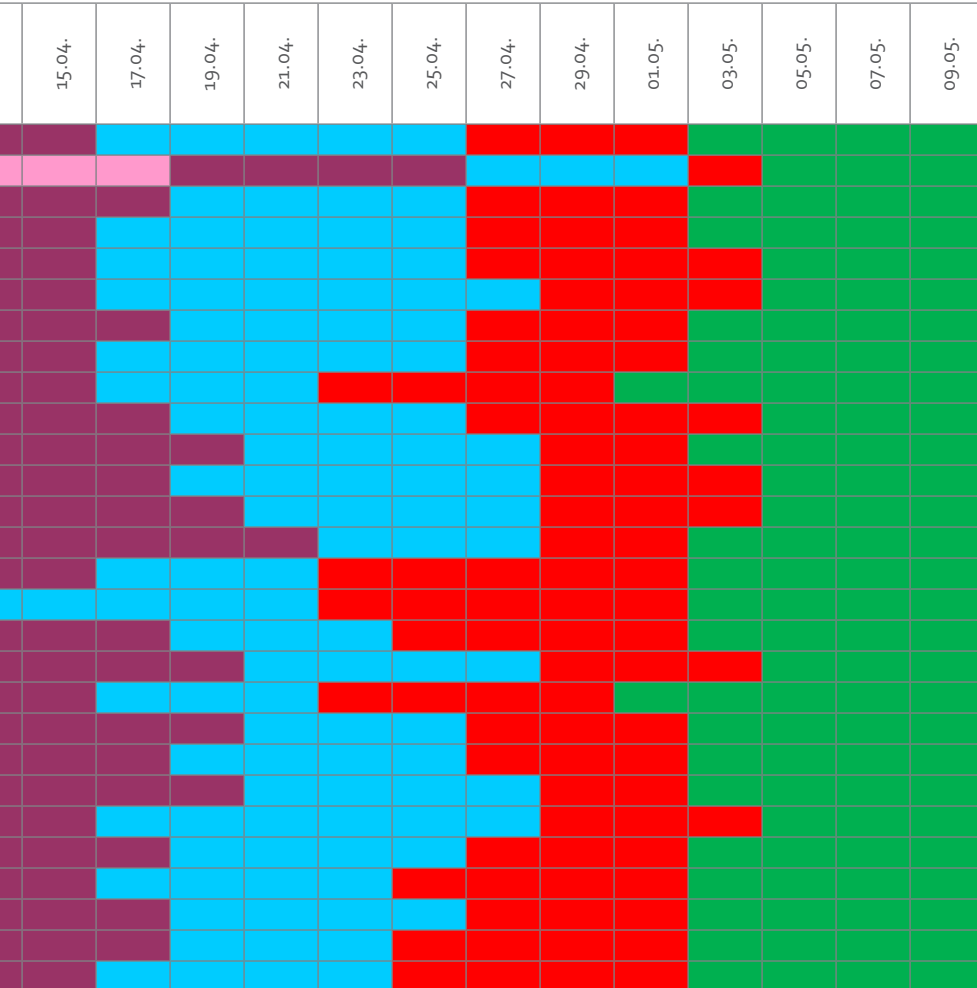
Tablica 84. Interval trajanja fenofaza listanja hrasta lužnjaka u 2013. godini

| Provenijencija | A | B | C | D | E | F |
|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Bijeljina | 02.04.-18.04. | 16.04.-23.04. | 18.04.-23.04. | 23.04.-26.04. | 23.04.-29.04. | 29.04.-07.05. |
| Bos. Dubica | 02.04.-23.04. | 23.04.-29.04. | 29.04.-07.05. | 29.04.-07.05. | 29.04.-07.05. | 29.04.-07.05. |
| Bos. Gradiška | 02.04.-23.04. | 16.04.-23.04. | 18.04.-26.04. | 23.04.-26.04. | 29.04.-07.05. | 29.04.-07.05. |
| Bos. Brod | 02.04.-23.04. | 16.04.-18.04. | 18.04.-23.04. | 20.04.-29.04. | 23.04.-29.04. | 29.04.-07.05. |
| Bos. Grahovo | 02.04.-18.04. | 16.04.-23.04. | 18.04.-23.04. | 18.04.-23.04. | 23.04.-29.04. | 29.04.-07.05. |
| Bugojno | 02.04.-23.04. | 16.04.-23.04. | 23.04.-26.04. | 23.04.-26.04. | 29.04.-07.05. | 29.04.-07.05. |
| Drvar | 02.04.-23.04. | 18.04.-23.04. | 23.04.-26.04. | 23.04.-29.04. | 29.04.-07.05. | 29.04.-07.05. |
| Hrgovi Srebr. | 02.04.-23.04. | 16.04.-23.04. | 18.04.-26.04. | 23.04.-26.04. | 29.04.-07.05. | 29.04.-07.05. |
| Jelah | 02.04.-18.04. | 16.04.-23.04. | 23.04.-26.04. | 23.04.-26.04. | 23.04.-29.04. | 29.04.-07.05. |
| Kačuni | 02.04.-18.04. | 16.04.-23.04. | 18.04.-23.04. | 20.04.-07.05. | 23.04.-07.05. | 29.04.-07.05. |
| Kiseljak | 02.04.-23.04. | 16.04.-23.04. | 18.04.-23.04. | 20.04.-26.04. | 23.04.-29.04. | 29.04.-07.05. |
| Ključ | 02.04.-18.04. | 18.04.-23.04. | 23.04.-26.04. | 23.04.-26.04. | 23.04.-29.04. | 29.04.-07.05. |
| Knežina | 02.04.-23.04. | 18.04.-23.04. | 23.04.-26.04. | 23.04.-26.04. | 29.04.-07.05. | 29.04.-07.05. |
| Kotor Varoš | 02.04.-18.04. | 18.04.-23.04. | 23.04.-26.04. | 23.04.-26.04. | 29.04.-07.05. | 29.04.-07.05. |
| Lukavica | 02.04.-23.04. | 16.04.-18.04. | 18.04.-23.04. | 23.04.-26.04. | 23.04.-07.05. | 29.04.-07.05. |
| Miljevina | 02.04.-16.04. | 16.04.-23.04. | 18.04.-23.04. | 23.04.-26.04. | 23.04.-29.04. | 29.04.-07.05. |
| Mrkonjić Grad | 02.04.-23.04. | 16.04.-23.04. | 18.04.-26.04. | 23.04.-29.04. | 29.04.-07.05. | 29.04.-07.05. |
| Mutnica Čazin | 02.04.-23.04. | 18.04.-23.04. | 23.04.-26.04. | 23.04.-26.04. | 29.04.-07.06. | 29.04.-07.05. |
| Nević Polje | 02.04.-23.04. | 16.04.-23.04. | 18.04.-26.04. | 23.04.-26.04. | 29.04.-07.05. | 29.04.-07.05. |
| Novi Šeher | 02.04.-23.04. | 18.04.-23.04. | 23.04.-26.04. | 23.04.-29.04. | 29.04.-07.05. | 29.04.-07.05. |
| Olovo | 02.04.-23.04. | 16.04.-18.04. | 23.04.-26.04. | 23.04.-26.04. | 23.04.-29.04. | 29.04.-07.05. |
| Sokolac | 02.04.-23.04. | 16.04.-23.04. | 23.04.-26.04. | 29.04.-07.05. | 29.04.-07.05. | 29.04.-07.05. |
| Stojčevac | 02.04.-18.04. | 16.04.-23.04. | 18.04.-23.04. | 18.04.-23.04. | 23.04.-29.04. | 29.04.-07.05. |
| Vinac | 02.04.-16.04. | 16.04.-23.04. | 23.04.-26.04. | 23.04.-26.04. | 29.04.-07.05. | 29.04.-07.05. |
| Visoko Muhaš. | 02.04.-18.04. | 16.04.-23.04. | 23.04.-26.04. | 23.04.-26.04. | 29.04.-07.05. | 29.04.-07.05. |
| Zavidovići | 02.04.-23.04. | 18.04.-23.04. | 23.04.-26.04. | 23.04.-29.04. | 23.04.-29.04. | 29.04.-07.05. |
| Žepče | 02.04.-16.04. | 16.04.-18.04. | 18.04.-23.04. | 23.04.-26.04. | 23.04.-29.04. | 29.04.-07.05. |
| Živinice | 02.04.-16.04. | 16.04.-18.04. | 18.04.-26.04. | 23.04.-26.04. | 23.04.-29.04. | 29.04.-07.05. |

| Datum Provenijen. | 26.03. | 28.03. | 30.03. | 01.04. | 03.04. | 05.04. | 07.04. | 09.04. | 11.04. | 13.04. |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Bijeljina | | | | | | | | | | |
| Bosanska Dubica | | | | | | | | | | |
| Bosanska Gradiška | | | | | | | | | | |
| Bosanski Brod | | | | | | | | | | |
| Bosansko Grahovo | | | | | | | | | | |
| Bugojno | | | | | | | | | | |
| Drvar | | | | | | | | | | |
| Hrgovi Srebrenik | | | | | | | | | | |
| Jelah | | | | | | | | | | |
| Kačuni | | | | | | | | | | |
| Kiseljak | | | | | | | | | | |
| Ključ | | | | | | | | | | |
| Knežina | | | | | | | | | | |
| Kotor Varoš | | | | | | | | | | |
| Lukavica | | | | | | | | | | |
| Miljevina | | | | | | | | | | |
| Mrkonjić Grad | | | | | | | | | | |
| Mutnica Cazin | | | | | | | | | | |
| Nević Polje | | | | | | | | | | |
| Novi Šeher | | | | | | | | | | |
| Olovo | | | | | | | | | | |
| Sokolac | | | | | | | | | | |
| Stojčevac | | | | | | | | | | |
| Vinac | | | | | | | | | | |
| Visoko Muhašin. | | | | | | | | | | |
| Zavidovići | | | | | | | | | | |
| Žepče | | | | | | | | | | |
| Živinice | | | | | | | | | | |

| | |
|--|--|
| | A - spavajući pup |
| | B - pupovi bubre |
| | C - pupovi se počinju otvarati, vidi se prvo zelenilo |
| | D - počinju se javljati savijeni (smotani) dlakavi listići |
| | E - listovi su odmotani, još lepezasti, prisutne blijede liske |
| | F - listovi su potpuno razvijeni, glatki i široki |

Slika 55. Prikaz tijeka fenoloških faza listanja hrasta lužnjaka u 2012. godini



| Proven./Datum | 02.04. | 04.04. | 06.04. | 08.04. | 10.04. | 12.04. | 14.04. | 16.04. |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Bijeljina | | | | | | | | |
| Bosanska Dubica | | | | | | | | |
| Bosanska Gradiška | | | | | | | | |
| Bosanski Brod | | | | | | | | |
| Bosansko Grahovo | | | | | | | | |
| Bugojno | | | | | | | | |
| Drvar | | | | | | | | |
| Hrgovi Srebrenik | | | | | | | | |
| Jelah | | | | | | | | |
| Kačuni | | | | | | | | |
| Kiseljak | | | | | | | | |
| Ključ | | | | | | | | |
| Knežina | | | | | | | | |
| Kotor Varoš | | | | | | | | |
| Lukavica | | | | | | | | |
| Miljevina | | | | | | | | |
| Mrkonjić Grad | | | | | | | | |
| Mutnica Cazin | | | | | | | | |
| Nević Polje | | | | | | | | |
| Novi Šeher | | | | | | | | |
| Olovo | | | | | | | | |
| Sokolac | | | | | | | | |
| Stojčevac | | | | | | | | |
| Vinac | | | | | | | | |
| Visoko Muhaš. | | | | | | | | |
| Zavidovići | | | | | | | | |
| Žepče | | | | | | | | |
| Živinice | | | | | | | | |

Slika 56. Prikaz toka fenoloških faza listanja hrasta lužnjaka u 2013. godini

Tablica 85. Dužina trajanja fenoloških faza 2012. godine

| Provenijencija | Trajanje faze A (dani) | | | | Trajanje faze B (dani) | | | | Trajanje faze C (dani) | | |
|----------------|------------------------|-------|-----|-----|------------------------|-------|-----|-----|------------------------|-------|-----|
| | Pros. | St.d. | Min | Max | Pros. | St.d. | Min | Max | Pros. | St.d. | Min |
| Bijeljina | 9 | 4,30 | 1 | 17 | 11 | 2,50 | 6 | 14 | 9 | 2,50 | 6 |
| Bos. Dubica | 4 | 5,98 | 9 | 25 | 11 | 4,24 | 6 | 18 | 6 | 1,48 | 4 |
| Bos. Gradiška | 6 | 3,24 | 5 | 13 | 10 | 2,20 | 6 | 14 | 9 | 2,54 | 6 |
| Bos. Brod | 3 | 1,75 | 5 | 11 | 9 | 2,36 | 6 | 14 | 9 | 1,41 | 6 |
| Bos. Grahovo | 2 | 4,52 | 5 | 19 | 11 | 2,15 | 6 | 14 | 8 | 2,21 | 4 |
| Bugojno | 5 | 2,86 | 5 | 15 | 11 | 2,54 | 6 | 14 | 8 | 1,99 | 4 |
| Drvar | 3 | 1,99 | 7 | 13 | 10 | 1,84 | 8 | 14 | 9 | 2,12 | 6 |
| Hrgovi Srebr. | 2 | 1,27 | 3 | 7 | 9 | 2,71 | 6 | 12 | 11 | 2,12 | 8 |
| Jelah | 1 | 1,58 | 5 | 9 | 9 | 1,90 | 6 | 12 | 9 | 0,97 | 8 |
| Kačuni | 2 | 1,93 | 3 | 9 | 9 | 2,86 | 6 | 14 | 12 | 3,50 | 8 |
| Kiseljak | 2 | 3,68 | 7 | 17 | 10 | 1,63 | 8 | 14 | 9 | 1,65 | 6 |
| Ključ | 4 | 2,68 | 7 | 15 | 11 | 2,53 | 6 | 14 | 8 | 2,20 | 4 |
| Knežina | 3 | 1,41 | 9 | 13 | 11 | 2,53 | 8 | 16 | 8 | 1,48 | 6 |
| Kotor Varoš | 1 | 2,46 | 5 | 15 | 10 | 1,89 | 8 | 12 | 9 | 2,32 | 4 |
| Lukavica | 2 | 5,03 | 5 | 17 | 9 | 1,90 | 6 | 12 | 7 | 2,36 | 4 |
| Miljevina | 5 | 2,50 | 5 | 13 | 8 | 1,99 | 6 | 12 | 9 | 1,93 | 6 |
| Mrkonjić G. | 3 | 1,69 | 5 | 9 | 8 | 3,63 | 4 | 14 | 10 | 2,83 | 6 |
| Mutnica | 2 | 2,99 | 7 | 15 | 11 | 2,53 | 6 | 14 | 8 | 1,75 | 6 |
| Nević Polje | 3 | 1,84 | 5 | 9 | 9 | 1,93 | 6 | 12 | 9 | 1,69 | 6 |
| Novi Šeher | 2 | 2,35 | 7 | 15 | 9 | 2,53 | 6 | 12 | 9 | 2,53 | 6 |
| Olovo | 2 | 1,48 | 5 | 9 | 11 | 2,86 | 4 | 14 | 9 | 2,32 | 6 |
| Sokolac | 1 | 3,37 | 7 | 17 | 11 | 1,35 | 10 | 14 | 8 | 2,31 | 4 |
| Stojčevac | 3 | 3,53 | 5 | 17 | 10 | 2,39 | 6 | 14 | 8 | 1,58 | 6 |
| Vinac | 4 | 2,39 | 5 | 11 | 9 | 1,69 | 8 | 12 | 10 | 2,49 | 6 |
| Visoko Muhaš. | 2 | 1,69 | 7 | 11 | 9 | 1,69 | 6 | 10 | 9 | 1,90 | 8 |
| Zavidovići | 2 | 3,75 | 7 | 17 | 10 | 2,74 | 6 | 14 | 8 | 3,10 | 4 |
| Žepče | 4 | 2,35 | 5 | 13 | 9 | 2,16 | 6 | 12 | 9 | 2,84 | 6 |
| Živinice | 2 | 3,77 | 3 | 17 | 9 | 2,36 | 6 | 14 | 9 | 1,65 | 6 |
| Prosjeak | 4 | 3,55 | 1 | 25 | 10 | 2,49 | 4 | 18 | 9 | 2,39 | 4 |

Kako je prikazano u tablici 85, najkraće prosječno trajanje faze A, samo jedan dan, 2012. godine imaju provenijencije Jelah, Kotor Varoš i Sokolac, a najduže, devet dana, provenijencija Bijeljina.

Najkraće prosječno trajanje faze B, osam dana, 2012. godine imaju provenijencije Miljevina i Mrkonjić Grad, a najduže, 11 dana, provenijencije Bijeljina, Bosanska Dubica, Bosansko Grahovo, Bugojno, Ključ, Knežina, Mutnica, Olovo, Sokolac.

| i) | Trajanje faze D (dani) | | | | Trajanje faze E (dani) | | | | Trajanje faze F (dani) | | | |
|----|------------------------|-------|-------|-----|------------------------|-------|-------|-----|------------------------|-------|-------|-----|
| | Max | Pros. | St.d. | Min | Max | Pros. | St.d. | Min | Max | Pros. | St.d. | Min |
| 14 | 7 | 1,43 | 5 | 10 | 6 | 1,76 | 2 | 7 | 5 | 1,93 | 2 | 8 |
| 8 | 5 | 0,63 | 5 | 7 | 4 | 0,63 | 2 | 4 | 3 | 0,97 | 2 | 4 |
| 14 | 6 | 1,35 | 4 | 8 | 6 | 1,27 | 4 | 7 | 5 | 1,35 | 4 | 8 |
| 10 | 8 | 2,57 | 4 | 12 | 7 | 0,00 | 7 | 7 | 6 | 0,94 | 4 | 8 |
| 10 | 6 | 1,69 | 4 | 10 | 6 | 2,71 | 0 | 9 | 5 | 1,35 | 2 | 6 |
| 12 | 7 | 2,04 | 5 | 12 | 6 | 1,83 | 4 | 9 | 5 | 0,97 | 4 | 6 |
| 12 | 6 | 0,94 | 4 | 8 | 6 | 0,97 | 5 | 7 | 7 | 1,65 | 4 | 8 |
| 14 | 8 | 1,58 | 6 | 10 | 7 | 0,84 | 7 | 9 | 6 | 1,33 | 4 | 8 |
| 10 | 7 | 1,07 | 6 | 8 | 7 | 1,43 | 5 | 9 | 9 | 3,87 | 4 | 16 |
| 20 | 6 | 1,94 | 4 | 10 | 7 | 0,94 | 5 | 9 | 6 | 5,03 | 2 | 20 |
| 10 | 5 | 1,34 | 4 | 8 | 6 | 1,16 | 4 | 7 | 6 | 1,99 | 4 | 8 |
| 10 | 6 | 1,99 | 4 | 10 | 6 | 0,97 | 5 | 7 | 5 | 1,03 | 4 | 6 |
| 12 | 6 | 1,16 | 4 | 8 | 7 | 0,95 | 4 | 7 | 4 | 0,63 | 4 | 6 |
| 12 | 6 | 0,94 | 4 | 8 | 6 | 1,05 | 5 | 7 | 6 | 1,33 | 4 | 8 |
| 12 | 6 | 1,33 | 4 | 8 | 7 | 1,63 | 5 | 11 | 5 | 1,90 | 4 | 8 |
| 12 | 8 | 1,84 | 6 | 11 | 7 | 3,07 | 2 | 13 | 6 | 1,27 | 4 | 8 |
| 14 | 7 | 0,97 | 6 | 8 | 6 | 1,65 | 5 | 9 | 7 | 1,40 | 4 | 8 |
| 12 | 7 | 1,18 | 5 | 9 | 6 | 1,35 | 4 | 7 | 5 | 1,41 | 2 | 6 |
| 12 | 7 | 1,03 | 6 | 8 | 7 | 1,20 | 5 | 9 | 7 | 1,66 | 6 | 11 |
| 14 | 6 | 1,48 | 4 | 8 | 6 | 0,97 | 5 | 7 | 6 | 1,58 | 4 | 8 |
| 14 | 6 | 1,48 | 4 | 8 | 7 | 0,63 | 5 | 7 | 7 | 1,03 | 6 | 8 |
| 12 | 6 | 1,20 | 4 | 8 | 5 | 1,32 | 4 | 7 | 5 | 2,03 | 3 | 10 |
| 10 | 7 | 2,27 | 4 | 12 | 6 | 1,33 | 4 | 7 | 6 | 0,63 | 4 | 6 |
| 14 | 7 | 1,03 | 6 | 8 | 7 | 1,14 | 5 | 9 | 6 | 1,27 | 4 | 8 |
| 12 | 6 | 1,84 | 4 | 10 | 7 | 1,27 | 5 | 9 | 7 | 2,50 | 4 | 12 |
| 12 | 6 | 1,16 | 4 | 8 | 7 | 0,95 | 4 | 7 | 4 | 1,27 | 4 | 8 |
| 14 | 7 | 0,95 | 6 | 8 | 7 | 1,20 | 4 | 9 | 6 | 1,75 | 4 | 8 |
| 12 | 7 | 2,70 | 4 | 10 | 7 | 0,94 | 5 | 9 | 6 | 1,58 | 4 | 8 |
| 20 | 6 | 1,61 | 4 | 12 | 6 | 1,51 | 0 | 13 | 6 | 2,06 | 2 | 20 |

Najkraće prosječno trajanje faze C, šest dana, 2012. godine ima provenijencija Bosanska Dubica, a najduže, 12 dana, provenijencija Kačuni.

Najkraće prosječno trajanje faze D, pet dana, 2012. godine imaju provenijencije Bosanska Dubica i Kiseljak, a najduže, osam dana, provenijencija Miljevina.

Najkraće prosječno trajanje faze E, četiri dana, 2012. godine ima provenijencija Bosanska Dubica, a najduže, sedam dana, Bosanski

Brod, Hrgovi, Jelah, Kaćuni, Knežina, Lukavica, Miljevina, Nević Polje, Olovo, Vinac, Visoko Muhašinovići, Zavidovići, Žepče i Živinice.

Najkraće prosječno trajanje faze F, tri dana, 2012. godine ima provenijencija Bosanska Dubica, a najduže, devet dana, provenijencija Jelah.

Tablica 86. Dužina trajanja fenoloških faza 2013. godine

| Provenijencija | Trajanje faze A (dani) | | | | Trajanje faze B (dani) | | | | Trajanje faze C (dani) | | |
|----------------|------------------------|-------|-----|-----|------------------------|-------|-----|-----|------------------------|-------|-----|
| | Pros. | St.d. | Min | Max | Pros. | St.d. | Min | Max | Pros. | St.d. | Min |
| Bijeljina | 18 | 2,94 | 14 | 22 | 3 | 2,68 | 0 | 6 | 2 | 2,36 | 0 |
| Bos. Dubica | 22 | 0,00 | 22 | 22 | 2 | 3,10 | 0 | 6 | 3 | 3,16 | 0 |
| Bos. Gradiška | 17 | 2,81 | 14 | 22 | 3 | 2,03 | 0 | 5 | 0 | 0,00 | 0 |
| Bos. Brod | 16 | 3,25 | 14 | 22 | 1 | 0,68 | 0 | 2 | 2 | 1,69 | 0 |
| Bos. Grahovo | 15 | 1,37 | 14 | 17 | 3 | 1,78 | 1 | 5 | 1 | 0,97 | 0 |
| Bugojno | 17 | 2,82 | 14 | 22 | 2 | 2,23 | 0 | 5 | 2 | 2,28 | 0 |
| Drvar | 16 | 2,30 | 14 | 22 | 2 | 1,23 | 0 | 5 | 2 | 2,58 | 0 |
| Hrgovi Sreb. | 15 | 2,44 | 14 | 22 | 2 | 0,85 | 0 | 3 | 1 | 1,03 | 0 |
| Jelah | 15 | 0,63 | 15 | 17 | 4 | 2,39 | 2 | 7 | 1 | 2,11 | 0 |
| Kaćuni | 15 | 1,43 | 14 | 17 | 1 | 0,70 | 0 | 2 | 2 | 2,01 | 0 |
| Kiseljak | 16 | 3,20 | 14 | 22 | 3 | 3,07 | 0 | 8 | 1 | 2,55 | 0 |
| Ključ | 16 | 2,21 | 15 | 22 | 2 | 2,25 | 0 | 7 | 3 | 2,64 | 0 |
| Knežina | 16 | 2,23 | 15 | 22 | 2 | 1,51 | 0 | 5 | 4 | 2,42 | 0 |
| Kotor Varoš | 16 | 0,97 | 15 | 17 | 2 | 1,51 | 0 | 5 | 2 | 2,58 | 0 |
| Lukavica | 15 | 0,52 | 14 | 15 | 2 | 0,67 | 1 | 3 | 2 | 2,37 | 0 |
| Miljevina | 15 | 1,20 | 14 | 17 | 2 | 1,16 | 0 | 3 | 1 | 1,66 | 0 |
| Mrkonjić Grad | 17 | 3,10 | 14 | 22 | 2 | 1,91 | 0 | 5 | 1 | 0,97 | 0 |
| Mutnica | 15 | 0,95 | 14 | 17 | 3 | 1,25 | 2 | 5 | 2 | 2,42 | 0 |
| Nević Polje | 17 | 3,03 | 14 | 22 | 1 | 1,57 | 0 | 5 | 1 | 1,66 | 0 |
| Novi Šeher | 15 | 1,03 | 14 | 17 | 3 | 1,77 | 2 | 7 | 2 | 2,42 | 0 |
| Olovo | 16 | 1,35 | 14 | 17 | 2 | 1,35 | 0 | 3 | 1 | 1,58 | 0 |
| Sokolac | 18 | 2,94 | 14 | 22 | 2 | 2,12 | 0 | 5 | 2 | 2,58 | 0 |
| Stojčevac | 15 | 0,97 | 14 | 17 | 2 | 1,03 | 0 | 3 | 1 | 2,07 | 0 |
| Vinac | 16 | 1,27 | 14 | 17 | 3 | 1,66 | 0 | 5 | 0 | 0,00 | 0 |
| Visoko Muhaš. | 15 | 1,43 | 14 | 17 | 3 | 1,71 | 0 | 5 | 2 | 2,58 | 0 |
| Zavidovići | 17 | 2,86 | 15 | 22 | 2 | 1,49 | 0 | 5 | 2 | 2,42 | 0 |
| Žepče | 15 | 0,92 | 14 | 17 | 2 | 1,20 | 1 | 5 | 2 | 2,06 | 0 |
| Živinice | 15 | 0,53 | 14 | 15 | 2 | 0,95 | 0 | 3 | 1 | 1,03 | 0 |
| Prosjeak | 16 | 2,45 | 14 | 22 | 2 | 1,83 | 0 | 8 | 2 | 2,15 | 0 |

U 2013. godini (tablica 86) period osmatranja je bio kraći, faze su se razvile dosta brže nego 2012. godine. Prvo osmatranje bilo je 2. travnja kada nije bilo niti jedne biljke koja je ušla u fazu B. U međuvremenu je vršeno osmatranje biljaka radi uočavanja pojave faze B koja se dogodila tek 16. travnja.

| ni) | Trajanje faze D (dani) | | | | Trajanje faze E (dani) | | | | Trajanje faze F (dani) | | | |
|-----|------------------------|-------|-------|-----|------------------------|-------|-------|-----|------------------------|-------|-------|-----|
| | Max | Pros. | St.d. | Min | Max | Pros. | St.d. | Min | Max | Pros. | St.d. | Min |
| 5 | 1 | 1,58 | 0 | 5 | 3 | 3,07 | 0 | 6 | 10 | 3,10 | 8 | 14 |
| 6 | 1 | 1,90 | 0 | 6 | 0 | 0,00 | 0 | 0 | 8 | 0,00 | 8 | 8 |
| 0 | 2 | 2,58 | 0 | 5 | 4 | 3,10 | 0 | 6 | 10 | 3,10 | 8 | 14 |
| 5 | 1 | 2,33 | 0 | 6 | 4 | 3,65 | 0 | 11 | 12 | 2,90 | 8 | 14 |
| 2 | 2 | 2,36 | 0 | 5 | 4 | 2,66 | 0 | 6 | 12 | 2,90 | 8 | 14 |
| 5 | 2 | 2,59 | 0 | 6 | 4 | 3,10 | 0 | 6 | 10 | 2,90 | 8 | 14 |
| 5 | 3 | 2,76 | 0 | 6 | 1 | 1,90 | 0 | 6 | 13 | 2,53 | 8 | 14 |
| 2 | 2 | 2,73 | 0 | 6 | 4 | 2,50 | 0 | 6 | 13 | 2,53 | 8 | 14 |
| 5 | 2 | 2,42 | 0 | 5 | 2 | 2,75 | 0 | 6 | 13 | 2,53 | 8 | 14 |
| 5 | 2 | 2,28 | 0 | 5 | 4 | 2,58 | 0 | 6 | 13 | 2,53 | 8 | 14 |
| 7 | 0 | 0,00 | 0 | 0 | 3 | 2,87 | 0 | 6 | 13 | 2,53 | 8 | 14 |
| 5 | 1 | 2,11 | 0 | 5 | 3 | 3,16 | 0 | 6 | 11 | 3,16 | 8 | 14 |
| 5 | 0 | 0,00 | 0 | 0 | 3 | 3,16 | 0 | 6 | 11 | 3,16 | 8 | 14 |
| 5 | 2 | 2,42 | 0 | 5 | 4 | 2,85 | 0 | 6 | 10 | 3,10 | 8 | 14 |
| 5 | 2 | 2,58 | 0 | 5 | 1 | 2,11 | 0 | 5 | 14 | 0,00 | 14 | 14 |
| 5 | 3 | 2,64 | 0 | 5 | 2 | 2,58 | 0 | 5 | 14 | 0,00 | 14 | 14 |
| 2 | 3 | 2,69 | 0 | 6 | 2 | 2,98 | 0 | 6 | 12 | 3,10 | 8 | 14 |
| 5 | 3 | 2,64 | 0 | 5 | 2 | 3,10 | 0 | 6 | 12 | 3,10 | 8 | 14 |
| 5 | 2 | 2,58 | 0 | 5 | 2 | 2,86 | 0 | 6 | 13 | 2,53 | 8 | 14 |
| 5 | 3 | 2,78 | 0 | 6 | 4 | 3,10 | 0 | 6 | 9 | 2,53 | 8 | 14 |
| 5 | 1 | 2,11 | 0 | 5 | 4 | 2,18 | 0 | 6 | 13 | 1,90 | 8 | 14 |
| 5 | 1 | 2,53 | 0 | 6 | 5 | 2,50 | 0 | 6 | 9 | 1,90 | 8 | 14 |
| 5 | 2 | 2,49 | 0 | 5 | 3 | 2,76 | 0 | 6 | 13 | 1,90 | 8 | 14 |
| 0 | 3 | 2,58 | 0 | 5 | 2 | 2,98 | 0 | 6 | 12 | 2,90 | 8 | 14 |
| 5 | 2 | 2,42 | 0 | 5 | 3 | 3,07 | 0 | 6 | 12 | 3,10 | 8 | 14 |
| 5 | 3 | 2,78 | 0 | 6 | 3 | 3,16 | 0 | 6 | 10 | 2,90 | 8 | 14 |
| 5 | 2 | 2,59 | 0 | 6 | 4 | 2,66 | 0 | 6 | 12 | 3,10 | 8 | 14 |
| 2 | 3 | 2,64 | 0 | 5 | 3 | 2,69 | 0 | 6 | 13 | 1,90 | 8 | 14 |
| 7 | 2 | 2,44 | 0 | 6 | 3 | 2,86 | 0 | 11 | 12 | 2,93 | 8 | 14 |

Faza A, koju svakako treba uzeti uvjetno jer je trajala tokom cijele zimske sezone, završila je najranije kod provenijencija Bosansko Grahovo, Hrgovi, Jelah Kaćuni, Lukavica, Miljevina, Mutnica, Novi Šeher, Stojčevac, Visoko, Žepče i Živinice, a najkasnije kod provenijencije Bosanska Dubica.

Faza B najkraće, jedan dan, trajala je kod Bosanskog Broda, Kaćuna, Nević Polja, a najduže, četiri dana, kod provenijencije Jelah.

Provenijencije Bosanska Gradiška i Vinac nisu imale fazu C, odnosno ona je trajala kraće od tri dana te nije mogla biti primijećena u periodima osmatranja. Knežina je imala najduže trajanje faze C, četiri dana.

Kod provenijencija Kiseljak i Knežina faza D nije ni zabilježena jer je trajala kraće od tri dana koliko je iznosio period između dva osmatranja. Provenijencije Drvar, Miljevina, Mrkonjić Grad, Mutnica, Novi Šeher, Vinac, Zavidovići, Živinice, imale su najduže trajanje faze D, tri dana.

Faza E nije zabilježena ni kod jedne biljke provenijencije Bosanska Dubica, dok je najduže trajanje faze E, pet dana, imala provenijencija Sokolac.

Provenijencija Bosanska Dubica imala je najkraće trajanje faze F, osam dana, dok su najduže trajanje imale provenijencije Lukavica i Miljevina, po 14 dana, a što je vidljivo u slikama 55 i 56.

BIOKEMIJSKA ISTRAŽIVANJA VARIJABILNOSTI

Intenzivne studije genetskog diverziteta i diferencijacije različitih vrsta šumskoga drveća, korištenjem izoenzimskih analiza u Europi i svijetu, provodile su se još od osamdesetih godina prošlog stoljeća (Cheliak i sur. 1984; Gregorius i sur. 1986; Muona i sur. 1988; Hamrick, 1989), dok su se kod nas počele provoditi tek od 2000. godine (Ballian 2003, 2006, 2007, Ballian i sur. 2013).

U dijelu bosanskohercegovačkih prirodnih populacija hrasta lužnjaka provedene su genetske analize uz uporabu biokemijskih markera, izoenzima. Za analizu je korišten materijal iz testa provenijencija u Žepču. Kako bi se istražio veći broj jedinki unutar provenijencija, te tako sigurnije utvrdila unutarprovenijencijska varijabilnost, istraživano je 20 karakterističnih provenijencija s 50 ispitivanih jedinki po provenijenciji (Memišević Hodžić 2015).

Iz dvadeset provenijencija je sabrana po jedna grančica u fazi zimskoga mirovanja (veljača 2014. godine) s 50 jedinki. S obzirom da je izoenzimski analiza oslobođena efekta dominacije i fenotipskih interakcija (Borojević, 1986), pri sabiranju uzoraka su uzimani samo živi dijelovi biljke s dovoljno živih, bočnih pupova na sabranim grančicama.

Prvi dio uzoraka (provenijencije: Drvar, Jelah, Ključ, Sokolac, Olovo, Bijeljina, Mutnica Cazin, Bosanska Dubica i Mrkonjić Grad) sabran je u petak, 21. veljače 2014. godine. Drugi dio uzoraka (provenijencije: Kaćuni, Stojčevac, Bugojno, Miljevina, Bosansko Grahovo, Bosanski Brod, Bosanska Gradiška, Hrgovi Srebrenik, Živinice, Žepče i Kotor Varoš) sakupljen je u ponedjeljak, 24. veljače 2014. godine (tablica 87).

Svaka grančica označena je brojem, a snopić od 50 grančica za svaku provenijenciju je zamotan novinskim papirom i stavljen u najlonsku vrećicu s oznakom populacije. Uzorci su do analize čuvani u zamrzivaču na -20°C.

Tablica 87. Lista provenijencija za izoenzimske analize

| R. br. | Provenijencija | Lokalitet | Oznaka populacije | Sjeverna z. širina | Istočna z. dužina | NV |
|--------|-------------------|--------------|-------------------|--------------------|-------------------|-----|
| 1 | Bijeljina | Patkovača | BH6 | 44° 43' 50" | 19° 13' 30" | 93 |
| 2 | Bosanska Dubica | Knežica | BH13 | 45° 06' 24" | 16° 40' 32" | 145 |
| 3 | Bosanska Gradiška | Lipnica | BH5 | 45° 06' 64" | 17° 18' 63" | 91 |
| 4 | Bosanski Brod | Zborišta | BH2 | 45° 05' 27" | 18° 00' 38" | 84 |
| 5 | Bosansko Grahovo | Crni lug | BH41 | 44° 01' 05" | 16° 38' 24" | 703 |
| 6 | Bugojno | Kopčić | BH35 | 44° 06' 00" | 17° 26' 31" | 537 |
| 7 | Drvar | Unac | BH29 | 44° 23' 39" | 16° 21' 54" | 462 |
| 8 | Hrgovi Srebrenik | Dubrava | BH9 | 44° 49' 06" | 18° 34' 11" | 133 |
| 9 | Jelah | - | BH17 | 44° 39' 09" | 17° 56' 46" | 181 |
| 10 | Kačuni | Nezirovići | BH28 | 44° 03' 59" | 17° 56' 13" | 443 |
| 11 | Ključ | Velečevo | BH24 | 44° 30' 56" | 16° 48' 42" | 260 |
| 12 | Kotor Varoš | - | BH23 | 44° 39' 07" | 17° 21' 35" | 252 |
| 13 | Miljevina Foča | - | BH38 | 43° 31' 06" | 18° 38' 56" | 627 |
| 14 | Mrkonjić Grad | Čadavica | BH42 | 44° 27' 04" | 16° 58' 42" | 753 |
| 15 | Mutnica Cazin | - | BH25 | 44° 58' 55" | 15° 56' 54" | 270 |
| 16 | Olovo | Olovske Luke | BH36 | 44° 07' 44" | 18° 36' 11" | 542 |
| 17 | Sokolac | Lug | BH44 | 43° 55' 17" | 18° 48' 53" | 866 |
| 18 | Stojčevac Ilidža | - | BH33 | 43° 48' 40" | 18° 17' 25" | 506 |
| 19 | Žepče | Žepački lug | BH20 | 44° 25' 35" | 18° 03' 10" | 224 |
| 20 | Živinice | D. Dubrave | BH19 | 44° 27' 58" | 18° 41' 09" | 216 |

Drugi dio istraživanja su genetskomolekularne analize uz uporabu biokemijskih markera. Kao biokemijski biljezi korišteni su izoenzimi.

U svrhu istraživanja genetske strukture, genetskog diverziteta i genetske diferenciranosti provenijencija hrasta lužnjaka u terenskom testu Žepče, istražen je set od 10 enzimskih sistema s ukupno 14 genskih lokusa.

Procedura za izoenzimsku analizu je temeljena na ranije potvrđenim metodama datim od Cheliaka i Pitela (1984) i Konnerta i sur. (2004).

Koraci u izoenzimskoj analizi:

1. Ekstrakcija enzima iz biljnog materijala,
2. Aplikacija ekstrakta na gel
3. Odvajanje enzima u električnom polju (elektroforeza)
4. Bojenje gelova
5. Identifikacija vrpca zimograma



Karta 5. Raspored istraživanih populacija



Slika 57. Dobro razvijeni listovi hrasta lužnjaka

Elektroforeza podrazumijeva kretanje kolodinih čestica makromolekula u električnom polju (istosmjerna struja). Razrađena tehnika elektroforeze omogućava razdvajanje proteina i multiplih molekula enzima čije se komponente mogu bojiti histološko-kemijskim metodama (Borojević 1986; Briggs i Walters 1997).

Enzim je proteinska molekula koja omogućava, ubrzava i kontrolira specifične biokemijske reakcije pri čemu se ne troši. Procjenjuje se da jedna stanica ima više tisuća enzima potrebnih za održavanje brojnih reakcija koje karakteriziraju ove sisteme (Dumanović i sur. 1985).

Izoenzimi su različiti oblici postojanja istog enzima koji kataliziraju istu reakciju, ali se razlikuju, npr. po optimalnoj pH vrijednosti za svoje djelovanje ili po koncentraciji supstrata pri kojoj daju optimalan učinak. Kako najčešće imaju različite izoelektrične točke, mogu se razlikovati i identificirati primjenom elektroforeze. Mogu se sastojati od dva ili više monomera, dimera ili tetramera čije stvaranje determiniraju za-

Tablica 88. Pregled istraživanih enzimskih sistema i genskih lokusa u ovom istraživanju

| R.b. | Enzim i nomenklatura | Genski lokus | Struktura | Istraživani Aleli | Sistem za razdvajanje |
|------|---|-------------------------|-----------|---|-----------------------|
| 1. | Alaninaminopeptidase
E.C.3.4.11.1. | AAP-A | Monomer | A ₂ , A ₄ , A ₅
B ₃ , B ₅ | Ashton |
| 2. | Aspartataminotransferaze ¹
E.C.2.6.1.1. | GOT-B | Dimer | B ₃
C ₄ | Ashton
Poulik |
| 3. | Fluoreszierende Esterase
E.C.3.1.1.1. | FEST-A
FEST-C | Dimer | B ₄ | Ashton |
| 4. | Alkoholdehidrogenase
E.C.1.1.1.1 | ADH-A | Dimer | A ₂ , A ₃ | Ashton |
| 5. | Isocitratdehidrogenase
E.C.1.1.1.42. | IDH-A
IDH-B
IDH-C | Dimer | A ₄
B ₂ , B ₅ | Tris-Citrat |
| 6. | Menadionreduktase
E.C.1.6.1.99.2. | MNR-A | Tetramer | A ₃ | Poulik |
| 7. | 6-Phosphogluconatdehidrogenase
E.C.1.1.1.44. | 6-PDGH-A
6-PDGH-B | Dimer | B ₃ | Tris-Citrat |
| 8. | Phosphoglucose-isomerase
E.C.5.3.1.9. | PGI-B | Dimer | A ₃
B ₄ | Ashton |
| 9. | Phosphoglucomutase
E.C.2.7.5.1. | PGM-B | Monomer | A ₃
B ₂ , B ₃ | Tris-Citrat |
| 10. | Shikimatdehidrogenase
E.C.1.1.1.25. | SKDH-A | Monomer | A ₃ | Tris-Citrat |

¹Ranije Glutamat-Oxalacetat-Transaminase, otuda i skraćenica GOT

sebni geni. Tako se, npr. enzim LDH (laktat dehidrogenaza) sastoji od dva dimerna polipeptida (A i B) i ima pet izoenzimskih oblika: AAAA, AAAB, AABB, ABBB i BBBB. Ako su ti alelni oblici jednog te istog genskog lokusa, nazivaju se **alozimi** (Dumanović i sur. 1985).

Izoenzimska analiza je osnovna biokemijska metoda utvrđivanja razlika unutar vrste ili između populacija (Wendel i Weeden 1989; Konnert 1996). Kako su naveli Silvertown i Doust (1995), najviše informacija o genetskoj varijabilnosti u populacijama do tada je dobiveno iz elektroforetskih istraživanja.

Budući da su enzimi izravni produkti gena, izoenzimi omogućavaju njihovo otkrivanje. Dosada poznatim tehnikama može se otkriti približno 30% aminokiselinskih supstitucija pa prema tome i samo 30% ukupne genetske varijabilnosti. Inače, redoslijed aminokiselina u enzimu u jasnom je odnosu spram redoslijeda baza određenih područja DNK lanca, tj. gena. Stoga se enzimi mogu upotrijebiti za identifikaciju gena te tako možemo reći da su to genski biljezi. U biljkama je oko 50% izoenzimskih lokusa polimorfno i imaju različite alozime (Hamrick i Godt, 1990; Paule, 1990).



Slika 58. Stari hrast lužnjak u fazi sušenja (Posuško polje)

Metode izoenzimskih istraživanja

Prvi korak je ekstrakcija enzima, odnosno priprema macerata. Za pripremu macerata koristi se PVC ploča s poluloptastim udubljenjima u koje se stavi talk (na vrhu manje laboratorijske kašičice) i 60 μ L ekstrakcijskog pufera i 3-5 svježih pupova. Pupovi se izmaceriraju i u macerat se stave filter papirići prilagođeni za tu namjenu.

Pripremljeni koncentracije pufera se razrijede do korektna količina i stave u zamrzivač. Približno 1/5 pufera se dodaje suhom skrobu kako bi se napravila suspendirana otopina bez grudvica. Preostali pufer se zagrijava ili u mikrovalnoj pećnici ili pomoću Bunsenova plamenika, dok ne dođe do brzog ključanja. Otprilike 1/2 ovog zagrijanog pufera dodaje se inicijalno na skrob suspenziju i snažno promućka te skrob suspenzija postaje vrlo viskozna. Preostali pufer se brzo dodaje i ponovno snažno promućka. Ova otopina skroba se onda vrati na vatru dok ne počne kuhati. Skrob je "kuhan" kad otopina postane poluprozirna te se postupak kuhanja zaustavlja. Zatim se na otopinu primjenjuje vakuum dok ne ostanu samo veliki mjehurići (obično od 20 sekundi do dvije minute, ovisno o puferskoj otopini). Otopina se zatim ulije u kalupe za gel. Nakon otprilike 20 minuta na gel se stavi plastični poklopac kako bi se spriječila dehidracija. Kalupi se stave u frižider. Gelovi su spremni za uporabu nakon što su obrubljeni od viška skroba i ohlađeni na oko 4 °C.

Da bi se pripremila podloga za postavljanje papirića natopljenih maceratom, pravi se rez kroz gel oko 2,5 cm od namjeravanog katodnog kraja. Ova traka gela se povuče oko 5 mm kako bi se olakšalo stavljanje papirića. Papirići se pažljivo uzimaju iz čašica za uzorke, lagano osuše papirnim ručnikom kako bi se uklonio višak macerata, a zatim stave na unutrašnju stranu reza u gel. Razmak između papirića treba biti 1-1,5 mm.

Kao mjerač boje mogu se koristiti bromfenol plavo (korišteno u ovom istraživanju) ili crvena bojila. Bojilo se stavlja na sredinu i na desni kraj gela. Nakon što su papirići stavljeni, odrezani dio gela se čvrsto gurne nazad u originalni položaj. Izuzetno je važno da dva komada gela budu u čvrstom kontaktu jedan s drugim da bi pufer mogao prijeći čisto u ploče skroba.

Nakon što su papirići stavljeni u gel uzorci su spremni za elektroforezu. Plastični film se povlači oko 1,5 cm s oba kraja, katodnog i anodnog, i na površinu gela se stavlja J-krpe koje moraju biti zasićene puferom.

Treba paziti da nema zračnih džepova ili nabora u J-krpama te da se u potpunosti prostiru na rubovima gela. Nakon stavljanja J-krpa na gel plastični film se zamjenjuje i struja primjenjuje na sistem. Gelovi se pokreću na 0,5 njihovog ukupnog napona (voltaže) dok mjerač boje ne migrira oko 3-5 mm u gel (obično 10-15 minuta). Papirići se zatim uklone iz gela i primijeni puni napon.

Elektroforeza se nastavlja sve dok prednja strana pufera (obilježena mjeračem boje) ne migrira dovoljno. Za većinu vrsta i tkiva 5-8 cm migracije (3-5 sati elektroforeze) dovoljno je za jasno rješavanje i separaciju najviše etapnih varijanti punjenja.

Prije bojenja, gelovi se izrežu i stave u posude za bojenje s unaprijed pripremljenim puferom za bojenje. Za rezanje gelova koriste se pleksiglas vodiči (20x260x1 mm) i tanka kromna žica koja se održava napetom pri rezanju. Gornji list gela se odbaci, a gel se na neki način označi da bi se pravilno okrenuo prilikom analize zimograma. Nakon rezanja listovi gela se stavljaju u posude za bojenje kojima se dodaju puferi za bojenje.

Poslije bojenja provodi se analiza zimograma. Identificiraju se aleli za svaki genski lokus (Cheliak i Pitel 1984; Wendel i Weeden 1989; Konnert 1992, 1995, 1999), provodi se fotografranje i eventualno sušenje.

Za identifikaciju se koristi uobičajena nomenklatura tako da brojke 11, 22, 33 označavaju homozigote, a brojke 12,13,14, 23, 24, 34 itd. označavaju heterozigote.

Podaci se upišu u pripremljeni formular, a kasnije unesu u Excell, odakle se prebace u statistički program SAS (Statistical Analysis System) u kojem se vrši njihova obrada.

Statističkim programom obrađeni su sljedeći parametri:

1. Genetska unutarpopulacijska/unutarprovenijencijska varijabilnost,
 - stvarna heterozigotnost,
 - teorijska (očekivana) heterozigotnost,
 - genetska raznolikost,
 - diferenciranje unutar populacije.
2. Genetska varijabilnost između populacija/provenijencija.

REZULTATI IZOENZIMSKIH ISTRAŽIVANJA

Enzimska varijabilnost

Iz relativnih frekvencija alela analiziranih lokusa (tablica 8g) vidljivo je da je od 14 analiziranih lokusa njih devet polimorfno, a da su ostali relativno monomorfni jer, prema Silvertownu i Doustu (1995), polimorfan je lokus koji u populaciji prikazuje prisutnost s frekvencijom jednakom ili višom od 5%.

Tablica 89. Polimorfnost lokusa

| Genski lokus | Bijeljina | Bos. Dub. | Bos. Gradiš. | Bos. Brod | Bos. Grah. | Bugojno | Drvar | Hrg. Srebr. | Jelah | Kačuni |
|--------------|-----------|-----------|--------------|-----------|------------|---------|--------|-------------|--------|--------|
| Br. analiza | 96 | 100 | 98 | 94 | 96 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| FEST-A1 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0102 | 0,0426 | 0,0104 | 0,0000 | 0,0900 | 0,0300 | 0,0000 | 0,0100 |
| FEST-A2 | 0,0833 | 0,1500 | 0,0000 | 0,0213 | 0,0417 | 0,0000 | 0,0700 | 0,0100 | 0,0500 | 0,0500 |
| FEST-A3 | 0,9167 | 0,8500 | 0,9898 | 0,9362 | 0,9479 | 1,0000 | 0,8400 | 0,9600 | 0,9500 | 0,9400 |
| Br. analiza | 98 | 100 | 96 | 100 | 94 | 98 | 100 | 100 | 100 | 96 |
| FEST-C1 | 0,0000 | 0,0100 | 0,0000 | 0,0100 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0300 | 0,0200 | 0,0000 | 0,0208 |
| FEST-C2 | 0,0306 | 0,0400 | 0,0521 | 0,0700 | 0,3830 | 0,1224 | 0,0300 | 0,0200 | 0,0400 | 0,0833 |
| FEST-C4 | 0,9694 | 0,9500 | 0,9479 | 0,9200 | 0,6170 | 0,8776 | 0,9400 | 0,9600 | 0,9600 | 0,8958 |
| Br. analiza | 98 | 100 | 98 | 94 | 100 | 78 | 100 | 98 | 100 | 98 |
| ADH-A1 | 0,0408 | 0,0000 | 0,0714 | 0,0213 | 0,0200 | 0,0641 | 0,0400 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0102 |
| ADH-A2 | 0,0714 | 0,0000 | 0,0204 | 0,1809 | 0,0600 | 0,1282 | 0,1400 | 0,1735 | 0,0200 | 0,0612 |
| ADH-A3 | 0,8776 | 1,0000 | 0,8571 | 0,7872 | 0,9200 | 0,8077 | 0,8100 | 0,8163 | 0,8300 | 0,9286 |
| ADH-A5 | 0,0102 | 0,0000 | 0,0510 | 0,0106 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0100 | 0,0102 | 0,1500 | 0,0000 |
| Br. analiza | 100 | 92 | 88 | 100 | 96 | 98 | 100 | 100 | 100 | 98 |
| AAP-A1 | 0,0400 | 0,0652 | 0,0341 | 0,1000 | 0,0833 | 0,0306 | 0,1400 | 0,0600 | 0,0700 | 0,1633 |
| AAP-A2 | 0,3100 | 0,2283 | 0,2727 | 0,2100 | 0,3021 | 0,3061 | 0,1700 | 0,4200 | 0,2600 | 0,3980 |
| AAP-A3 | 0,2400 | 0,1413 | 0,2045 | 0,2500 | 0,1667 | 0,2041 | 0,2600 | 0,2300 | 0,1900 | 0,1531 |
| AAP-A4 | 0,4100 | 0,5652 | 0,4886 | 0,4400 | 0,4479 | 0,4592 | 0,4300 | 0,2900 | 0,4800 | 0,2857 |
| Br. analiza | 100 | 88 | 100 | 100 | 100 | 96 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| PGM-B1 | 0,0200 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| PGM-B2 | 0,5500 | 0,6818 | 0,6900 | 0,4300 | 0,5200 | 0,4583 | 0,5800 | 0,4000 | 0,7100 | 0,5200 |
| PGM-B3 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0200 | 0,0000 | 0,0000 |
| PGM-B4 | 0,3900 | 0,3182 | 0,3100 | 0,4400 | 0,4700 | 0,4479 | 0,4000 | 0,5600 | 0,2800 | 0,4800 |
| PGM-B5 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0100 | 0,0000 | 0,0313 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| PGM-B6 | 0,0400 | 0,0000 | 0,0000 | 0,1100 | 0,0100 | 0,0625 | 0,0200 | 0,0200 | 0,0100 | 0,0000 |
| PGM-B7 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0100 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| Br. analiza | 100 | 100 | 100 | 98 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 6PGDH-A1 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0102 | 0,0300 | 0,0000 | 0,0200 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 6PGDH-A2 | 0,9400 | 0,9500 | 1,0000 | 0,9082 | 0,9500 | 1,0000 | 0,9800 | 0,9400 | 0,8000 | 0,9800 |
| 6PGDH-A3 | 0,0600 | 0,0500 | 0,0000 | 0,0816 | 0,0200 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0600 | 0,2000 | 0,0200 |
| Br. analiza | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 6PGDH-B2 | 0,0100 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0200 | 0,0200 | 0,0500 | 0,0000 | 0,0200 |
| 6PGDH-B3 | 0,9900 | 1,0000 | 0,9800 | 0,9900 | 1,0000 | 0,9800 | 0,9800 | 0,9500 | 1,0000 | 0,8400 |
| 6PGDH-B4 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0200 | 0,0100 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,1400 |
| Br. analiza | 100 | 98 | 90 | 100 | 100 | 92 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| IDH-A1 | 0,0200 | 0,0102 | 0,0222 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0109 | 0,0200 | 0,0300 | 0,0000 | 0,0700 |
| IDH-A2 | 0,0900 | 0,0408 | 0,0778 | 0,0600 | 0,0200 | 0,0870 | 0,0900 | 0,0900 | 0,0900 | 0,2200 |

| Ključ | Kotor Varoš | Miljevina | Mrk. Grad | Mutnica | Olovo | Sokolac | Stojč. | Žepče | Živinice | Prosjeak |
|--------|-------------|-----------|-----------|---------|--------|---------|--------|--------|----------|----------|
| 100 | 100 | 88 | 14 | 100 | 96 | 96 | 100 | 100 | 100 | |
| 0,0000 | 0,0000 | 0,0341 | 0,0714 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0521 | 0,0300 | 0,0500 | 0,0100 | 0,0197 |
| 0,0100 | 0,2100 | 0,0795 | 0,0000 | 0,2100 | 0,2292 | 0,1146 | 0,0200 | 0,0200 | 0,0400 | 0,0735 |
| 0,9900 | 0,7900 | 0,8864 | 0,9286 | 0,7900 | 0,7708 | 0,8333 | 0,9500 | 0,9300 | 0,9500 | 0,9068 |
| 98 | 100 | 88 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0100 | 0,0300 | 0,0000 | 0,0100 | 0,0100 | 0,0076 |
| 0,0510 | 0,0000 | 0,1023 | 0,0000 | 0,0400 | 0,0200 | 0,0400 | 0,0000 | 0,0900 | 0,0900 | 0,0640 |
| 0,9490 | 1,0000 | 0,8977 | 1,0000 | 0,9600 | 0,9700 | 0,9300 | 1,0000 | 0,9000 | 0,9000 | 0,9284 |
| 98 | 96 | 84 | 100 | 98 | 98 | 96 | 98 | 42 | 98 | |
| 0,0204 | 0,0208 | 0,0238 | 0,0100 | 0,0000 | 0,0102 | 0,0521 | 0,0918 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0251 |
| 0,0408 | 0,0521 | 0,0952 | 0,0400 | 0,0306 | 0,0204 | 0,0625 | 0,0612 | 0,2619 | 0,1020 | 0,0748 |
| 0,9388 | 0,8854 | 0,8810 | 0,9400 | 0,9694 | 0,9694 | 0,8750 | 0,8469 | 0,7381 | 0,8776 | 0,8830 |
| 0,0000 | 0,0417 | 0,0000 | 0,0100 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0104 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0204 | 0,0171 |
| 98 | 100 | 84 | 96 | 100 | 98 | 94 | 100 | 100 | 98 | |
| 0,1122 | 0,0700 | 0,0952 | 0,0417 | 0,0400 | 0,0306 | 0,1170 | 0,0300 | 0,0500 | 0,0918 | 0,0732 |
| 0,3163 | 0,1600 | 0,2857 | 0,2083 | 0,4700 | 0,6633 | 0,1915 | 0,2700 | 0,1200 | 0,1327 | 0,2851 |
| 0,2857 | 0,1400 | 0,3571 | 0,3958 | 0,1200 | 0,0000 | 0,2660 | 0,1700 | 0,2500 | 0,4490 | 0,2227 |
| 0,2857 | 0,6300 | 0,2619 | 0,3542 | 0,3700 | 0,3061 | 0,4255 | 0,5300 | 0,5800 | 0,3265 | 0,4191 |
| 98 | 100 | 98 | 100 | 98 | 100 | 100 | 100 | 98 | 98 | |
| 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0100 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0015 |
| 0,4082 | 0,9500 | 0,2347 | 0,4900 | 0,5510 | 0,3600 | 0,3500 | 0,4600 | 0,8367 | 0,4490 | 0,5309 |
| 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0010 |
| 0,5612 | 0,0500 | 0,7347 | 0,4500 | 0,4388 | 0,6200 | 0,6400 | 0,5200 | 0,1531 | 0,5510 | 0,4412 |
| 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0100 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0025 |
| 0,0306 | 0,0000 | 0,0306 | 0,0600 | 0,0102 | 0,0100 | 0,0000 | 0,0200 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0218 |
| 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0102 | 0,0000 | 0,0010 |
| 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 98 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0100 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0035 |
| 0,9900 | 1,0000 | 0,9900 | 0,9400 | 0,9400 | 0,9898 | 0,8800 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9300 | 0,9554 |
| 0,0100 | 0,0000 | 0,0100 | 0,0500 | 0,0600 | 0,0102 | 0,1200 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0700 | 0,0411 |
| 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| 0,0100 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0900 | 0,0100 | 0,0000 | 0,0400 | 0,1500 | 0,0210 |
| 0,9900 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9100 | 0,9900 | 1,0000 | 0,9600 | 0,8400 | 0,9700 |
| 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0100 | 0,0090 |
| 100 | 100 | 94 | 100 | 98 | 100 | 94 | 100 | 96 | 100 | |
| 0,0000 | 0,0500 | 0,0106 | 0,0200 | 0,0204 | 0,0300 | 0,0106 | 0,0100 | 0,0104 | 0,0600 | 0,0204 |
| 0,0300 | 0,2100 | 0,0426 | 0,0900 | 0,0408 | 0,0500 | 0,2340 | 0,0600 | 0,1563 | 0,1100 | 0,0943 |

Tablica 89.1. Polimorfnost lokusa

| Genski lokus | Bijeljina | Bos. Dub. | Bos. Gradiš. | Bos. Brod | Bos. Grah. | Bugojno | Drvar | Hrg. Srebr. | Jelah | Kačuni | |
|--------------|-----------|-----------|--------------|-----------|------------|---------|--------|-------------|--------|--------|----|
| IDH-A3 | 0,8300 | 0,7755 | 0,8222 | 0,7800 | 0,9600 | 0,7500 | 0,8500 | 0,8200 | 0,7100 | 0,7000 | |
| IDH-A4 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0333 | 0,0200 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0100 | 0,0000 | |
| IDH-A5 | 0,0600 | 0,1735 | 0,0444 | 0,1400 | 0,0200 | 0,1522 | 0,0400 | 0,0600 | 0,1900 | 0,0100 | |
| Br. analiza | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| IDH-B2 | 0,4100 | 0,4300 | 0,6400 | 0,5100 | 0,1100 | 0,4800 | 0,4000 | 0,6300 | 0,4500 | 0,6500 | |
| IDH-B6 | 0,5800 | 0,5700 | 0,3600 | 0,4900 | 0,8900 | 0,5200 | 0,6000 | 0,3700 | 0,5500 | 0,3500 | |
| IDH-B8 | 0,0100 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | |
| Br. analiza | 100 | 98 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| IDH-C1 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0100 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | |
| IDH-C2 | 0,0200 | 0,0612 | 0,0200 | 0,0200 | 0,0400 | 0,0300 | 0,0300 | 0,0000 | 0,0300 | 0,0600 | |
| IDH-C3 | 0,7100 | 0,7959 | 0,8300 | 0,7000 | 0,8700 | 0,8600 | 0,8800 | 0,8800 | 0,6700 | 0,8900 | |
| IDH-C4 | 0,2700 | 0,1429 | 0,1500 | 0,2800 | 0,0900 | 0,1100 | 0,0800 | 0,1200 | 0,3000 | 0,0500 | |
| IDH-C5 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | |
| Br. analiza | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| PGI-B1 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | |
| PGI-B3 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0300 | 0,0100 | 0,0000 | 0,0500 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0300 | 0,0700 | |
| PGI-B4 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | |
| PGI-B6 | 1,0000 | 0,9900 | 0,9700 | 0,9900 | 1,0000 | 0,9500 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9700 | 0,9300 | |
| PGI-B8 | 0,0000 | 0,0100 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | |
| Br. analiza | 100 | 100 | 98 | 98 | 94 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| GOT-B1 | 0,0000 | 0,0200 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0745 | 0,0000 | 0,0800 | 0,0200 | 0,0000 | 0,0000 | |
| GOT-B3 | 0,9700 | 0,9700 | 0,9388 | 0,9694 | 0,9255 | 0,9200 | 0,8700 | 0,9500 | 0,9900 | 0,9800 | |
| GOT-B4 | 0,0200 | 0,0000 | 0,0102 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0100 | 0,0100 | 0,0000 | 0,0100 | |
| GOT-B5 | 0,0100 | 0,0100 | 0,0510 | 0,0306 | 0,0000 | 0,0800 | 0,0400 | 0,0200 | 0,0100 | 0,0100 | |
| Br. analiza | 100 | 100 | 100 | 100 | 96 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| MNR-A1 | 0,0100 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0100 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0100 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | |
| MNR-A2 | 0,0400 | 0,0000 | 0,0500 | 0,0100 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0300 | 0,0000 | 0,0100 | 0,0300 | |
| MNR-A3 | 0,8900 | 0,9700 | 0,9000 | 0,9100 | 0,5104 | 0,9900 | 0,7500 | 0,9000 | 0,9300 | 0,8400 | |
| MNR-A4 | 0,0100 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0100 | 0,4896 | 0,0000 | 0,1600 | 0,0000 | 0,0300 | 0,0000 | |
| MNR-A5 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0100 | 0,0100 | 0,0000 | 0,0100 | 0,0000 | 0,0100 | 0,0000 | 0,0000 | |
| MNR-A6 | 0,0500 | 0,0300 | 0,0400 | 0,0500 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0500 | 0,0900 | 0,0300 | 0,1300 | |
| Br. analiza | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 96 | 100 | 100 | |
| SDH-A1 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0100 | 0,0000 | |
| SDH-A2 | 0,9700 | 0,9900 | 0,9800 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9900 | 0,9800 | 0,8646 | 0,6700 | 0,9600 | |
| SDH-A3 | 0,0300 | 0,0100 | 0,0100 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0100 | 0,0200 | 0,1354 | 0,3200 | 0,0400 | |
| SDH-A4 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0100 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | |
| Ukupno | p. | 9 | 7 | 9 | 9 | 8 | 9 | 9 | 10 | 9 | 10 |
| | r.m. | 4 | 5 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 |
| | m. | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 |

| Ključ | Kotor Varoš | Miljevina | Mrkonj. Grad | Mutnica | Olovo | Sokolac | Stojč. | Žepče | Živinice | Prosjek |
|--------|-------------|-----------|--------------|---------|--------|---------|--------|--------|----------|---------|
| 0,7700 | 0,7200 | 0,8085 | 0,8800 | 0,8571 | 0,9100 | 0,6809 | 0,9300 | 0,7708 | 0,8100 | 0,8073 |
| 0,0200 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0041 |
| 0,1800 | 0,0200 | 0,1383 | 0,0100 | 0,0816 | 0,0100 | 0,0745 | 0,0000 | 0,0625 | 0,0200 | 0,0739 |
| 98 | 100 | 100 | 100 | 98 | 100 | 100 | 100 | 98 | 100 | |
| 0,4694 | 0,5500 | 0,3500 | 0,4800 | 0,3878 | 0,4300 | 0,3000 | 0,6600 | 0,6837 | 0,4000 | 0,4709 |
| 0,5306 | 0,4500 | 0,6500 | 0,5200 | 0,6122 | 0,5700 | 0,7000 | 0,3400 | 0,3163 | 0,6000 | 0,5286 |
| 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0005 |
| 100 | 100 | 98 | 100 | 98 | 100 | 90 | 100 | 98 | 100 | |
| 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0102 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0010 |
| 0,0300 | 0,0000 | 0,1122 | 0,0100 | 0,0306 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0200 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0257 |
| 0,7300 | 0,9200 | 0,7755 | 0,7100 | 0,8878 | 0,7200 | 0,8667 | 0,7900 | 0,9388 | 0,7100 | 0,8063 |
| 0,0900 | 0,0800 | 0,1122 | 0,2800 | 0,0612 | 0,2800 | 0,1333 | 0,1900 | 0,0612 | 0,2900 | 0,1589 |
| 0,1500 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0102 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0081 |
| 100 | 100 | 98 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| 0,0000 | 0,0000 | 0,0102 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0300 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0020 |
| 0,1200 | 0,1500 | 0,1327 | 0,0500 | 0,0200 | 0,0000 | 0,0300 | 0,0500 | 0,0000 | 0,0200 | 0,0380 |
| 0,0000 | 0,0000 | 0,0102 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0005 |
| 0,8800 | 0,8500 | 0,8367 | 0,9500 | 0,9700 | 1,0000 | 0,9400 | 0,9500 | 0,9900 | 0,9700 | 0,9570 |
| 0,0000 | 0,0000 | 0,0102 | 0,0000 | 0,0100 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0100 | 0,0100 | 0,0025 |
| 100 | 100 | 96 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| 0,0100 | 0,0000 | 0,0104 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0200 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0116 |
| 0,9500 | 0,8200 | 0,9167 | 0,9800 | 0,9800 | 1,0000 | 0,9900 | 0,9700 | 0,9600 | 0,9500 | 0,9502 |
| 0,0100 | 0,1100 | 0,0000 | 0,0100 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0100 | 0,0100 | 0,0000 | 0,0106 |
| 0,0300 | 0,0700 | 0,0729 | 0,0100 | 0,0200 | 0,0000 | 0,0100 | 0,0000 | 0,0300 | 0,0500 | 0,0277 |
| 100 | 100 | 98 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| 0,0000 | 0,0000 | 0,0204 | 0,0300 | 0,0100 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0100 | 0,0050 |
| 0,0200 | 0,2200 | 0,0102 | 0,0000 | 0,0100 | 0,0000 | 0,0400 | 0,0100 | 0,0100 | 0,0000 | 0,0246 |
| 0,8500 | 0,7700 | 0,9184 | 0,8200 | 0,9500 | 0,4500 | 0,9100 | 0,9900 | 0,9600 | 0,9200 | 0,8450 |
| 0,0000 | 0,0000 | 0,0204 | 0,1100 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0100 | 0,0532 |
| 0,0200 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0200 | 0,0200 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0050 |
| 0,1100 | 0,0100 | 0,0306 | 0,0200 | 0,0100 | 0,5500 | 0,0500 | 0,0000 | 0,0300 | 0,0600 | 0,0672 |
| 100 | 100 | 100 | 100 | 98 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| 0,0000 | 0,0000 | 0,0100 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0010 |
| 0,9600 | 0,9900 | 0,9800 | 1,0000 | 0,9898 | 0,9000 | 0,9500 | 0,9900 | 0,9800 | 0,8600 | 0,9504 |
| 0,0400 | 0,0100 | 0,0100 | 0,0000 | 0,0102 | 0,1000 | 0,0500 | 0,0100 | 0,0200 | 0,1400 | 0,0481 |
| 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0005 |
| 8 | 10 | 10 | 9 | 7 | 9 | 10 | 7 | 8 | 12 | - |
| 6 | 1 | 3 | 2 | 6 | 3 | 4 | 4 | 5 | 2 | - |
| 0 | 3 | 1 | 3 | 1 | 2 | 0 | 3 | 1 | 0 | - |

Visok stupanj polimorfnosti nalazi se kod genskih lokusa AAP-A, PGM-B, IDH-A, IDH-B i IDH-C. Genski lokus IDH-A pokazuje relativni monomorfizam kod samo jedne populacije (Bosansko Grahovo).

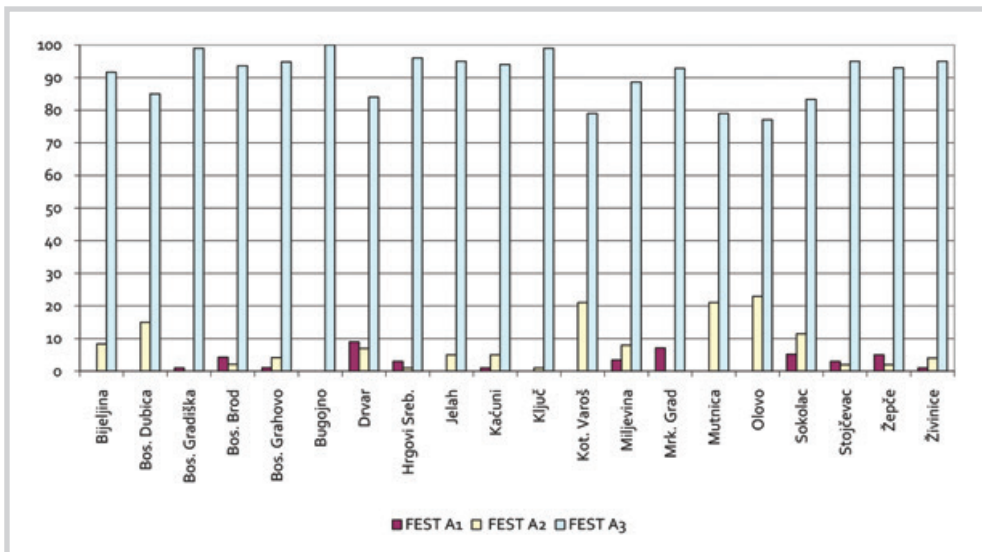
Najveći broj polimorfnih lokusa ima provenijencija Živinice (12) s dva relativno monomorfna. Po 10 polimorfnih lokusa imaju provenijencije Hrgovi Srebrenik, Kaćuni, Kotor Varoš, Miljevinja i Sokolac.

Za razliku od ovog istraživanja, Bacilieri i sur. (1995) su utvrdili dva monomorfna genska lokusa za genski sistem 6PGDH.

Također, na nekim genskim lokusima i kod nekih populacija utvrđeno je prisustvo rijetkih alela (aleli čija je frekvencija u populaciji $\leq 1\%$).

Genski lokus FEST-A

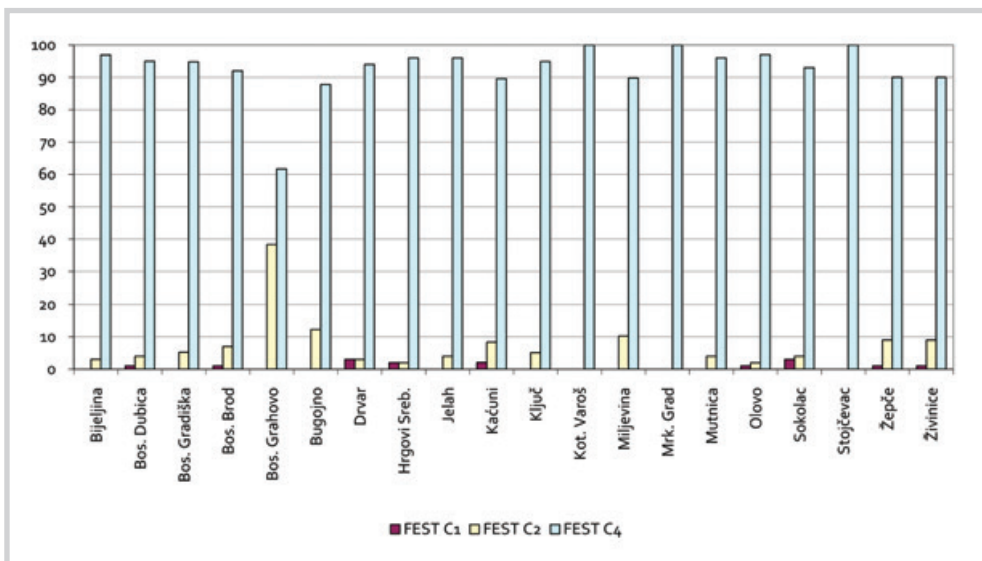
Genski lokus FEST-A polimorfan je za 12 provenijencija, relativno monomorfna za sedam, a monomorfna za jednu, Bugojno. U svim provenijencijama dominira alel A₃, dok se alel A₁ javlja kao rijetki alel u provenijencijama Kaćuni i Živinice, a A₂ u Hrgovi Srebrenik i Ključ (slika 59).



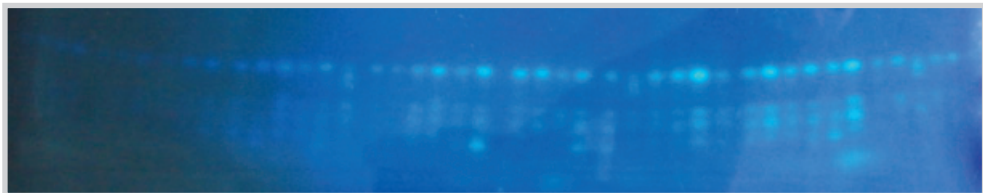
Slika 59. Frekvencije alela po provenijencijama za gen-lokus FEST-A

Genski lokus FEST-C

Genski lokus FEST-C polimorfan je za devet provenijencija, relativno monomorfan za osam, a monomorfan za tri, Kotor Varoš, Mrkonjić Grad i Stojčevac (slika 60). U svim provenijencijama dominira alel C₄, a značajniji udio uzima alel C₂ u provenijenciji Bosansko Grahovo. Razlog tomu treba tražiti u specifičnostima ekoloških uvjeta koji vladaju u zapadnom dijelu Livanjskog polja, kao i povijesnom razvoju populacije pod stalnim antropogenim utjecajem. Alel C₁ javlja se kao rijetki alel u provenijencijama Bosanska Dubica, Bosanski Brod, Olovo i Živinice.



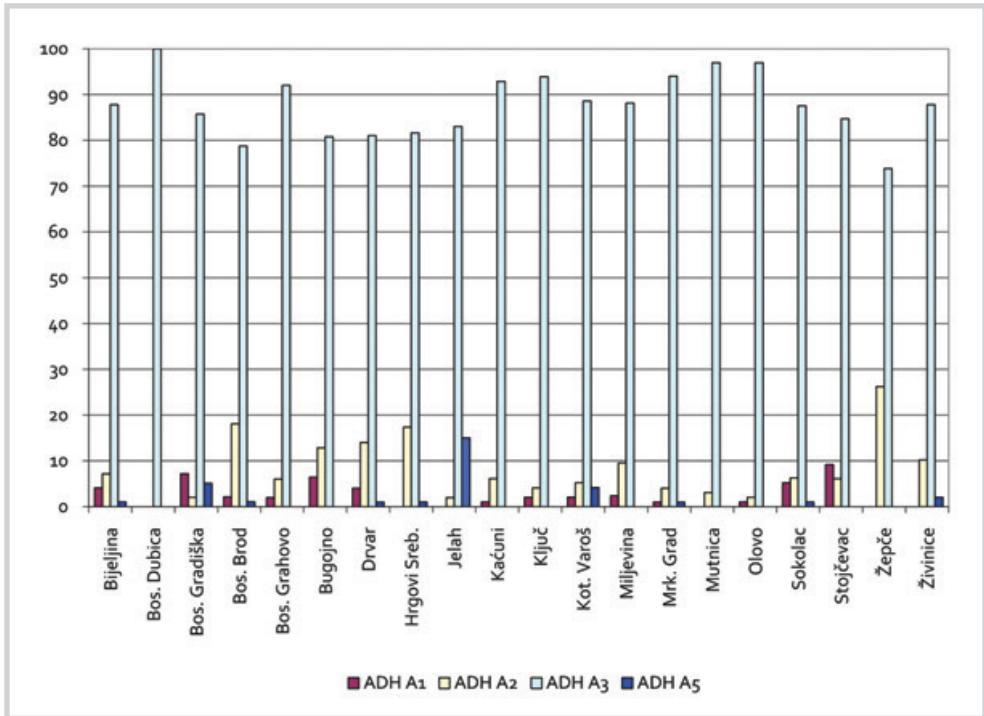
Slika 60. Frekvencije alela po provenijencijama za gen-lokus FEST-C



Slika 61. Zimogram enzimskog sistema FEST (populacije Olovo i Bijeljina)

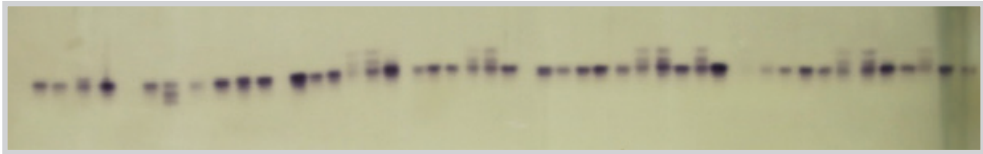
Genski lokus ADH-A

Genski lokus ADH-A polimorfna je za 15 provenijencija (slika 62), relativno monomorfna za četiri, a monomorfna za jednu, Bosanska Dubica. S obzirom da je u posavskim populacijama i onima koje su im zemljopisno blizu i s njima povezane utvrđeno prisustvo sva četiri alela (Bijeljina, Bosanska Gradiška, Bosanski Brod i Kotor Varoš), monomorfnost ovog genskog lokusa u populaciji Bosanska Dubica može se pripisati antropogenom djelovanju i činjenici da se radi o veoma maloj populaciji. Interesantno je da je prisustvo sva četiri alela također utvrđeno u populaciji Sokolac, koja je, i pored činjenice da je zemljopisno dosta udaljena i s mnoštvom prirodnih prepreka prema drugim populacijama, očito zadržala dobru genetsku strukturu. U svim provenijencijama dominira alel A₃, a značajnije se pojavljuje alel A₂ u provenijencijama Bosanski Brod, Bugojno, Drvar, Hrgovi Srebrenik i Žepče. Alel A₁ se pojavljuje kao rijetki alel u populaciji Mrkonjić Grad.



Slika 62. Frekvencije alela po provenijencijama za gen-lokus ADH-A

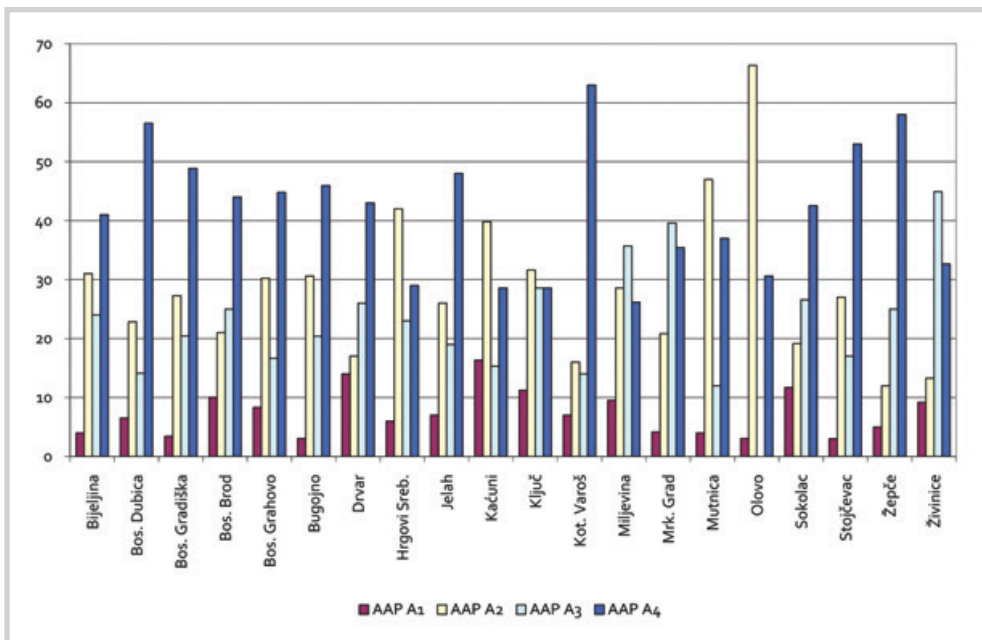
Provenijencija Jelah se izdvaja značajnijom pojavom alela A₅ koji je rijedak u populaciji Drvar.



Slika 63. Zimogram enzimskog sistema ADH (populacije Jelah i Mrkonjić Grad)

Geniski lokus AAP-A

Geniski lokus AAP-A polimorfan je za svih 20 provenijencija, s najvećim udjelom alela A₄ u svim provenijencijama (posebno u Bosanskoj Dubici, Kotor Varoši i Žepču), osim provenijencije Olovo u kojoj dominira sljedeći po ukupnoj brojnosti, alel A₂, dok alel A₃ uopće nije prisutan (slika 64). Uzroke ovoj pojavi treba tražiti u izoliranosti ove populacije i zemljopisnim barijerama prema drugim populacijama te izrazitom antropogenom utjecaju.



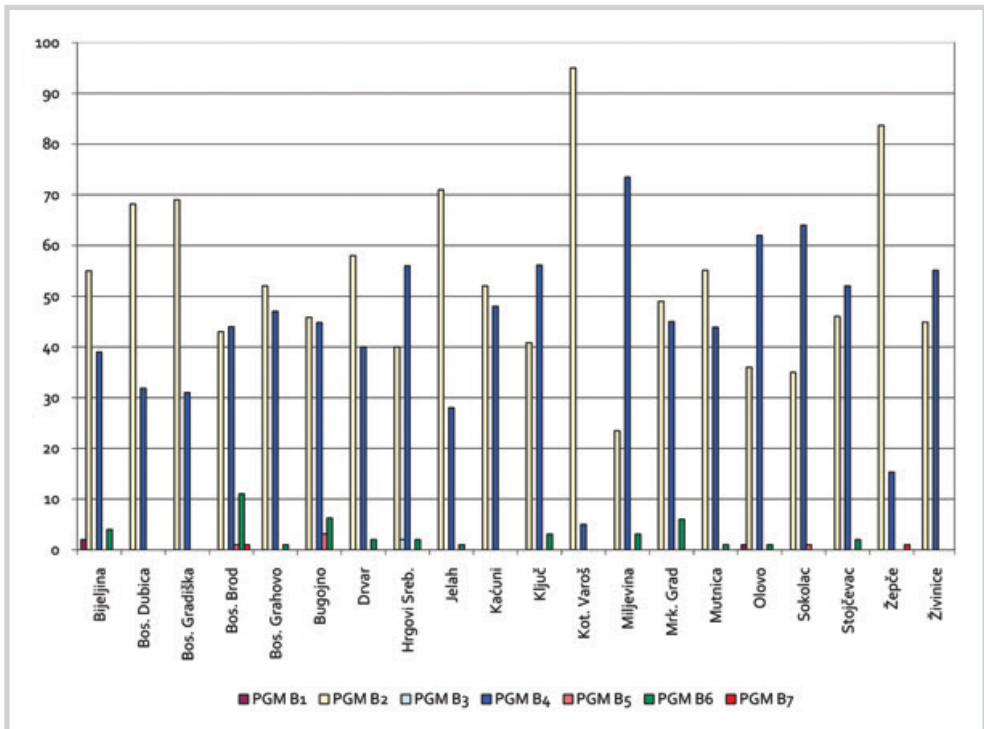
Slika 64. Frekvencije alela po provenijencijama za gen-lokus AAP-A

Sličan omjer alela pronašli su Bacileri i sur. (1995) u istraživanju diferencijacije kitnjaka i lužnjaka u mješovitoj sastojini u sjeverozapadnoj Francuskoj. Oni su također pronašli četiri alela kod lužnjaka na genskom sistemu AAP: A₄, A₅, A₆ i A₇, s prilično ravnomjernim udjelima alela A₄ i A₆ (0,359 i 0,461) i s manjim udjelom alela A₅ i A₇ (0,120 i 0,060).



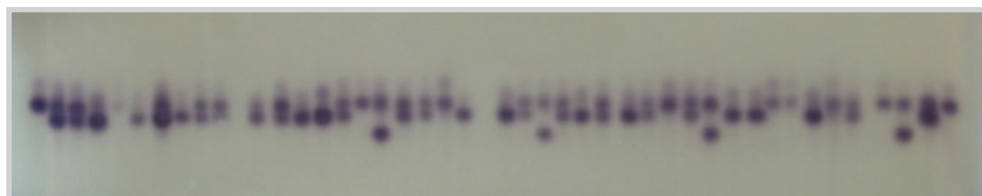
Slika 65. Zimogram enzimskog sistema AAP (populacije Hrgovi i Kotor Varoš)

Genski lokus PGM-B



Slika 66. Frekvencije alela po provenijencijama za gen-lokus PGM-B

Genski lokus PGM-B polimorfan je za svih 20 provenijencija, a primjećuje se da veliko učešće uzimaju aleli B2 i B4. Izrazita dominacija alela B2 javlja se u posavskim i njima bliskim populacijama i onima koje su s njima povezane bez velikih prirodnih prepreka (Bijeljina, Bosanska Dubica, Bosanska Gradiška, Jelah, Kotor Varoš i Žepče), (slika 66). Alel B1 se javlja kao rijetki alel s frekvencijom od 1% u populaciji Olovo, a prisutan je još samo kod provenijencije Bijeljina s 2%. Slično je s alelom B5 koji je prisutan s 1% u populacijama Bosanski Brod i Sokolac, a s 3,13% u provenijenciji Bugojno. B6 je rijetki alel u provenijencijama Bosansko Grahovo i Jelah, a B7 u Bosanskom Brodu. U istraživanju Bacilieri i sur. (1995) PGM je također utvrđen polimorfnim s četiri alela: B1, B3, B4 i B5, gdje aleli B1 i B3 imaju približno jednak udio (0,468 i 0,482), a B4 i B5 uzimaju male udjele (0,038 i 0,012).

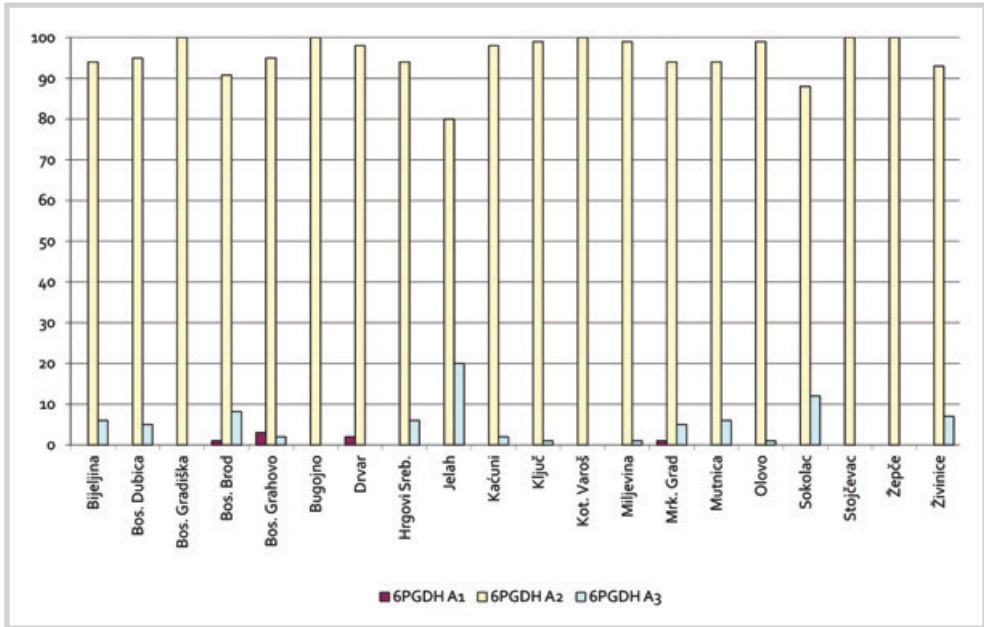


Slika 67. Zimogram enzimskog sistema PGM (populacije Ključ i Mutnica)

Genski lokus 6PGDH-A

Genski lokus 6PGDH-A polimorfan je za devet, a relativno monomorfan za šest provenijencija, s izrazitom dominacijom alela A2. Ovaj genski lokus je monomorfan za pet provenijencija (Bosanska Gradiška, Bugojno, Kotor Varoš, Stojčevac i Žepče), (slika 68). Interesantna je pojava alela A1 koji se javlja u zemljopisno povezanim populacijama Bosansko Grahovo, Drvar i Mrkonjić Grad, ali također i u udaljenoj populaciji Bosanski Brod. Alel A3 je rijetki alel u provenijencijama Ključ i Miljevina, a značajnije se javlja u provenijenciji Jelah, s 20%.

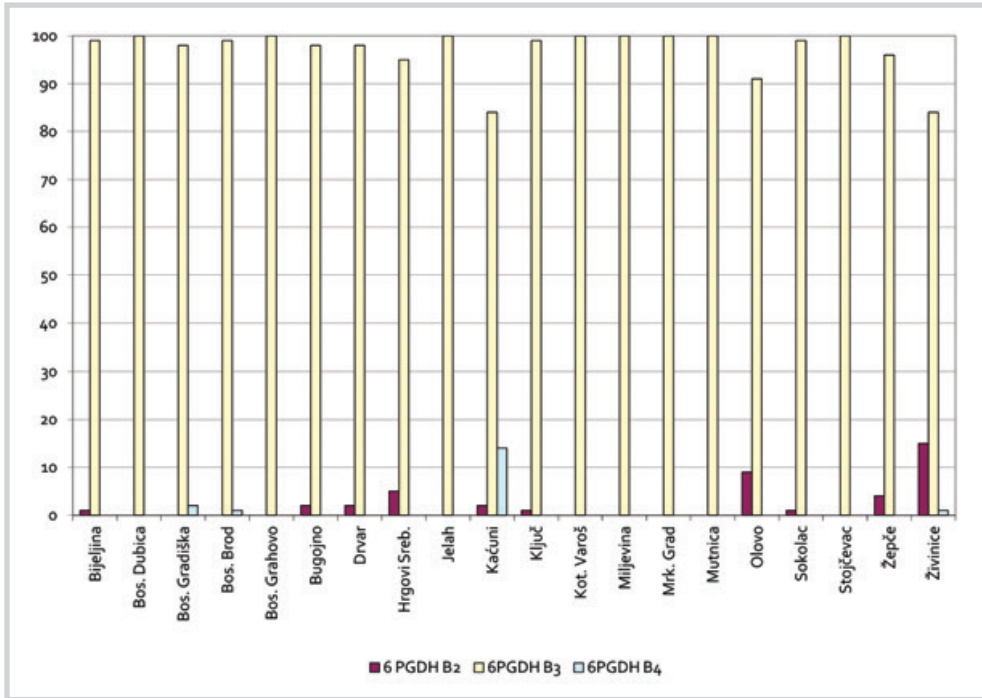
U istraživanju koje su proveli Zanetto i sur. (1996), na punim srodnima s jedne strane i 15 populacija širom Europe s druge strane, genski lokusi 6PGDH-A i 6PGDH-B su pokazali polimorfnost u istraživanim populacijama, a monomorfnost u kontroliranim križanjima, dok su Bacilieri i sur. (1995) na genskom sistemu 6PGDH utvrdili dva monomorfna genska lokusa.



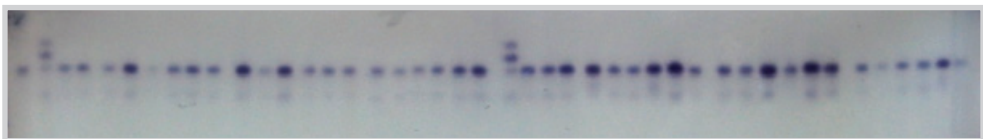
Slika 68. Frekvencije alela po provenijencijama za gen-locus 6PGDH-A

Genski lokus 6PGDH-B

Genski lokus 6PGDH-B polimorfan je za četiri, relativno monomorfan za osam, a monomorfan za osam provenijencija (Bosanska Dubica, Bosansko Grahovo, Jelah, Kotor Varoš, Miljevina, Mrkonjić Grad, Mutnica i Stojčevac), (slika 69). Alel B₂ se javlja kao rijetki alel u provenijencijama Bijeljina i Ključ, a alel B₄ u populaciji Živinice. Ovaj alel se javlja još jedino u provenijenciji Bosanska Gradiška s 2%, ali i u provenijenciji Kaćuni s udjelom od 14%. Izdvajanje provenijencije Kaćuni može se objasniti time da se radi o ostacima starih sastojina pod velikim antropogenim utjecajem te da ona nema zemljopisno otvoren put za prirodan tok gena prema ostalim analiziranim provenijencijama.



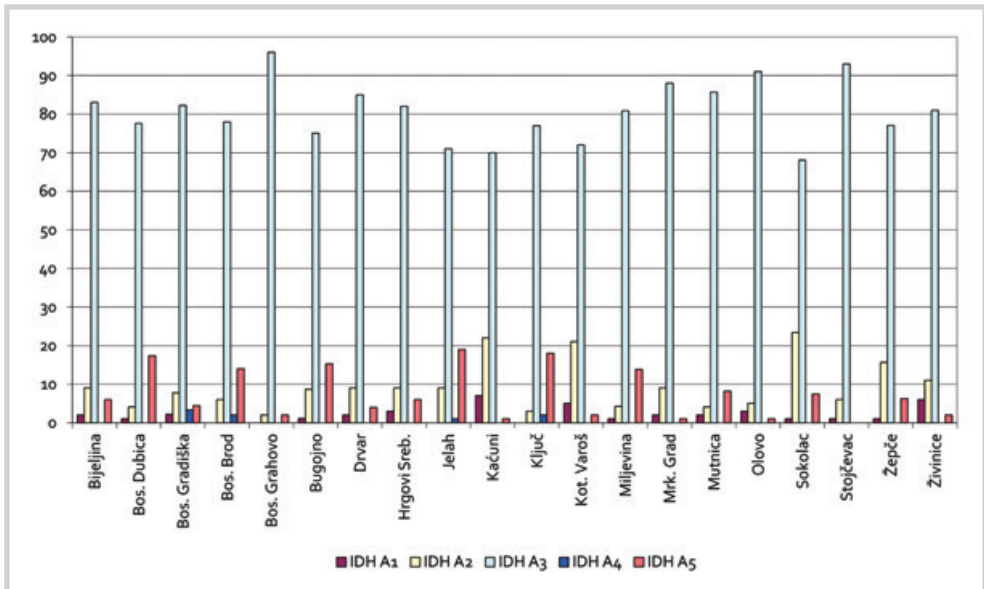
Slika 69. Frekvencije alela po provenijencijama za gen-lok. 6PGDH-B



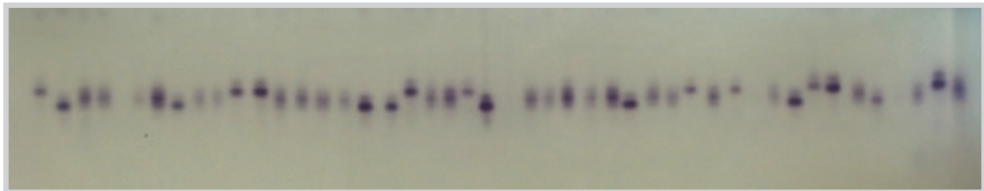
Slika 70. Zimogram enzimskeg sistema 6PGDH (populacije Sokolac i Bosanska Gradiška)

Genski lokus IDH-A

Genski lokus IDH-A je relativno monomorfan za jednu provenijenciju (Bosansko Grahovo), a za ostale polimorfan s pojavom pet alela gdje je najčešći alel A₃ u svim provenijencijama. Provenijencije Bosanska Dubica, Bosanski Brod, Bugojno, Jelah, Ključ i Miljevina pokazuju značajnije pojavljivanje alela A₅, a Kačuni, Kotor Varoš, Sokolac, Žepče i Živinice alela A₂ (slika 71). Alel A₁ je rijetki alel u populaciji Stojčevac, alel A₄ u provenijenciji Jelah, a alel A₅ u provenijencijama Kačuni, Mrkonjić Grad i Olovo, koji se javlja s 19% u provenijenciji Jelah.



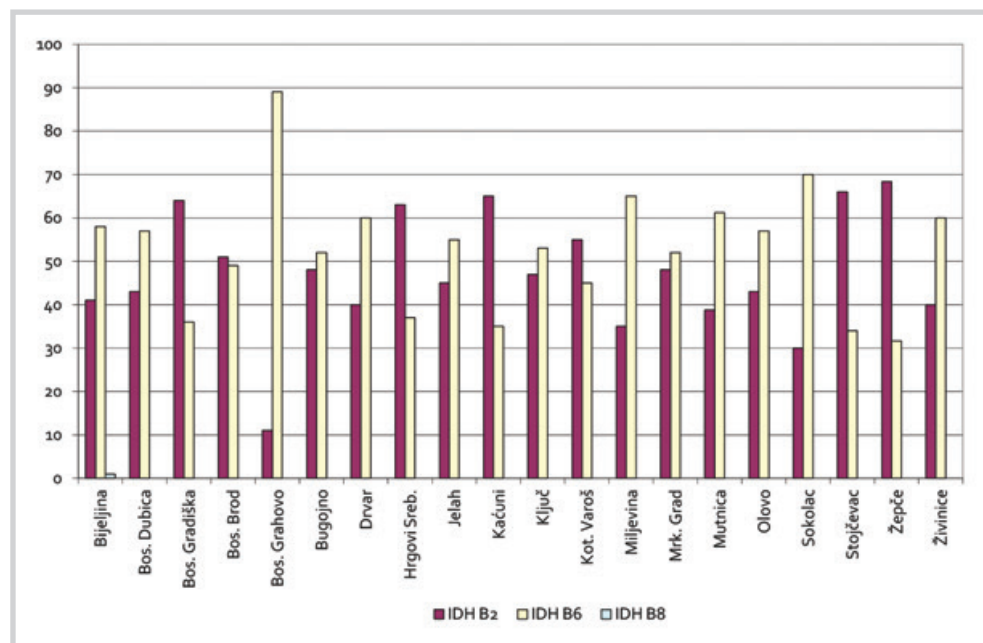
Slika 71. Frekvencije alela po provenijencijama za gen-lokus IDH-A



Slika 72. Zimogram enzimskeg sistema IDH (populacije Ključ i Mutnica)

Genski lokus IDH-B

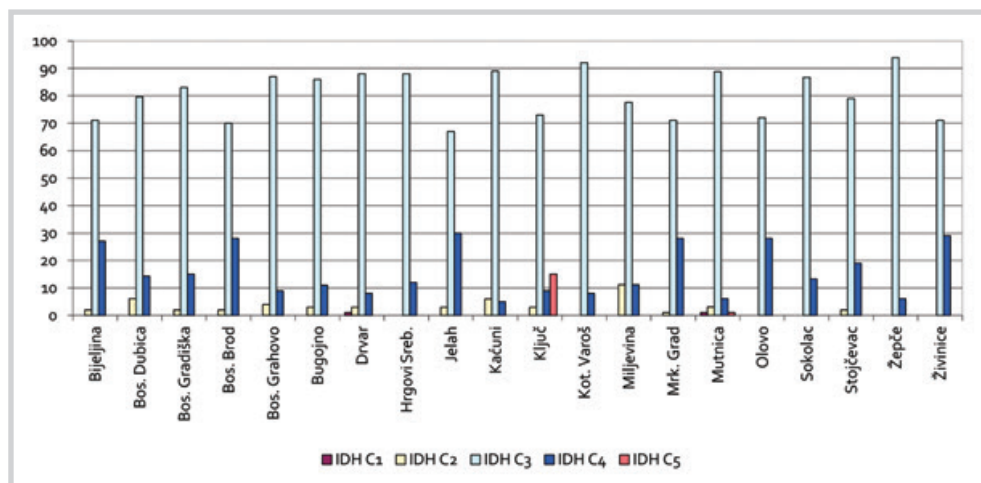
Genski lokus IDH-B polimorfan je za svih 20 provenijencija, s ravnomjernom pojavom alela B2 i B6, osim kod provenijencije Bosansko Grahovo gdje se javlja dosta veći udio alela B6 (slika 73). Posebno je interesantna pojava rijetkog alela B8 kod provenijencije Bijeljina koja je niz rijeku Drinu otvorena prema populacijama hrasta lužnjaka uz rijeku Savu u Srbiji i Hrvatskoj.



Slika 73. Frekvencije alela po provenijencijama za gen-lokus IDH-B

Genski lokus IDH-C

Genski lokus IDH-C polimorfan je za svih 20 provenijencija, s dominacijom alela C3. Kod provenijencija Bijeljina, Bosanski Brod, Jelah, Mrkonjić Grad, Olovo i Živinice značajnije se javlja alel C4. Provenijencija Ključ pokazuje značajan udio petog alela C5 koji se javlja u manjoj mjeri još jedino kod provenijencije Mutnica (slika 74). Ove dvije provenijencije su vrlo blizu pretpostavljenom sekundarnom ledenom refugijumu u Dalmaciji. Alel C2 se javlja kao rijetki alel kod provenijencije Mrkonjić Grad.

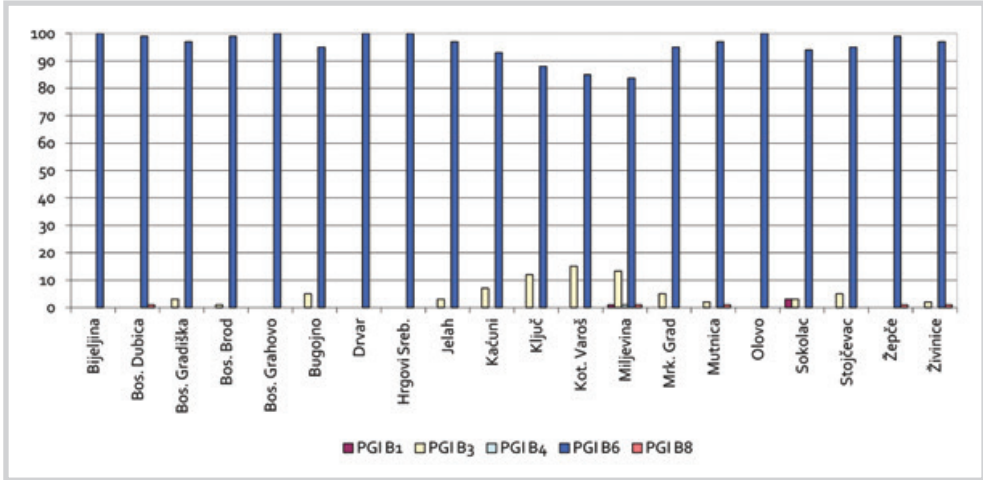


Slika 74. Frekvencije alela po provenijencijama za gen-lokus IDH-C

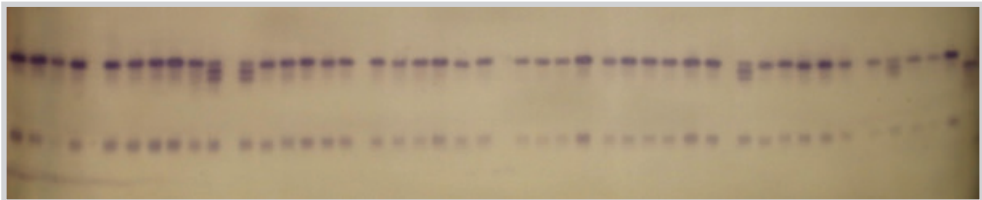
Genski lokus PGI-B

Genski lokus PGI-B polimorfan je za sedam provenijencija, relativno monomorfan za deset, a monomorfan za tri provenijencije (Bijeljina, Bosansko Grahovo i Hrgovi Srebrenik), (slika 75). Posebno je interesantna provenijencija Miljevina koja ima pet alela, dok ostale provenijencije imaju jedan, dva ili tri. Posebnosti provenijencije Miljevina vjerojatno se mogu pripisati činjenici da se ovdje radi o devastiranoj i degradiranoj sastojini koja prema populacijama tretiranim ovim istraživanjem ima izrazite zemljopisne prepreke. Genetska struktura ove populacije vjerojatno ima više veze s preostalim stablima niz rijeku Drinu u Bosni i Hercegovini ili populacijama uz rijeku Lim u Srbiji jer postoji otvoren prostor za prirodan tok gena. Alel B₃ se javlja kao rijetki alel u provenijenciji Bosanski Brod, ali se javlja i u drugim provenijencijama, dok se B₈ javlja samo u Mutnici, Žepču i Živnicama i to kao rijetki alel.

Udio alela na genskom lokusu PGI-B u ovom istraživanju bio je 0,0020 B₁, 0,0380 B₃, 0,0005 B₄, 0,9570 B₆ i 0,0025 B₈, dok su u istraživanju Bacilieri i sur. (1995) na genskom sistemu PGI utvrđena četiri alela (B₁, B₂, B₃ i B₄), s udjelima 0,065; 0,032; 0,857 i 0,046.



Slika 75. Frekvencije alela po provenijencijama za gen-locus PGI-B



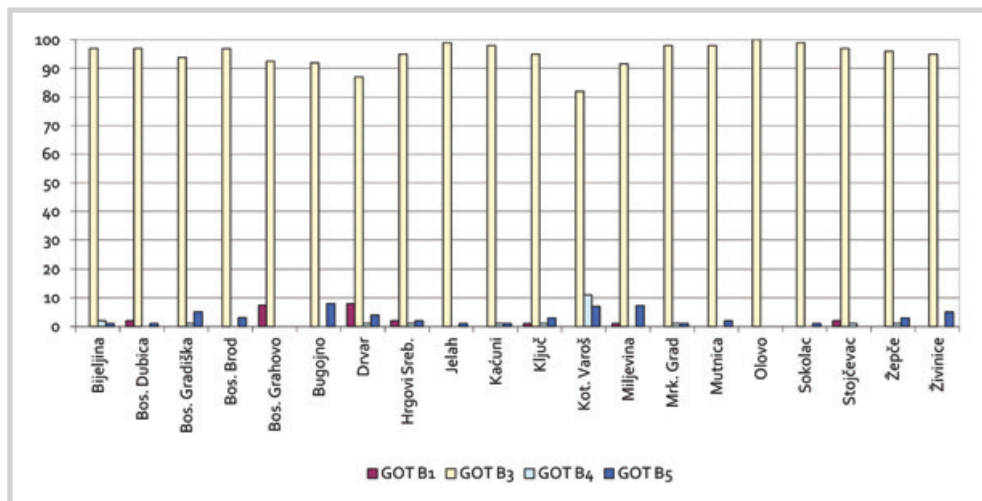
Slika 76. Zimogram enzimskog sistema PGI (populacije Stojčevac i Ključ)

Genski lokus GOT-B

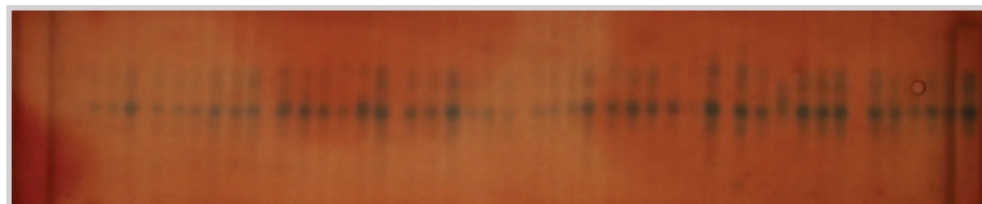
Genski lokus GOT-B polimorfan je za sedam provenijencija, relativno monomorfan za 12, a monomorfan za jednu provenijenciju (Olovo), (slika 77). Dominira alel B₃. Populacije Drvar i Hrgovi Srebrenik imaju po četiri alela. Alel B₄ se javlja kao rijetki alel u provenijencijama Drvar, Hrgovi Srebrenik, Kačuni, Ključ, Mrkonjić Grad, Stojčevac i Žepče, a B₅ u Bijeljini, Bosanskoj Dubici, Jelahu, Kačunima, Mrkonjić Gradu i Sokocu.

Ukupan udio alela je 0,0116 B₁, 0,9502 B₃, 0,0106 B₄ i 0,0277 B₅.

Bacilieri i sur. (1995) su na genskom sistemu GOT također utvrdili postojanje četiri alela (B₁, B₂, B₃ i B₄), s udjelima 0,018; 0,952; 0,028 i 0,002.



Slika 77. Frekvencije alela po provenijencijama za gen-lokus GOT-B

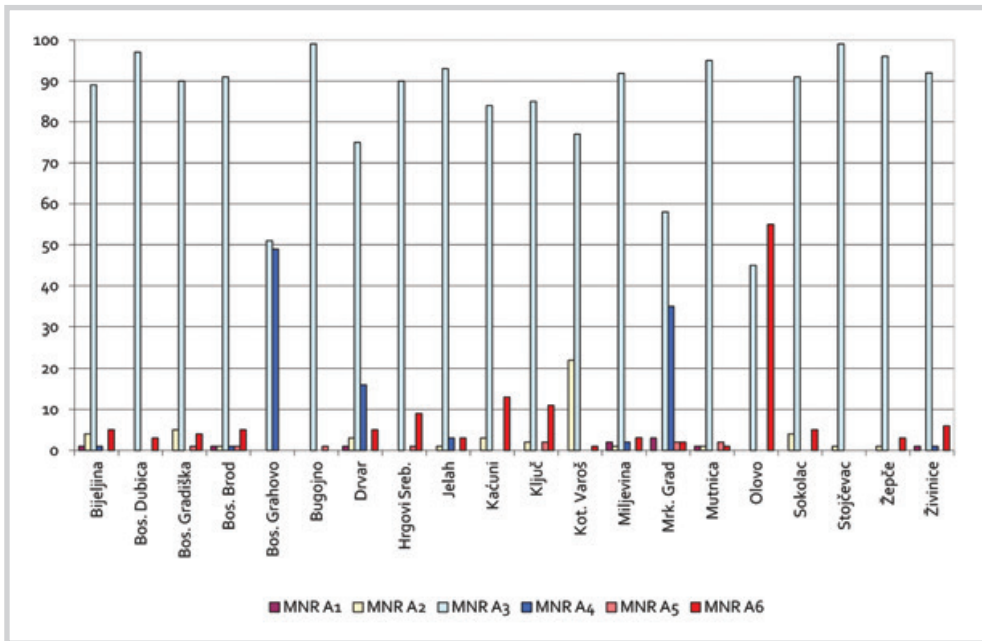


Slika 78. Zimogram enzimskog sistema GOT (populacije Jelah i Mrkonjić Grad)

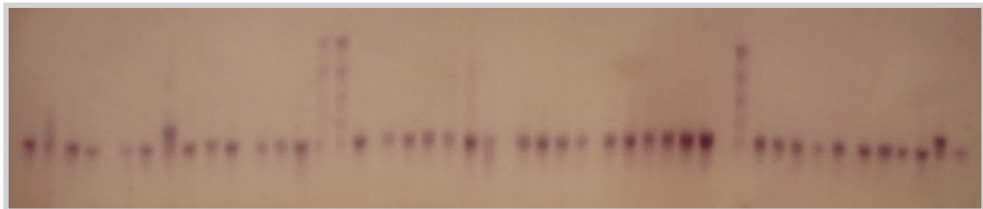
Genski lokus MNR-A

Genski lokus MNR-A polimorfan je za 12 provenijencija, a relativno monomorfan za osam. Ukupno je pronađeno šest alela (slika 79). Provenijencija Bosansko Grahovo ima ujednačen omjer alela A₃ i A₄, što se može dovesti u vezu s njenim položajem u odnosu na sekundarni glacialni refugium, kako navode Slade i sur. (2008). Značajniji udio alela A₄ imaju još samo provenijencije Drvar, koja je također blizu sekundarnom refugiumu, i s njom povezana provenijencija Mrkonjić Grad. S druge strane, izolirana provenijencija Olovo ima značajnije prisustvo alela A₆ i u ujednačenom je omjeru s A₃. Alel A₁ javlja se kao rijetki alel u provenijencijama Bijeljina, Bosanski Brod, Drvar, Mutnica i Živinice, a u nešto većem omjeru javlja se u Miljevini i Mrkonjić

Gradu. A2 se javlja kao rijetki alel u provenijencijama Bosanski Brod, Jelah, Mutnica, Stojčevac i Žepče, A4 u Bijeljini, Bosanskom Brodu i Živinicama, A5 u Bosanskoj Gradišci, Bosanskom Brodu i Živinicama, a A6 u provenijencijama Kotor Varoš i Mutnica. Ukupan udio alela na genskom lokusu MNR-A je 0,0050 B1, 0,0246 B2, 0,8450 B3, 0,0532 B4, 0,0050 B5 i 0,0672 B6. U istraživanju Bacilieri i sur. (1995) na genskom sistemu MNR utvrđeno je pet alela (A1, A2, A3, A4 i A5), s udjelima 0,005; 0,899; 0,039; 0,028 i 0,030.



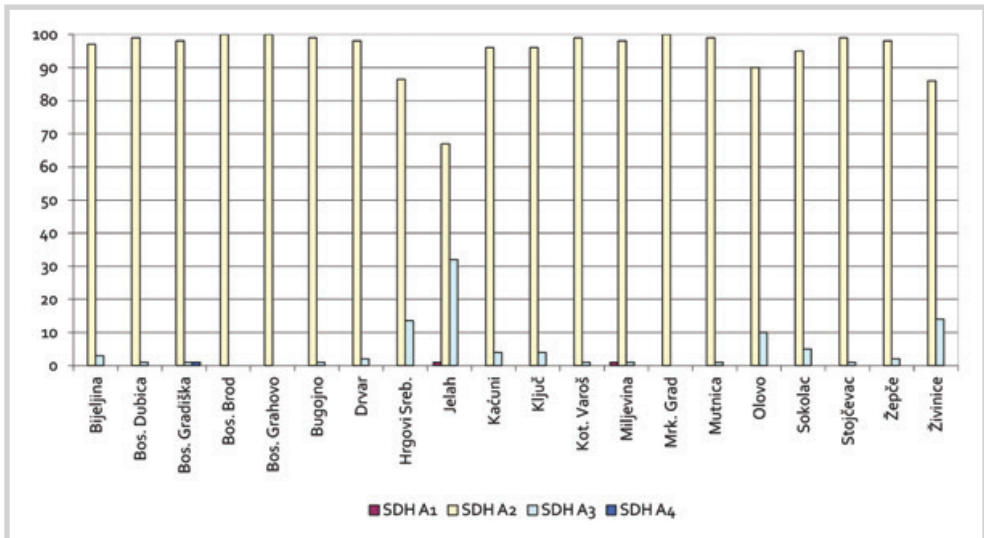
Slika 79. Frekvencije alela po provenijencijama za gen-lokus MNR-A



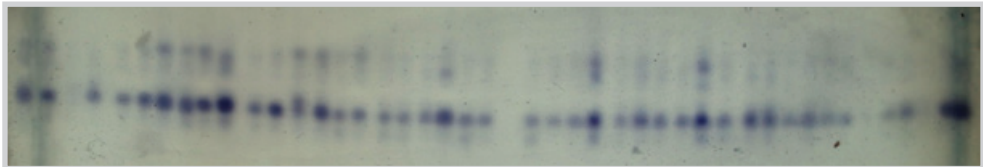
Slika 80. Zimogram enzimskog sistema MNR (populacije Jelah i Mrkonjić Grad)

Genski lokus SDH-A

Genski lokus SDH-A monomorfan je za tri, relativno monomorfan za 12, a polimorfan za pet provenijencija. U svim provenijencijama dominira alel A₂, dok u provenijencijama Hrgovi Srebrenik, Jelah i Živinice značajno mjesto zauzima alel A₃ koji je rijedak u Bosanskoj Dubici, Bosanskoj Gradišci, Bugojnu, Kotor Varoši, Miljevini i Stojčevcu (slika 81). Alel A₁ javlja se samo u provenijencijama Jelah i Miljevina, i to kao rijetki alel, kao i A₄ u provenijenciji Bosanska Gradiška. U istraživanju Bacilieri i sur. (1995) na genskom sistemu SDH utvrđena su tri alela (A₂, A₃ i A₄), s udjelima 0,007; 0,979 i 0,014, dok su u našem istraživanju udjeli bili 0,0010 A₁, 0,9504 A₂, 0,0481 A₃ i 0,0005 A₄.



Slika 81. Frekvencije alela po provenijencijama za gen-lokus SDH-A



Slika 82. Zimogram enzimsog sistema SDH (populacije Stojčevac i Ključ)

Genetska raznolikost u provenijencijama

Kada se govori o genetskoj raznolikosti, misli se obično na varijabilnost nekih svojstava u populaciji, odnosno populacijama, koje su izražene u određenim frekvencijama različitih genetskih svojstava unutar populacije ili između populacija (Gregorius, 1987).

Raznolikost alela

Radi ocjene genetske raznolikosti, prije svega se u svim provenijencijama izračunava srednji broj alela po lokusu (A/L) te se utvrđuju razlike među provenijencijama. Ovo svojstvo istraživao je Hamrick (1989) kod različitih biljnih organizama i ustanovio da prosječna veličina za biljni svijet iznosi oko 1,70, za dikotiledone biljke 1,46 (za 74 vrste), a za četinare 2,29 (za 20 vrsta). Prema Gregoriusu (1980, 1983) na to svojstvo utječe i broj individua koje su uzete slučajnim izborom. Prema tom autoru točno se ocjenjuju samo aleli s frekvencijom većom od 5,0% i pri prihvaćenoj vjerojatnosti od 5%, iz čega proizlazi da bi za povećanje točnosti trebalo povećati radni uzorak.

U ovom istraživanju najniža dobivena srednja vrijednost broja alela po lokusu (tablica 89) bila je za provenijencije Bosanska Dubica, Bosansko Grahovo, Kotor Varoš, Olovo i Stojčevac, 2,36, a najveća za provenijenciju Bosanski brod, 3,14. Visoke vrijednosti pokazuju i provenijencije Drvar i Miljevina, 3,07. U istraživanju genetske raznolikosti hrasta lužnjaka u središnjem dijelu Rusije uz rijeku Volgu, koje je proveo Yakovlev (2000), srednji broj alela po lokusu bio je niži i iznosio je od $1,80 \pm 0,30$ za populaciju Babevo, do $2,50 \pm 0,40$ za populaciju Volzhsk Plakor.

Najveći prosječan broj alela imaju gen lokusi AAP-A i IDH-A, koji iznosi 3,95, a najmanji gen lokus 6PGDH-B, i iznosi 1,75 (tablica 89).

Najmanji postotak polimorfnih lokusa imaju provenijencije Bosanska Dubica, Mutnica i Stojčevac s 50,00%, a najveći provenijencija Živinice s 85,71%, što je u skladu s rezultatima Yakovleva (2000) gdje najmanji postotak polimorfnih lokusa od 50,00% ima populacija Babevo, a najveći populacija Ilet s 83,00%.

Populacija lužnjaka iz prirodnog rezervata Prejmer (Crăciunesc i sur. 2011) imala je uglavnom veći broj alela po genskom lokusu: četiri alela na genskom lokusu GOT-B, dva na IDH-B, četiri na PGM-B, tri na PGI-B, dva na 6PGDH-B, četiri na MNR-A i četiri na SDH-A, dok su

populacije lužnjaka i kitnjaka iz Bugarske, Slovačke i Rusije (Gömöry i sur. 2001) imale manji prosječan broj alela po lokusu, između 1,80 i 2,60. U istraživanju Gömöry i sur. nije se pokazala veza između bogatstva alela i diverziteta na regionalnom nivou, već bi ona čak mogla biti i negativna, npr. bugarske populacije hrasta lužnjaka imaju najmanji broj alela, ali u isto vrijeme pokazuju najveći nivo diverziteta. Ipak, ovo nije potvrđeno na populacijskom nivou, gdje je nađena pozitivna korelacija između bogatstva alela i diverziteta.

Tablica 90. Srednji broj alela po lokusu, % polimorfni lokusa, stvarna i očekivana heterozigotnost

| Provenijencija | Srednja vrijednost A/L | Polimorfni lokusi (%) | Stvarna heterozigotnost (H_s) | Teorijska heterozigotnost (H_t) |
|-------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Bijeljina | 2,93 | 64,29 | 0,2208 | 0,2375 |
| Bosanska Dubica | 2,36 | 50,00 | 0,1571 | 0,2028 |
| Bosanska Gradiška | 2,79 | 64,29 | 0,2059 | 0,2107 |
| Bosanski Brod | 3,14 | 64,29 | 0,2611 | 0,2608 |
| Bosansko Grahovo | 2,36 | 57,14 | 0,1896 | 0,2246 |
| Bugojno | 2,43 | 64,29 | 0,2309 | 0,2324 |
| Drvar | 3,07 | 64,29 | 0,2443 | 0,2605 |
| Hrgovi Srebrenik | 2,79 | 71,43 | 0,2427 | 0,2414 |
| Jelah | 2,64 | 64,29 | 0,2843 | 0,2804 |
| Kačuni | 2,79 | 71,43 | 0,2617 | 0,2569 |
| Ključ | 2,86 | 57,14 | 0,2397 | 0,2479 |
| Kotor Varoš | 2,36 | 78,57 | 0,2392 | 0,2294 |
| Miljevina | 3,07 | 71,43 | 0,2165 | 0,2519 |
| Mrkonjić Grad | 2,71 | 64,29 | 0,2102 | 0,2264 |
| Mutnica | 2,79 | 50,00 | 0,2008 | 0,2046 |
| Olovo | 2,36 | 64,29 | 0,2907 | 0,2388 |
| Sokolac | 2,79 | 71,43 | 0,2489 | 0,2551 |
| Stojčevac | 2,36 | 50,00 | 0,2190 | 0,1867 |
| Žepče | 2,57 | 57,14 | 0,2106 | 0,1983 |
| Živinice | 2,79 | 85,71 | 0,2690 | 0,2731 |

Raznolikost genotipova

Uz srednji broj alela po lokusu, također i srednji broj genotipova po lokusu služi za prikazivanje raznolikosti unutar, kao i između populacija. U poređenju s raznolikošću alela, mora se obratiti pažnja na to da su broj i količina mogućih genotipova veći, a time i broj mogućih klasa. To ima smisla ako se radi o rijetkim genotipovima (alelima). S

obzirom na to da je broj realiziranih genotipova u jednoj populaciji stvarno veći od broja alela, to se pri ocjeni genotipske raznolikosti u odnosu na alelnu raznolikost javlja veći broj grešaka (Gregorius, 1980, 1983; Hattemer i sur. 1982).

U ovom istraživanju vrijednosti prosječnog broja genotipova po provenijenciji (tablica 92) su iznosile od 2,79 kod provenijencije Olovo do 4,00 kod provenijencije Drvar. Najveći prosječan broj genotipova po lokusu ima lokus AAP-A sa 7,85, a najmanji 6PGDH-B s 1,80.



Slika 83. Posavska šuma hrasta lužnjaka i graba kod Bosanskog Broda

Tablica 91. Broj alela po provenijenciji i lokusu

| Provenijencija | Genski lokus | | | | | | |
|----------------|--------------|--------|-------|-------|-------|---------|---------|
| | FEST-A | FEST-C | ADH-A | AAP-A | PGM-B | 6PGDH-A | 6PGDH-B |
| Bijeljina | 2,00 | 2,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 2,00 | 2,00 |
| Bos. Dubica | 2,00 | 3,00 | 1,00 | 4,00 | 2,00 | 2,00 | 1,00 |
| Bos. Gradiška | 2,00 | 2,00 | 4,00 | 4,00 | 2,00 | 1,00 | 2,00 |
| Bos. Brod | 3,00 | 3,00 | 4,00 | 4,00 | 5,00 | 3,00 | 2,00 |
| Bos. Grahovo | 3,00 | 2,00 | 3,00 | 4,00 | 3,00 | 3,00 | 1,00 |
| Bugojno | 1,00 | 2,00 | 3,00 | 4,00 | 4,00 | 1,00 | 2,00 |
| Drvar | 3,00 | 3,00 | 4,00 | 4,00 | 3,00 | 2,00 | 2,00 |
| Hrgovi Sreb. | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 4,00 | 4,00 | 2,00 | 2,00 |
| Jelah | 2,00 | 2,00 | 3,00 | 4,00 | 3,00 | 2,00 | 1,00 |
| Kačuni | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 4,00 | 2,00 | 2,00 | 3,00 |
| Ključ | 2,00 | 2,00 | 3,00 | 4,00 | 3,00 | 2,00 | 2,00 |
| Kotor Varoš | 2,00 | 1,00 | 4,00 | 4,00 | 2,00 | 1,00 | 1,00 |
| Miljevina | 3,00 | 2,00 | 3,00 | 4,00 | 3,00 | 2,00 | 1,00 |
| Mrkonjić Grad | 2,00 | 1,00 | 4,00 | 4,00 | 3,00 | 3,00 | 1,00 |
| Mutnica | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 4,00 | 3,00 | 2,00 | 1,00 |
| Olovo | 2,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 4,00 | 2,00 | 2,00 |
| Sokolac | 3,00 | 3,00 | 4,00 | 4,00 | 3,00 | 2,00 | 2,00 |
| Stojčevac | 3,00 | 1,00 | 3,00 | 4,00 | 3,00 | 1,00 | 1,00 |
| Žepče | 3,00 | 3,00 | 2,00 | 4,00 | 3,00 | 1,00 | 2,00 |
| Živinice | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 4,00 | 2,00 | 2,00 | 3,00 |
| Prosjeak | 2,45 | 2,30 | 3,15 | 3,95 | 3,05 | 1,90 | 1,75 |

Tablica 92. Broj genotipova po provenijenciji i lokusu

| Provenijencija | Genski lokus | | | | | | |
|----------------|--------------|--------|-------|-------|-------|---------|---------|
| | FEST-A | FEST-C | ADH-A | AAP-A | PGM-B | 6PGDH-A | 6PGDH-B |
| Bijeljina | 3,00 | 2,00 | 4,00 | 8,00 | 7,00 | 2,00 | 2,00 |
| Bos. Dubica | 3,00 | 3,00 | 1,00 | 7,00 | 3,00 | 2,00 | 1,00 |
| Bos. Gradiška | 2,00 | 2,00 | 4,00 | 8,00 | 3,00 | 1,00 | 2,00 |
| Bos. Brod | 3,00 | 3,00 | 4,00 | 9,00 | 7,00 | 3,00 | 2,00 |
| Bos. Grahovo | 4,00 | 3,00 | 3,00 | 8,00 | 4,00 | 3,00 | 1,00 |
| Bugojno | 1,00 | 2,00 | 3,00 | 8,00 | 7,00 | 1,00 | 2,00 |
| Drvar | 3,00 | 3,00 | 5,00 | 9,00 | 4,00 | 2,00 | 2,00 |
| Hrgovi Srebr. | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 8,00 | 7,00 | 2,00 | 2,00 |
| Jelah | 3,00 | 2,00 | 3,00 | 9,00 | 4,00 | 2,00 | 1,00 |
| Kačuni | 3,00 | 3,00 | 4,00 | 9,00 | 3,00 | 2,00 | 3,00 |
| Ključ | 2,00 | 2,00 | 3,00 | 9,00 | 4,00 | 2,00 | 2,00 |
| Kotor Varoš | 3,00 | 1,00 | 4,00 | 6,00 | 3,00 | 1,00 | 1,00 |
| Miljevina | 4,00 | 2,00 | 3,00 | 10,00 | 5,00 | 2,00 | 1,00 |
| Mrkonjić Grad | 2,00 | 1,00 | 4,00 | 8,00 | 5,00 | 3,00 | 1,00 |
| Mutnica | 3,00 | 2,00 | 2,00 | 7,00 | 4,00 | 2,00 | 1,00 |
| Olovo | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 4,00 | 5,00 | 2,00 | 2,00 |
| Sokolac | 4,00 | 3,00 | 4,00 | 8,00 | 4,00 | 2,00 | 2,00 |
| Stojčevac | 3,00 | 1,00 | 3,00 | 7,00 | 4,00 | 1,00 | 1,00 |
| Žepče | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 7,00 | 4,00 | 1,00 | 2,00 |
| Živinice | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 8,00 | 3,00 | 2,00 | 4,00 |
| Prosjeak | 2,90 | 2,35 | 3,30 | 7,85 | 4,50 | 1,90 | 1,80 |

| US | | | | | | | Ukupan broj alela | Prosjek |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|-------------|
| IDH-A | IDH-B | IDH-C | PGI-B | GOT-B | MNR-A | SDH-A | | |
| 4,00 | 3,00 | 3,00 | 1,00 | 3,00 | 5,00 | 2,00 | 41,00 | 2,93 |
| 4,00 | 2,00 | 3,00 | 2,00 | 3,00 | 2,00 | 2,00 | 33,00 | 2,36 |
| 5,00 | 2,00 | 3,00 | 2,00 | 3,00 | 4,00 | 3,00 | 39,00 | 2,79 |
| 4,00 | 2,00 | 3,00 | 2,00 | 2,00 | 6,00 | 1,00 | 44,00 | 3,14 |
| 3,00 | 2,00 | 3,00 | 1,00 | 2,00 | 2,00 | 1,00 | 33,00 | 2,36 |
| 4,00 | 2,00 | 3,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 34,00 | 2,43 |
| 4,00 | 2,00 | 4,00 | 1,00 | 4,00 | 5,00 | 2,00 | 43,00 | 3,07 |
| 4,00 | 2,00 | 2,00 | 1,00 | 4,00 | 3,00 | 2,00 | 39,00 | 2,79 |
| 4,00 | 2,00 | 3,00 | 2,00 | 2,00 | 4,00 | 3,00 | 37,00 | 2,64 |
| 4,00 | 2,00 | 3,00 | 2,00 | 3,00 | 3,00 | 2,00 | 39,00 | 2,79 |
| 4,00 | 2,00 | 4,00 | 2,00 | 4,00 | 4,00 | 2,00 | 40,00 | 2,86 |
| 4,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 3,00 | 3,00 | 2,00 | 33,00 | 2,36 |
| 4,00 | 2,00 | 3,00 | 5,00 | 3,00 | 5,00 | 3,00 | 43,00 | 3,07 |
| 4,00 | 2,00 | 3,00 | 2,00 | 3,00 | 5,00 | 1,00 | 38,00 | 2,71 |
| 4,00 | 2,00 | 5,00 | 3,00 | 2,00 | 5,00 | 2,00 | 39,00 | 2,79 |
| 4,00 | 2,00 | 2,00 | 1,00 | 1,00 | 2,00 | 2,00 | 33,00 | 2,36 |
| 4,00 | 2,00 | 2,00 | 3,00 | 2,00 | 3,00 | 2,00 | 39,00 | 2,79 |
| 3,00 | 2,00 | 3,00 | 2,00 | 3,00 | 2,00 | 2,00 | 33,00 | 2,36 |
| 4,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 3,00 | 3,00 | 2,00 | 36,00 | 2,57 |
| 4,00 | 2,00 | 2,00 | 3,00 | 2,00 | 4,00 | 2,00 | 39,00 | 2,79 |
| 3,95 | 2,05 | 2,90 | 2,10 | 2,70 | 3,60 | 2,00 | 755,00 | 2,70 |

| S | | | | | | | Ukupan broj genotipova | Prosjek |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------------------|-------------|
| IDH-A | IDH-B | IDH-C | PGI-B | GOT-B | MNR-A | SDH-A | | |
| 5,00 | 4,00 | 4,00 | 1,00 | 3,00 | 6,00 | 2,00 | 53,00 | 3,79 |
| 4,00 | 3,00 | 4,00 | 2,00 | 3,00 | 2,00 | 2,00 | 40,00 | 2,86 |
| 5,00 | 3,00 | 3,00 | 2,00 | 3,00 | 4,00 | 3,00 | 45,00 | 3,21 |
| 5,00 | 3,00 | 4,00 | 2,00 | 2,00 | 6,00 | 1,00 | 54,00 | 3,86 |
| 3,00 | 2,00 | 3,00 | 1,00 | 2,00 | 3,00 | 1,00 | 41,00 | 2,93 |
| 7,00 | 3,00 | 4,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 46,00 | 3,29 |
| 4,00 | 3,00 | 5,00 | 1,00 | 6,00 | 7,00 | 2,00 | 56,00 | 4,00 |
| 6,00 | 3,00 | 3,00 | 1,00 | 4,00 | 4,00 | 2,00 | 51,00 | 3,64 |
| 5,00 | 3,00 | 5,00 | 2,00 | 2,00 | 5,00 | 4,00 | 50,00 | 3,57 |
| 6,00 | 3,00 | 4,00 | 2,00 | 3,00 | 4,00 | 2,00 | 51,00 | 3,64 |
| 6,00 | 3,00 | 4,00 | 3,00 | 4,00 | 4,00 | 2,00 | 50,00 | 3,57 |
| 7,00 | 3,00 | 2,00 | 2,00 | 3,00 | 3,00 | 2,00 | 41,00 | 2,93 |
| 4,00 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 3,00 | 5,00 | 3,00 | 55,00 | 3,93 |
| 4,00 | 3,00 | 4,00 | 2,00 | 3,00 | 7,00 | 1,00 | 48,00 | 3,43 |
| 5,00 | 3,00 | 5,00 | 3,00 | 2,00 | 5,00 | 2,00 | 46,00 | 3,29 |
| 4,00 | 3,00 | 3,00 | 1,00 | 1,00 | 3,00 | 2,00 | 39,00 | 2,79 |
| 6,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 2,00 | 3,00 | 2,00 | 49,00 | 3,50 |
| 3,00 | 3,00 | 4,00 | 3,00 | 3,00 | 2,00 | 2,00 | 40,00 | 2,86 |
| 6,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 3,00 | 3,00 | 2,00 | 43,00 | 3,07 |
| 6,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 2,00 | 4,00 | 3,00 | 50,00 | 3,57 |
| 5,05 | 2,95 | 3,70 | 2,25 | 2,80 | 4,10 | 2,10 | 948,00 | 3,40 |

Heterozigotna raznolikost

Heterozigotnost je vrlo važno mjerilo raznolikosti u populaciji i označava broj heterozigota u populaciji. Prema Borojević (1986), heterozigotnost populacije izračuna se tako što se prvo odredi frekvencija heterozigotnih individua na svakom lokusu, a zatim se izračuna prosjek za sve lokuse.

Stvarna heterozigotnost

Postojeće razlike između stvarne i teoretske heterozigotnosti pokazuju odstupanje stvarnog stanja od stanja ravnoteže. Kako je vidljivo u tablici 93, najveću vrijednost stvarne heterozigotnosti pokazuje provenijencija Olovo s 0,2907, a najmanju Bosanska Dubica s 0,1571. Ove vrijednosti su veće od onih koje je utvrdio Yakovlev (2000) u istraživanju populacija hrasta lužnjaka u središnjem dijelu Rusije uz rijeku Volgu gdje je najveću prosječnu vrijednost stvarne heterozigotnosti imala populacija Volzhsk Plakor s $0,178 \pm 0,051$, a najmanju populacija Jantikovo s $0,099 \pm 0,043$.

Stvarna heterozigotnost veća je od očekivane za osam provenijencija, i to: Bosanski Brod, Hrgovi Srebrenik, Jelah, Kaćuni, Kotor Varoš, Olovo, Stojčevac i Žepče. Populacija Bosanski Brod je otvorena prema posavskim populacijama u Hrvatskoj, populacije Hrgovi Srebrenik, Jelah i Kotor Varoš su još uvijek dobre strukture i relativno velike u odnosu na ostale populacije u Bosni i Hercegovini, kao i Kaćuni i Žepče. Populacije Olovo i Stojčevac su male i izolirane te se veća vrijednost stvarne heterozigotnosti od očekivane može pripisati jedino tome da su kroz vremenske periode uspjele sačuvati dobru genetsku strukturu.

U istraživanju Ballian i sur. (2010) uz primjenu SSR markera, svih dvanaest analiziranih populacija imalo je stvarnu heterozigotnost manju od očekivane, što je objašnjeno veličinom populacija i stanjem svih prirodnih populacija hrasta lužnjaka u Bosni i Hercegovini.

Od 14 gen lokusa, za njih devet je prosječna stvarna heterozigotnost za sve provenijencije veća od očekivane, i to: FEST-C, ADH-A, 6PGDH-A, 6PGDH-B, IDH-A, IDH-B, PGI-B, GOT-B i SDH-A. Najveću vrijednost prosječne stvarne heterozigotnosti za provenijencije ima lokus AAP-A s 0,5897, s apsolutno najvećom heterozigotnošću kod provenijencije Stojčevac koja iznosi 0,8200.

Vrijednost prosječne stvarne heterozigotnosti kod monomorfnih alela jednaka je nuli (nema heterozigotnosti), što je zabilježeno na lokusu 6PGDH-B na osam provenijencija (Bosanska Dubica, Bosansko Grahovo, Jelah, Kotor Varoš, Miljevina, Mrkonjić Grad, Mutnica i Stojčevac). Ovaj lokus ima i najmanju prosječnu vrijednost stvarne heterozigotnosti koja iznosi 0,0560.

Stvarna heterozigotnost manja je od one koju su utvrdili Crăciunesc i sur. (2011) u prirodnom rezervatu Prejmer za genski lokus PGI-B, (koja je iznosila 0,125), GOT-B, (koja je iznosila 0,156) i SDH-A (0,094), a veća od utvrđene za PGM-B (koja je iznosila 0,344), 6PGDH-B (0,031), IDH-B (0,281) i MNR-A (0,094). Ukupna srednja vrijednost stvarne heterozigotnosti nešto je veća od one koju su utvrdili Crăciunesc i sur. (2011) za dvanaest analiziranih gen-lokusa (GOT-B, IDH-B, PGM-B, PGI-B, 6PGDH-B, MNR-A, GDH-A, LAP-B, FDH-A, SDH-A, ACO-A, MDH-B) i koja je iznosila 0,229.

U istraživanju Gömöry i sur. (2001) stvarna heterozigotnost populacija hrasta lužnjaka iz Rusije bila je $0,161 \pm 0,053$, populacija iz Slovačke $0,122 \pm 0,051$, a iz Bugarske $0,179 \pm 0,072$, što je posljedica daleke migracije ove vrste sa zapada ka istoku.

Teorijska (očekivana) heterozigotnost

Teorijske heterozigotnosti ponašaju se u skladu sa stvarnim, s tim što su u nekim gen lokusima veće od stvarnih i obrnuto. Prisutne razlike pokazuju odstupanje stvarnog stanja od stanja ravnoteže.

U tablici 93 vidimo da je najveću očekivanu srednju heterozigotnost za sve gen lokuse imala provenijencija Jelah, 0,2804, a najmanju Stojčevac, 0,1867, što su, kao i za stvarnu srednju heterozigotnost, vrijednosti veće od onih koje je utvrdio Yakovlev (2000) i koje su iznosile od $0,119 \pm 0,052$ za populaciju Yantikovo, do $0,184 \pm 0,045$ za populaciju Korta Plakor.

Kao i za stvarnu, najveću prosječnu vrijednost očekivane heterozigotnosti za sve provenijencije pokazuje lokus AAP-A, 0,6506 (s najvećom vrijednošću 0,7241 za provenijenciju Ključ), a najmanju prosječnu vrijednost za sve provenijencije lokus 6PGDH-B, s vrijednošću 0,0539.

Teorijska heterozigotnost manja je od one koju su utvrdili Crăciunesc i sur. (2011) u prirodnom rezervatu Prejmer za genske lokuse PGI-B (očekivana heterozigotnost iznosila je 0,119), GOT-B

(0,148), SDH-A (0,148), PGM-B (0,509) i IDH-B (0,488), a veća od utvrđene za 6PGDH-B (0,031) i MNR-A 0,091. Ukupna srednja vrijednost očekivane heterozigotnosti nešto je manja od one koju su utvrdili Crăciunesc i sur. (2011) za dvanaest analiziranih gen-lokusa (GOT-B, IDH-B, PGM-B, PGI-B, 6PGDH-B, MNR-A, GDH-A, LAP-B, FDH-A, SDH-A, ACO-A, MDH-B) i koja je iznosila 0,284.

U istraživanju Gömöry i sur. (2001) očekivana heterozigotnost populacija hrasta lužnjaka iz Rusije bila je $0,163 \pm 0,053$, iz Slovačke $0,136 \pm 0,060$, a iz Bugarske $0,166 \pm 0,066$.

Analizirali smo također i koji od korištenih genskih lokusa u ovom istraživanju najviše doprinosi heterozigotnosti.

Analizom srednje stvarne heterozigotnosti prema genskim lokusima (slika 84) možemo primijetiti da gen lokus AAP-A najviše doprinosi srednjoj heterozigotnosti, a za njim slijede lokusi IDH-B i PGM-B. S obzirom na veliki utjecaj ovih lokusa na heterozigotnost, oni bi mogli biti interesantni za procjenu stupnja otpornosti naših populacija.

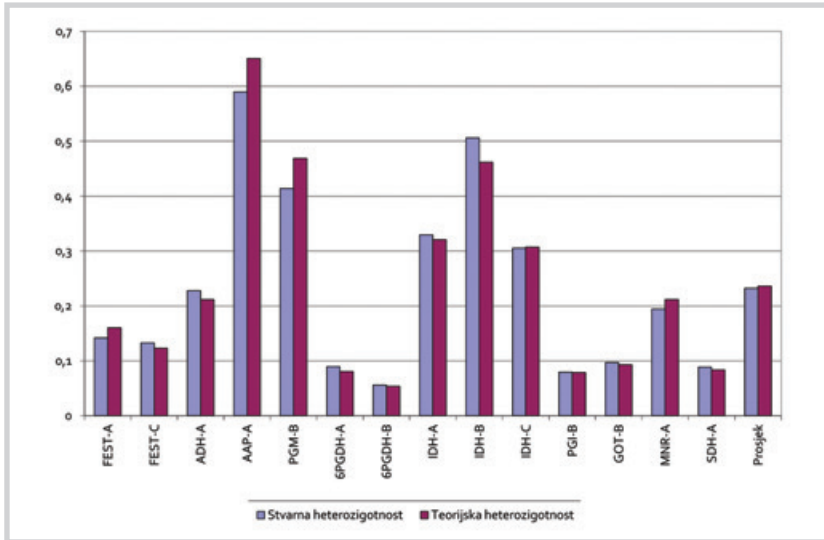
Karakteristika nekih genskih lokusa, odnosno njihovih alela, je da je stvarna heterozigotnost manja od očekivane, što ukazuje na prisutnost određenih križanja u srodstvu te kasnije veće vrijednosti koeficijenta inbridinga u određenim provenijencijama na tim genskim lokusima. Prosječna heterozigotnost za cijelu populaciju značajnija je od heterozigotnosti genskih lokusa.

Interesantno je da u malojoj, izoliranoj populaciji Olovo, kod koje je bila očekivana mala stvarna heterozigotnost, imamo njenu najveću vrijednost, uz to znatno veću od očekivane, kako vidimo na slici 85. To znači da je populacija Olovo uspjela sačuvati dobru genetsku strukturu. S druge strane, u populaciji Bosanska Dubica, koja je bliže posavskim populacijama, imamo nisku vrijednost stvarne heterozigotnosti i dosta nižu od očekivane.

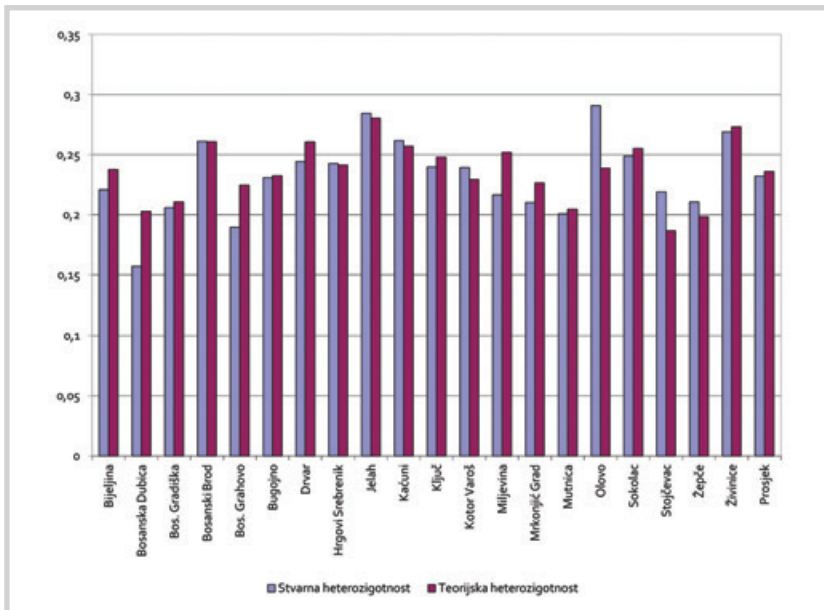
Među populacijama iz različitih ekoloških niša postoje razlike na temelju heterozigotnosti, odnosno razlike u ekologiji staništa uvjetuju diferenciranje među populacijama, a te razlike se mogu registrirati pomoću izoenzimskih markera.

Pomoću analize izoenzimskog stupnja heterozigotnosti vidljivo je da su prisutne razlike između istraživanih populacija, a posebno između malih antropogeno izmijenjenih i velikih populacija.

Utvrđeno je da gen lokusi AAP-A, IDH-B i PGM-B najviše utječu na vrijednost srednje stvarne heterozigotnosti.



Slika 84. Stvarna i očekivana heterozigotnost prema istraženim genskim lokusima



Slika 85. Stvarna i očekivana heterozigotnost prema provenijencijama za sve gen lokuse

Tablica 93. Stvarna heterozigotnost (H_s) prema genskim lokusima

| Provenijencija | Genski lokusi | | | | | | |
|--------------------|---------------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| | FEST-A | FEST-C | ADH-A | AAP-A | PGM-B | 6PGDH-A | 6PGDH-B |
| Bijeljina | 0,1250 | 0,0612 | 0,2245 | 0,5800 | 0,5200 | 0,1200 | 0,0200 |
| Bos. Dubica | 0,1000 | 0,1000 | - | 0,4130 | 0,0909 | 0,1000 | - |
| Bos. Gradiška | 0,0204 | 0,1042 | 0,2857 | 0,6136 | 0,2600 | - | 0,0400 |
| Bos. Brod | 0,0851 | 0,1600 | 0,4255 | 0,5400 | 0,6600 | 0,1837 | 0,0200 |
| Bos. Grahovo | 0,0625 | 0,5106 | 0,1600 | 0,7083 | 0,3000 | 0,1000 | - |
| Bugojno | - | 0,2449 | 0,3846 | 0,5306 | 0,6250 | - | 0,0400 |
| Drvar | 0,3200 | 0,1200 | 0,3400 | 0,5800 | 0,5200 | 0,0400 | 0,0400 |
| Hrgovi Srebr. | 0,0800 | 0,0800 | 0,3469 | 0,6800 | 0,4400 | 0,1200 | 0,1000 |
| Jelah | 0,0600 | 0,0800 | 0,3400 | 0,6000 | 0,3000 | 0,4000 | - |
| Kačuni | 0,1200 | 0,2083 | 0,1020 | 0,6939 | 0,5600 | 0,0400 | 0,3200 |
| Ključ | 0,0200 | 0,1020 | 0,1224 | 0,6327 | 0,3673 | 0,0200 | 0,0200 |
| Kotor Varoš | 0,3400 | - | 0,2292 | 0,5200 | 0,0600 | - | - |
| Miljevina | 0,1364 | 0,2045 | 0,2381 | 0,5238 | 0,2653 | 0,0200 | - |
| Mrkonjić Gr. | 0,1429 | - | 0,1200 | 0,5000 | 0,5400 | 0,1200 | - |
| Mutnica | 0,3400 | 0,0800 | 0,0612 | 0,5200 | 0,4082 | 0,1200 | - |
| Olovo | 0,3750 | 0,0600 | 0,0612 | 0,6327 | 0,4800 | 0,0204 | 0,1800 |
| Sokolac | 0,1667 | 0,1400 | 0,2292 | 0,5957 | 0,5400 | 0,2400 | 0,0200 |
| Stojčevac | 0,1000 | - | 0,3061 | 0,8200 | 0,5200 | - | - |
| Žepče | 0,1400 | 0,2000 | 0,3333 | 0,5800 | 0,2857 | - | 0,0800 |
| Živinice | 0,1000 | 0,2000 | 0,2449 | 0,5306 | 0,5306 | 0,1400 | 0,2400 |
| H_s za g. lokuse | 0,1417 | 0,1328 | 0,2277 | 0,5897 | 0,4137 | 0,0892 | 0,0560 |

Tablica 94. Teorijska (očekivana) heterozigotnost (H_T) prema genskim lokusima

| Provenijencija | Genski lokusi | | | | | | |
|--------------------|---------------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| | FEST-A | FEST-C | ADH-A | AAP-A | PGM-B | 6PGDH-A | 6PGDH-B |
| Bijeljina | 0,1528 | 0,0594 | 0,2230 | 0,6766 | 0,5434 | 0,1128 | 0,0198 |
| Bos. Dubica | 0,2550 | 0,0958 | - | 0,6042 | 0,4339 | 0,0950 | - |
| Bos. Gradiška | 0,0202 | 0,0987 | 0,2572 | 0,6439 | 0,4278 | - | 0,0392 |
| Bos. Brod | 0,1213 | 0,1486 | 0,3470 | 0,6898 | 0,6092 | 0,1685 | 0,0198 |
| Bos. Grahovo | 0,0996 | 0,4726 | 0,1496 | 0,6734 | 0,5086 | 0,0962 | - |
| Bugojno | - | 0,2149 | 0,3271 | 0,6529 | 0,5844 | - | 0,0392 |
| Drvar | 0,2814 | 0,1146 | 0,3226 | 0,6990 | 0,5032 | 0,0392 | 0,0392 |
| Hrgovi Srebr. | 0,0774 | 0,0776 | 0,3034 | 0,6830 | 0,5256 | 0,1128 | 0,0950 |
| Jelah | 0,0950 | 0,0768 | 0,2882 | 0,6610 | 0,4174 | 0,3200 | - |
| Kačuni | 0,1138 | 0,1901 | 0,1339 | 0,7099 | 0,4992 | 0,0392 | 0,2744 |
| Ključ | 0,0198 | 0,0968 | 0,1166 | 0,7241 | 0,5175 | 0,0198 | 0,0198 |
| Kotor Varoš | 0,3318 | - | 0,2112 | 0,5530 | 0,0950 | - | - |
| Miljevina | 0,2069 | 0,1836 | 0,2143 | 0,7132 | 0,4042 | 0,0198 | - |
| Mrkonjić Gr. | 0,1327 | - | 0,1146 | 0,6727 | 0,5538 | 0,1138 | - |
| Mutnica | 0,3318 | 0,0768 | 0,0594 | 0,6262 | 0,5037 | 0,1128 | - |
| Olovo | 0,3533 | 0,0586 | 0,0598 | 0,4654 | 0,4858 | 0,0202 | 0,1638 |
| Sokolac | 0,2897 | 0,1326 | 0,2276 | 0,6978 | 0,4678 | 0,2112 | 0,0198 |
| Stojčevac | 0,0962 | - | 0,2705 | 0,6164 | 0,5176 | - | - |
| Žepče | 0,1322 | 0,1818 | 0,3866 | 0,5842 | 0,2763 | - | 0,0768 |
| Živinice | 0,0958 | 0,1818 | 0,2191 | 0,6658 | 0,4948 | 0,1302 | 0,2718 |
| H_T za g. lokuse | 0,1603 | 0,1231 | 0,2116 | 0,6506 | 0,4685 | 0,0806 | 0,0539 |

| okus | | | | | | | H ₅ za provenijencije |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------------------------|
| IDH-A | IDH-B | IDH-C | PGI-B | GOT-B | MNR-A | SDH-A | |
| 0,3200 | 0,4000 | 0,4200 | - | 0,0600 | 0,1800 | 0,0600 | 0,2208 |
| 0,4490 | 0,4600 | 0,3265 | 0,0200 | 0,0600 | 0,0600 | 0,0200 | 0,1571 |
| 0,3556 | 0,4400 | 0,3400 | 0,0600 | 0,1224 | 0,2000 | 0,0400 | 0,2059 |
| 0,4200 | 0,5000 | 0,4000 | 0,0200 | 0,0612 | 0,1800 | - | 0,2611 |
| 0,0800 | 0,2200 | 0,2600 | - | 0,1489 | 0,1042 | - | 0,1896 |
| 0,3478 | 0,5200 | 0,2400 | 0,1000 | 0,1600 | 0,0200 | 0,0200 | 0,2309 |
| 0,3000 | 0,5200 | 0,2000 | - | 0,2000 | 0,2400 | - | 0,2443 |
| 0,2800 | 0,5800 | 0,1600 | - | 0,1000 | 0,1600 | 0,2708 | 0,2427 |
| 0,5200 | 0,5400 | 0,3600 | 0,0600 | 0,0200 | 0,1000 | 0,6000 | 0,2843 |
| 0,4000 | 0,5000 | 0,1800 | 0,1400 | 0,0400 | 0,2800 | 0,0800 | 0,2617 |
| 0,2800 | 0,5714 | 0,5400 | 0,2000 | 0,1000 | 0,3000 | 0,0800 | 0,2397 |
| 0,4400 | 0,4600 | 0,1600 | 0,3000 | 0,3600 | 0,4600 | 0,0200 | 0,2392 |
| 0,3830 | 0,4200 | 0,2449 | 0,2653 | 0,1667 | 0,1224 | 0,0400 | 0,2165 |
| 0,2400 | 0,4800 | 0,4600 | 0,1000 | 0,0400 | 0,2000 | - | 0,2102 |
| 0,2653 | 0,5714 | 0,2245 | 0,0600 | 0,0400 | 0,1000 | 0,0204 | 0,2008 |
| 0,1800 | 0,6600 | 0,4800 | - | - | 0,7400 | 0,2000 | 0,2907 |
| 0,5106 | 0,4000 | 0,2222 | 0,1200 | 0,0200 | 0,1800 | 0,1000 | 0,2489 |
| 0,1400 | 0,6400 | 0,3800 | 0,0600 | 0,0600 | 0,0200 | 0,0200 | 0,2190 |
| 0,3542 | 0,6327 | 0,1224 | 0,0200 | 0,0800 | 0,0800 | 0,0400 | 0,2106 |
| 0,3200 | 0,6000 | 0,3800 | 0,0600 | 0,1000 | 0,1600 | 0,1600 | 0,2690 |
| 0,3293 | 0,5058 | 0,3050 | 0,0793 | 0,0970 | 0,1943 | 0,0886 | 0,2322 |

| usi | | | | | | | H _T za provenijencije |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------------------------|
| IDH-A | IDH-B | IDH-C | PGI-B | GOT-B | MNR-A | SDH-A | |
| 0,2990 | 0,4954 | 0,4226 | - | 0,0586 | 0,2036 | 0,0582 | 0,2375 |
| 0,3667 | 0,4902 | 0,3424 | 0,0198 | 0,0586 | 0,0582 | 0,0198 | 0,2028 |
| 0,3143 | 0,4608 | 0,2882 | 0,0582 | 0,1160 | 0,1858 | 0,0394 | 0,2107 |
| 0,3680 | 0,4998 | 0,4312 | 0,0198 | 0,0594 | 0,1690 | - | 0,2608 |
| 0,0776 | 0,1958 | 0,2334 | - | 0,1378 | 0,4998 | - | 0,2246 |
| 0,4067 | 0,4992 | 0,2474 | 0,0950 | 0,1472 | 0,0198 | 0,0198 | 0,2324 |
| 0,2674 | 0,4800 | 0,2182 | - | 0,2350 | 0,4084 | 0,0392 | 0,2605 |
| 0,3150 | 0,4662 | 0,2112 | - | 0,0966 | 0,1818 | 0,2342 | 0,2414 |
| 0,4516 | 0,4950 | 0,4602 | 0,0582 | 0,0198 | 0,1332 | 0,4486 | 0,2804 |
| 0,4566 | 0,4550 | 0,2018 | 0,1302 | 0,0394 | 0,2766 | 0,0768 | 0,2569 |
| 0,3734 | 0,4981 | 0,4356 | 0,2112 | 0,0964 | 0,2646 | 0,0768 | 0,2479 |
| 0,4346 | 0,4950 | 0,1472 | 0,2550 | 0,3106 | 0,3586 | 0,0198 | 0,2294 |
| 0,3253 | 0,4550 | 0,3734 | 0,2820 | 0,1543 | 0,1547 | 0,0394 | 0,2519 |
| 0,2170 | 0,4992 | 0,4174 | 0,0950 | 0,0394 | 0,3138 | - | 0,2264 |
| 0,2566 | 0,4748 | 0,2070 | 0,0586 | 0,0392 | 0,0968 | 0,0202 | 0,2046 |
| 0,1684 | 0,4902 | 0,4032 | - | - | 0,4950 | 0,1800 | 0,2388 |
| 0,4760 | 0,4200 | 0,2311 | 0,1146 | 0,0198 | 0,1678 | 0,0950 | 0,2551 |
| 0,1314 | 0,4488 | 0,3394 | 0,0950 | 0,0586 | 0,0198 | 0,0198 | 0,1867 |
| 0,3774 | 0,4325 | 0,1150 | 0,0198 | 0,0774 | 0,0774 | 0,0392 | 0,1983 |
| 0,3278 | 0,4800 | 0,4118 | 0,0586 | 0,0950 | 0,1498 | 0,2408 | 0,2731 |
| 0,3205 | 0,4616 | 0,3069 | 0,0786 | 0,0930 | 0,2117 | 0,0834 | 0,2360 |

Fiksacijski indeks

Fiksacijski indeks (F) omogućava nam da ustanovimo postojanje inbridinga u populacijama i to na način da negativne vrijednosti fiksacijskog indeksa ukazuju na odsustvo, a pozitivne na postojanje inbridinga (Bergmann i sur. 1990). Ovaj indeks označava mjeru odstupanja stvarne heterozigotnosti od očekivane Hardy-Weinbergove ravnoteže (Morgenstern 1996).

U ovom istraživanju osam od 20 provenijencija pokazuju pozitivne srednje vrijednosti fiksacijskog indeksa, što znači da je u njima prisutan inbriding. To su provenijencije: Bijeljina, Bosanska Dubica, Bosansko Grahovo, Drvar, Jelah, Miljevina, Mrkonjić Grad i Sokolac. Ako detaljnije analiziramo te pozitivne veličine, možemo primijetiti kako se najvišim srednjim pozitivnim veličinama fiksacijskog indeksa izdvajaju populacije Bosanska Dubica s 0,1019 i pozitivnim vrijednostima na pet gen lokusa, te Drvar i Miljevina. Iako populacija Bosanska Dubica pripada području Posavine, ona je mala i pod stalnim antropogenim djelovanjem, dok su populacije Drvar i Miljevina male i izolirane. U tim malim i izoliranim populacijama vladaju specifični procesi pod djelovanjem genetskog drifta, što sve upućuje na vjerojatno prisustvo inbridinga.

S obzirom da u pojedinim provenijencijama imamo pozitivne i negativne vrijednosti fiksacijskog indeksa (tablica 95) za pojedine gen lokuse, možemo reći da se svaki gen lokus ponaša neovisno o drugom.

Najnižu negativnu vrijednost fiksacijskog indeksa ima provenijencija Olovo s -0,1269 kod koje su vrijednosti za sve lokuse, osim PGM-B, negativni, odnosno niti jedan lokus, osim PGM-B, ne pokazuje postojanje inbridinga te u ovoj populaciji imamo fenomen male populacije i velike raznolikosti.

Vrijednosti fiksacijskog indeksa 0,0000 za pojedine provenijencije i gen lokuse ukazuju kako u datim provenijencijama i gen lokusima vlada uravnoteženo stanje prema Hardy-Weinbergu.

Analiziramo li veličine, vrlo je interesantno kako najveću pozitivnu veličinu fiksacijskog indeksa imamo za gen lokus SDH-A kod male i

izolirane provenijencije Drvar. Visoke vrijednosti pokazuje također gen lokus MNR-A za malu i izoliranu provenijenciju Bosansko Grahovo, a za provenijenciju Bosanska Dubica visoke vrijednosti fiksacijskog indeksa imaju gen lokusi FEST-A i PGM-B. Visoke vrijednosti fiksacijskog indeksa upućuju na prisutnost jačeg inbridinga kad se analiziraju samo ovi gen lokusi.

Pored toga, interesantne su veličine fiksacijskog indeksa za gen lokus FEST-A za provenijenciju Bugojno, FEST-C za Kotor Varoš, Mrkonjić Grad i Stojčevac, ADH-A za Bosansku Dubicu, 6PGDH-A za Bosansku Gradišku, Bugojno, Kotor Varoš, Stojčevac i Žepče, 6PGDH-B za Bosansku Dubicu, Bosansko Grahovo, Jelah, Kotor Varoš, Miljevinu, Mrkonjić Grad, Mutnicu i Stojčevac, PGI-B za Bijeljino, Bosansko Grahovo, Drvar, Hrgove Srebrenik i Olovo, GOT-B za Olovo i SDH-A za Bosanski Brod, Bosansko Grahovo i Mrkonjić Grad, s veličinom nula, što upućuje na prisutnu genetsku ravnotežu prema Hardy-Weinbergovom zakonu ako se posmatraju samo ovi gen lokusi.

Konačan rezultat je da je prosječna vrijednost indeksa pozitivna, tj. da bosanskohercegovačke populacije pokazuju nisku unutarpopulacijsku raznolikost, uz prosječnu vrijednost fiksacijskog indeksa svih populacija 0,0033, što je posljedica značajne fragmentacije hrasta lužnjaka. Kada se fiksacijski indeks analizira po lokusima vidljivo je da osam genskih lokusa pokazuje negativnu vrijednost, a šest pozitivnu.

U istraživanju koje su u Bosni i Hercegovini proveli Ballian i sur. (2010), fiksacijski indeks je imao pozitivne vrijednosti za sve populacije, dok je u istraživanju Crăciunesc i sur. (2011) u rezervatu Prejmer u Rumuniji fiksacijski indeks za PGM-B bio veći i iznosio 0,325, kao i za 6PGDH-B (-0,016), IDH-B (0,423) i SDH-A (0,366), dok je za PGI-B i GOT-B manji i iznosi -0,049 i -0,056.

U istraživanju koje je proveo Yakovlev (2000), vrijednosti fiksacijskog indeksa su se kretale od -0,104 za FEST-1 do 0,86 za MNR-1, s prosječnom vrijednošću za sve ispitivane gen lokuse (GDH-2, GOT-1, IDH-1, MDH-1, ME-1, MNR-1, PGI-1, PGI-2, SKDH-1, FEST-1) od -0,001, što ukazuje na jako mali inbriding.

Tablica 95. Fiksacijski indeks (F_i) prema genskim lokusima

| Provenijencija | Genski lokusi | | | | | | |
|-----------------------------|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | FEST-A | FEST-C | ADH-A | AAP-A | PGM-B | 6PGDH-A | 6PGDH-B |
| Bijeljina | 0,1819 | -0,0303 | -0,0067 | 0,1428 | 0,0431 | -0,0638 | -0,0101 |
| Bos. Dubica | 0,6078 | -0,0438 | 0,0000 | 0,3165 | 0,77905 | -0,0526 | 0,0000 |
| Bos. Gradiška | -0,0099 | -0,0557 | -0,1108 | 0,0471 | 0,3922 | 0,0000 | -0,0204 |
| Bos. Brod | 0,2984 | -0,0767 | -0,2262 | 0,2172 | -0,0834 | -0,0902 | -0,0101 |
| Bos. Grahovo | 0,3725 | -0,0804 | -0,0695 | -0,0518 | 0,4101 | -0,0395 | 0,0000 |
| Bugojno | 0,0000 | -0,1396 | -0,1758 | 0,1873 | -0,0695 | 0,0000 | -0,0204 |
| Drvar | -0,1372 | -0,0471 | -0,0539 | 0,1702 | -0,0334 | -0,0204 | -0,0204 |
| Hrgovi Srebr. | -0,0336 | -0,0309 | -0,1434 | 0,0044 | 0,1629 | -0,0638 | -0,0526 |
| Jelah | 0,3684 | -0,0417 | -0,1797 | 0,0923 | 0,2813 | -0,2500 | 0,0000 |
| Kačuni | -0,0545 | -0,0957 | 0,2382 | 0,0225 | -0,1218 | -0,0204 | -0,1662 |
| Ključ | -0,0101 | -0,0537 | -0,0497 | 0,1262 | 0,2902 | -0,0101 | -0,0101 |
| Kotor Varoš | -0,0247 | 0,0000 | -0,0852 | 0,0597 | 0,3684 | 0,0000 | 0,0000 |
| Miljevina | 0,3407 | -0,1138 | -0,1111 | 0,2656 | 0,3436 | -0,0101 | 0,0000 |
| Mrkonjić Gr. | -0,0769 | 0,0000 | -0,0471 | 0,2567 | 0,0249 | -0,0545 | 0,0000 |
| Mutnica | -0,0247 | -0,0417 | -0,0303 | 0,1696 | 0,1896 | -0,0638 | 0,0000 |
| Olovo | -0,0614 | -0,0239 | -0,0234 | -0,3595 | 0,0119 | -0,0099 | -0,0989 |
| Sokolac | 0,4246 | -0,0558 | -0,0070 | 0,1463 | -0,1543 | -0,1364 | -0,0101 |
| Stojčevac | -0,0395 | 0,0000 | -0,1316 | -0,3303 | -0,0046 | 0,0000 | 0,0000 |
| Žepče | -0,0590 | -0,1001 | 0,1379 | 0,0072 | -0,0340 | 0,0000 | -0,0417 |
| Živinice | -0,0438 | -0,1001 | -0,1178 | 0,2031 | -0,0724 | -0,0753 | 0,1170 |
| F _i za g. lokuse | 0,1010 | -0,0566 | -0,0597 | 0,0847 | 0,1368 | -0,0480 | -0,0181 |

Multilokusna i gen pool raznolikost

Raznolikost je kompleksno svojstvo koje grade alelna i genotipska vrijednost, a pokazatelji su multilokusna raznolikost i gen-pool raznolikost.

Multilokusna raznolikost (V_{GEN})

Najmanja multilokusna raznolikost dobivena je za provenijenciju Stojčevac i iznosi 31,6600 (tablica 96), što se moglo i pretpostaviti, s obzirom da se radi o veoma malom broju stabala na ovom području čija je genetska struktura narušena antropogenim djelovanjem, a najveća kod provenijencije Jelah koja iznosi 189,8260 i potvrđuje očuvanu genetsku strukturu ove populacije. Također, visoku vrijednost multilokusne raznolikosti pokazuju provenijencije Bosanski Brod, Drvar, Kačuni, Ključ, Kotor Varoš, ali i Miljevina, Sokolac i Živinice. Provenijencija Žepče pokazuje nisku multilokusnu raznolikost, s obzirom da se radi o relativno dobro očuvanoj sastojini.

| Geni lokus | | | | | | | F _i za provenijencije |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------------------------|
| IDH-A | IDH-B | IDH-C | PGI-B | GOT-B | MNR-A | SDH-A | |
| -0,0702 | 0,1926 | 0,0062 | 0,0000 | -0,0239 | 0,1159 | -0,0309 | 0,0319 |
| -0,2244 | 0,0616 | 0,0464 | -0,0101 | -0,0239 | -0,0309 | -0,0101 | 0,1019 |
| -0,1314 | 0,0451 | -0,1797 | -0,0309 | -0,0552 | -0,0764 | -0,0152 | -0,0144 |
| -0,1413 | -0,0004 | 0,0724 | -0,0101 | -0,0303 | -0,0651 | 0,0000 | -0,0104 |
| -0,0309 | -0,1236 | -0,1140 | 0,0000 | -0,0806 | 0,7915 | 0,0000 | 0,0703 |
| 0,1448 | -0,0417 | 0,0299 | -0,0526 | -0,0870 | -0,0101 | -0,0101 | -0,0175 |
| -0,1219 | -0,0833 | 0,0834 | 0,0000 | 0,1489 | 0,4123 | 1,0000 | 0,0927 |
| 0,1111 | -0,2441 | 0,2424 | 0,0000 | -0,0352 | 0,1199 | -0,1563 | -0,0085 |
| -0,1515 | -0,0909 | 0,2177 | -0,0309 | -0,0101 | 0,2492 | -0,3375 | 0,0090 |
| 0,1240 | -0,0989 | 0,1080 | -0,0753 | -0,0152 | -0,0123 | -0,0417 | -0,0150 |
| 0,2501 | -0,1472 | -0,2397 | 0,0530 | -0,0373 | -0,1338 | -0,0417 | -0,0010 |
| -0,0124 | 0,0707 | -0,0870 | -0,1765 | -0,1590 | -0,2828 | -0,0101 | -0,0242 |
| -0,1774 | 0,0769 | 0,3441 | 0,0592 | -0,0804 | 0,2088 | -0,0152 | 0,0808 |
| -0,1060 | 0,0385 | -0,1021 | -0,0526 | -0,0152 | 0,3627 | 0,0000 | 0,0163 |
| -0,0339 | -0,2035 | -0,0845 | -0,0239 | -0,0204 | -0,0331 | -0,0099 | -0,0150 |
| -0,0689 | -0,3464 | -0,1905 | 0,0000 | 0,0000 | -0,4949 | -0,1111 | -0,1269 |
| -0,0727 | 0,0476 | 0,0385 | -0,0471 | -0,0101 | -0,0727 | -0,0526 | 0,0027 |
| -0,0654 | -0,4260 | -0,1196 | 0,3684 | -0,0239 | -0,0101 | -0,0101 | -0,0566 |
| 0,0615 | -0,4629 | -0,0643 | -0,0101 | -0,0336 | -0,0336 | -0,0204 | -0,0467 |
| 0,0238 | -0,2500 | 0,0772 | -0,0239 | -0,0526 | -0,0681 | 0,3355 | -0,0034 |
| -0,0347 | -0,0993 | 0,0042 | -0,0032 | -0,0323 | 0,0468 | 0,0231 | 0,0032 |

Raznolikost gen-poola (V_p)

Shodno multilokusnoj, i gen-pool raznolikost je najmanja za provenijenciju Stojčevac i iznosi 1,2295, a najveća za Jelah s 1,3896 (tablica 96). Također, visoku vrijednost gen-pool raznolikosti pokazuje i provenijencija Bosanski Brod.

Unutarpopulacijska (unutarprovenijencijska) diferencijacija (δ_t)

Srednje vrijednosti provenijencijske diferencijacije i vrijednosti za gen lokuse pokazuju vrijednost različitosti u provenijencijama. U ovom istraživanju sve provenijencije imaju visoke vrijednosti unutarprovenijencijske diferencijacije, od 0,1886, koliko ima provenijencija Stojčevac, do 0,2832, koliko ima provenijencija Jelah (tablica 97).

Od gen lokusa, najveća srednja vrijednost diferencijacije utvrđena je za lokus AAP-A 0,6574, pri čemu najveću vrijednost ima provenijencija Ključ s 0,7316. Najmanja prosječna vrijednost diferencijacije utvrđena je za lokus 6PGDH-B s 0,0545.

Tablica 96. Multilokusna i gen-pool raznolikost za genske lokuse

| Provenijencija | Genski | | | | | | |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| | FEST-A | FEST-C | ADH-A | AAP-A | PGM-B | 6PGDH-A | 6PGDH-B |
| Bijeljina | 1,1803 | 1,0631 | 1,2871 | 3,0921 | 2,1901 | 1,1271 | 1,0202 |
| Bos. Dubica | 1,3423 | 1,1060 | 1,0000 | 2,5266 | 1,7664 | 1,1050 | 1,0000 |
| Bos. Gradiška | 1,0206 | 1,1096 | 1,3462 | 2,8078 | 1,7476 | 1,0000 | 1,0408 |
| Bos. Brod | 1,1381 | 1,1745 | 1,5314 | 3,2237 | 2,5589 | 1,2026 | 1,0202 |
| Bos. Grahovo | 1,1106 | 1,8961 | 1,1759 | 3,0618 | 2,0350 | 1,1064 | 1,0000 |
| Bugojno | 1,0000 | 1,2737 | 1,4861 | 2,8806 | 2,4063 | 1,0000 | 1,0408 |
| Drvar | 1,3916 | 1,1294 | 1,4762 | 3,3223 | 2,0129 | 1,0408 | 1,0408 |
| Hrgovi Srebr. | 1,0839 | 1,0841 | 1,4356 | 3,1546 | 2,1079 | 1,1271 | 1,1050 |
| Jelah | 1,1050 | 1,0832 | 1,4049 | 2,9499 | 1,7164 | 1,4706 | 1,0000 |
| Kačuni | 1,1284 | 1,2347 | 1,1546 | 3,4472 | 1,9968 | 1,0408 | 1,3782 |
| Ključ | 1,0202 | 1,1072 | 1,1320 | 3,6242 | 2,0725 | 1,0202 | 1,0202 |
| Kotor Varoš | 1,4966 | 1,0000 | 1,2677 | 2,2371 | 1,1050 | 1,0000 | 1,0000 |
| Miljevina | 1,2608 | 1,2249 | 1,2727 | 3,4862 | 1,6784 | 1,0202 | 1,0000 |
| Mrkonjić Gr. | 1,1529 | 1,0000 | 1,1294 | 3,0557 | 2,2411 | 1,1284 | 1,0000 |
| Mutnica | 1,4966 | 1,0832 | 1,0631 | 2,6752 | 2,0151 | 1,1271 | 1,0000 |
| Olovo | 1,5463 | 1,0622 | 1,0636 | 1,8707 | 1,9448 | 1,0206 | 1,1959 |
| Sokolac | 1,4079 | 1,1529 | 1,2947 | 3,3094 | 1,8790 | 1,2677 | 1,0202 |
| Stojčevac | 1,1064 | 1,0000 | 1,3708 | 2,6069 | 2,0730 | 1,0000 | 1,0000 |
| Žepče | 1,1523 | 1,2222 | 1,6303 | 2,4050 | 1,3819 | 1,0000 | 1,0832 |
| Živinice | 1,1060 | 1,2222 | 1,2805 | 2,9919 | 1,9794 | 1,1497 | 1,3732 |

Tablica 97. Unutarpopulacijska/unutarprovenijencijska diferencijacija (δ_i) za genske lokuse

| Provenijencija | Genski | | | | | | |
|-------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | FEST-A | FEST-C | ADH-A | AAP-A | PGM-B | 6PGDH-A | 6PGDH-B |
| Bijeljina | 0,1544 | 0,0600 | 0,2253 | 0,6834 | 0,5489 | 0,1139 | 0,0200 |
| Bos. Dubica | 0,2576 | 0,0968 | 0,0000 | 0,6108 | 0,4389 | 0,0960 | 0,0000 |
| Bos. Gradiška | 0,0204 | 0,0997 | 0,2599 | 0,6513 | 0,4321 | 0,0000 | 0,0396 |
| Bos. Brod | 0,1226 | 0,1501 | 0,3507 | 0,6968 | 0,6154 | 0,1702 | 0,0200 |
| Bos. Grahovo | 0,1006 | 0,4777 | 0,1511 | 0,6805 | 0,5137 | 0,0972 | 0,0000 |
| Bugojno | 0,0000 | 0,2171 | 0,3313 | 0,6596 | 0,5906 | 0,0000 | 0,0396 |
| Drvar | 0,2842 | 0,1158 | 0,3259 | 0,7061 | 0,5083 | 0,0396 | 0,0396 |
| Hrgovi Srebr. | 0,0782 | 0,0784 | 0,3065 | 0,6899 | 0,5309 | 0,1139 | 0,0960 |
| Jelah | 0,0960 | 0,0776 | 0,2911 | 0,6677 | 0,4216 | 0,3232 | 0,0000 |
| Kačuni | 0,1149 | 0,1921 | 0,1353 | 0,7172 | 0,5042 | 0,0396 | 0,2772 |
| Ključ | 0,0200 | 0,0978 | 0,1178 | 0,7316 | 0,5228 | 0,0200 | 0,0200 |
| Kotor Varoš | 0,3352 | 0,0000 | 0,2134 | 0,5586 | 0,0960 | 0,0000 | 0,0000 |
| Miljevina | 0,2093 | 0,1857 | 0,2169 | 0,7218 | 0,4084 | 0,0200 | 0,0000 |
| Mrkonjić Gr. | 0,1429 | 0,0000 | 0,1158 | 0,6798 | 0,5594 | 0,1149 | 0,0000 |
| Mutnica | 0,3352 | 0,0776 | 0,0600 | 0,6325 | 0,5089 | 0,1139 | 0,0000 |
| Olovo | 0,3570 | 0,0592 | 0,0604 | 0,4702 | 0,4907 | 0,0204 | 0,1655 |
| Sokolac | 0,2927 | 0,1339 | 0,2300 | 0,7053 | 0,4725 | 0,2133 | 0,0200 |
| Stojčevac | 0,0972 | 0,0000 | 0,2733 | 0,6226 | 0,5228 | 0,0000 | 0,0000 |
| Žepče | 0,1335 | 0,1836 | 0,3960 | 0,5901 | 0,2791 | 0,0000 | 0,0776 |
| Živinice | 0,0968 | 0,1836 | 0,2214 | 0,6727 | 0,4999 | 0,1315 | 0,2745 |
| δ_i za g. lokuse | 0,1624 | 0,1243 | 0,2141 | 0,6574 | 0,4733 | 0,0814 | 0,0545 |

| lokus | | | | | | | V _{GEN} | V _P |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------------|----------------|
| IDH-A | IDH-B | IDH-C | PGI-B | GOT-B | MNR-A | SDH-A | | |
| 1,4265 | 1,9818 | 1,7319 | 1,0000 | 1,0622 | 1,2557 | 1,0618 | 87,2090 | 1,3115 |
| 1,5791 | 1,9616 | 1,5206 | 1,0202 | 1,0622 | 1,0618 | 1,0202 | 40,4810 | 1,2544 |
| 1,4584 | 1,8546 | 1,4049 | 1,0618 | 1,1312 | 1,2282 | 1,0410 | 45,4360 | 1,2669 |
| 1,5823 | 1,9992 | 1,7581 | 1,0202 | 1,0631 | 1,2034 | 1,0000 | 150,3800 | 1,3528 |
| 1,0841 | 1,2435 | 1,3045 | 1,0000 | 1,1599 | 1,9991 | 1,0000 | 69,6070 | 1,2897 |
| 1,6854 | 1,9968 | 1,3287 | 1,1050 | 1,1726 | 1,0202 | 1,0202 | 82,3480 | 1,3028 |
| 1,3650 | 1,9231 | 1,2791 | 1,0000 | 1,3072 | 1,6903 | 1,0408 | 129,7820 | 1,3523 |
| 1,4599 | 1,8734 | 1,2677 | 1,0000 | 1,1069 | 1,2222 | 1,3058 | 85,5720 | 1,3182 |
| 1,8235 | 1,9802 | 1,8525 | 1,0618 | 1,0202 | 1,1537 | 1,8136 | 189,8260 | 1,3896 |
| 1,8403 | 1,8349 | 1,2528 | 1,1497 | 1,0410 | 1,3824 | 1,0832 | 120,4200 | 1,3458 |
| 1,5959 | 1,9925 | 1,7718 | 1,2677 | 1,1067 | 1,3598 | 1,0832 | 116,3850 | 1,3296 |
| 1,7687 | 1,9802 | 1,1726 | 1,3423 | 1,4505 | 1,5591 | 1,0202 | 59,6470 | 1,2977 |
| 1,4821 | 1,8349 | 1,5959 | 1,3927 | 1,1824 | 1,1831 | 1,0410 | 103,2800 | 1,3366 |
| 1,2771 | 1,9968 | 1,7164 | 1,1050 | 1,0410 | 1,4573 | 1,0000 | 73,8270 | 1,2926 |
| 1,3451 | 1,9040 | 1,2610 | 1,0622 | 1,0408 | 1,1072 | 1,0206 | 42,2460 | 1,2572 |
| 1,2025 | 1,9616 | 1,6756 | 1,0000 | 1,0000 | 1,9802 | 1,2195 | 74,0410 | 1,3138 |
| 1,9084 | 1,7241 | 1,3006 | 1,1294 | 1,0202 | 1,2016 | 1,1050 | 110,6510 | 1,3424 |
| 1,1513 | 1,8142 | 1,5138 | 1,1050 | 1,0622 | 1,0202 | 1,0202 | 31,6600 | 1,2295 |
| 1,6061 | 1,7622 | 1,1299 | 1,0202 | 1,0839 | 1,0839 | 1,0408 | 32,9740 | 1,2474 |
| 1,4877 | 1,9231 | 1,7001 | 1,0622 | 1,1050 | 1,1762 | 1,3172 | 143,1490 | 1,3757 |

| i lokus | | | | | | | đt za provenijencije |
|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------------|
| IDH-A | IDH-B | IDH-C | PGI-B | GOT-B | MNR-A | SDH-A | |
| 0,3020 | 0,5004 | 0,4269 | 0,0000 | 0,0592 | 0,2057 | 0,0588 | 0,2399 |
| 0,3705 | 0,4952 | 0,3459 | 0,0200 | 0,0592 | 0,0588 | 0,0200 | 0,2050 |
| 0,3178 | 0,4655 | 0,2911 | 0,0588 | 0,1172 | 0,1877 | 0,0398 | 0,2129 |
| 0,3717 | 0,5048 | 0,4356 | 0,0200 | 0,0600 | 0,1707 | 0,0000 | 0,2635 |
| 0,0784 | 0,1978 | 0,2358 | 0,0000 | 0,1393 | 0,5051 | 0,0000 | 0,2269 |
| 0,4112 | 0,5042 | 0,2499 | 0,0960 | 0,1487 | 0,0200 | 0,0200 | 0,2349 |
| 0,2701 | 0,4848 | 0,2204 | 0,0000 | 0,2374 | 0,4125 | 0,0396 | 0,2632 |
| 0,3182 | 0,4709 | 0,2133 | 0,0000 | 0,0976 | 0,1836 | 0,2367 | 0,2439 |
| 0,4562 | 0,5000 | 0,4648 | 0,0588 | 0,0200 | 0,1345 | 0,4531 | 0,2832 |
| 0,4612 | 0,4596 | 0,2038 | 0,1315 | 0,0398 | 0,2794 | 0,0776 | 0,2595 |
| 0,3772 | 0,5032 | 0,4400 | 0,2133 | 0,0974 | 0,2673 | 0,0776 | 0,2504 |
| 0,4390 | 0,5000 | 0,1487 | 0,2576 | 0,3137 | 0,3622 | 0,0200 | 0,2317 |
| 0,3288 | 0,4596 | 0,3772 | 0,2849 | 0,1559 | 0,1563 | 0,0398 | 0,2546 |
| 0,2192 | 0,5042 | 0,4216 | 0,0960 | 0,0398 | 0,3170 | 0,0000 | 0,2293 |
| 0,2592 | 0,4797 | 0,2091 | 0,0592 | 0,0396 | 0,0978 | 0,0204 | 0,2067 |
| 0,1701 | 0,4952 | 0,4073 | 0,0000 | 0,0000 | 0,5000 | 0,1818 | 0,2413 |
| 0,4811 | 0,4242 | 0,2337 | 0,1158 | 0,0200 | 0,1695 | 0,0960 | 0,2577 |
| 0,1327 | 0,4533 | 0,3428 | 0,0960 | 0,0592 | 0,0200 | 0,0200 | 0,1886 |
| 0,3814 | 0,4370 | 0,1162 | 0,0200 | 0,0782 | 0,0782 | 0,0396 | 0,2008 |
| 0,3311 | 0,4848 | 0,4160 | 0,0592 | 0,0960 | 0,1513 | 0,2432 | 0,2759 |
| 0,3239 | 0,4662 | 0,3100 | 0,0794 | 0,0939 | 0,2139 | 0,0842 | 0,2385 |

Genetska diferencijacija između provenijencija

Iz dobivenih rezultata za frekvencije alela vidimo da utvrđene frekvencije odstupaju od očekivanih i to za sve gen lokuse, osim AAP-A, dok za frekvencije genotipova odstupaju za sve gen lokuse, osim AAP-A i IDH-B, te možemo reći da među populacijama postoji varijabilnost, odnosno postoje statistički značajne razlike između populacija, između istih gen lokusa, a ovisno o populaciji, za sve gen lokuse (osim AAP-A i IDH-B) na nivou od 0,01%. Dobivena varijabilnost direktno utječe na genetsku diferencijaciju među populacijama.

Tablica 98. Međupopulacijski χ^2 test za frekvencije alela i genotipova za genske lokuse

| Gen lokus | Vjerovatnoća | Frekvencije alela | | | Frekvencije genotipova | | |
|-----------|--------------|-------------------|---------------------|-------------------------------|------------------------|---------------------|-------------------------------|
| | | Stepeni slobode | Vrijednost χ^2 | Očekivana vrijednost χ^2 | Stepeni slobode | Vrijednost χ^2 | Očekivana vrijednost χ^2 |
| FEST-A | <.0001 | 38 | 203.8813 | 200.0442 | 57 | 232.2295 | 217.8933 |
| FEST-C | <.0001 | 38 | 231.0305 | 174.1244 | 57 | 271.0290 | 180.6071 |
| ADH-A | <.0001 | 57 | 273.4860 | 219.5766 | 95 | 352.7945 | 256.4676 |
| AAP-A | <.0001 | 57 | 281.8604 | 286.1587 | 190 | 456.4164 | 458.7564 |
| PGM-B | <.0001 | 114 | 412.7554 | 356.3147 | 209 | 485.9348 | 400.8500 |
| 6PGDH-A | <.0001 | 38 | 160.2771 | 140.1393 | 38 | 165.8370 | 146.2898 |
| 6PGDH-B | <.0001 | 38 | 341.6708 | 179.4423 | 57 | 351.1893 | 181.0564 |
| IDH-A | <.0001 | 76 | 271.2085 | 257.2766 | 209 | 415.8004 | 324.9689 |
| IDH-B | <.0001 | 38 | 168.2826 | 164.7974 | 57 | 204.5925 | 211.5631 |
| IDH-C | <.0001 | 76 | 451.5115 | 265.0427 | 133 | 493.6554 | 293.7583 |
| PGI-B | <.0001 | 76 | 193.7055 | 150.2001 | 95 | 206.3470 | 155.2379 |
| GOT-B | <.0001 | 57 | 241.1100 | 165.3398 | 95 | 277.8967 | 178.2776 |
| MNR-A | <.0001 | 95 | 1249.6820 | 699.6595 | 171 | 1013.2558 | 604.3466 |
| SDH-A | <.0001 | 57 | 280.6185 | 186.5451 | 95 | 328.0554 | 208.6058 |

Inače, genetska odstupanja obično variraju u veličini od nula (ako nema nekih promjena), do beskonačnoga jer se mogu pojaviti slučajevi s veličinom većom od 1 i to ako lokus ponovi više puta svoju kompletnu alelnu strukturu i ako je evolucija vremenski trajala duže. Iz toga proizlazi da je odstupanje kvantitativna mjera genetskih promjena, odnosno alelnih supstitucija po lokusu (Borojević, 1986).

Genotipska odstupanja između provenijencija

Genotipska odstupanja između populacija izračunata su za svaki gen lokus.

Za **genski lokus FEST-A** provenijencije Mutnica i Kotor Varoš pokazuju bliskost, iako su značajno genetski udaljene s brojnim preprekama. Najmanje genotipsko odstupanje (0,0200) je između provenijencija Bugojno i Ključ koje su, također, značajno udaljene i s preprekama u reljefu, kao i Hrgovi Srebrenik i Stojčevac te Kaćuni i Živinice, a najveće (0,4167) između Olova i Bosanske Gradiške, Bugojna i Mrkonjić Grada. Općenito, najveći broj maksimalnog genotipskog odstupanja ima provenijencija Olovo (maksimalno odstupanje od svih provenijencija, osim Drvara, Kotor Varoši i Mutnice). Ovakvo odstupanje provenijencije Olovo je logično s obzirom na izoliranost ove provenijencije prema svim ostalim provenijencijama, a također i njenu degradaciju kroz antropogeno djelovanje.

Za **genski lokus FEST-C** najmanje genotipsko odstupanje (0,0021) je između Bosanske Gradiške i Ključa. Provenijencije Jelah i Mutnica, zatim Kotor Varoš, Mrkonjić Grad i Stojčevac te Žepče i Živinice pokazuju veliku bliskost, iako su zemljopisno udaljene i sastojinske prilike su vrlo različite. Najveće genotipsko odstupanje 0,6383 pokazuje provenijencija Bosansko Grahovo prema provenijencijama Kotor Varoš, Mrkonjić Grad i Stojčevac. Općenito, maksimalno genotipsko odstupanje prema svim provenijencijama pokazuje provenijencija Bosansko Grahovo koja je, vjerojatno, najbliža sekundarnom ledenom refugijumu.



Slika 86. Skupina stabala hrasta lužnjaka

Za genski lokus ADH-A najmanje genotipsko odstupanje (0,0204) je između provenijencija Kaćuni i Ključ, zatim Mutnica i Olovo, a najveće (0,4286) između Bosanske Dubice i Žepča. Općenito, Žepče pokazuje najveća odstupanja prema najvećem broju provenijencija (osim Bosanskog Broda, Bugojna, Drvara, Hrgova Srebrenik i Miljevine).

Za genski lokus AAP-A najmanje genotipsko odstupanje (0,0743) je između provenijencija Bijeljina i Bugojno, a najveće (0,8136) između Olova i Živinica. Slično kao za genski lokus FEST-A, provenijencija Olovo ima najveće genotipsko odstupanje prema većini provenijencija (osim provenijencija Kaćuni, Mutnica, Sokolac i Stojčevac).

Za genski lokus PGM-B najmanje genotipsko odstupanje (0,0400) je između zemljopisno relativno bliskih provenijencija Jelah i Bosanska Gradiška između kojih nema velikih zemljopisnih prepreka, a najveće (0,8400) između Sokoca i Kotor Varoši. Provenijencija Kotor Varoš pokazuje najveća odstupanja prema najvećem broju provenijencija (osim zemljopisno bliskih provenijencija Bosanska Dubica, Bosanska Gradiška, Jelah i Žepče).

Za genski lokus 6PGDH-A najmanje genotipsko odstupanje (0,0004) pokazuju međusobno zemljopisno udaljene provenijencije Ključ, Miljevina i Olovo. Izrazitu genotipsku bliskost za ovaj genski lokus pokazuje provenijencija Bijeljina s provenijencijama Hrgovi Srebrenik i Mutnica, zatim Bosanska Gradiška s provenijencijama Bugojno, Kotor Varoš, Stojčevac i Žepče, te vrlo udaljene provenijencije Ključ i Miljevina. Najveće genotipsko odstupanje je 0,4000 između provenijencije Jelah i provenijencija Bosanska Gradiška, Bugojno, Drvar, Kotor Varoš, Stojčevac i Žepče. Općenito, najveća odstupanja prema svim provenijencijama (osim od Kotor Varoši i Sokoca) pokazuje provenijencija Jelah.

Za genski lokus 6PGDH-B najmanje genotipsko odstupanje iznosi 0,02, koliko međusobno ima veliki broj provenijencija, dok imamo provenijencije s velikom genotipskom bliskošću. Provenijencije Bijeljina, Ključ i Sokolac pokazuju međusobno veliku genotipsku bliskost za ovaj gen lokus, zatim Bosanska Dubica, Bosansko Grahovo, Jelah, Kotor Varoš, Miljevina, Mrkonjić Grad, Mutnica i Stojčevac te provenijencija Bugojno s provenijencijom Drvar. Najveće genotipsko odstupanje iznosi 0,32, koliko međusobno odstupaju provenijencije Kaćuni, Bosanska Dubica, Bosansko Grahovo, Jelah, Kotor Varoš, Miljevina,

Mrkonjić Grad, Mutnica i Stojčevac. Općenito, najveća odstupanja pokazuje provenijencija Kaćuni (osim od Jelaha i Živinica).

Za genski lokus IDH-A najmanje genotipsko odstupanje (0,0600) pokazuju međusobno provenijencije Drvar, Bijeljina i Mrkonjić Grad, a najveće (0,4732) Bosansko Grahovo i Sokolac.

Za genski lokus IDH-B najmanje genotipsko odstupanje iznosi 0,0351, koliko odstupaju provenijencije Jelah i Ključ, a najveće 0,7800 između provenijencija Bosansko Grahovo i Žepče. Općenito, najveća odstupanja prema većini provenijencija pokazuje Bosansko Grahovo (osim od Miljevine i Sokoca).

Za genski lokus IDH-C najmanje genotipsko odstupanje (0,0200) je između posavskih provenijencija Bijeljina i Bosanski Brod, a najveće (0,4200) između Kaćuna i Olova.

Za genski lokus PGI-B najmanje genotipsko odstupanje iznosi 0,0200, koliko međusobno ima veliki broj provenijencija, dok imamo provenijencije s vrlo izraženom genotipskom bliskošću kao što su provenijencije Bijeljina, Bosansko Grahovo, Drvar, Hrgovi Srebrenik i Olovo. Veliku genotipsku bliskost pokazuju i provenijencije Bosanska Dubica i Žepče, zatim Bosanska Gradiška i Jelah pa Bugojno i Mrkonjić Grad te Mutnica i Živinice. Najveće genotipsko odstupanje je 0,3000, koliko provenijencija Kotor Varoš pokazuje prema Bijeljini, Bosanskoj Dubici, Bosanskom Grahovu, Drvaru, Hrgovima, Olovu i Žepču. Općenito, provenijencija Kotor Varoš pokazuje najveće odstupanje prema većini provenijencija (osim prema Ključu i Miljevini).

Za genski lokus GOT-B najmanje genotipsko odstupanje iznosi 0,0200, koliko međusobno ima veliki broj provenijencija, dok veliku bliskost pokazuju međusobno provenijencije Kaćuni i Mrkonjić Grad te Sokolac i Jelah. Najveće genotipsko odstupanje je 0,3600 između Kotor Varoši i Bosanskog Grahova i Olova. Općenito, najveća odstupanja prema svim provenijencijama pokazuje provenijencija Kotor Varoš.

Za genski lokus MNR-A najmanje genotipsko odstupanje iznosi 0,0200 između provenijencija Bosanska Dubica i Žepče, zatim Bugojno i Stojčevac, pa Drvar i Bijeljina i Mrkonjić Grad, a najveće 0,9200 između Olova i Bosanskog Grahova i Bugojna i Mrkonjić Grada i Stojčevca. Općenito, najveća odstupanja prema svim provenijencijama pokazuje provenijencija Olovo.

Za genski lokus SDH-A najmanje genotipsko odstupanje (0,0004) je između Mutnice i Bosanske Dubice, Bugojna, Kotor Varoši i Stojčevca.



Slika 87. Plus stablo hrasta lužnjaka

Genotipski vrlo bliske su provenijencije Bosanska Dubica, Bugojno, Kotor Varoš i Stojčevac, zatim Bosanski Brod, Bosansko Grahovo i Mrkonjić Grad, pa Kaćuni i Ključ, a najveće genotipsko odstupanje s vrijednošću 0,6200 je između provenijencije Jelah i provenijencija Bosanski Brod, Bosansko Grahovo i Mrkonjić Grad.

Alelna odstupanja između provenijencija

Alelna odstupanja između provenijencija izračunata su za svaki gen lokus.

Za genski lokus **FEST-A** najveću vrijednost alelnog odstupanja koja iznosi 0,2292 pokazuje provenijencija Olovo s provenijencijama Bosanska Gradiška, Bugojno i Mrkonjić Grad. Najmanju vrijednost alelnog odstupanja imaju pro-

venijencije Živinice i Bosansko Grahovo te iznosi 0,0021, a veliku bliskost u pogledu alela pokazuju Mutnica i Kotor Varoš. Najveća odstupanja prema većini provenijencija pokazuje provenijencija Olovo, što je i očekivano s obzirom na njenu izoliranost. Provenijencije Bosanska Dubica, Drvar, Kotor Varoš, Mutnica i Sokolac na genskom lokusu **FEST-A** pokazuju najveća odstupanja u odnosu na provenijenciju Bugojno.

Za genski lokus **FEST-C** najmanja vrijednost alelnog odstupanja je 0,0011 i to između provenijencija Ključ i Bosanska Gradiška. Visoko

izraženu međusobnu bliskost pokazuju provenijencije međusobno Mutnica i Jelah, kao i provenijencije Kotor Varoš, Mrkonjić Grad i Stojčevac, a također i provenijencija Žepče s provenijencijom Živinice. Najveća vrijednost alelnog odstupanja za ovaj gen lokus je 0,3830, koliko provenijencija Bosansko Grahovo odstupa od provenijencija Kotor Varoš, Mrkonjić Grad i Stojčevac. Odstupanja provenijencije Bosansko Grahovo su najveća prema svim provenijencijama, što se može povezati s njenom blizinom glacijalnom pribježištu hrasta lužnjaka u Dalmaciji.

Za genski lokus ADH-A najmanja vrijednost alelnog odstupanja je između provenijencija Kačuni i Bosansko Grahovo i iznosi 0,0098, a najveća između provenijencija Žepče i Bosanska Dubica i iznosi 0,2619. Najveća odstupanja prema većini provenijencija pokazuje provenijencija Žepče koja se izdvaja u odnosu na ostale populacije svojom dobrom očuvanošću.

Za genski lokus AAP-A najmanja vrijednost alelnog odstupanja je između udaljenih provenijencija Drvar i Sokolac (0,0274), a najveća između dosta bližih provenijencija, ali reljefnim preprekama razdvojenim provenijencijama Olovo i Žepče koja iznosi 0,5433. Provenijencija Olovo pokazuje maksimalna odstupanja prema većini provenijencija (osim Hrgovi Srebrenik, Kačuni i Mutnica).

Za genski lokus PGM-B najmanja vrijednost alelnog odstupanja je između posavskih provenijencija Bosanska Gradiška i Bosanska Dubica i iznosi 0,0082. Najveća vrijednost alelnih odstupanja je između provenijencija Kotor Varoš i Miljevina i iznosi 0,7153. Najveća odstupanja prema najvećem broju provenijencija pokazuje Kotor Varoš (osim Bosanske Dubice, Bosanskog Grahova, Jelaha i Žepča).

Za genski lokus 6PGDH-A mnoge provenijencije međusobno pokazuju veliku bliskost i to: Bijeljina i Hrgovi Srebrenik i Mutnica, koje veže šire područje doline rijeke Save, zatim Bosanska Gradiška i Bugojno, Kotor Varoš, Stojčevac i Žepče te vrlo udaljene provenijencije Ključ i Miljevina. Najveće odstupanje prema svim provenijencijama (osim provenijencije Sokolac) pokazuje provenijencija Jelah, s najvećom vrijednošću 0,2000 prema provenijencijama Bosanska Gradiška, Bugojno, Drvar, Kotor Varoš, Stojčevac i Žepče.

Za genski lokus 6PGDH-B također mnoge provenijencije međusobno pokazuju vrlo mala odstupanja, i to: Bijeljina prema provenijencijama Ključ i Sokolac, zatim Bosanska Dubica prema Bosanskom

Grahovu, Jelahu, Kotor Varoši, Miljevini, Mrkonjić Gradu, Mutnici i Stojčevcu te provenijencija Bugojno prema provenijenciji Drvar. Najveća vrijednost odstupanja je 0,16, koliko pokazuje provenijencija Kaćuni prema Bosanskoj Dubici, Bosanskom Grahovu, Jelahu, Kotor Varoši, Miljevini, Mrkonjić Gradu, Mutnici i Stojčevcu. Ista odstupanja prema ovim provenijencijama pokazuje provenijencija Živinice. Ove dvije provenijencije ujedno pokazuju najveća odstupanja prema većini provenijencija.

Za genski lokus IDH-A najmanje alelna odstupanje (0,0100) je između provenijencija Bijeljina i Hrgovi Srebrenik, a najveće odstupanje (0,2791) između provenijencija Bosansko Grahovo i Sokolac. Provenijencija Kaćuni pokazuje odstupanja prema devet, Bosansko Grahovo prema šest, a Sokolac prema četiri provenijencije. Ove tri provenijencije su specifične s obzirom da provenijencija Kaćuni predstavlja ostatke starih sastojina koje su kroz povijest bile izložene velikim antropogenim utjecajima, provenijencija Bosansko Grahovo je blizu sekundarnom glacijalnom refugiumu, a provenijencija Sokolac izolirana od svih istraživanih provenijencija i na nadmorskoj visini od 866 m, i niti jedna nema zemljopisno otvoren put za prirodan tok gena prema ostalim analiziranim provenijencijama.

Za genski lokus IDH-B provenijencija Bosanska Dubica pokazuje bliskost s provenijencijom Olovo, Bugojno s Mrkonjić Gradom, a Drvar sa Živinicama, dok najmanje odstupanje pokazuje Bosanska Gradiška s provenijencijama Hrgovi Srebrenik i Kaćuni. Najveće odstupanje je između Bosanskog Grahova i Žepča i iznosi 0,5737. Provenijencija Bosansko Grahovo pokazuje najveće odstupanje sa skoro svim provenijencijama (osim s Miljevinom, Mutnicom i Sokocem).

Za genski lokus IDH-C najmanja vrijednost odstupanja je 0,0100 i to između provenijencija Mrkonjić Grad i Bijeljina i Bosanski Brod i Olovo i Živinice. Najveće odstupanje je između provenijencija Jelah i Žepče koje su zemljopisno bliske i iznosi 0,2688. Najveća odstupanja prema većini provenijencija pokazuje provenijencija Jelah (osim prema Bijeljini, Bosanskom Brodu, Mrkonjić Gradu, Stojčevcu i Živinicama).

Za genski lokus PGI-B bliskost pokazuju provenijencije Bosansko Grahovo i Bijeljina, Drvar, Hrgovi Srebrenik i Olovo, zatim Mutnica i Živinice. Najmanje odstupanje u vrijednosti 0,0100 pokazuje, npr. provenijencija Bijeljina prema Bosanskom Brodu, Bosanskoj Dubici i Žepču, ali i mnoge druge provenijencije međusobno što se može vidjeti

u tablici 99. Najveće odstupanje prema najvećem broju provenijencija za ovaj gen lokus pokazuje izolirana provenijencija Miljevina (osim prema Ključu i Kotor Varoši), s najvećom vrijednošću 0,1633 prema Bijeljini, Bosanskom Grahovu, Drvaru, Hrgovima Sre-brenik i Olovu.

Za genski lokus GOT-B najmanja vrijednost alelnog odstupanja je 0,0100, koliko provenijencija Bijeljina odstupa prema Kaćunima i Mrkonjić Gradu, Bosanska Dubica prema Stojčevcu, Bosanski Brod prema Žepču, Hrgovi Srebrenik prema Ključu, Mutnica prema Jelahu, Kaćunima, Mrkonjić Gradu i Sokocu, Olovo također prema Jelahu i Sokocu itd. Bez odstupanja su provenijencije Jelah i Sokolac te provenijencije Mrkonjić Grad i Kaćuni. Najveća vrijednost odstupanja je 0,1800 između provenijencija KotorVaroš i Bosansko Grahovo i Olovo. Najveća odstupanja prema svim provenijencijama pokazuje provenijencija KotorVaroš.

Za genski lokus MNR-A najmanja vrijednost alelnog odstupanja 0,0100 je između provenijencija Bosanska Dubica i Žepče te između Stojčevca i Bugojna. Najveća vrijednost odstupanja 0,5500 je između provenijencija Olovo i Bosansko Grahovo i Bugojno i Stojčevac. Najveća odstupanja prema većini provenijencija pokazuje provenijencija Olovo.

Za genski lokus SDH-A najmanja vrijednost alelnog odstupanja je utvrđena između provenijencije Mutnica i Bosanska Dubica, Bugojno, Kotor Varoš i Stojčevac i iznosi 0,0002. Bez odstupanja su provenijencije Bosanska Dubica i Bugojno, Kotor Varoš, Stojčevac, zatim Bosanski Brod i Bosansko Grahovo i Mrkonjić Grad, zatim Drvar i Žepče. Najveća vrijednost odstupanja (0,3300) je između provenijencija Bosanski Brod, Bosansko Grahovo, Mrkonjić Grad i Jelah. Općenito, najveća odstupanja prema svim provenijencijama pokazuje provenijencija Jelah.

Kako se vidi u tablici 99, provenijencija Olovo, kao mala i izolirana, pokazuje najveća genotipska i alelna odstupanja prema većini provenijencija za genske lokuse FEST-A, AAP-A i MNR-A. Provenijencija Bosansko Grahovo, koja je najbliža pretpostavljenom sekundarnom glacijalnom refugiumu u Dalmaciji, pokazuje najveća genotipska i alelna odstupanja prema većini provenijencija za genske lokuse FEST-C i IDH-B. Provenijencija Kotor Varoš pokazuje najveća odstupanja za PGM-B, PGI-B i GOT-B.

Tablica 99. Najveća genotipska i alelna odstupanja između prov. prema genskim lokusima

| Gen lokus | Provenijencija s najvećim genotipskim odstupanjem | Osim prema provenijenciji |
|-----------|---|------------------------------|
| FEST-A | Olovo | Drvar, Kotor Varoš, M |
| FEST-C | Bos. Grahovo | - |
| ADH-A | Žepče | Bugojno, Drvar, Hrgovi, Milj |
| AAP-A | Olovo | Kaćuni, Mutnica, Sokolac |
| PGM-B | Kotor Varoš | B. Dubica, B. Gradiška, J |
| 6PGDH-A | Jelah | Kotor Varoš, Sok |
| 6PGDH-B | Kaćuni | Jelah, Živinice |
| IDH-A | - | - |
| IDH-B | Bosansko Grahovo | Miljevina, Sokol |
| IDH-C | - | - |
| PGI-B | Kotor Varoš | Ključ, Miljevin |
| GOT-B | Kotor Varoš | - |
| MNR-A | Olovo | - |
| SDH-A | Jelah | . |

Tablica 100. Multilokusna odstupanja između provenijencija

| Provenijen. | Bijeljina | Bos. Dubica | Bos. Grad. | Bos. Brod | Bos. Grah. | Bugojno | Drvar | Hrgovi Sreb. | Jelah | Kaćuni |
|---------------|-----------|-------------|------------|-----------|------------|---------|--------|--------------|--------|--------|
| Bijeljina | 0,0000 | | | | | | | | | |
| Bos. Dubica | 0,1329 | 0,0000 | | | | | | | | |
| Bos. Gradiška | 0,1179 | 0,1449 | 0,0000 | | | | | | | |
| Bos. Brod | 0,1164 | 0,1575 | 0,1460 | 0,0000 | | | | | | |
| Bos. Grahovo | 0,2041 | 0,2215 | 0,2194 | 0,2450 | 0,0000 | | | | | |
| Bugojno | 0,1415 | 0,1670 | 0,1208 | 0,1202 | 0,2211 | 0,0000 | | | | |
| Drvar | 0,1323 | 0,1753 | 0,1573 | 0,1558 | 0,2032 | 0,1542 | 0,0000 | | | |
| Hrgovi Sreb. | 0,1529 | 0,1873 | 0,1606 | 0,1500 | 0,2464 | 0,1593 | 0,1693 | 0,0000 | | |
| Jelah | 0,1689 | 0,1752 | 0,1762 | 0,1792 | 0,3016 | 0,2137 | 0,2400 | 0,2097 | 0,0000 | |
| Kaćuni | 0,1824 | 0,2062 | 0,1721 | 0,2053 | 0,2656 | 0,1809 | 0,1887 | 0,1639 | 0,2690 | 0,0000 |
| Ključ | 0,1532 | 0,1699 | 0,1519 | 0,1639 | 0,2326 | 0,1536 | 0,1885 | 0,1589 | 0,2250 | 0,1500 |
| Kotor Varoš | 0,2385 | 0,2077 | 0,1936 | 0,2757 | 0,3115 | 0,2424 | 0,2239 | 0,2710 | 0,2969 | 0,2400 |
| Miljevina | 0,1634 | 0,1589 | 0,1759 | 0,1595 | 0,2254 | 0,1455 | 0,1800 | 0,1916 | 0,2466 | 0,2100 |
| Mrkonjić G. | 0,1006 | 0,1656 | 0,1476 | 0,1206 | 0,2158 | 0,1553 | 0,1490 | 0,1746 | 0,2008 | 0,1800 |
| Mutnica | 0,1182 | 0,1189 | 0,1553 | 0,1665 | 0,2046 | 0,1514 | 0,1432 | 0,1613 | 0,2031 | 0,1800 |
| Olovo | 0,2282 | 0,2650 | 0,2770 | 0,2774 | 0,3146 | 0,2831 | 0,2711 | 0,2266 | 0,3139 | 0,2500 |
| Sokolac | 0,1390 | 0,1704 | 0,1791 | 0,1622 | 0,2367 | 0,1706 | 0,1659 | 0,1758 | 0,2075 | 0,1800 |
| Stojčevac | 0,1378 | 0,1831 | 0,1266 | 0,1623 | 0,2327 | 0,1345 | 0,1770 | 0,1554 | 0,2257 | 0,1900 |
| Žepče | 0,1753 | 0,1629 | 0,1317 | 0,1601 | 0,2607 | 0,1435 | 0,1627 | 0,1528 | 0,2226 | 0,1800 |
| Živinice | 0,1426 | 0,2012 | 0,1809 | 0,1502 | 0,2619 | 0,1702 | 0,1833 | 0,1571 | 0,2065 | 0,1800 |

| Provenijencijama | Provenijencija s najvećim alelnim odst. | Osim prema provenijencijama |
|----------------------|---|--|
| Mutnica | Olovo | B.Dubica, Drvar, K. Varoš, Mutnica, Sokolac |
| | B. Grahovo | - |
| Miljevina i Živinice | Žepče | B. Brod, Bugojno, Drvar, Hrgovi Srebrenik |
| Stojčevac | Olovo | Hrgovi, Kaćuni, Mutnica |
| Jelah, Žepče | Kotor Varoš | B. Dubica, B. Grahovo, Jelah, Žepče |
| Sokolac | Jelah | Sokolac |
| | Jelah | B. Gradiška, Živinice |
| | Živinice | Hrgovi Srebrenik, Kaćuni, Olovo i Žepče |
| | - | - |
| | Bosansko Grahovo | Miljevina, Mutnica, Sokolac |
| | Jelah | Bijeljina, B. Brod, Mrkonjić Grad, Stojčevac, Živinice |
| | Miljevina | Ključ, Kotor Varoš |
| | Kotor Varoš | - |
| | Olovo | Hrgovi Srebrenik, Kaćuni, Ključ |
| | Jelah | - |

| | Ključ | Kotor Varoš | Miljevina | Mrkonjić G. | Mutnica | Olovo | Sokolac | Stojčevac | Žepče | Živinice |
|-----|--------|-------------|-----------|-------------|---------|--------|---------|-----------|--------|----------|
| 000 | | | | | | | | | | |
| 098 | 0,0000 | | | | | | | | | |
| 135 | 0,2481 | 0,0000 | | | | | | | | |
| 106 | 0,1428 | 0,2452 | 0,0000 | | | | | | | |
| 182 | 0,1505 | 0,2454 | 0,1782 | 0,0000 | | | | | | |
| 140 | 0,1570 | 0,2200 | 0,1710 | 0,1402 | 0,0000 | | | | | |
| 169 | 0,2368 | 0,3217 | 0,2975 | 0,2391 | 0,2037 | 0,0000 | | | | |
| 135 | 0,1812 | 0,2462 | 0,1666 | 0,1704 | 0,1611 | 0,2650 | 0,0000 | | | |
| 162 | 0,1770 | 0,2429 | 0,1963 | 0,1299 | 0,1586 | 0,2287 | 0,1869 | 0,0000 | | |
| 187 | 0,2133 | 0,2056 | 0,2056 | 0,2041 | 0,1837 | 0,3170 | 0,2077 | 0,1601 | 0,0000 | |
| 188 | 0,1870 | 0,2979 | 0,1875 | 0,1471 | 0,1832 | 0,2279 | 0,1613 | 0,1754 | 0,1915 | 0,0000 |

Multilokusna odstupanja između provenijencija

Kada govorimo o multilokusnim odstupanjima, najmanje multilokusno odstupanje je između provenijencija Bijeljina i Mrkonjić Grad i iznosi 0,10064, a najveće 0,32173 između Olova i Kotor Varoš (tablica 100).

Provenijencija Olovo ima najveća multilokusna odstupanja prema 12 provenijencija (Bosanska Dubica, Bosanska Gradiška, Bosanski Brod, Bosansko Grahovo, Bugojno, Drvar, Jelah, Ključ, Kotor Varoš, Miljevina, Sokolac i Žepče), dok prema ostalim provenijencijama najveća odstupanja ima provenijencija Kotor Varoš.

Gen-pool diferencijacija između provenijencija

Najmanje međusobno odstupanje gen-poola pokazuju provenijencije Bosanski Brod i Stojčevac koje iznosi 0,0059, a najveće provenijencije Olovo i Žepče 0,2066 (tablica 101).

Tablica 101. Gen pool diferencijacija

| Provenijencija | Bijeljina | B. Dubica | B. Grad. | B. Brod | B. Grah. | Bugojno | Drvar | Hrgovi Srebr | Jelah | K |
|----------------|-----------|-----------|----------|---------|----------|---------|--------|--------------|--------|--------|
| Bijeljina | 0,0000 | | | | | | | | | |
| B. Dubica | 0,0665 | 0,0000 | | | | | | | | |
| B. Gradiš. | 0,0701 | 0,0737 | 0,0000 | | | | | | | |
| B. Brod | 0,0574 | 0,0843 | 0,0844 | 0,0000 | | | | | | |
| B. Grahovo | 0,1323 | 0,1417 | 0,1526 | 0,1503 | 0,0000 | | | | | |
| Bugojno | 0,0756 | 0,0836 | 0,0671 | 0,0638 | 0,1329 | 0,0000 | | | | |
| Drvar | 0,0670 | 0,0902 | 0,0901 | 0,0863 | 0,1190 | 0,0861 | 0,0000 | | | |
| Hrgovi Sr. | 0,0822 | 0,1135 | 0,0818 | 0,0822 | 0,1635 | 0,0854 | 0,0997 | 0,0000 | | |
| Jelah | 0,0873 | 0,0869 | 0,0990 | 0,0960 | 0,1874 | 0,1134 | 0,1329 | 0,1270 | 0,0000 | |
| Kačuni | 0,1042 | 0,1186 | 0,0929 | 0,1158 | 0,1584 | 0,1000 | 0,1145 | 0,0825 | 0,1504 | 0,0000 |
| Ključ | 0,0800 | 0,0951 | 0,0940 | 0,0802 | 0,1522 | 0,0741 | 0,1051 | 0,0841 | 0,1233 | 0,0000 |
| K. Varoš | 0,1369 | 0,1147 | 0,1099 | 0,1557 | 0,2011 | 0,1361 | 0,1255 | 0,1626 | 0,1606 | 0,0000 |
| Miljevina | 0,0944 | 0,1062 | 0,1197 | 0,0985 | 0,1515 | 0,0879 | 0,1066 | 0,1124 | 0,1496 | 0,0000 |
| M. Grad | 0,0567 | 0,0934 | 0,0918 | 0,0643 | 0,1384 | 0,0868 | 0,0866 | 0,0986 | 0,1127 | 0,0000 |
| Mutnica | 0,0634 | 0,0578 | 0,0936 | 0,0974 | 0,1302 | 0,0849 | 0,0856 | 0,0949 | 0,1198 | 0,0000 |
| Olovo | 0,1208 | 0,1405 | 0,1658 | 0,1540 | 0,1818 | 0,1630 | 0,1551 | 0,1291 | 0,1766 | 0,0000 |
| Sokolac | 0,0806 | 0,0971 | 0,1125 | 0,0889 | 0,1509 | 0,0989 | 0,0894 | 0,1017 | 0,1236 | 0,0000 |
| Stojčevac | 0,0775 | 0,0869 | 0,0560 | 0,0819 | 0,1412 | 0,0667 | 0,1049 | 0,0791 | 0,1229 | 0,0000 |
| Žepče | 0,1130 | 0,0988 | 0,0764 | 0,0997 | 0,1852 | 0,0967 | 0,1050 | 0,1009 | 0,1378 | 0,0000 |
| Živinice | 0,0754 | 0,1143 | 0,1153 | 0,0802 | 0,1645 | 0,1039 | 0,1063 | 0,0845 | 0,1137 | 0,0000 |

Bosanski Brod i Stojčevac su zemljopisno dosta udaljene populacije, populacija Bosanski Brod je otvorena prema posavskim populacijama, na maloj nadmorskoj visini (84 m), dok je populacija Stojčevac fragmentirana i mala, na nadmorskoj visini 506 m te malo odstupanje gen-poola nije bilo očekivano. S druge strane, populacije Žepče i Olovo pokazuju očekivano međusobno veliko odstupanje gen-poola jer se radi o zemljopisno nešto manje udaljenim, ali populacijama orografski odvojenim koje su također i različite strukture; dok je populacija Olovo mala i devastirana, populacija Žepče je još uvijek relativno dobre strukture. Uz to, populacija Žepče se nalazi na 224 m nv, a Olovo na 542 m nv.

Bosansko Grahovo pokazuje maksimalno odstupanje gen-poola prema osam provenijencija (Bosanska Dubica, Hrgovi, Jelah, Kaćuni, Ključ, Kotor Varoš, Mutnica, Sokolac), Kotor Varoš prema šest provenijencija (Bijeljina, Bosanski Brod, Bosansko Grahovo, Miljevina, Mrkonjić Grad i Živinice), a Olovo prema pet provenijencija (Bosanska Gradiška, Bugojno, Drvar, Stojčevac i Žepče).

| | Ključ | Kotor Varos | Miljevina | Mrk. G. | Mutnica | Olovo | Sokolac | Stojcevac | Zepce | Zivinice |
|------|--------|-------------|-----------|---------|---------|--------|---------|-----------|--------|----------|
| 0000 | | | | | | | | | | |
| 0906 | 0,0000 | | | | | | | | | |
| 1372 | 0,1508 | 0,0000 | | | | | | | | |
| 1249 | 0,0732 | 0,1631 | 0,0000 | | | | | | | |
| 1113 | 0,0824 | 0,1442 | 0,1049 | 0,0000 | | | | | | |
| 1011 | 0,0944 | 0,1289 | 0,1019 | 0,0858 | 0,0000 | | | | | |
| 1514 | 0,1348 | 0,1998 | 0,1571 | 0,1331 | 0,1133 | 0,0000 | | | | |
| 1092 | 0,0984 | 0,1452 | 0,0874 | 0,1051 | 0,0923 | 0,1490 | 0,0000 | | | |
| 0941 | 0,0943 | 0,1314 | 0,1104 | 0,0744 | 0,0933 | 0,1454 | 0,1097 | 0,0000 | | |
| 1126 | 0,1374 | 0,1085 | 0,1491 | 0,1311 | 0,1264 | 0,2066 | 0,1331 | 0,0964 | 0,0000 | |
| 1121 | 0,0989 | 0,1751 | 0,0977 | 0,0806 | 0,1110 | 0,1329 | 0,0961 | 0,1131 | 0,1323 | 0,0000 |

MIKROSATELITNA VARIJABILNOST HRASTA LUŽNJAKA U BOSNI I HERCEGOVINI

Moreau i sur. (1994) su izučavali unutarpopulacijsku i međupopulacijsku varijabilnost hrasta kitnjaka i lužnjaka na osnovi DNA fragmenta te su utvrdili da između tih dviju vrsta nema većih razlika u molekularnim pokazateljima. U Bosni i Hercegovini su se istom problematikom, ali samo na hrastu lužnjaku, zanimali Ballian i sur. (2010). Analize su pokazale da postoji varijabilnost samo u alelnim frekvencijama, dok specifični aleli za svaku pojedinu vrstu nisu utvrđeni. Utvrđena je i velika razlika između fenotipske i genetske diferencijacije kod obiju vrsta. Autori smatraju da je razlog tomu u činjenici što su DNA biljezi, korišteni u istraživanjima, samo mali dio genoma.

Biokemijske analize su također pokazale da je hrast kitnjak u većoj mjeri varijabilan u odnosu na lužnjak (Müller-Starck i sur. 1993, Moreau i sur. 1994).

Suprotno spomenutim autorima, Batič i sur. (1994) utvrdili su u Sloveniji diferencijaciju lužnjakovih populacija na osnovi morfometrijskih svojstava i analize DNA te pojavu hibridnih populacija lužnjaka i kitnjaka.

U istraživanju genetske diferencijacije populacija hrastova kitnjaka i lužnjaka iz Bugarske, Slovačke i Rusije, koje su proveli Gömöry i sur. (2001), utvrđen je prosječan broj alela po lokusu između 1,8 i 2,6. Stvarna heterozigotnost populacija hrasta lužnjaka iz Rusije bila je $0,161 \pm 0,053$, populacija iz Slovačke $0,122 \pm 0,051$, a iz Bugarske $0,179 \pm 0,072$, dok je očekivana heterozigotnost populacija hrasta lužnjaka iz Rusije bila $0,163 \pm 0,053$, iz Slovačke $0,136 \pm 0,060$, a iz Bugarske $0,166 \pm 0,066$.

Slade i sur. (2008) su analizirali 444 stabla hrasta (*Q. robur*, *Q. petraea*, *Q. pubescens* i *Q. frainetto*) sa 110 populacija u središnjem Balkanu, korištenjem četiriju kombinacija početnica. Na području koje pokrivaju Hrvatska, Bosna i Hercegovina, Crna Gora, Kosovo, Srbija, Makedonija i Albanija nađeno je sedam haplotipova, i to: 2, 4, 5, 6, 7, 17, 31, kao i podtipovi haplotipova₄ (a), 5 (a, b, c) i 17 (a). Najveća varijabilnost haplotipova pronađena je u dolini Neretve, na jugu Bosne i Hercegovine. To može biti posljedica lokalizacije glacijalnih refugijuma u ušću rijeke Neretve (haplotip 31) i vjerojatno uz obale Skadarskog jezera (haplotip 4).

Crăciunesc i sur. (2011) istraživali su populaciju lužnjaka u prirodnom rezervatu Prejmer korištenjem izoenzima i mikrosatelita i utvrdili visok nivo genetskog diverziteta koji je u skladu s ostalim populacijama u Europi. Ova relativno izolirana populacija nije pokazala postojanje inbridinga.

Materijal i metoda rada

Tijekom 2006. godine Ballian i sur. (2010) provode istraživanja na hrastu lužnjaku kada selekcioniraju stabla u prirodnim populacijama (tablica 102). Pri odabiru populacija vodilo se računa da se odaberu podjednako velike i sa znanstvenog stajališta zanimljive populacije. Kod sabiranja uzoraka vodilo se računa da udaljenost između stabala bude najmanje od 50 do 100 m kako bi se što više isključila srodnička povezanost. Za identifikaciju stabala hrasta lužnjaka u periodu zimskog mirovanja autori su se koristili poznavanjem strukture kore, oblika pupova, ostatcima plodova, pedunkulusa i kupula ispod stabla.

| Broj | Populacija | Zemljopisna širina | Zemljopisna dužina | Nadmorska visina (m) | Broj individua u uzorku |
|---------------|--------------------------|--------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|
| 1 | Cazin | 44°58'06" | 15°56'04" | 352 | 20 |
| 2 | Bosanska Gradiška | 45°08'29" | 17°11'38" | 85 | 20 |
| 3 | Bosanski Brod (Zborište) | 45°03'01" | 18°00'04" | 91 | 20 |
| 4 | Orašje (Obudovac) | 45°01'26" | 18°33'37" | 80 | 20 |
| 5 | Mrkonjić Grad (Podbrdo) | 44°26'21" | 16°59'52" | 727 | 20 |
| 6 | Jelah | 44°39'11" | 17°57'23" | 185 | 20 |
| 7 | Žepče | 44°25'46" | 18°03'21" | 219 | 20 |
| 8 | Živinice (Dubrave) | 44°26'46" | 18°40'26" | 226 | 20 |
| 9 | Livno (Crni lug) | 44°00'53" | 16°37'48" | 697 | 20 |
| 10 | Bugojno (Kopčić) | 44°05'22" | 17°26'08" | 539 | 20 |
| 11 | Sarajevo (Stojčevac) | 43°48'55" | 18°16'54" | 494 | 20 |
| 12 | Romanija (Sokolac) | 43°55'51" | 18°48'06" | 847 | 20 |
| 13 | Novi Šeher | 44°30'51" | 18°01'22" | 242 | 5 |
| 14 | Kiseljak | 43°56'26" | 18°04'55" | 473 | 10 |
| Ukupno | | | | | 255 |

Populaciju je predstavljalo 20 stabala, s izuzetkom populacija Kiseljak gdje su uzorci sabrani sa deset stabala i Novi Šeher s pet stabala. Za ove populacije je urađena identifikacija, ali zbog malog broja uzoraka nisu uzeti za sve analize, nego samo za fiksacijski indeks.

Vrlo često se nije moglo poštovati načelo udaljenosti između stabala zbog same veličine populacije koje su često male i gdje su pojedina stara stabla jako udaljena jedno od drugog, i do 1 km.

Sabirani su živi dijelovi biljke, dormantni pupovi, koji su po sabiranju uzoraka pohranjeni u ledniku na -20°C do uporabe.



Karta 6. Istraživane populacije

Za ekstrakciju DNK iz vegetativnog materijala uporabljen je SIGMA "GenElute™PlantGenomicDNAMiniPrepKit". Za genetsku analizu je uporabljeno 4 para visoko polimorfni jezgrini mikrosatelitni (SSR) biljega (tablica 103), koji su ranije uporabljani od strane brojnih autora (Barreneche i sur. 1998; Lefort i sur. 1998; Lexer i sur. 2000; Steinkellner i sur. 1997; Wilhelm i sur. 2005).

Za lančanu reakciju polimerazom (PCR) izvršena je optimalizacija količine DNK u rastvoru, a potom je rabljen standardizirani protokol i

Tablica 103. Temeljni podaci o početnicama

| Početnica | | Sekvenca 3' do 5' | Visoko ponavljajući dijelovi | Temp. nalijeganja |
|-------------|---|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------|
| ssrQpZAG1/5 | F | GCT TGA GAG TTG AGA TTT GT | (GT) ₅ (GA) ₉ | 55 (58) |
| | R | GCA ACA CCC TTT AAC TAC CA | | |
| ssrQpZAG9 | F | GCA ATT ACA GGCTAG GCT GG | (AG) ₁₂ | 50 (59) |
| | R | GTC TGG ACC TAG CCC TCA TG | | |
| ssrQpZAG36 | F | GAT CAA ATT TGG AAT ATT AAG AGA G | (AG) ₁₉ | 50 (55) |
| | R | ACT GTG GTG GTA GTC TAA CAT GTA G | | |
| ssrQpZAG108 | F | CTA GCC ACA ATT CAG GAA CAG | (AG) ₁₃ | 50 (55) |
| | R | CCT CTT TTG TGA ATG ACC AAG | | |

tremokrug Perkin Elmer GeneAmp®PCR System 9600, prema nešto modificiranoj proceduri i Lefort i sur. (1998) i Wilhelm i sur. (2005).

Za analizu PCR produkata uporabljen je "DNA 4200 Sequencer LICOR® Biotechnology".

Analiza rezultata

Analiziran je ukupni broj alela po lokusu (N_a) i sadržaj polimorfizma (P_{IC}) prema Botstein i sur. (1980) za svaki mikrosatelitski lokus, kao i prosječan broj alela (N_{avg}), te očekivana i stvarna heterozigotnost u svakoj istraživanoj populaciji na temelju lokusa uporabom PowerMarker v3.25 softver (Liu i Muse, 2005). Broj vlastitih alela (N_{PR}) za svaku istraživanu populaciju je procijenjen uz pomoć programa MICROSAT (Minch i sur. 1997). GENEPOP 4.0 (Rousset, 2008) je uporabljen za procjenu koeficijenta inbridinga (F_{IS}) ili Wrightovog koeficijenta te su testirane populacijske genotipske frekvencije u svim lokusima prema Hardy-Weinbergovom zakonu (HW) uz primjenu multi-lokusnog testa.

Genetska populacijska struktura za sve uzorke analizirana je za svaki lokus uz uporabu Wrightove F-statistike prema Weir i Cockerham metodu (1984), kao metodom u FSTAT ver. 2.9.3.2 (Goudet, 2002). Genetska diferencijacija između svih populacijskih parova procijenjena je metodom parova (F_{ST}). Vrijednost za diferenciranje parova F_{ST} i njihove P-vrijednosti se značajno razlikuju od nule izračunate na temelju FSTAT. Na temelju parova je izračunata i Nei-eva standardna genetska udaljenost (Nei 1972) kao i konstruirana neukorijenjena filogenetska stabla korištenjem metode pridruživanja susjednih algo-

ritama s umnoškom od više od 1.000 mikrosatelitnih lokusa primjenom SEQBOOT, GENDIST, NEIGHBOR i CONSENSE programa u PHYLIP ver. 3,67 programskom paketu (Felsenstein 2005).

Analiza molekularne varijance (AMOVA; Excoffier i sur 1992.) je urađena pomoću Arlequin verzije 2.000 (Schneider i sur 2000.). AMOVA se koristila za dijeljenje ukupne mikrosatelitne raznolikosti, (A) između i unutar populacijskih komponenti, i (B) između tri visinske skupine (<100 metara nadmorske visine, 100-300 m, > 300 m), između populacija i skupina, te unutarpopulacijske komponente. Komponente varijance ispitane su statistički neparametarskim randomiziranim testom koji koristi 10.000 permutacija.

Program za procjenu uskog grla je verzija 1.2.02 (Cornuet i Luikart, 1996; Piry i sur. 1999), a korišten je za testiranje dokaza pojave nedavnih uskih grla na temelju događaja i ovih teorijskih očekivanja. Promatrana genska raznolikost (H_e) je očekivana u odnosu na gensku raznolikost i uravnotežena je na temelju mutacijskog drifta (H_{EQ}), računajući prema promatranom broju alela uz različite modele mutacija: Model infinite alela (I_{AM}), Model postupnih mutacija (S_{MM}) i Prijelazni dvofazni model (T_{PM}). I_{AM} (Kimura i Vrana, 1964) pretpostavlja da svaka mutacija daje novi alel, dok S_{MM} (Ohta i Kimura, 1973) pretpostavlja da će novonastali aleli dobiti ili izgubiti jednu ponavljajuću jedinicu te T_{PM} (di Rienzo i sur. 1994) pretpostavljaju da će većina mutacija slijediti model S_{MM} ali uz mogućnost multifazne promjene sljedeće generacije kao geometrijske distribucije. Primjena T_{PM} ($T_{PM,1}$) modela je objasnila 30% (Pascual i sur. 2001; Rus Hoelzel i sur. 2002; Kuehn i sur. 2003) te 5% kod primjene $T_{PM,2}$ (Piry i sur. 1999). Na temelju broja lokusa u našem istraživanju je Wilcoxonov rang test (Luikart i Cornuet 1998) izabran za statističku analizu na temelju suviška heterozigotnosti ili gubitka prema preporuci koju daju Piry i sur. (1999). Udaljenosti između populacija (I_{BD}) su testirane uz pomoć metode koju je dao Rousset (1997). Mantel Test (Mantel 1967) je urađen na temelju parova $F_{ST} / (1-F_{ST})$ i omjera, na temelju prirodnog logaritma zemljopisne udaljenosti (u km) između parova populacija, a proveden je pomoću 1000 permutacije u programu NTSYS-PC verziji 2.105 (Rohlf 2005).

Uporabom četiri nuklearna mikrosatelita (SSR), QpZAG1/5, QpZAG9, QpZAG36, QpZAG108, analiziran je polimorfizam u dvanaest populacija hrasta lužnjaka iz Bosne i Hercegovine. Nakon uspješno urađenog sekvencioniranja amplificiranih uzoraka iz analiziranih popu-

lacija i statističke obrade podataka, kao rezultat dobiveno je ukupno 108 različitih alela (tablica 104). Rezultat je pokazao postojanje velike polimorfnosti kod analiziranih mikrosatelita, odnosno genetske raznolikosti, čak i u malim, izoliranim populacijama koje su obuhvaćene ovim istraživanjem.

Tablica 104. Alelna raznolikost mikrosatelitnih lokusa za 12 populacija lužnjaka u Bosni i Hercegovini

| Lokus | Ponavljajući dio | Veličina variranja (bp) | N _a | P _{IC} |
|-----------|-------------------------------------|-------------------------|----------------|-----------------|
| QpZAG 1/5 | (GT) ₅ (GA) ₉ | 156-187 | 19 | 0,874 |
| QpZAG 9 | (AG) ₁₂ | 180-209 | 22 | 0,924 |
| QpZAG 36 | (AG) ₁₉ | 205-240 | 33 | 0,932 |
| QpZAG 108 | (AG) ₁₃ | 186-251 | 34 | 0,942 |

N_a - ukupan broj alela; P_{IC} – Sadržaj polimorfizma

Na temelju tih rezultata je evidentno da hrast lužnjak u istraživanjima s ovom grupom nuklearnih SSR markera ne pokazuje veliki udio nespecifičnih alela.

Tablica 105. Unutarpopulacijska genetska varijabilnost za četiri mikrosatelitna lokusa

| Broj | Populacija | n | N _{avg} | N _{pr} | H _o | H _E | F _{IS} ^c |
|---------|-------------------|----|------------------|-----------------|----------------|----------------|------------------------------|
| 1 | Cazin | 20 | 14,25 | 3 | 0,838 | 0,880 | 0,074* |
| 2 | Bosanska Gradiška | 20 | 12,75 | 2 | 0,650 | 0,866 | 0,273*** |
| 3 | Bosanski Brod | 20 | 12,00 | 3 | 0,600 | 0,857 | 0,323*** |
| 4 | Orašje | 20 | 11,75 | 2 | 0,700 | 0,842 | 0,193*** |
| 5 | Mrkonjić Grad | 20 | 10,25 | 1 | 0,563 | 0,851 | 0,362*** |
| 6 | Jelah | 20 | 11,75 | 2 | 0,788 | 0,875 | 0,125*** |
| 7 | Žepče | 20 | 10,00 | 2 | 0,625 | 0,826 | 0,267*** |
| 8 | Živinice | 20 | 12,75 | 1 | 0,725 | 0,860 | 0,182*** |
| 9 | Livno | 20 | 13,75 | 0 | 0,638 | 0,887 | 0,305*** |
| 10 | Bugojno | 20 | 10,50 | 0 | 0,563 | 0,813 | 0,331*** |
| 11 | Sarajevo | 20 | 11,75 | 0 | 0,725 | 0,863 | 0,185** |
| 12 | Romanija | 20 | 10,50 | 4 | 0,700 | 0,844 | 0,196*** |
| Sredina | | | 11,83 | | 0,676 | 0,855 | 0,234*** |

n – broj uzoraka; N_{avg} – srednji broj alela; N_{pr} – ukupan broj ličnih alela; H_o – promatrana heterozigotnost; H_E – očekivana heterozigotnost; F_{IS} - inbriding koeficijent.

Vjerojatnost heterozigotnog gubitka: *** nominalna razina 0.1%, ** značajnost na razini 1%, * značajnost na razini 5% i ns bez značajnosti.

Iz tablice 105 je evidentno da prosječan broj alela po populaciji iznosi 11,83, dok je u populaciji Žepče 10,00, a u zapadnoj populaciji Cazin 14,25, što se može pripisati većem antropogenom utjecaju kroz povijest na populaciju Žepče. Također, ako se analizira broj specifičnih alela (private alleles) on iznosi 20, što je veoma velika vrijednost za jedno ovako malo područje koje je analizirano.

Što se tiče stvarne heterozigotnosti, u svim slučajevima je manja od teorijske. Prisutne razlike između stvarne i teorijske heterozigotnosti pokazuju odstupanje stvarnog stanja od stanja ravnoteže, a što je bilo i za očekivati s obzirom na veličine istraživanih populacija te stanje u kojem se nalaze sve prirodne populacije hrasta lužnjaka u Bosni i Hercegovini.

| Tablica 106. F-statistika za genetsku raznolikost i diferencijaciju | | | |
|---|--------------|--------------|--------------|
| Lokus | F_{IT} | F_{ST} | F_{IS} |
| QpZAG1/5 | 0,227 | 0,043 | 0,192 |
| QpZAG9 | 0,199 | 0,069 | 0,139 |
| QpZAG36 | 0,299 | 0,018 | 0,286 |
| QpZAG108 | 0,362 | 0,072 | 0,312 |
| Multilokusna procjena | 0,273 | 0,051 | 0,234 |
| P-vrijednost | $P < 0,0001$ | $P < 0,0001$ | $P < 0,0001$ |

F-statistika je izračunata uporabom Weir i Cockerham metode: F_{IT} - ukupni inbriding; F_{IS} – srednji koeficijent inbridinga; F_{ST} – diferenciranost između populacija

U ovom istraživanju fiksacijski indeks pokazuje pozitivne veličine, što ukazuje na prisustvo inbridinga (tablica 105). Ipak, u populaciji Cazin je jako mala vrijednost i iznosi 0,074. Razlog tomu možemo tražiti u otvorenosti populacije i njenoj relativno dobroj očuvanosti, kao i vjerojatnom toku gena s hrvatskim populacijama iz pokupskog područja. Najveće vrijednosti pokazuju male i izolirane populacije Bosanski Brod, Livno, Bugojno i Mrkonjić Grad. Za Bosanski Brod ovo je neočekivana veličina s obzirom na to da on pripada posavkom području i da ga samo rijeka Sava dijeli od poznatih slavonskih šuma hrasta lužnjaka te glavni razlog treba tražiti u reduciranom broju stabala koja se mogu naći u području Bosanskog Broda, kao i u značajnim povijesnim utjecajima, o čemu piše Begović (1960,1978). Za razliku od tih populacija, kod populacije Romanija iznenađuje mala vrijednost fiksacijskog indeksa jer je prilično izolirana i malobrojna

s nemogućnošću bilo kakvog toka gena. U konačnici je prosječna vrijednost indeksa pozitivna, s vrijednošću $F_{IT} = 0,234$ (tablica 105), a što je posljedica velike fragmentacije hrasta lužnjaka. Ako se, pak, analizira fiksacijski indeks prema lokusina (tablica 106), situacija je ista, svi pokazuju pozitivnu vrijednost, odnosno prisustvo inbridinga. U bosanskohercegovačkim populacijama prisutna je relativno visoka unutarpopulacijska raznolikost, s prosjekom za sve lokuse od $F_{IS} = 0,273$, te niska međupopulacijska diferencijacija kod svih istraživanih lokusa $F_{ST} = 0,051$ (tablica 106).

Provedena analiza genetskih distanci prema Nei (1972) između istraživanih populacija prikazana je u tablici 107, a rezultati se mogu protumačiti malim zemljopisnim udaljenostima između analiziranih populacija. Ipak, i dobivene veličine, s obzirom na relativno male zemljopisne udaljenosti, veoma su značajne te u tom slučaju i mala pokazana diferenciranost ima veliki značaj.

Tablica 107. Neijeve standardne genetske udaljenosti (iznad dijagonale) i parovi F_{ST} vrijednosti (ispod dijagonale) za 12 populacija hrasta lužnjaka iz Bosne i Hercegovine

| Br. Populacija | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----------------|---------------------|---------------------|----------|----------|----------|----------|----------|---------------------|---------------------|----------|----------|-------|
| 1 Cazin | | 0,824 | 0,540 | 0,997 | 0,596 | 0,570 | 1,002 | 0,684 | 0,498 | 0,471 | 0,849 | 0,865 |
| 2 B. Gradiš. | 0,048*** | | 1,043 | 0,655 | 0,782 | 0,645 | 0,773 | 0,411 | 0,425 | 0,649 | 0,598 | 0,625 |
| 3 B. Brod | 0,031*** | 0,064*** | | 1,046 | 1,038 | 0,629 | 0,681 | 0,712 | 0,787 | 0,585 | 1,087 | 0,805 |
| 4 Orašje | 0,067*** | 0,047** | 0,074*** | | 0,770 | 0,794 | 0,825 | 0,596 | 0,803 | 1,030 | 0,674 | 1,149 |
| 5 Mrkonjić G. | 0,036** | 0,051*** | 0,068*** | 0,059*** | | 0,674 | 0,709 | 0,985 | 0,536 | 0,615 | 0,778 | 0,832 |
| 6 Jelah | 0,031*** | 0,037** | 0,038*** | 0,056*** | 0,043*** | | 0,622 | 0,680 | 0,476 | 0,677 | 0,654 | 0,765 |
| 7 Žepče | 0,072*** | 0,060*** | 0,055*** | 0,072*** | 0,058*** | 0,048*** | | 0,782 | 0,612 | 0,692 | 0,799 | 0,728 |
| 8 Živinice | 0,042** | 0,021* | 0,048*** | 0,045*** | 0,066*** | 0,043*** | 0,064*** | | 0,455 | 0,758 | 0,620 | 0,971 |
| 9 Livno | 0,020 ^{ns} | 0,015 ^{ns} | 0,043** | 0,051** | 0,027** | 0,019* | 0,042*** | 0,020 ^{ns} | | 0,439 | 0,425 | 0,608 |
| 10 Bugojno | 0,038** | 0,054*** | 0,050*** | 0,090*** | 0,054*** | 0,056*** | 0,069*** | 0,066*** | 0,030* | | 0,691 | 0,679 |
| 11 Sarajevo | 0,051*** | 0,036* | 0,068*** | 0,050*** | 0,052*** | 0,040*** | 0,064*** | 0,041*** | 0,017 ^{ns} | 0,060*** | | 1,081 |
| 12 Romanija | 0,059*** | 0,044*** | 0,059*** | 0,086*** | 0,062*** | 0,053*** | 0,064*** | 0,070*** | 0,037*** | 0,064*** | 0,074*** | |

P-slučajne vrijednosti: *** značajnost na razini 0.1%, ** značajnost na razini 1%, * značajnost na razini 5% i ns nema statističke značajnosti

U ovom istraživanju genetska distanca prema Nei (1972) je najveća između populacija Orašje i Romanija s vrijednošću 1,149 (tablica 107), uz relativno manju zemljopisnu udaljenost. Najmanja genetska distanca javlja se između populacija Bosanska Gradiška i Živinice, s veličinom od 0,411, što se možda i moglo očekivati jer je Bosanska

Gradiška na sjeveru Bosne te vezana sa slavonskim populacijama, a populacija Živinice je od Posavine odijeljena samo planinom Majevicom. Ipak, populacija Živinice bi trebala biti bliska populaciji Orašje. Iz ovih rezultata je vidljivo da tri populacije hrasta lužnjaka iz Bosanske Posavine, Orašja, Bosanskog Broda i Bosanske Gradiške međusobno odstupaju, a bilo je za očekivati da će upravo te populacije pokazivati najmanje genetske distance.

Kada su u pitanju F_{ST} vrijednosti, minimalna veličina je između populacija Bosanska Gradiška i Livno, a maksimalna između Populacije Orašje i Bugojno, što je i za očekivati.

Tablica 108. AMOVA analiza djelomične mikrosatelitne raznolikosti (A) između i unutar populacija hrasta lužnjaka i (B) između triju skupina nadmorskih visina (ispod 100 m nadmorske visine; 100-300 m; >300 m), između skupina populacija i između populacija.

| Analiza | Izvor variranja | Stupanj slobode | Komponente variranja | Procent variranja | ϕ -statistika | P(ϕ) |
|---------|----------------------------------|-----------------|----------------------|-------------------|---------------------|-------------|
| (A) | Između populacija | 11 | 0,034 | 7,51 | $f_{ST} = 0,075$ | < 0,0001 |
| | Unutar populacija | 228 | 0,416 | 92,49 | | |
| (B) | Između skupina | 2 | 0,0005 | 0,10 | $\phi_{CT} = 0,001$ | 0,392 |
| | Između populacija unutar skupina | 9 | 0,033 | 7,44 | $f_{SC} = 0,074$ | < 0,0001 |
| | Unutar populacija | 228 | 0,416 | 92,45 | $f_{ST} = 0,075$ | < 0,0001 |

P(ϕ) - ϕ -statistika za razinu vjerojatnosti nakon 10 000 permutacija

Prema prvoj analizi (A), koja uključuje unutarpopulacijsku i međupopulacijsku varijabilnost prema nadmorskim visinama, dobivena je diferenciranost. Iako se veći dio genetske raznolikosti može pripisati razlikama među individuama unutar populacije (92,49%), značajnost Φ_{ST} vrijednosti između populacija ($\Phi_{ST} = 0,075$; $p < 0,0001$) ukazuje na postojanje genetske diferencijacije (tablica 108).

Druga analiza (B), u koju je još uključena i varijabilnost između populacija i unutar skupina neke od komponenti, nije pokazala prisutnu diferenciranost. Dvosmjerna ugniježđena ANOVA analiza korištena je za dalje particioniranje ukupne genetske varijance između triju visinskih skupina (<100 metara nadmorske visine; 100-300 m; >300 m), između populacija unutar grupa i unutar populacijskih komponenti. Komponenta varijance između grupa nije bila značajna ($\Phi_{CT} = 0,001$; $p = 0,392$), što ukazuje na to da jednostavna podjela populacija u visinske skupine nije mogla objasniti uočenu međupopulacijsku varijabilnost.

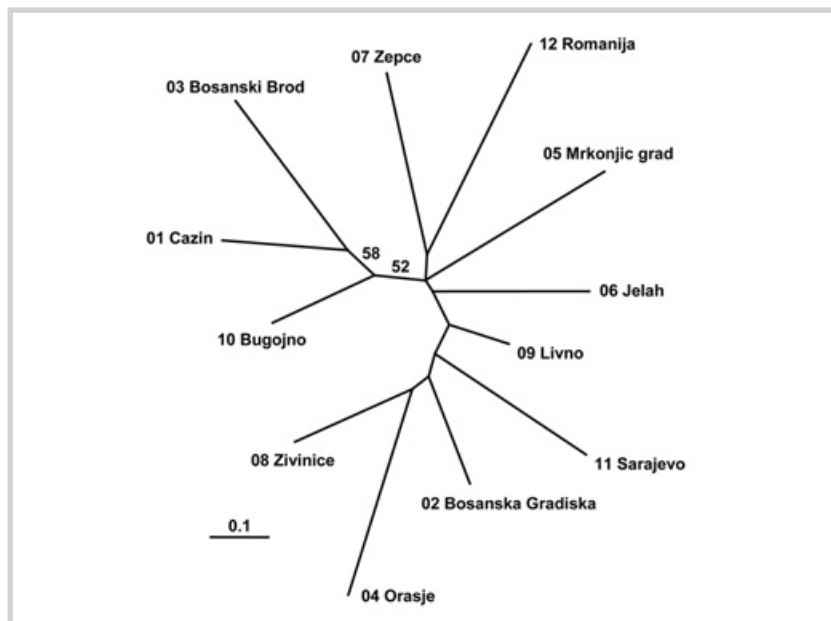
Tablica 109. Ispitivanje drift mutacijske ravnoteže kod polimorfnih lokusa za 12 populacija hrasta lužnjaka. Genska raznolikost promatrana (H_E) je u usporedbi s genskom očekivanom raznolikosti na drift mutacijskoj ravnoteži (H_{EQ}), računajući od promatranog broja alela u četiri mutacijska modela: I_{AM} = beskrajnog alelnog modela; T_{PM1} = dvofazni model s 30% i više mutacijskih koraka; T_{PM2} = dvofazni model s 5% i više mutacijskih koraka; S_{MM} = postupni mutacijski model (Cornuet i Luikart, 1996).

| Broj. | Populacija | I_{AM} | | | | T_{PM1} | | | | T_{PM2} | | | | S_{MM} | | | |
|-------|-------------------|----------|-------|---|-------|-----------|-------|---|-------|-----------|-------|---|-------|----------|-------|---|-------|
| | | D | P(D) | E | P(E) | D | P(D) | E | P(E) | D | P(D) | E | P(E) | D | P(D) | E | P(E) |
| 1 | Cazin | 1 | 0.969 | 3 | 0.063 | 2 | 0.156 | 2 | 0.906 | 3 | 0.094 | 1 | 0.938 | 3 | 0.063 | 1 | 0.969 |
| 2 | Bosanska Gradiška | 0 | 1.000 | 4 | 0.031 | 1 | 0.969 | 3 | 0.063 | 1 | 0.906 | 3 | 0.156 | 2 | 0.563 | 2 | 0.563 |
| 3 | Bosanski Brod | 0 | 1.000 | 4 | 0.031 | 3 | 0.438 | 1 | 0.844 | 3 | 0.156 | 1 | 0.906 | 3 | 0.063 | 1 | 0.969 |
| 4 | Orašje | 0 | 1.000 | 4 | 0.031 | 2 | 0.906 | 2 | 0.156 | 2 | 0.156 | 2 | 0.906 | 3 | 0.094 | 1 | 0.938 |
| 5 | Mrkonjić Grad | 0 | 1.000 | 4 | 0.031 | 0 | 1.000 | 4 | 0.031 | 0 | 1.000 | 4 | 0.031 | 1 | 0.969 | 3 | 0.063 |
| 6 | Jelah | 0 | 1.000 | 4 | 0.031 | 0 | 1.000 | 4 | 0.031 | 1 | 0.938 | 3 | 0.094 | 2 | 0.906 | 2 | 0.156 |
| 7 | Žepče | 1 | 0.969 | 3 | 0.063 | 1 | 0.938 | 3 | 0.094 | 1 | 0.844 | 3 | 0.438 | 1 | 0.844 | 3 | 0.438 |
| 8 | Živinice | 1 | 0.969 | 3 | 0.063 | 2 | 0.438 | 2 | 0.844 | 3 | 0.094 | 1 | 0.938 | 3 | 0.094 | 1 | 0.938 |
| 9 | Livno | 0 | 1.000 | 4 | 0.031 | 0 | 1.000 | 4 | 0.031 | 2 | 0.844 | 2 | 0.438 | 2 | 0.563 | 2 | 0.563 |
| 10 | Bugojno | 1 | 0.969 | 3 | 0.063 | 1 | 0.844 | 3 | 0.438 | 2 | 0.563 | 2 | 0.563 | 2 | 0.438 | 2 | 0.844 |
| 11 | Sarajevo | 1 | 0.969 | 3 | 0.063 | 1 | 0.844 | 3 | 0.438 | 2 | 0.563 | 2 | 0.563 | 2 | 0.438 | 2 | 0.844 |
| 12 | Romanija | 0 | 1.000 | 4 | 0.031 | 1 | 0.938 | 3 | 0.094 | 2 | 0.563 | 2 | 0.563 | 2 | 0.438 | 2 | 0.844 |

D - Broj lokusa kod prikazanih gena uz gubitak raznolikosti; P (D) – vjerojatni gubitak genske raznolikosti ($H_E < H_{EQ}$) u prosjeku kod svih polimorfnih lokusa pomoću Wilcoxon testa - znak ekspanzije populacije (Cornuet i Luikart 1996 Piry i sur. 1999.); E - broj lokusa koji pokazuju višak genske raznolikosti; P (E) - vjerojatnost za razlike kod viška gena ($H_E > H_{EQ}$) u prosjeku u svim polimorfnim lokusima pomoću Wilcoxon testa (Cornuet i Luikart 1996; Piry i sur. 1999.) - oznaka populacijskog uskog grla

Veliki problem ovog istraživanja je mali broj lokusa koji je analiziran, a što je proisteklo iz objektivnih razloga. To je i osnovni razlog što je veoma teško donijeti bilo kakav definitivni zaključak. Ipak, dobiveni rezultati ukazuju da se u rezultatima pojavljuje određeni suvišak genetske raznolikosti koji ukazuje na genetsko usko grlo, ali zbog malog broja analiziranih lokusa ne dobiva se ništa signifikantno na razini $P < 0,01$ te je u narednim istraživanjima potrebno uključiti veći broj lokusa kada je u pitanju hrast lužnjak (tablica 109).

Dobivene veličine bootstrapa u ovom slučaju su nužno vrlo niske. Razlog tomu treba tražiti u malom broju analiziranih lokusa, samo četiri, tako da svaki lokus ima veliki utjecaj na izračun genetske udaljenosti i samim tim i na izgled dobivenog stabla (slika 88). Iz dobivene slike i s obzirom na stanje na terenu te ekološke prilike, očekivano je



Slika 88. Neukorijenjeno zajedničko stablo na temelja Nei-ove standardne genetske udaljenosti između 12 populacija hrasta lužnjaka iz Bosne i Hercegovine (brojevi iznad grane ukazuju na veličinu zajedničkog procenta od preko 50% u 10 000 pseudoponavljanja)

veće izdvajanje populacija Livno, Romanija i Mrkonjić Grad. Također, nije prisutno ni grupiranje prema zemljopisnoj pripadnosti, slivovima rijeka, odnosno prema logičnom toku gena. Razlog ovome treba tražiti u malim populacijama, koje su slučajno nastale od preostalih stabala, te njihovoj relativno dobroj izoliranosti, odnosno prekidima toka gena. Također, kako je ovo istraživanje provedeno u relativno maloj zemlji, i mala odstupanja koja se dobiju između populacija mogu biti veoma značajna. S druge strane, velika ekološka raznolikost središnjih Dinarida sugerirala je na veću diferenciranost nego je dobiveno u istraživanju.

Fiksacijski indeks

Dobiveni rezultati pokazuju da se gen lokusi različito ponašaju prema fiksacijskom indeksu (tablica 110). Također, iz dobivenih rezultata je vidljivo da su u populacijama prisutne, kako pozitivne, tako i

negativne vrijednosti gen lokusa. Inače je vrlo interesantno da najveću srednju vrijednost fiksacijskog indeksa ima populacija Mrkonjić Grad, a ako se promatraju gen lokusi, tada najveću vrijednost ima gen lokus *ssrQpZAG108* kod populacije Bugojno. To upućuje na prisustvo jačeg inbridinga kada je u pitanju samo ovaj gen lokus. Pored toga, interesantna je veličina fiksacijskog indeksa za gen lokus *ssrQpZAG9* čija je veličina nula te koja u populaciji Novi Šeher upućuje na prisustvo genetske ravnotežu prema Hardy-Weinbergovom zakonu ako promatramo samo taj gen lokus.

Tablica 110. Vrijednosti fiksacijskog indeksa u istraživanim populacijama hrasta lužnjaka u Bosni i Hercegovini

| Br. | Populacija | Fiksacijski indeks prema uporabljenim početnicama | | | | |
|-----|--------------------------|---|------------------|-------------------|--------------------|---------|
| | | <i>ssrQpZAG1/5</i> | <i>ssrQpZAG9</i> | <i>ssrQpZAG36</i> | <i>ssrQpZAG108</i> | Sredina |
| 1 | Cazin | -0,068 | 0,036 | -0,006 | 0,245 | 0,051 |
| 2 | Bosanska Gradiška | 0,107 | 0,202 | 0,499 | 0,286 | 0,273 |
| 3 | Bosanski Brod (Zborište) | 0,350 | 0,482 | 0,154 | 0,364 | 0,337 |
| 4 | Orašje (Obudovac) | 0,031 | 0,385 | 0,127 | 0,240 | 0,195 |
| 5 | Mrkonjić Grad (Podbrdo) | 0,450 | 0,719 | 0,332 | 0,304 | 0,451 |
| 6 | Jelah | -0,047 | 0,048 | 0,234 | 0,376 | 0,152 |
| 7 | Žepče | 0,070 | 0,016 | 0,262 | 0,689 | 0,259 |
| 8 | Živinice (Dubrave) | 0,111 | -0,142 | 0,368 | 0,144 | 0,120 |
| 9 | Livno (Crni lug) | 0,393 | 0,040 | 0,350 | 0,153 | 0,234 |
| 10 | Bugojno (Kopčić) | 0,278 | 0,462 | 0,198 | 0,568 | 0,376 |
| 11 | Sarajevo (Stojčevac) | 0,262 | 0,003 | 0,193 | 0,102 | 0,140 |
| 12 | Romanija (Sokolac) | 0,286 | -0,252 | 0,448 | 0,191 | 0,168 |
| 13 | Kiseljak | 0,360 | -0,071 | 0,459 | 0,474 | 0,305 |
| 14 | Novi Šeher | -0,333 | 0,000 | 0,040 | 0,652 | 0,089 |
| | Sredina | 0,244 | 0,224 | 0,308 | 0,401 | 0,294 |

Posebnu pažnju kod analize treba usmjeriti na gen lokuse *ssrQpZAG1/5* i *ssrQpZAG9* jer za njih određene populacije imaju negativne vrijednosti fiksacijskog indeksa, što ukazuje na odsustvo inbridinga u populaciji kada je u pitanju taj gen lokus kao i na stabilnost populacije. Ovo je veoma interesantan podatak s obzirom da su u pitanju male i fragmentirane populacije koje su dovedene na rub nestanka.

Analizom srednjih fiksacijskih indeksa prikazanih u tablici 110 vidljivo je da su vrijednosti pozitivne u svim populacijama. Među prikaza-

nim srednjim vrijednostima populacija Cazin značajno odstupa s vrijednošću od 0,051 te se može smatrati da je ta populacija blizu uravnoteženog stanja, kao i populacija Novi Šeher s 0,089. Ostale populacije imaju veće vrijednosti od 1,000, a najveće vrijednosti su kod populacija Mrkonjić Grad, Bugojno i Bosanski Brod. Za razliku od populacija Mrkonjić Grad i Bugojno, populacija Bosanski Brod pripada skupini relativno velikih populacija, a izdvaja se i stalnim kontaktom s poznatim populacijama iz susjedne Hrvatske.

Ako se, pak, detaljnije analiziraju srednje vrijednosti fiksacijskog indeksa za gen lokuse, primjetno je da genski lokusi *ssrQpZAG1/5* i *ssrQpZAG9* imaju bliske vrijednosti. Za razliku od njih, genski lokusi *ssrQpZAG36* i *ssrQpZAG108* značajnije odstupaju s vrijednostima 0,308 i 0,401.

Ukupna veličina srednjeg fiksacijskog indeksa za svih 14 istraživanih populacija je 0,294, što ukazuje na opće prisustvo inbridinga. Interesantno je da, ako se isključe dobivene veličine za populacije Mrkonjić Grad, Bugojno i Bosanski Brod, veličina fiksacijskog indeksa je značajno manja, za oko 30%.



Slika 89. Mladi žirovi na dugim pedunkulusima kod hrasta lužnjaka

PREPORUKE ZA GOSPODARENJE HRASTOM LUŽNJAKOM U BOSNI I HERCEGOVINI

Prikazana istraživanja hrasta lužnjaka u Bosni i Hercegovini mogu poslužiti kao osnova za stvaranje strategije u gospodarenju ovom vrijednom vrstom, a posebice njenom reintrodukcijom na stara degradirana i napuštena staništa.

Za morfološke analize lista hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) uporabljene su 44 populacije iz Bosne i Hercegovine te 21 kontrolna populacija (16 iz Hrvatske, 4 iz Srbije i 1 iz Crne Gore). Istraživanjem je obuhvaćeno 10 stabala po populaciji i 10 listova po stablu. Tako je u Bosni i Hercegovini obrađeno 4400, u Hrvatskoj 1600, Srbiji 400 i Crnoj Gori 100 listova. Listovi su sakupljeni s kratkih fertilnih izbojaka jer je utvrđeno (Franjić 1996) da su za morfometrijsku analizu lista oni najtipičniji i pokazuju recentno stanje vrste, tj. vrijednosti pojedinih svojstava prikazuju interakciju genotip x okolina, na individualnom i populacijskom nivou.

Uvijek se u ovakvim analizama postavlja problem prirodnih hibrida, a kao primjer može poslužiti istraživanje u Velikoj Britaniji sa 135 prirodnih populacija hrasta lužnjaka i hrasta kitnjaka metodom multivarijantne analize. Tada su utvrđeni parametri za čiste populacije lužnjaka i kitnjaka te za populacije koje su sadržavale intermedijarne tipove. Populacije čistog lužnjaka bile su najčešće u istočnom dijelu Velike Britanije, a karakterizirale su ih visoke pH vrijednosti zemljišta, uz bogati sadržaj hranjiva. Hibridne populacije bile su česte na zapadnom dijelu areala, a locirane su u dolinama uz obale rijeka (Rushton 1979), a do sličnih rezultata dolaze i u Sloveniji (Breznikar i sur. 2000). Prema Rushton (1979), hibridi zauzimaju intermedijarna staništa između tipičnih lužnjakovih staništa (vlažna, slabo drenirana staništa, bogata hranjivima na dnu riječnih dolina) i kitnjakovih staništa (dobro drenirana, silikatna zemljišta na uzvisinama, siromašna hranjivima). Hibridni karakter populacija se povećava od istoka prema zapadu Velike Britanije. Karakter staništa također uvjetuje spontanu hibridizaciju između lužnjaka i kitnjaka te preživljavanje intermedijarnih formi. Recentnu hibridizaciju i introgresiju između hrasta lužnjaka i kitnjaka utvrdili su i Cousens (1965) u Velikoj Britaniji, Irskoj i Hrvatskoj, Olsson (1975) u Švedskoj, Iestwaart i Feij (1989) u Nizozemskoj te Breznikar i

sur. (2000) u Sloveniji, u Francuskoj Bacilieri i sur. (1993, 1995, 1996a, 1996b), Steiff i sur. (1998) i Dumolin Lapegue i sur. (1999).

Analizom 12 morfoloških svojstava pokušano je statističkim metodama utvrditi interakciju genotip - okolina i skrenuti pažnju na važnost podrijetla sjemenskog materijala za podizanje sastojina hrasta lužnjaka. Tako se dobila diferenciranost populacija hrasta lužnjaka u Bosni i Hercegovini prema nadmorskim visinama (Ballian i sur. 2015).

Pomoću korištenih morfoloških biljega uočene su vidljive i jasne razlike između ili unutar populacija kod većine vrsta šumskog drveća. U dosad obavljenim radovima o hrastu lužnjaku uočene su razlike između populacija hrasta lužnjaka u većem ili manjem obimu (Franjić 1993, 1994, 1996; Steinkellner i sur. 1997; Lefort i sur. 1998; Barreneche i dr. 1998; Lexer i sur. 2000; Wilhelm i sur. 2005; Bašić i sur. 2007). Varijabilnost hrasta lužnjaka je također raščlanjena i povezana s njegovom seobom poslije ledenog doba (Slade 2001; König i sur. 2002; Petit i sur. 2002; Petit i sur. 2002a; Fineschi 2002; Csaikl i sur. 2002; Cottrell i sur. 2002; Kelleher i sur. 2004; Slade i sur. 2008). Mogući uzroci tih različitosti, osim prirodne selekcije, su i antropogena djelovanja, ali i razvojni faktori ili procesi prilagođavanja na određene ekološke uvjete.

Samo područje Bosne i Hercegovine, odnosno Dinarskih planina, vrlo je specifično kad su u pitanju uvjeti okoliša jer na vrlo malom prostoru postoji velika šarolikost klimatskih, edafskih, orografskih i drugih čimbenika koji neposredno utječu na diferencijaciju, kako individualnu, tako i populacijsku. Zato stručnjaci smatraju da vrste šumskog drveća s područja Dinarida (prije svega iz Bosne i Hercegovine) pokazuju veliku varijabilnost, što je potvrđeno i za hrast lužnjak kroz istraživanja koja su proveli Memišević (2010), Memišević Hodžić (2015) te Ballian i sur. (2010), u poređenju s istom vrstom iz drugih dijelova Europe. Značaj utjecaja orografskih čimbenika, odnosno prilagođavanje na različite visinske položaje i formiranje mogućih ekotipova u ovim istraživanjima na hrastu lužnjaku se sasvim jasno pokazuju (Ballian i sur. 2015).

U istraživanju Memišević (2010) obrađen je utjecaj nadmorskih visina i pripadnosti ekološko-vegetacijskim rajonima te treba istaknuti zaključak da postoje razlike među populacijama iz različitih ekoloških niša, odnosno da razlike u ekologiji staništa uvjetuju jasnu genetsku diferencijaciju među populacijama, posebno na nivou rajona i područja (Memišević 2010).

Prema Müller-Starcku i sur. (1992), vrste s disjunktним rasprostranjenjem, kao što je hrast lužnjak, pokazuju veliku međupopulacijsku varijabilnost, a slabu ili nikakvu unutarpopulacijsku varijabilnost na morfološkom nivou.

Istraživanja na lužnjaku pokazuju kako međupopulacijsku, tako i unutarpopulacijsku varijabilnost, što je utvrdio i Franjić (1994, 1996) te za Bosnu i Hercegovinu Memišević (2010) i Ballian i sur. (2010). Tako se posmatranjima primarnih morfoloških parametara mogu dobiti važne informacije o adaptivnosti jedinke ili populacije, a to se prvenstveno ogleda u morfološkoj raznolikosti, srednjim vrijednostima, varijanci, koeficijentu varijabilnosti te parametrima multivarijantne analize. Njihovim posmatranjima mogu se donijeti odgovarajuće preporuke radi očuvanja morfološkog (genetskog) biodiverziteta populacija, odnosno uspješne obnove populacija.

Prema Vidakoviću (2001), kako bi se osiguralo dobro prilagođavanje genotipova na različite uvjete, istraživani biljezi morali bi biti nezavisni jedni od drugih, a promjene okoliša, kao nositelja evolucijskih promjena, ne bi smjele biti dopuštene. Zbog toga se postojeći genetski set, koji bi bio sačuvan u bankama gena, ne može smatrati krajnjim ciljem očuvanja vrste, već početnim materijalom u procesu konzervacije *in situ* i *ex situ*.

Za razliku od Bosne i Hercegovine, u Europi su testovi provenijencija s hrastom lužnjakom podizani prije 80 – 100 godina (Hauch 1909; Cieslar 1923), a u susjednoj Hrvatskoj istraživanja su započeta 1988. i 1992. godine (Gračan 1995, 1996; Vidaković i sur. 2000; Perić 2001,



Slika 90. Vinska burad, osnovni proizvod od drva hrasta lužnjaka

Perić i dr. 2000, 2003, 2006, 2007, 2008). Razloge za slabiji interes za hrast lužnjak u Bosni i Hercegovini nalazimo u njegovoj maloj zastupljenosti, odnosno jako velikoj fragmentiranosti populacija, što je direktna posljedica velike eksploatacije ove vrste u periodu od 1839. do 1914. godine (Begović 1960, 1978; Memišević 2008).

Morfološke analize u bosanskohercegovačkom testu provenijencija su temeljene na mjerenju visina i promjera vrata korijena četverogodišnjih, petogodišnjih i šestogodišnjih biljaka u proljeće 2012., 2013. i 2014. godine i računanju visinskog prirasta u 2012. i 2013. godini. Ovim analizama su obuhvaćene biljke podrijetlom iz 28 bosanskohercegovačkih provenijencija.

Za sva analizirana svojstva dobivene su statistički značajne razlike između istraživanih provenijencija, što su dobili i drugi istraživači (Cieslar 1923; Gračan 1995; Roth 2003, 2006; Perić 2001, Perić i dr. 2000, 2003, 2006, 2007, 2008.).

U istraživanjima koje su proveli Oppermann (1932) te Naidenova i Kostov (1979; prema Kleinschmidt 1993), konstantirano je da su južne provenijencije nešto bržeg rasta od sjevernih. U ovom istraživanju to nije moglo biti potvrđeno zbog specifičnosti reljefa u Bosni i Hercegovini. Tako najvišu prosječnu visinu ima provenijencija Jelah koja je sjeverna, ali na rubu Panonskog bazena, dok su južne provenijencije smještene u kraška polja i na većim nadmorskim visinama te imaju nešto manje visine biljaka.

Najmanji srednji promjer vrata korijena četverogodišnjih biljaka imala je provenijencija Vinac s 11,3 mm, a najveći provenijencija Jelah sa 16,2 mm. Najmanji srednji promjer vrata korijena petogodišnjih biljaka imala je provenijencija Stojčevac sa 17,9 mm, a najveći provenijencija Jelah s 23,8 mm.

Srednja vrijednost promjera vrata korijena petogodišnjih biljaka od 20,5 mm dobivena u ovom istraživanju dosta je iznad intervala 8,87 - 11,28 mm, koliko je utvrdio Roth (2006) u rasadniku Jastrebarsko, odnosno 12,69 - 13,65 mm na lokalitetu Sedlarac. Razlozi za razlike između dva istraživanja mogu se tražiti u primijenjenim agrotehničkim mjerama tijekom proizvodnje u rasadniku, ali je potrebno naglasiti i genetsku komponentu te pretpostaviti da su razlike možda uvjetovane i samom genetskom strukturom istraživanih provenijencija u testu.

Paralelno s morfološkim mjerenjima u testu provenijencija je provedeno i fenološko osmatranje na četverogodišnjim i petogodišnjim

biljkama svih provenijencija u proljeće (od ožujka do svibnja) 2012. i 2013. godine. S obzirom da je hrast lužnjak vrsta koja je osjetljiva na kasne mrazeve, rezultati osmatranja fenologije trebaju biti korišteni pri izboru provenijencija koje kasnije listaju. Kako su fenološka osmatranja vršena samo dvije godine, ne možemo sa sigurnošću reći kada počinje vegetacija hrasta lužnjaka u testu provenijencija Žepče. Potrebna su višegodišnja osmatranja zbog toga što početak vegetacije zavisi od visine proljetnih temperatura kao i količine padavina. U konkavnim oblicima terena zbog, prije svega, niskih noćnih temperatura, tempo razvića biljaka se usporava ili ubrzava (Kramer 2001).

Fenološka osmatranja ukazala su na postojanje razlika u početku i završetku pojedinih fenofaza listanja biljaka hrasta lužnjaka po provenijencijama, ali također i po godinama što upućuje, kako na genetsku raznolikost između populacija, tako i na ovisnost pojave fenoloških faza od vremenskih prilika. Tako 2012. godine u fazu B najranije ulaze stabla provenijencije Bijeljina, 28. ožujka. Ova provenijencija se nalazi na nadmorskoj visini od 93 m i u blizini rijeke Drine, za razliku od provenijencije Knežina koja se nalazi na nadmorskoj visini od 759 m i u kojoj stabla ulaze u fazu B tek 5. travnja, što je slučaj i s provenijencijom Bosanska Dubica koja je sa znatno niže nadmorske visine (145 m). Stabla provenijencije Bosanska Dubica također najkasnije ulaze u fazu F, dok stabla viših provenijencija, kao što su Sokolac, Knežina, Bosansko Grahovo, ulaze u fazu F nešto ranije.

Godine 2013. vegetacija počinje dosta kasnije i to stabla većine provenijencija ulaze u fazu B tek 16. ili 18. travnja. Bosanska Dubica ponovno kasni s ulaskom u fazu B, što se događa 23. travnja. U fazu F sve provenijencije ulaze najranije 29. travnja. U istraživanjima Bobinca i sur. (2012), faza 6 (F) dvije uzastopne godine (2005. i 2006.) pojavljuje se 4. svibnja na stablu 1, a 25. travnja na stablu 2. Franjić i sur. (2009) analizirali su sedam faza, ali dužina izlistavanja je sukladna rezultatima iz istraživanja Memišević Hodžić (2015).

Izrazitu unutarpopulacijsku varijabilnost početka listanja hrasta lužnjaka utvrdili su u prošlom stoljeću Hayek (1909), Cieslar (1923), Hesmer (1955), Krahl-Urban (1959) (prema Šafaru 1966), Šafar (1966), Stojković (1991) te u ovom stoljeću Jensen (2000), Jensen i Deans (2004) i Jensen i Hansen (2008). U literaturi postoje različiti podaci o razlikama u početku listanja u testovima provenijencija između rano- ga i kasnog hrasta lužnjaka, ali i jesenjoj fenologiji.

Molekularno-genetske analize bazirane su na uzorcima sakupljenim u veljači 2014. godine, s po 50 biljaka iz dvadeset odabranih provenijencija koje su analizirane korištenjem seta enzimskih sistema s 14 gen lokusa.

Iz relativnih frekvencija alela analiziranih lokusa (tablica 89) vidljivo je da je svaki od 14 analiziranih genskih lokusa manje ili više polimorfan. Visok stupanj polimorfности nalazi se kod lokusa AAP-A, PGM-B, IDH-A, IDH-B, IDH-C. U ovom istraživanju najniža dobivena srednja vrijednost broja alela po lokusu bila je za provenijencije Bosanska Dubica, Bosansko Grahovo i Sokolac i iznosila 2,351, a najveća za provenijenciju Bosanski Brod i iznosila 3,1429. Dobiveni broj alela po lokusu veći je od onoga koji su utvrdili Gömöry i sur. (2001) u istraživanju populacija lužnjaka i kitnjaka iz Bugarske, Slovačke i Rusije gdje je prosječan broj alela po lokusu bio između 1,8 i 2,6.

U poređenju s raznolikošću alela, mora se obratiti pažnja na to da su broj i količina mogućih genotipova veći, a time i broj mogućih klasa, nego kod alela. To ima smisla ako se radi o rijetkim genotipovima (alelima). S obzirom na to da je broj realiziranih genotipova u jednoj populaciji stvarno veći od broja alela, to pri ocjeni genotipske raznolikosti u odnosu na alelnu raznolikost ima više pogrešaka (Gregorius 1980, 1983; Hattemer i sur. 1982.)

U ovom istraživanju najmanju srednju vrijednost broja genotipova imala je provenijencija Olovo s 2,7857, a najveću provenijencija Drvar s 4,000 (tablica 92). Ovi rezultati su u skladu s rezultatima Ballian i sur. (2010) koji su utvrdili da populacije, koje se nalaze u blizini pretpostavljenog glacijalnog refugiuma, nisu izgubile mnogo od svog početnog genetskog potencijala.

Najmanje multilokusno odstupanje je 0,10064 i javlja se između provenijencija Bijeljina i Mrkonjić Grad, a najveće 0,32173 između Olova i Kotor Varoši (tablica 100).

Provenijencija iz Olova je pokazala najveća multilokusna odstupanja prema 11 provenijencija (Bosanska Dubica, Bosanska Gradiška, Bosanski Brod, Bosansko Grahovo, Bugojno, Drvar, Jelah, Kotor Varoš, Miljevina, Sokolac i Žepče). S obzirom da je Olovo mala izolirana populacija, a da se većina ovih populacija nalazi na sjeveru Bosne, odstupanja su očekivana. Populacija Olovo bi jedino trebala biti bliže populaciji Sokolac, s kojom ima vezu preko populacije Knežina.

Prema ostalim provenijencijama najveća odstupanja ima provenijencija KotorVaroš (osim provenijencija Jelah i Kaćuni koje međusobno imaju najveća odstupanja).

Nije bilo grupiranja zabilježenog u smislu zemljopisne pripadnosti, riječnih slivova i logičnog toka gena. To bi se moglo pripisati činjenici da se radi o malim populacijama koje su nastale slučajno iz preostalih stabala te njihovoj relativnoj izolaciji, odnosno prekidu protoka gena. Budući da je ovo istraživanje provedeno u maloj zemlji, čak i mala odstupanja među populacijama mogu biti značajna. S druge strane, visoka ekološka raznolikost središnjeg dinarskog masiva sugerira veću diferencijaciju nego je zapravo dobivena u ovom istraživanju.

Postojeće razlike između stvarne i teorijske (očekivane) heterozigotnosti pokazuju odstupanje stvarnog stanja od stanja ravnoteže. Najveću vrijednost stvarne heterozigotnosti pokazuje provenijencija Olovo s $0,2907$, a najmanju Bosanska Dubica s $0,1571$ (tablica 93). Ove vrijednosti su veće od onih koje je utvrdio Yakovlev (2000) u istraživanju populacija hrasta lužnjaka u središnjem dijelu Rusije uz rijeku Volgu gdje je najveću prosječnu vrijednost stvarne heterozigotnosti imala populacija Volzhsk plakor $0,178 \pm 0,051$, a najmanju populacija Jantikovo s $0,099 \pm 0,043$.

Stvarna heterozigotnost veća je od očekivane za osam provenijencija, i to: Bosanski Brod, Hrgovi Srebrenik, Jelah, Kaćuni, Kotor Varoš, Olovo, Stojčevac i Žepče. Populacija Bosanski Brod je otvorena prema posavskim populacijama u Hrvatskoj, populacije Hrgovi Srebrenik, Jelah i Kotor Varoš su još uvijek dobre strukture i relativno velike u odnosu na ostale populacije u Bosni i Hercegovini, kao i Kaćuni i Žepče. Populacije Olovo i Stojčevac su male i izolirane te se veća vrijednost stvarne heterozigotnosti od očekivane može pripisati jedino tome da su kroz vremenske periode uspjele sačuvati dobru genetsku strukturu.

Od 14 gen lokusa, za njih devet je prosječna stvarna heterozigotnost za sve provenijencije veća od očekivane i to: FEST-C, ADH-A, 6PGDH-A, 6PGDH-B, IDH-A, IDH-B, PGI-B, GOT-B i SDH-A. Najveću vrijednost prosječne stvarne heterozigotnosti za provenijencije ima lokus AAP-A s $0,5897$, s apsolutno najvećom heterozigotnošću kod provenijencije Stojčevac koja iznosi $0,8200$ (tablica 93).

Vrijednost prosječne stvarne heterozigotnosti kod monomorfnihih alela jednaka je nuli (nema heterozigotnosti), što je zabilježeno na lokusu 6PGDH-B na osam provenijencija (Bosanska Dubica, Bosansko

Grahovo, Jelah, Kotor Varoš, Miljevina, Mrkonjić Grad, Mutnica i Stojčevac). Ovaj lokus ima i najmanju prosječnu vrijednost stvarne heterozigotnosti koja iznosi 0,0560 (tablica 93).

Stvarna heterozigotnost manja je od one koju su utvrdili Crăciunesc i sur. (2011) u prirodnom rezervatu Prejmer za genski lokus PGI-B, koja je iznosila 0,125, GOT-B, koja je iznosila 0,156 i SDH-A (0,094), a veća od utvrđene za PGM-B (0,344), 6PGDH-B (0,031), IDH-B (0,281) i MNR-A (0,094). Ukupna srednja vrijednost stvarne heterozigotnosti nešto je veća od one koju su utvrdili Crăciunesc i sur. (2011) za dvanaest analiziranih gen lokusa (GOT-B, IDH-B, PGM-B, PGI-B, 6PGDH-B, MNR-A, GDH-A, LAP-B, FDH-A, SDH-A, ACO-A, MDH-B) i koja je iznosila 0,229.

U istraživanju Gömöry i sur. (2001) stvarna heterozigotnost populacija hrasta lužnjaka iz Rusije bila je $0,161 \pm 0,053$, populacija iz Slovačke $0,122 \pm 0,051$, a iz Bugarske $0,179 \pm 0,072$.

Teorijske heterozigotnosti ponašaju se u skladu sa stvarnim, s tim što su u nekim genskim lokusima veće od stvarnih i obrnuto. Prisutne razlike pokazuju odstupanje stvarnog stanja od stanja ravnoteže. U istraživanju Gömöry i sur. (2001) očekivana heterozigotnost populacija hrasta lužnjaka iz Rusije bila je $0,163 \pm 0,053$, iz Slovačke $0,136 \pm 0,060$, a iz Bugarske $0,166 \pm 0,066$.

Interesantno je da mala, izolirana populacija Olovo, kod koje je bila očekivana mala stvarna heterozigotnost, ima najveću vrijednost koja je uz to i znatno veća od očekivane. To znači da je populacija Olovo uspjela sačuvati dobru genetsku strukturu. S druge strane, u populaciji Bosanska Dubica, koja je bliže posavskim populacijama, imamo nisku vrijednost stvarne heterozigotnosti i dosta nižu od očekivane.

U istraživanjima Ballian i sur. (2010) stvarna heterozigotnost bila je manja od očekivane u svih dvanaest istraživanih populacija (tablica 105). To je bilo i za očekivati s obzirom na veličinu populacija i stanja svih prirodnih populacija hrasta lužnjaka u Bosni i Hercegovini, a što je potvrđeno i ovim istraživanjem.

Postojanje inbridinga u populacijama predstavljeno je statističkom veličinom koja se naziva fiksacijski indeks ili Wrightov koeficijent inbridinga. Ovaj indeks predstavlja odnos razlike koja se dobije između teorijske i izračunate (stvarne) heterozigotnosti, naspram teorijskoj heterozigotnosti prema zakonu Hardy-Weinbergove ravnoteže. Ta veličina, u ovisnosti o predznaku (+/-) svoje vrijednosti, može pokazati

postojanje inbridinga, odnosno odstupanje od genetske ravnoteže. Ako su veličine negativne, u populaciji je prisutna velika heterozigotnost, veća od one predviđene genetskom ravnotežom, odnosno odsutnost inbridinga. Za nultu i njoj bliske veličine svojstveno je pokazivanje prisutnosti genetske ravnoteže, kao i odsutnost inbridinga. Pozitivne vrijednosti fiksacijskog indeksa upućuju na prisutnost inbridinga u istraživanim populacijama (Bergmann i sur. 1990), odnosno pojavu homozigotnosti u populaciji, a koja se u ovom slučaju pokazuje superiornijom od one koja je predviđena genetskom ravnotežom.

Kako navodi Ballian (2005, 2015a), dobivene veličine fiksacijskog indeksa, bilo da se odnose na cijelu populaciju ili pojedini genski lokus, dobar su pokazatelj kakve uzgojno-gospodarske mjere treba poduzimati u populacijama i u kojem pravcu usmjeriti aktivnosti na obnovi. Čak i kad se poduzmu sve potrebne mjere, često u šumama potpuno ili u većoj mjeri izostaje prirodna obnova, što uzgajivači često pripisuju čimbenicima klime, zemljišta i sl. Međutim, problem često leži u samoj genetskoj strukturi šumskoga drveća, odnosno u osnovnim reprodukcijskim odnosima u populacijama šumskoga drveća. Tu se prije svega misli na efektivnu veličinu populacije, odnosno njen reproduktivno sposobni dio. Ranije su istraživanja genetskog opterećenja bila dugotrajna i zahtijevala serije terenskih testiranja, kao i analize sjemena, dok danas, na znanstveno priznat način, relativno brzo možemo procijeniti genetsko opterećenje populacije preko dobivenih veličina fiksacijskog indeksa.

Pojava pomlatka u slučaju reprodukcije u srodstvu se vrlo često odražava na fenotipskom izgledu individua kroz pojavu depresije, uz smanjenje heterogenosti populacije, s trajnim posljedicama na potomstvo. Pojava samooplodnje, odnosno inbridinga, za posljedicu ima povećanje učestalosti praznog (šturog) sjemena te opću slabost i depresivnost prirodnog pomlatka.

U istraživanju koje je provela Memišević Hodžić (2015), osam od 20 provenijencija pokazuju pozitivne srednje vrijednosti fiksacijskog indeksa, što znači da je u njima prisutan inbriding. To su populacije Bijeljina, Bosanska Dubica, Bosansko Grahovo, Drvar, Jelah, Miljevina, Mrkonjić Grad i Sokolac (tablica 95), slično kao u istraživanju Ballian i sur. (2010) gdje su najveće vrijednosti imale populacije Bosanski Brod, Livno, Bugojno i Mrkonjić Grad (tablica 110).



Slika 91. Jelenak (*Lucanus cervus*), ugrožena vrsta koja živi u šumama hrasta lužnjaka

Najmanju vrijednost fiksacijskog indeksa u istraživanju Memišević Hodžić (2015) ima provenijencija Olovo s $-0,1269$, kod koje su vrijednosti za sve lokuse, osim PGM-B negativni, odnosno niti jedan lokus, osim PGM-B, ne pokazuje postojanje inbridinga, što je sasvim neočekivano s obzirom da se radi o maloj, izoliranoj populaciji koja je uskim koridorom vezana jedino za populacije Knežina i Sokolac. Kao što je već navedeno kod stvarne heterozigotnosti, populacija Olovo je sačuvala dobru genetsku strukturu. Slično su utvrdili i Crăciunesc i sur. (2011) za relativno izoliranu populaciju lužnjaka u prirodnom rezervatu Prejmer koja nije pokazala postojanje inbridinga, iako je to bilo očekivano.

Najveću vrijednost fiksacijskog indeksa ima provenijencija Bosanska Dubica $0,1019$ (Memišević Hodžić 2015), s pozitivnim vrijednostima na pet genskih lokusa, što također nije bilo za očekivati s obzirom na njenu otvorenost prema populacijama hrasta lužnjaka u Hrvatskoj, kao i onim iz Bosanske krajine i Posavine.

S obzirom da su se u pojedinim provenijencijama pojavile pozitivne i negativne vrijednosti fiksacijskog indeksa za pojedine genske lokuse (Memišević Hodžić 2015), možemo reći da se svaki genski lokus ponaša

neovisno o drugom, dok za pojedine provenijencije i genske lokuse imamo pojavu uravnoteženog stanja, prema Hardy-Weinbergovom zakonu.

Provedena analiza fiksacijskog indeksa pokazala je najveću pozitivnu veličinu fiksacijskog indeksa kod genskog lokusa SDH-A u provenijenciji Drvar, a visoke vrijednosti pokazuje također genski lokus MNR-A za provenijenciju Bosansko Grahovo, a za provenijenciju Bosanska Dubica genski lokusi FEST-A i PGM-B (Memišević Hodžić 2015). Visoke vrijednosti fiksacijskog indeksa upućuju na prisutnost jačeg inbridinga kad se analiziraju samo ovi genski lokusi. Pored toga, fiksacijski indeks za genski lokus FEST-A za provenijenciju Bugojno, FEST-C za Kotor Varoš, Mrkonjić Grad i Stojčevac, ADH-A za Bosansku Dubicu, 6PGDH-A za Bosansku Gradišku, Bugojno, Kotor Varoš, Stojčevac i Žepče, 6PGDH-B za Bosansku Dubicu, Bosansko Grahovo, Jelah, Kotor Varoš, Miljevinu, Mrkonjić Grad, Mutnicu i Stojčevac, PGI-B za Bijeljino, Bosansko Grahovo, Drvar, Hrgove Srebrenik i Olovo, GOT-B za Olovo i SDH-A za Bosanski Brod, Bosansko Grahovo i Mrkonjić Grad upućuje na prisutnu genetsku ravnotežu prema Hardy-Weinbergovom zakonu ako se posmatraju samo ovi genski lokusi (Memišević Hodžić 2015).

Konačan rezultat je da je prosječna vrijednost fiksacijskog indeksa po provenijencijama pozitivna, kao i po genskim lokusima, s vrijednošću 0,0032, što se može smatrati posljedicom fragmentacije hrasta lužnjaka (Memišević Hodžić 2015), a o čemu piše i Ballian (2015a).

Dobiveni rezultati fiksacijskog indeksa ukazuju da je u nekim populacijama srednja vrijednost indeksa negativna, što ukazuje kako je stvarna heterozigotnost u tim populacijama veća od očekivane te da u njima samo neki od istraživanih genskih lokusa upućuju na prisustvo manjeg inbridinga. Ovaj rezultat može biti temeljna smjernica u pravcu propisivanja uzgojno-gospodarskih mjera u procesu prirodne ili umjetne obnove, a uz poštivanje genetskog biodiverziteta tih populacija, odnosno u populacijama s negativnim veličinama fiksacijskog indeksa slobodnije se mogu provoditi sve uzgojno-gospodarske mjere. Tu se prije svega misli na veličinu zahvata sječom u procesu obnove, odnosno može se ostaviti manji broj stabala koja će poslužiti kao sjemenska u procesu obnove (Ballian 2005, 2015a).

Kod populacija gdje su veličine fiksacijskog indeksa bliske nultoj veličini ili su pak jednake nuli, zahvat bi trebao biti nešto umjereniji od



Slika 92. Šuma hrasta lužnjaka i graba

onog u populacijama s negativnim vrijednostima fiksacijskog indeksa jer jačim zahvatom (sječom) populacije možemo poremetiti i izbaciti iz uravnoteženog stanja (Ballian 2005).

U populacijama s visokim pozitivnim veličinama fiksacijskog indeksa treba biti posebno oprezan tijekom provođenja bilo kakvog zahvata; svaki jači zahvat treba biti isključen bez obzira na stanje sastojine kako se ne bi narušila već vrlo labilna struktura populacije te bi broj sjemenskih stabala koja se ostavljaju u procesu obnove trebao biti daleko veći (Ballian 2005, 2015a).

Ako već postoji genetski drift u populaciji, mora se imati u vidu kako je dovoljno da se iz reprodukcijanskog ciklusa isključi samo nekoliko jedinki i odmah se pojave vidljive i nesagledive posljedice u genetskoj strukturi buduće populacije u vidu pojave jačeg inbridinga, što povlači povećano učešće praznog sjemena te opću slabost i depresivnost u

rastu prirodnog pomlatka u procesu obnove. Kasnije slijede loš prirast i prinos te sniženje boniteta sastojine, odnosno populacije.

Na temelju rezultata istraživanja koja je provela Memišević Hodžić (2015), posebnu pažnju treba obratiti na populacije Bosanska Dubica, Drvar i Miljevina te bi prilikom obnove tih populacija trebalo redovno raditi molekularno-genetske analize i usmjeriti uzgojno-gospodarske aktivnosti na povećanje heterozigotnosti, odnosno dobivanje negativnih veličina fiksacijskog indeksa. Interesantno je da u istraživanju koje su proveli Ballian i sur. (2010) uz uporabu mikrosatelitskih biljega fiksacijski indeks pokazuje pozitivne vrijednosti za sve populacije.

Srednje vrijednosti unutarprovenijencijske diferencijacije i vrijednosti za genske lokuse pokazuju vrijednost raznolikosti u provenijencijama (populacijama). U istraživanju koje je provela Memišević Hodžić (2015), najveća vrijednost unutarprovenijencijske diferencijacije je 0,2832 kod provenijencije Jelah, a najmanja 0,1886 kod provenijencije Stojčevac (tablica 97).

Od genskih lokusa, najveća srednja vrijednost diferencijacije je za lokus AAP-A i iznosi 0,6574, pri čemu najveću vrijednost ima provenijencija Ključ s 0,7316. Najmanja vrijednost diferencijacije je za lokus 6PGDH-B i iznosi 0,0545, gdje provenijencije Bosanska Dubica, Bosansko Grahovo, Jelah, Kotor Varoš, Miljevina, Mrkonjić Grad, Mutnica i Stojčevac ne pokazuju diferencijaciju za ovaj genski lokus (Memišević Hodžić 2015).

Prosječna vrijednost unutarpopulacijske diferencijacije po provenijencijama iznosi 0,2385 i u skladu je s rezultatom 0,273 koji su dobili Ballian i sur. (2010), iako su oni istraživali mikrosatelitsku varijabilnost, dok je vrijednost unutarpopulacijske diferencijacije po lokusima veća od one koju su dobili Ballian i sur. (2010).

Primjena izoenzimskih biljega u ovom istraživanju koje je provela Memišević Hodžić (2015) otkriva i razjašnjava razlike između populacija ili unutar populacija. Neki od mogućih uzroka tih razlika, osim prirodne selekcije, mogu se prvenstveno pripisati snažnim antropogenim utjecajima na razvojne čimbenike i utjecaju na procese prilagodbe u promijenjenim ekološkim uvjetima u posljednjih 150 godina. Poznato je iz literature da su pobrojani čimbenici u Bosni i Hercegovini bili izrazito nepovoljni za hrast lužnjak.

Specifičnost Bosne i Hercegovine leži u njenom planinskom masivu, Dinaridima, koji sa svojim različitim klimatskim, edafskim, oro-

grafskih i drugim faktorima na malom prostoru (Stefanović i sur. 1983) izravno utječu na diferencijaciju populacija, a time i genetsku diferencijaciju. Tako, prema brojnim stručnjacima, šumske vrste drveća iz balkanskih područja, kojima pripadaju Dinaridi, pokazuju veliku varijabilnost u odnosu na iste vrste iz središnje, zapadne i istočne Europe (Griffiths i sur. 2004). Utjecaj orografskih čimbenika, odnosno genetska adaptacija hrasta lužnjaka na visinu i formiranje ekotipova, može se vidjeti u fiziološko-genetskim istraživanjima Stojković (1991), Gračan i sur. (1995), Gračan (1996) i Perić (2001) u susjednoj Hrvatskoj te Memišević (2008) i Ballian i sur. (2015) u Bosni i Hercegovini.

Drugim riječima, vrlo je vjerojatno da je genetsko razlikovanje među populacijama uzrokovano, ne samo jakim antropogenim utjecajima kroz povijest, već i značajnim razlikama u ekologiji mjesta i povijesnim procesima migracije, kao što su objasnili brojni autori (Bordács i sur. 2002; Petit i sur. 2002a, Petit i sur. 2002b). Također je zanimljivo napomenuti da su ispitivane populacije svakodnevno bile izložene snažnim antropogenim utjecajima u posljednjih 150 godina. Značaj povećanog antropogenog utjecaja na šume najbolje ilustrira istraživanje koje je proveo Ducci (1991) u Apeninima. Takav utjecaj uključuje neadekvatno gospodarenje šumama hrasta lužnjaka (Begović 1960, 1978), a u zadnjih 60 godina i teška zagađenja zraka, vode i tla te promjena u vodnom režimu tla (Prpić 1984; Čater 2003, 2014; Dekanić i sur. 2009; Dubravac i Dekanić 2009; Levanić 1993; Matić 1989a, 2009). Ilegalna sječa drva u posljednjoj deceniji je jedan od glavnih uzroka nestanka posljednjih velikih i starih hrastova. Kombinacija navedenih čimbenika dovela je do vidljivog smanjenja broja jedinki u populaciji.

Kombinacijom brojnih čimbenika populacije hrasta lužnjaka su gotovo dovedene do ruba izumiranja; protok gena je slab ili gotovo nepostojeći i očekuje se da pojava genetskog drifta okrene populacije u potpuno drugom smjeru. To je posebno vidljivo u populaciji Mrkonjić Grad, ali i u drugim populacijama iz Bosne i Hercegovine.

Vrijednosti genetskih udaljenosti između populacija, dobivene u istraživanju koje je provela Memišević Hodžić (2015), treba gledati uvjetno jer one mogu biti ne samo posljedica prirodnih procesa nego i same genetske diferencijacije.

Ipak, varijabilnost hrasta lužnjaka u Bosni i Hercegovini je relativno visoka u odnosu na one dobivene u srednjoj i zapadnoj Europi, kako

su izvijestili Yakovlev i Kleinschmidt (2002). Na temelju istraživanja provedenih u zapadnoj Europi, hrast lužnjak ima relativno nižu varijabilnost (Steinkellner i sur. 1997; Barreneche i sur. 1998) u odnosu na rezultate iz bosanskohercegovačkog istraživanja gdje su populacije fragmentirane, ali prema njihovim zaključcima, relativno stabilne. Budući da su naše populacije hrasta lužnjaka u blizini glacialnog pribježišta, one vjerojatno nisu izgubile većinu svog adaptivnog potencijala i trebale bi očitovati mnogo veći stupanj otpornosti u odnosu na zapadnoeuropske, iako su kroz povijest bile pod jakim antropogenim utjecajem. Na heterozigotnost populacija također u velikoj mjeri utječe vrsta gospodarenja koja se primjenjuje u nekim područjima tijekom dužeg razdoblja koje je usmjerilo raznolikost u različitim smjerovima.

Treba naglasiti da su bosanskohercegovačke populacije hrasta lužnjaka ozbiljno devastirane i fragmentirane, da je u njima bila sistematična negativna selekcija koja je značajno poremetila njihovu genetsku strukturu. Zbog toga u našim populacijama hrasta lužnjaka nema prisutne kontinuirane varijabilnosti, što je inače karakteristično za hrast lužnjak kada se javlja u velikim i kontinuiranim populacijama duž svoga velikoga rasprostiranja.

Rezultati istraživanja varijabilnosti hrasta lužnjaka i dublje poznavanje njegove genetske varijabilnosti u Bosni i Hercegovini će doprinijeti boljem planiranju na njegovoj obnovi, reintrodukciji i očuvanju genetske raznolikosti pomoću *in situ* i *ex situ* metoda.

Populacije s nekoliko stabala ili u vidu manje skupine, kao i slaba i rijetka distribucija stabala u populaciji, može dovesti do stalnog inbridinga i pojave inbriding depresije koja može imati negativan učinak na sljedeću generaciju. Stoga treba težiti formiranju jakih populacija s dovoljnim brojem sjemenjaka, odnosno dobroj efektivnoj veličini populacije. O tome stoga treba voditi računa u nekim od naših populacija (Lukavica, Mrkonjić Grad, Bugojno, Sokolac), kao što je potvrđeno istraživanjima koja su proveli Memišević Hodžić (2015) i Ballian i sur. (2010). Da bi se populacija prilagodila i opstala *in situ*, treba uzeti u obzir činjenicu da opstanak također ovisi o temeljnim faktorima života i individue koja je nositelj genetskog resursa. Drugim riječima, individua mora imati mogućnost prenijeti genetski resurs na sljedeću generaciju (vitalnost, plodonošenje, otpornost, itd). Dakle, uz razumijevanje genetske strukture dobivene pomoću genetskih



Slika 93. Sakupljeni žir hrasta lužnjaka

biljega, trebamo znati i osnovne ekološke čimbenike koji vladaju u tim mjestima. Rezultate dobivene statističkom analizom treba uzeti s rezervom jer, bez obzira na njihovu točnost, odgovarajući rezultati mogu ostati neuhvatljivi i skriveni u mnoštvu podataka.

Pomoću korištenih mikrosatelitskih genetskih biljega (QpZAG1/5, QpZAG9, QpZAG36, QpZAG108) dobivena je raznolikost između istraživanih populacija, ali i unutar populacija, a razlike su bile vidljive i jasne (Ballian i sur. 2010). Mogući uzroci tih različitosti, osim prirodne selekcije, prije svega mogu ležati u jakom antropogenom djelovanju, kao i razvojnim čimbenicima ili procesima prilagođavanja na izmijenjene ekološke uvjete u posljednjih 150 godina, a koji su u Bosni i Hercegovini bili izrazito nepovoljni za hrast lužnjak.

Potrebno je osvrnuti se na istraživanje koje su proveli Slade i sur. (2008), gdje su potvrđeni navodi Petit i sur. (2002a, 2002b) o sekun-

darnom glacijalnom pribježištu u Dalmaciji i značajnom broju haplotipova koji egzistiraju u populacijama bijelih hrastova, a što može značajno utjecati na genetsku varijabilnost populacija i njihovo diferenciranje. Visoke vrijednosti broja alela i njihovog efektivnog broja u istraživanju koje su proveli Ballian i sur., koje su nađene u populacijama Cazin i Livno, a koje su bliske pozicioniranim pretpostavljenim pribježištima (Petit i sur. 2002a, 2002b; Slade i sur. 2008), mogu biti potvrda ovih navoda jer nisu puno izgubile od svog prvobitnog genetskog potencijala.

Na temelju dobivenih rezultata u istraživanjima u Bosni i Hercegovini može se izvesti zaključak da postoje određene razlike među populacijama iz različitih ekoloških niša, odnosno da su vrlo vjerojatno, pored jakog antropogenog utjecaja kroz povijest i značajne razlike u ekologiji staništa, i povijesni migracijski procesi o kojima pišu mnogi autori (Bordács i sur. 2002; Petit i sur. 2002a, 2002b; Slade i sur. 2008) uvjetovali genetsku diferencijaciju među populacijama. Posebno je interesantno ako se zna da su istraživane populacije u zadnjih 150 godina svakodnevno pod velikim selekcijskim utjecajem od strane čovjeka zbog neodgovarajućeg gospodarenja (Begović 1960, 1978), regulacije vodotoka i isušivanjem polja, a u posljednjih 60 godina i zbog velikih zagađenja (Prpić 1984; Čater 2003, 2014; Dekanić i sur. 2009; Dubravac i Dekanić 2009; Levanić 1993; Matić 1989a, 2009). Zadnje desetljeće veliki problem predstavljaju ilegalne sječe gdje stradaju posljednji veliki i stari primjerci hrastova. Sve to je dovelo do značajnog reduciranja broja individua u populacijama, dovedene su na granicu opstanka te sve slabijeg i nikakvog kretanja gena između populacija, uz pojavu genetskog drifta. Stoga se dobivene veličine odstojanja između populacija u istraživanju mikrosatelitskim biljezima moraju promatrati i uvjetno jer možda nisu posljedica prirodnih procesa i same genetske diferenciranosti.

Dobivena varijabilnost u ovom istraživanju je prilično visoka u odnosu na onu dobivenu u središnjoj i zapadnoj Europi, o čemu izvještavaju Yakovlev i Kleinschmidt (2002). U velikom europskom istraživanju hrastova uporabom većeg broja haplotipskih biljega, gdje su se analizirali migracijski putovi, potvrđeno je da se varijabilnost smanjuje od juga prema sjeveru (Bordács i sur. 2002; Csaikl i sur. 2002; Cottrell i sur. 2002; Dumolin-Lapegue i sur. 1999; Ferris i sur. 1993, 1995, 1998; Fineschi i sur. 2002; Jensen i sur. 2002; König i sur. 2002; Petit i sur.

2002a, 2002b), a u Bosni i Hercegovini kod pet analiziranih populacija hrasta lužnjaka s ukupno 15 stabala nađena su samo dva haplotipa (4 i 5), s tim da haplotip 5 pokazuje dva subhaplotipa (Slade i sur. 2008). U susjednoj Hrvatskoj je nađeno pet haplotipova (Slade i sur. 2008), uz analizu daleko većeg broja uzoraka. Stoga, da je broj analiziranih populacija u Bosni i Hercegovini bio veći, za očekivati je da bi se dobio i veći broj različitih haplotipova.

O genetskoj varijabilnosti na temelju mikrosatelitskih analiza u Europi izvještavaju brojni istraživači (Steinkellner i sur. 1997; Lefort i sur. 1998; Barreneche i sur. 1998; Lexer i sur. 2000; Wilhelm i sur. 2005). Oni su analizirali različite stadije razvoja hrasta lužnjaka u njegovim embrijima. Veza ispitivanih mikrosatelitskih regija s određenim sposobnostima adaptacije hrasta lužnjaka u istraživanju koje su proveli Ballian i sur. (2010) u Bosni i Hercegovini nije registrirana, a ipak neka istraživanja s drugim tipovima biljega to potvrđuju (Kleinschmit 1993). Na temelju istraživanja provedenih u zapadnoj Europi, gdje hrast lužnjak ima relativno manju varijabilnost (Steinkellner i sur. 1997; Barreneche i sur. 1998) u odnosu na rezultate u ovom istraživanju, populacije su također prilično fragmentirane, ali na temelju njihovih zaključaka i prilično stabilne. Kako su naše istraživane populacije u blizini glacijalnih pribježišta, vjerojatno nisu mnogo izgubile od svog adaptacijskog potencijala i trebale bi da pokažu znatno veći stupanj otpornosti od onih iz zapadne Europe.

Inače, za prilagodbu i održanje neke populacije *in situ* mora se uzeti u obzir i činjenica da opstanak ovisi i o osnovnim životnim čimbenicima te o jedinki, koja je nositelj genetskog resursa, tj. o njezinoj sposobnosti da genetski resurs prenese na sljedeću generaciju (vitalitet, plodonošenje, otpornost, itd.). Stoga je potrebno, pored poznavanja genetske strukture dobivene uz pomoć genetskih biljega, da poznamo i osnovne ekološke čimbenike koji vladaju na tim staništima. Ipak, dobivene rezultate iz statističke analize treba uzimati s određenom rezervom i kritički jer, unatoč njihovoj savršenosti, često se ne može doći do pravog rezultata koji ostaje skriven u šumi podataka.

Ipak, za tako kratak period nije došlo do značajnijeg genetskog diferenciranja (genetskog udaljavanja populacija) jer je protekao relativno kratak period, u nekim slučajevima nešto duži, a u drugom nešto kraći od jedne ophodnje kod hrasta lužnjaka. Stoga se sve razlike

koje su registrirane između populacija (Ballian i sur. 2010a, b) moraju pripisati ljudskoj aktivnosti, odnosno probiranju najboljih individua tijekom eksploatacije hrasta lužnjaka. Izuzetak su možda one u kojima djeluju specifični selekcijski procesi, a što je poseban fenomen u nekim malim i izoliranim populacijama, na većim nadmorskim visinama. U literaturi postoje brojni primjeri, kao npr. za male populacije *Abies nebrodensis* (Lojac.) Mattei na Siciliji, gdje selekcija favorizira samo heterozigotne individue (Vicario i sur. 1995), ili populacije *Pinus leucodermis* Ant. na jugu Italije (Boscherini i sur. 1994), *Picea omorika* Purk. u Bosni i Hercegovini o čemu izvještavaju Ballian i sur. (2006) te Savolainen i Kuittinen (2000). U ovom istraživanju to bi mogao biti slučaj s populacijom lužnjaka sa planine Romanije ili s područja Mrkonjić Grada i Livna.

Samo poznavanje genetske varijabilnosti hrasta lužnjaka može osigurati da se u Bosni i Hercegovini donesu planovi za obnovu šuma, njegovu reintrodukciju, kao i očuvanje genetske raznolikosti metodom *in situ* i *ex situ*, ali bitno je poznavati fiksacijski indeks da bi se osiguralo potomstvo visoke genetske kvalitete (Ballian 2015a). Kako u poslovima obnove treba dati prednost prirodnom podmlađivanju, to su potrebne redovite provjere uspješnosti očuvanja genetske raznolikosti kod mladih populacija pomoću analize mikrosatelitnih biljega. Kako raspolažemo samo populacijama male brojnosti ili pojedinačnim stablima te lošim i rijetkim rasporedom, to može voditi stalnom križanju u srodstvu i pojavi sve jače inbriding depresije kroz naredne generacije, a što se može negativno odraziti na opstanak hrasta lužnjaka u Bosni i Hercegovini. Ovo je jako značajno za neke od naših populacija (Mrkonjić Grad, Bugojno, Sokolac), a što je potvrđeno i ovim istraživanjem (tablica 105). Inače, za prilagodbu i održanje neke populacije *in situ* mora se uzeti u obzir i činjenica da opstanak ovisi i o osnovnim životnim čimbenicima te o jedinki koja je nosilac genetskog resursa, tj. o njezinoj sposobnosti da genetski resurs prenese na sljedeću generaciju (vitalitet, plodonošenje, otpornost, itd.). Stoga je pored poznavanja genetske strukture dobivene uz pomoć genetskih biljega potrebno poznavati i osnovne ekološke čimbenike koji vladaju na tim staništima. Ipak dobivene rezultate iz statističke analize treba uzimati s određenom rezervom i kritički jer unatoč njihovoj savršenosti, često se ne može doći do pravog rezultata, koji često ostaje skriven u šumi podataka.



Slika 94. Drijemovac, pratilac hrasta lužnjaka u poplavnim šumama

S obzirom na dobijene rezultate fiksacijskog indeksa, ne mogu se slobodno provoditi uzgojno-gospodarske mjere u populacijama s pozitivnim veličinama fiksacijskog indeksa, a tu se prije svega misli na veličinu zahvata u procesu obnove (Ballian 2015a). Kod populacija gdje su veličine fiksacijskog indeksa bliske nuli (populacija Cazin op. autora) ili jednake, zahvat bi trebao biti nešto slobodniji za razliku od zahvata u drugim populacijama. Ako su pak u pitanju populacije s visokim pozitivnim veličinama fiksacijskog indeksa (populacije Mrkonjić Grad, Bugojno i Bosanski Brod) zahvate na obnovi treba provoditi oprezno da se ne naruši već vrlo labilna struktura populacije te bi broj sjemenskih stabala u procesu obnove trebao biti veći. U situaciji kad je prisutan genetski drift, a prisutan je u svim istraživanim populacijama hrasta lužnjaka u Bosni i Hercegovini, mora se imati u vidu da je populacijama dovoljno da se iz reprodukcijanskog ciklusa isključi samo nekoliko jedinki i da se odmah pojave vidljive i nesagledive posljedice u genetskoj strukturi buduće populacije. Prije svega se misli na pojavu još većih vrijednosti inbridinga, a to za sobom povlači povećano učešće praznog sjemena (šturog) te opću slabost i depresivnost u rastu prirodnog pomlatka u procesu obnove, kasnije slijedi loš prirast i prinos, sniženje boniteta sastojine odnosno populacije. Na osnovi dobivenih rezultata, posebnu pažnju treba obratiti na populacije Mrkonjić Grad, Bugojno i Bosanski Brod. Stoga je potrebno uzgajivačke metode koje predlaže Matić (1984, 1989, 1990, 1993, 2009) za lužnjakove šume Hrvatske, a Bobinac (1990, 1995, 2007, 2011) za šume ravnog Srijema uskladiti s našim rezultatima, ako se krene u proces prirodne obnove.

Pomoću korištenih genetskih biljega uočene su vidljive i jasne razlike između ili unutar populacija kod većine vrsta šumskog drveća. U dosad obavljenim radovima o hrastu lužnjaku uočene su razlike između populacija hrasta lužnjaka u većem ili manjem obimu (Franjić, 1993, 1994, 1996; Steinkellner i sur. 1997; Barreneche i sur. 1998; Lefort i sur. 1998; Lexer i sur. 2000; Wilhelm i sur. 2005; Bašić i sur. 2007; Memišević Hodžić 2015). Varijabilnost hrasta lužnjaka je također raščlanjena i povezana s njegovom seobom poslije ledenog doba (Slade 2001; Cottrell i sur. 2002; Csai kl i sur. 2002; Fineschi 2002; König i sur. 2002; Petit i sur. 2002; Petit i sur. 2002a; Kelleher i sur. 2004; Slade i sur. 2008). Mogući uzroci tih različitosti, osim prirodne selekcije, su i antropogena djelovanja, ali i razvojni faktori ili procesi prilagođavanja na određene ekološke uslove.

Konzervacija ili očuvanje genetske raznolikosti genetskim metodom *in situ* kod neke populacije povezana je s mnogobrojnim problemima. Najznačajniji problem se pojavljuje pri prenošenju genetske strukture stare (adultne) populacije na mladu (juvenilnu) generaciju. To prenošenje se može ostvariti prirodnim ili vještačkim podmlađivanjem, a postoje razvijene metode provjere, bilo uz upotrebu morfoloških, fizioloških ili molekularnih markera.

Prirodno podmlađivanje u većini se slučajeva i za većinu vrsta smatra boljim od vještačkog, ali je kod hrasta lužnjaka ono ograničeno određenim čimbenicima (Anić i sur. 2005; Matić i sur. 2008; Anić i Oršanić 2009). Prema nekim istraživačima, za obnovu genetske raznolikosti vrlo je važan broj biljaka sposobnih za plodonošenje odnosno efektivna veličina populacije, kao i gustoća biljaka i njihov raspored. Ovo se naročito ističe da ne bi dolazilo do samooplodnje i inbridinga u populaciji, što se može negativno odraziti na sljedeću generaciju. S obzirom da su, kako je i ovo istraživanje pokazalo, naše populacije opterećene inbridingom, procesu obnove mora se pristupiti vrlo pažljivo.

I pored prednosti prirodnog podmlađivanja, uvažavajući stanje u prirodnim populacijama hrasta lužnjaka u Bosni i Hercegovini, bit će neophodno primijeniti vještačko podmlađivanje. Problemi koji se pojavljuju prilikom planiranja i provođenja vještačkog podmlađivanja prije svega se odnose na vrlo kompliciranu proizvodnju sadnog materijala hrasta lužnjaka u rasadnicima zbog posebnih ekoloških zahtjeva vrste te slabo zastupljeni gen pool u proizvedenom materijalu. Mogući problemi također se odnose na vlagu i kvalitet tla. Ukoliko kvalitet tla ne zadovoljava za pošumljavanje lužnjakom, pošumljavanje pionirskim vrstama kao što su crna joha, poljski jasen, vrbe, topole i sl. može dovesti do poboljšanja kvaliteta tla tijekom vremena.

Istraživanja pokazuju da je sadni materijal hrasta lužnjaka u mnogim slučajevima opterećen nedovoljnom genetskom informacijom, odnosno postojanjem velikog broja polusrodnika, jer se sjeme sakuplja s malog broja stabala, što kasnije dovodi do gubitka adaptacijske sposobnosti. Stoga, da bi se održala optimalna genetska struktura u našim fragmentiranim populacijama hrasta lužnjaka, treba kroz provođenje uzgojno-gospodarskih mjera voditi računa o sljedećem:

- O podrijetlu sjemena i sadnog materijala, sjeme ne bi smjelo biti s malog broja stabala, te opterećeno lošom genetskom strukturom; mora se koristiti sjeme koje odgovara lokalnim populacijama (Bordács 2000; Heinze i Lexter 2000).
- Odrediti optimalni broj biljaka u procesu prirodne obnove (Bobinac 2011; Matić 1993, 2009), da bi se u kasnijim stadijima dobio zadovoljavajući broj biljaka koje bi reprezentirale genetsku strukturu populacije (Ziehe i sur. 1989), a Herzog (1996) preporučuje minimalnu površinu od 30 do 50 ha.
- Kod umjetne obnove strogo se pridržavati korištenja kvalitetnog sjemena (Hainze i Lexter 2000; Matić 2009; Matić i Oršanić 1993) sabranoga sa što više stabala ravnomjerno raspoređenih u populaciji kako bi se smanjilo moguće štetno djelovanje inbridinga i bolje očuvala genetska struktura populacije, jer se može dogoditi da zbog nekog razloga dio stabala u godini sabiranja nije cvjetao ili plodonosio (Müller-Starck 1991).
- Održavati što je moguće veću heterogenost zasada te na minimum svesti bilo kakve mjere njege i druge radove u populaciji, što znači omogućiti prirodnoj selekciji da eliminira što više neprilagođenih jedinki (Muona i sur. 1988).
- Da osnovna sjemenska jedinica (sjemenska sastojina, sjemenska zona, skupine i pojedinačna stabla), koja ima za cilj da proizvodi šumski reprodukcijanski materijal:
 - sadrži individue sličnih genetskih svojstava koje će se uzajamno razmnožavati,
 - bude dovoljno velika da može garantirati dovoljnu zastupljenost autohtonog genpoola (Heinze i Lexter 2000; Herzog 1996),
 - osigurati trajnu proizvodnju sjemena prema karakteristikama vrste kako bi zadovoljila potrebe rasadničke proizvodnje
 - bude dobro zemljopisno pozicionirana.
- Prirodnu i vještačku obnovu populacija pratiti povremenim genetsko-molekularnim istraživanjima u populacijama jer se genetske razlike između stare i mlade populacije, uz odgovarajuće uzgojne mjere, mogu svesti na minimum (Behm i Konnert 1999).

Na temelju svega istraženog može se zaključiti da je u istraživanim populacijama situacija je vrlo složena. Radi se o malim populacijama s malom heterozigotnošću, s pojavom vrlo rijetkih alela. Na osnovi toga u populacijama se može utvrditi i genetsko opterećenje (Gregorius 1991). Stoga je preporučljivo uključiti veći broj parametara pri utvrđivanju genetskih potencijala i u vezi s tim odrediti veći broj populacija za poduzimanje aktivnosti na očuvanju genetskih potencijala. Istraživanjem većeg broja populacija bolje bi se upoznali genetski potencijali i nakon toga smanjile opasnosti od gubitka dragocjenih genetskih potencijala u uzgojno-meliorativnim radovima u šumama hrasta lužnjaka.

Iz rezultata je vidljivo da za banku gena iz populacija s većeg područja rasprostiranja treba veći broj jedinki, a za male populacije manji broj jedinki. Osim toga, treba voditi računa i o samom adaptivnom



Slika 95. Krošnja hrasta lužnjaka

potencijalu biljaka u obuhvaćenim populacijama. Za populacije i jedinke koje imaju visoki potencijal prilagodbe, treba manji broj populacija i jedinki u populaciji od onih kod kojih je taj potencijal manji, pa je potrebno i više populacija i više jedinki.

Inače, prema Gregoriusu (1986), održavanje genetskog potencijala u različitim ekološkim nišama, uz prisutno genetsko diferenciranje, može uvjetovati povećanje adaptivnog potencijala populacija.

Dakle, pri vještačkom širenju populacija hrasta lužnjaka u Bosni i Hercegovini treba posebnu pažnju obratiti lokalnim populacijama (Bordács 2000) koje su vrlo važne na lokalnom nivou, na osnovi svog adaptivnog potencijala, a koji bi se i eksperimentalno trebao dokazati. Zbog toga je, a radi minimalnog održanja genetskih potencijala i procesa podmlađivanja, odlučujuće da se raspoláže potrebnom rezervom gena.

Prema Finkeldeyu (1992), broj jedinki potrebnih za održavanje genetskog potencijala mora se temeljiti na vjerojatnosti gubitka rijetkih gena iz populacije, što znači da populacija mora biti toliko velika da u sebi očuva veći dio gene poola. To je bitno pri konzervaciji gena *ex situ*, bilo čuvanjem sjemena u bankama gena, bilo podizanjem arhiva gena, odnosno klonskih plantaža (Kajba i Hrašovec 2009). Za održanje potencijala *in situ* donju granicu broja jedinki treba odrediti na osnovi spoznaje je li moguća naknadna obnova genetskog potencijala prirodnog pomlađivanja. U tom slučaju presudno je važan broj biljaka, horizontalna i vertikalna struktura, tip gospodarenja (jednodobna ili preborna struktura šume). Tako u homogenim uvjetima trebamo imati manji broj većih populacija koje bi mogle zadovoljiti potrebe za reprodukcijom materijalom, a u heterogenim uslovima Dinarida bilo bi potrebno raspolagati većim brojem sjemenskih objekata (sjemenskih sastojina), u svim ekološkim nišama.

U populacijama s pojavom rijetkih alela prilikom obnove treba voditi računa o strukturi mlade sastojine i omogućiti prenošenje rijetkih alela na sljedeću generaciju, po mogućnosti prirodnom obnovom, ali ako se to pokaže nedovoljnim, pristupiti i vještačkoj obnovi. Obnovu treba pratiti povremenim genetsko-molekularnim istraživanjima jer se razlike između starih stabala i mladih u jednoj populaciji, uz odgovarajuće uzgojne mjere, mogu svesti na minimum.

LITERATURA

- Aas G. 1993:** Taxonomical impact of morphological variation in *Quercus robur* and *Q. petraea*: a contribution to the hybrid controversy. *Annales des Sciences Forestieres*, 50 (1): 107-113.
- Anić M. 1946:** Dendrologija. In: R. Benić (ed.) Šumarski priručnik. 1: 475-582.
- Anić I., Matić S., Oršanić M. 2005:** Natural Forests of Pedunculate Oak (*Quercus robur* L.) in Croatia. In: Commarot B., Hamor F.D. (Eds.): Natural Forests in the Temperate Zone of Europe – Values and Utilisation. Conference 13-17.10.2003, Mukachevo, Ukraine. Proceedings; str. 135-141.
- Anić I., Oršanić M. 2009:** Prirodno podmlađivanje hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) na malim površinama. In: (ed.) Matić S., Zbornik radova sa znanstvenog skupa: Šume hrasta lužnjaka u promijenjenim stanišnim i gospodarskim uvjetima. HAZU- Centar za znanstveni rad Vinkovci. Str. 39 - 53.
- Ascherson P., Gräbner P. 1911:** *Quercus* L. Syn. Mitteleur. Fl. Leipzig, 4: 445-544.
- Bacilieri R., Rousell G., Ducouso A. 1993:** Hybridization and mating system in mix stand of sessile and pedunculate oak. *Annals of Forest Science*, 50 (1):122-127.
- Bacilieri R., Ducouso A., Kremer A. 1995:** Genetic, morphological, and phenological differentiation between *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. and *Quercus robur* L. in a mixed stand of northwest of France. *Silvae Genetica*, 44:1-10.
- Bacilieri R., Ducouso A., Kremer A. 1996a:** Comparison of morphological characters and molecular markers for the analysis of hybridization in sessile and pedunculate oak. *Annals of Forest Science*, 53:79-91.
- Bacilieri R., Ducouso A., Petit R., Kremer A. 1996b:** Mating system and asymmetric hybridization in a mixed stand of European oaks. *Evolution*, 50:900-908.
- Bačić T. 1981:** Investigations of stomata of three oak species with light and scanning electron microscope. *Acta Botanica Croatica*, 40: 85-90.
- Bačić T. 1983:** Varijabilnost listova hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). *Acta Botanica Croatica*, 42: 51-61.
- Ballian D. 2003:** Procjena genetske varijabilnosti obične jele (*Abies alba* Mill.) analizom izoenzima u dijelu prirodnih populacija Bosne i Hercegovine i Hrvatske. *Šumarski list*, 3-4: 135-151.
- Ballian D. 2005:** Značaj procjene genetičkog opterećenja u sastojinama obične jele (*Abies alba* Mill.) na temelju fiksacijskog indeksa i njegova primjena. *Radovi Šumarskog instituta Jastrebarsko*, 40 (2): 151-161.
- Ballian D. 2006:** Kontrola podrijetla Pančićeve omorike (*Picea omorika* /Panč./ Purk.) iz plantaže kod Kaknja pomoću izoenzimskih biljega. *Šumarski list*, 7-8: 295 - 304.
- Ballian D. 2007:** Genetička struktura smreke (*Picea abies* Karst.) na planini Vlašić. *Radovi HDZU*, 9: 211-220.
- Ballian D. 2015:** Hrastovi. In: Hrvatska enciklopedija Bosne i Hercegovine (ed.) Jakov Pehar. Tom II: 402-404.

- Ballian D. 2015a:** The role of fixation index in preservation of breeds in small and fragmented populations in the matter of Pedunculate Oak (*Quercus robur* L.). Botanical science in the modern world. Proceedings of International Conference, dedicated to the 80th anniversary of the Yerevan Botanical Garden. Str: 259-266.
- Ballian D., Čabaravdić A. 2005:** Međupopulacijska varijabilnost morfoloških svojstava obične jele (*Abies alba* Mill.) iz središnje Bosne. Radovi Šumarskog instituta Jastrebarsko, 40(1): 5-18.
- Ballian D., Škvorc Ž., Franjić J., Kajba D., Bogdan S., Bogunić F. 2005:** Procjena nekih morfoloških značajki munike (*Pinus heldreichii* Christ.) u dijelu areala. Šumarski list, 9-10: 475-480.
- Ballian D., Belleli P., Ferrazzini D., Bogunić F., Kajba D. 2010:** Genetic variability of Pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in Bosnia and Herzegovina. Periodicum Biologorum 112 (3): 353-362.
- Ballian D., Memišević M., Bogunić F., Bašić N., Marković M., Kajba D. 2010:** Morfološka varijabilnost hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) na području Hrvatske i Zapadnog Balkana. Šumarski list, 134 (7-8): 371-386.
- Ballian D., Kajba D. 2011:** Oplemenjivanje šumskog drveća i očuvanje njegove genetske raznolikosti. Šumarski fakultet Sarajevo – Šumarski fakultet Zagreb. Str. 1-299.
- Ballian D., Mekić F., Murlin I., Memišević M., Bogunić F. 2011:** Preliminarni rezultati istraživanja provenijencija hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u Bosni i Hercegovini u pokusu Žepče. Naše šume, 24-25: 3-17.
- Ballian D., Isajev V., Daničić V., Cvetković B., Bogunić F., Mataruga M. 2013:** Genetic differentiation in seed stands of European beech (*Fagus sylvatica* L.) in part of Bosnia and Herzegovina. Genetika, 45 (3): 895-906.
- Ballian D., Memišević M., Bogunić F., Parpan T. 2015:** Морфологічна варіабельність диференційованих за висотою над рівнем моря популяцій дуба звичайного (*Quercus robur* L.) у Воснії та Герцеговині. Studia Biologica 9 (3-4): 155-168.
- Barner H., Willan R.L. 1995:** Seed Collection Units: 1. Seed Zones. Danida Forest Seed Center, Humlabaek: DK, Technical Note. 16: 36.
- Barreneche T., Bodenes C., Lexer C., Trontin J.F., Fluch S., Streiff R., Plomin C., Roussel G., Steinkellner H., Burg K., Favre J.M., Glössl J., Kremer A. 1998:** A genetic linkage map of *Quercus robur* L. (pedunculate oak) based on RAPD, SCAR, microsatellite, minisatellite, isozyme and 5S rDNA markers. Theoretical and Applied Genetics, 97: 1090-1103
- Bašić N., Kapić J., Ballian D. 2007:** Morfometrijska analiza lista hrasta lužnjaka. Radovi Šumarskog instituta Jastrebarsko, 42(1): 5-18.
- Batič F., Sinkovič T., Javornik B. 1994:** Evaluation of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) populations in Slovenia. Proceeding of IPBA 5-7: 251-265.
- Batič F. 1996:** Taxonomical, cytological and isozyme studie of oak species (*Quercus* L.) and occurrence of taxons in natural forest stand in Slovenia. End report, BF, Agronomy Dept., Ljubljana.

- Batoš B., Šešlija Jovanović D., Miljković D. 2014:** Spatial and temporal variability of flowering in the pedunculate oak (*Quercus robur* L.). Šumarski list, 7–8: 371–379.
- Beck pl. Mannagetta G. 1907:** Flora Bosne i Hercegovine i Novopazarskog Sandžaka, II dio, Zemaljska štamparija, Sarajevo. Str. 1-103.
- Begović B. 1960:** Strani kapital u šumskoj privredi Bosne i Hercegovine za vrijeme otomanske vladavine. Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo i drvnu industriju u Sarajevu, 5: 1-243
- Begović B. 1978:** Razvojni put šumske privrede u Bosni i Hercegovini u periodu austrougarske uprave (1878-1918) sa posebnim osvrtom na eksploataciju šuma i industrijsku preradu drveta. Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine, Djela, Knjiga LIV, Odjeljenje društvenih nauka, 31: 1-204.
- Behm A., Konnert M. 1999:** Conservation of Forest Genetic Resources by Ecologically Oriented Forest Management – a Realistic Chance? Forst und Holzwirtschaft, 194: 215-235.
- Benson L. 1962:** Plant taxonomy, methods and principles. Ronald Press, New York. Str. 1-516.
- Bergmann F., Gregorius H.J., Larsen J.B. 1990:** Levels of genetic variation in European silver fir (*Abies alba*). Are they related to species' decline? Genetica, 82: 1-10.
- Beus V. 1997:** Fitocenologija. Udžbenik za II razred šumarske tehničke škole, Ministarstvo obrazovanja, nauke, kulture i sporta Federacije BiH i Sarajevo-publishing. Str. 1-138.
- Birks J., Tinner W. 2016:** Past forests of Europe. In: European Atlas of Forest Tree Species, Editors: Jesus San-Miguel-Ayanz, Daniele de Rigo, Giovanni Caudullo, Tracy Houston Durrant, Achille Mauri. Edition: first, Chapter: Publisher: Publication Office of the European Union, Luxemburg. Str. 36-39.
- Bobinac M. 1990:** Prilog poznavanju nekih čimbenika prirodne obnove lužnjaka u Sremu. Šumarstvo, 3-4: 27-32.
- Bobinac M 1995:** Priprema sastojina lužnjaka za obnovu semenom sa lokalnom primenom herbicida. Šumarstvo, 1-2: 21-28.
- Bobinac M. 2007:** Oplodna sječa u šumi lužnjaka i poljskog jasena u Srijemu i njene specifičnosti. Radovi Šumarskog instituta Jastrebarsko, 42(1): 33-46.
- Bobinac M. 2011:** Ekologija i obnova higrofilnih lužnjakovih šuma Ravnog Srema. Šumarski institut Jastrebarsko, Zagreb. Str. 1-294.
- Bobinac M., Batoš B., Miljković D., Radulović S. 2012:** Polycyclism and phenological variability in the common oak (*Quercus robur* L.). Archives of Biological Sciences Belgrade 64 (1): 97-105.
- Bogdan S., Jelušić A., Ivanković M. 2009:** Testiranje genetske varijabilnosti hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) iz sjemenskih sastojina u Hrvatskoj – prvi rezultati. In: (ed.) Matić S., Zbornik radova sa znanstvenog skupa: Šume hrasta lužnjaka u promijenjenim stanišnim i gospodarskim uvjetima. HAZU-Centar za znanstveni rad Vinkovci. Str. 169-181.

- Boratynski A., Marcysiak K., Lewandowska A., Jasinska A., Iszkulo G., Burczyk J. 2007:** Differences in Leaf Morphology between *Quercus petraea* and *Q. robur* Adult and Young Individuals. *Silva Fennica* 42 (1): 115-124.
- Borchert R. 1975:** Endogenous shoot growth rhythm and indeterminate shoot growth in oak. *Physiologia Plantarum*, 35: 152-157.
- Bordács S. 2000:** Assessing cpDNA diversity in Hungarian oak populations and its sylvicultural aspects. *Glasnik za šumske pokuse*, 37: 383-393.
- Bordács S., Popescu F., Slade D., Csaikl U.M., Lesur I., Borovics A., Kézdy P., König A.O., Gömöry D., Brewer S., Burg K., Petit R.J. 2002:** Chloroplast DNA variation of white oaks in northern Balkans and in the Carpathian Basin. *Forest Ecology and Management*. 156: 197-209.
- Borojević K. 1986:** Geni i populacija. Novi Sad. Str. 1-545.
- Brewer S., Cheddadi R., de Beaulieu J.L., Reille M., and data contributors. 2002:** The spread of deciduous *Quercus* throughout Europe since the last glacial period. *Forest Ecology and Management*, 156:27-48.
- Breznikar A., Kump B., Csaikl U., Batič F., Kraigher H. 2000:** Taxonomy and genetics of chosen oak population in Slovenia. *Glasnik za šumske pokuse*, 37: 361-374.
- Briggs D., Walters S.M. 1997:** Plant Variation and Evolution (3rd ed.). Cambridge University Press. Str. 1-248.
- Brix H. 1979:** Effects of plant water stress on photosynthesis and survival of four conifers. *Canadian Journal of Forest Research*, 9(2): 160-165.
- Brookes P.S., Wingston D.L. 1979:** Variation of morphological and chemical characteristics of acorns from populations of *Quercus petraea* (Matt.) Lieb., *Quercus robur* L. and their hybrids. *Watsonia*, 12: 315-324.
- Brus R. 2004:** Drevesne vrste na Slovenskem. Mladinska knjiga – Založba, Ljubljana. Str. 1- 399.
- Brus R. 2008:** Dendrologija za gozdarje. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta. Str. 1-408.
- Burda R.R., Schepotiev F.L. 1973:** Spontaneous polyploids in germinating polyembryonic seed of *Quercus robur* L. *Tsitologia i Genetica*, 7: 140-143.
- Burg K., Zechmeister-Mackhart M., Glossi J., Schmidt J. 1993:** Oak chloroplast – DNA polymorphism detected by restriction fragment length polymorphism (RFLP). *Annales des Sciences Forestières*, 50(1): 66-69.
- Burger H. 1921:** Über morphologische und biologische Eigenschaften der Stiel- und Traubeneiche und ihre Erziehungsweise im Forstgarten. *Mitt. Schweiz. Centralanst. forstl. Versuchsw.* 21: 306-377.
- Butorina A.K. 1997:** Evolution of trees on the chromosome level. In: *Cytogenetic studies of forest trees and shrub species*, ed. Borzan Ž. i Schlarbaum S.E. Zagreb. Str. 35-43.
- Butorina A.K., Ievlev V.V., Muraya L.S. 1983:** Cytogenetics of spontaneous triploid of *Quercus robur* L. *Genetica* 19: 647-658.
- Camus A. 1938-1939:** Monographie du Genre *Quercus*. Paris. Texte 2: 1-830.
- Camus A. 1952-1954:** Les Chênes. Monographie du genre *Quercus* and monographie du genre *Lithocarpus*. Lechevalier, Paris. 1: 1-664.

- Cheliak W.M., Pitel J.A. 1984:** Techniques for starch gel electrophoresis of enzymes from forest tree species, Information Report PI-X-42. Petawawa National Forestry Institute, Canadian Forestry Service. Str. 1-49.
- Cieslar A. 1923:** Untersuchungen ueber die wirtschaftliche Bedeutung der Herkunft des Saatgutes der Stieleiche. Centralblatt fuer das gesamte Forstwesen, Wien – Leipzig 4(6): 97-149
- Cochran W.G. 1977:** Sampling techniques (3rd ed.). New York: John Wiley & Sons. Str. 1-395.
- Cottrell J., Munro R.C., Tabbener H.E., Gillies A.C.M, Forrest G.I., Deans J.D., Lowe A.J. 2002:** Distribution of chloroplast DNA variation in British oak (*Quercus robur* and *Q. petraea*): the influence of postglacial colonisation and human management. Forest Ecology and Management, 156: 181–195.
- Cousens J.E. 1963:** Variation of some diagnostic characters of the sessile and pedunculate oaks and their hybrids in Scotland. *Watsonia*, 5(5): 273-286.
- Cousens J.E. 1965:** The status of the pedunculate and sessile oaks in Britain. *Watsonia*, 6(3): 161-176.
- Crăciunesc I., Ciocîrlan E., Şofletea N., Curtu A.L. 2011:** Genetic diversity of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in Prejmer Natural Reserve. Bulletin of the Transilvania University of Braşov, Series II: 4(53): 15-20.
- Cronquist A. 1981:** An Integrated System of Classification of Flowering Plants. Columbia University Press: New York. Str. 1-1262.
- Csaikl U.M., Glaz I., Baliuckas V., Petit R.J., Jensen J.S. 2002:** Chloroplast DNA variation of white oaks in the Baltic countries and Poland. Forest Ecology and Management, 156: 211–222.
- Curtu A.L., Gailing O., Finkeldey R. 2007:** Evidence for hybridization and introgression within a species-rich oak (*Quercus* spp.) community. BMC Evolutionary Biology, 7:218.
- Curtu A.L., Gailing O., Finkeldey, R. 2009:** Patterns of contemporary hybridization inferred from paternity analysis in a four-oak-species forest. BMC Evolutionary Biology, 9:284-292.
- Čater M. 2003:** Pedunculate oak (*Quercus robur* L.) crown defoliation – change on permanent research plots. *Ekologia*, 22(4): 430-443.
- Čater M. 2014:** Mortality and crown conditiona on *Quercus robur* L. Permanent plots – 20-year overview. *Acta Silvae et Ligni*, 105: 17-25.
- Dekanić S., Dubravac T., Piplaš I., Indir K. 2009:** Dinamika sušenja hrasta lužnjaka u Spačvanskom bazenu od 1996. do 2006. godine s obzirom na dob i fitocenološku pripadnost sastojina. In: (ed.) Matić S., Zbornik radova sa znanstvenog skupa: Šume hrasta lužnjaka u promijenjenim stanišnim i go-spodarskim uvjetima. HAZU- Centar za znanstveni rad Vinkovci. Str. 55 - 73.
- Dizdarević H., Pintarić K., Stefanović V., Prolić N., Uščuplić M., Vukorep I., Lazarev V., Luteršek D., Gavrilović D. 1987:** Revizija postojećih i izdvajanje novih sjemenskih sastojina i proučavanje bioloških karakteristika smreke, jele, bijelog i crnog bora u funkciji proizvodnje kvalitetnog sjemena za potrebe šumarstva u SRBiH. Šumarski fakultet u Sarajevu. Str. 1 - 456.

- Döffler W. 2013:** Prokoško Jezero: An environmental record from a subalpine lake in Bosnia-Herzegovina. In: Müller J. U.a. (Hrsg.), *Okolište 1 – Untersuchungen einer spätneolithischen Siedlungskammer in Zentralbosnien*. Univforsch. Prähist. Arch., 228: 311-340.
- Dubravac T., Krejčić V. 2006:** Prirodna obnova šuma hrasta lužnjaka vlažnog tipa narušenih stajbinskih uvjeta u pokupskom bazenu. *Radovi Šumarskog instituta Jastrebarsko*, izvanredno izdanje, 9: 25-35.
- Dubravac T., Dekanić S. 2009:** Struktura i dinamika sječe suhих i odumirućih stabala hrasta lužnjaka u Spačvanskom bazenu od 1996. do 2006. godine. *Šumarski list*, 7-8: 391-405.
- Ducci F. 1991:** Morphological variation in silver fir (*Abies alba* Mill.) seedlings from provenances in central and southern Italy. *Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura*, 22: 53-73.
- Ducouso A., Michaud H., Lumaret R. 1993:** Reproduction and gene flow in the genus *Quercus* L. *Annals of Forest Science*, 50 (1):91-106.
- Ducouso A., Bordacs S. 2004:** EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for pedunculate and sessile oaks (*Quercus robur* and *Q. petraea*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. Str. 1-6.
- Dumolin-Lapègue S., Kremer A., Petit R.J. 1999:** Are chloroplast and mitochondrial DNA variation species independent in oaks? *Evolution*, 53:1406-1413.
- Dzialuk A., Chybicki I., Welc M., Śliwińska E., Burczyk J. 2007:** Presence of triploids among oak species. *Annals of Botany*, 99:959-964.
- Eaton E., Caudullo G., Oliveira S., de Rigo D. 2016:** *Quercus robur* and *Quercus petraea* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: *European Atlas of Forest Tree Species*, Editors: San-Miguel-Ayaz J., de Rigo D., Caudullo G., Houston Durrant T., Mauri A. Edition: first, Publication Office of the European Union, Luxemburg. Str. 160-163.
- Elsner G. 1993:** Morphological variability of oak stands (*Quercus petraea* and *Quercus robur*) in northern Germany. *Annals of Forest Science*, 50(1):228-232.
- Erdeši J. 1985:** Ikonografija hrasta lužnjaka Jugoslavije. *Glasnik Šumarskog Fakulteta Univerziteta u Beogradu*, 64: 109-140.
- Erdeši J., Čanak M., Gajić M. 1977:** Nove forme i nova nalazišta lužnjaka u SR Srbiji i SFR Jugoslaviji. *Glasnik Šumarskog Fakulteta Univerziteta u Beogradu*, 52: 83-88.
- Erdeši J., Gajić M. 1977:** *Quercus robur* L. In: M. Josifović (ed.) *Flora SR Srbije*, 9: 44-48.
- Eriksson G. 2015:** *Quercus petraea* and *Quercus robur* Recent Genetic Research. Slovenian Forestry Institute, The Silva Slovenica Publishing Centre, Ljubljana. Str. 1-103.
- Eriksson G., Jonsson A. 1986:** A review of the genetics of *Betula*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 1: 421-434.
- Fineschi S., Turchini D., Grossoni P., Petit R.J., Vendramin G.G. 2002:** Chloroplast DNA variation of white oaks in Italy. *Forest Ecology and Management*, 156: 103-114.

- Finkeldey R. 1992:** Auswahlkriterien und Anlage genetischer Ressourcen bei der Fichte (*Picea abies* L.) Karst. Forstarchiv, 63: 25-32.
- Finkeldey R. 1993:** Die Bedeutung allelischer Profile für die Konservierung genetischer Ressourcen bei Waldbäumen. Göttingen Research Notes in Forest Genetics, 14: 1-176.
- Forstreuter M. 2002:** Auswirkungen globaler Klimaänderungen auf das Wachstum und den Gaswechsel ($\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$) von Rotbuchenbeständen (*Fagus sylvatica* L.). In: Technische Universität Berlin, Fakultät Architektur, Umwelt, Gesellschaft, ed. Landschaftsentwicklung und Umweltforschung, Technische Universität Berlin 119: 1-307.
- Franjić J. 1993:** Veličina žira kao pokazatelj individualne varijabilnosti hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). Glasnik za šumske pokuse, posebno izdanje 4: 195-206.
- Franjić J. 1993a:** Morfometrijska analiza lista i ploda hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u Hrvatskoj. Magistarski rad. Zagreb. Str. 1-150.
- Franjić J. 1994:** Odnos dužine i širine plojke lista kao pokazatelj varijabilnosti hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). Simpozij-Pevalek, Zagreb. Str. 23-54.
- Franjić J. 1994a:** Morphometric leaf analysis as an indicator of common oak (*Quercus robur* L.) variability in Croatia. Annales Forestales, 19(1): 1-32.
- Franjić J. 1996a:** Multivarijantna analiza svojstava lista posavskih i podravskih populacija hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L., Fagaceae) u Hrvatskoj. Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb. Anali za šumarstvo 21(2): 1-60.
- Franjić J. 1996b:** Morfometrijska analiza varijabilnosti lista posavskih i podravskih populacija hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L., Fagaceae) u Hrvatskoj. Glasnik za šumske pokuse 33: 181-182.
- Franjić J. 1996c:** Multivarijantna analiza posavskih i podravskih populacija hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L., Fagaceae) u Hrvatskoj. Doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu. Str. 1-185.
- Franjić J., Bogdan S., Škvorc Ž., Sever K., Krstonošić D. 2009:** Fenološka sinkroniziranost klonova hrasta lužnjaka iz klonskih sjemenskih plantaža u Hrvatskoj. In: (ed.) Matić S., Zbornik radova sa znanstvenog skupa: Šume hrasta lužnjaka u promijenjenim stanišnim i gospodarskim uvjetima. HAZU-Centar za znanstveni rad Vinkovci. Str. 153-168.
- Führer E. 1992:** Der Zusammenhang zwischen der Dürre und der Erkrankung der Traubneichenbestände in Ungarn. Forstwirtschaft Cbl. 111: 129-136.
- Fukarek P. 1959:** Pregled dendroflora Bosne i Hercegovine. Narodni šumar, 13: 5-6.
- Gailing O., Wachter H., Leinemann L., Hosius B., Finkeldey R., Schmitt H.P., Heyder J. 2003:** Characterisation of different provenances of late flushing pedunculate oak (*Quercus robur* L.) with chloroplast markers. Allgemeine Forst und Jagdzeitung 174: 227-231.
- Gailing O., Wachter H., Heyder J., Schmitt H.P., Finkeldey R. 2007:** Chloroplast DNA analysis in oak stands (*Quercus robur* L.) in North Rhine-Westphalia with presumably Slavonian origin: Is there an association between geographic

- origin and bud phenology? *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 81: 165-171.
- Glavač V. 1962:** Osnovno fitocenološko raščlanjenje nizinskih šuma u Posavini. *Šumarski list* 9-10: 317-329.
- Glotov N.V., Semerikov F.L., Kazancev V.S., Šutilov V.A. 1981:** Populacionna struktura *Quercus robur* (*Fagaceae*) na Kavkaze. *Botanički Žurnal*, 66(10): 1407-1418
- Gömöry D., Yakovlev I., Zhelev P., Jedinakova J., Paule L. 2001:** Genetic differentiation of oak populations within the *Quercus robur/Quercus petraea* complex in Central and Eastern Europe. *Heredity*, 86: 557-563.
- Gračan J. 1995:** Rezultati uspijevanja provenijencija hrasta lužnjaka na lokalitetu Gajno. *Radovi Šumarskog instituta Jastrebarsko*, 31(1-2): 149 - 160.
- Gračan J. 1996:** Oplemenjivanje hrasta lužnjaka. - Masovna selekcija. In: *Hrast lužnjak (Quercus robur L.) u Hrvatskoj*, (ed) Klepac. D. Vinkovci – Zagreb. Str. 118-127.
- Gračan J., Trinajstić I., Orešković Ž., Perić Z., Franjić J. 1995:** Growth of Common Oak (*Quercus robur* L.) provenances in Croatia, XX IUFRO-World Congress, Tampere, Finland. *Book of abstract*, Str. 67.
- Grant V. 1981:** Plant speciation. Columbia University Press, New York. Str. 1-563.
- Gregorius H.R. 1980:** The probability of losing an allele when diploid genotypes are sampled. *Evolution Theory*, 6: 143-162.
- Gregorius H.R., 1983:** Klonanzahl in Samenplantagen und Genetische Vielfalt. *Arbeitstagung Forum Genetik Wald Forstwirtschaft, Göttingen*, Str. 58-62.
- Gregorius H.R. 1986:** The importance of genetic multiplicity for tolerance of atmospheric pollution. *Proc. 18th IUFRO Congress, Ljubljana, Div. 2. 2:* 295-305
- Gregorius H.R. 1987:** The relationship between the concept of genetic diversity and differentiation. *Theoretical and Applied Genetics*, 74: 397-401.
- Gregorius H.R. 1991:** Establishment of allelic two-locus polymorphisms. *Journal of Mathematical Biology*, 30 (2): 185-97.
- Gregorius H.R., Roberts J.H. 1986:** Measurement of genetical differentiation among subpopulations. *Theoretical and Applied Genetics*, 72: 826-834.
- Griffiths H.I., Krystufek B., Reed J.M. 2004:** (eds) *Balkan Biodiversity – Pattern and Process in the European Hotspot*. Kluwer, Dordrecht, Netherlands. Str. 25-78.
- Hamrick J.L., Godt J.W. 1990:** Allozyme diversity in plant species: 43-63. In: *Plant Population Genetics, Breeding, and Genetics Resources* (Brown, H.D., Clegg, M.T., Kahler, A.L. and Weir, B.S., eds.). Sinauer Associates Inc. Publishers, Sunderland, MA, USA. Str. 1-449.
- Hamrick J.L. 1989:** Isozymes and analysis of genetic structure of plant populations. In: D. Soltis and P. Soltis eds., *Isozymes in Plant Biology*, London. Str. 87-105.
- Hatterer H.H., Gregorius H.R., Ziehe M., Müller-Starck G. 1982:** Klonzahl forstlicher Samenplantagen und genetische Vielfalt. *Allgemeine Forst und Jagdzeitung*, 153: 183-191.

- Hauch L.A. 1909:** Erbllichkeit bei Buche und Eiche. Centralbl. Gesamte Forstwes. 35: 333-348.
- Hegi G. 1908:** *Quercus robur* L. Illustr. Fl. Mitteleur. 3: 105-117.
- Heinze B., Lexer C. 2000:** Oak seedlots and forest seed trade regulations: an investigation using molecular markers. Glasnik za šumske pokuse, 37: 347-360.
- Herzog S. 1996:** Genetic inventory of European oak populations: consequences for breeding and gene conservation. Annals of Forest Science, 53:783-793.
- Hesmer H. 1955:** Die Späteiche in Westfalen und im Rheinland. Forstarchiv 26: 197-203.
- Hoeg E. 1929:** Om Melleformerme mellem *Quercus robur* L. og *Quercus sessiliflora* Martyn. Botanisk Tidskrift 40: 411-427.
- Horvat I. 1938:** Biljnosociološka istraživanja šuma u Hrvatskoj. Glasnik za šumske pokuse 6: 127-279.
- Horvat I., Glavač V., Ellenberg H., 1974:** Vegetation Südosteuropas. Geobotanica selecta, Stuttgart, 4: 1-768.
- Hukić E. 2012:** Uticaj antropogenizacije na promjene svojstva tla u šumskim rasadnicima. Magistarski rad, Poljoprivredno-prehrambeni fakultet Univerziteta u Sarajevu. Str. 1-104.
- Hukić E., Tvica M. 2012:** Elemental composition of some soils in central part of Bosnia and Herzegovina in relation to soil type, region and land use. Works of the Faculty of Forestry, University of Sarajevo, 1: 29 – 41.
- Huntley B., Birks H.J.B. 1983:** An atlas of past and present pollen maps for Europe 0-13000 years ago. Cambridge University Press, Cambridge. Str. 1-688.
- Hussendörfer E. 1996:** Untersuchungen über die genetische Variation der Weißtanne (*Abies alba* Mill.) unter dem Aspekt der in situ Erhaltung genetischer Ressourcen in der Schweiz. Dissertation, Zurich, ETH. Str. 1-151.
- Idžojtić M. 2013:** Dendrologija - cvijet, češer, plod, sjeme. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet. Str. 0-671.
- Iestwaart J., Feij A.E. 1989:** A multivariate analysis of introgression between *Quercus robur* L. and *Quercus petraea* in the Netherlands. Acta Botanica Nederlandica, 38 (3): 313-325.
- Ivanković M., Popović M., Bogdan S. 2011:** Varijabilnost morfometrijskih svojstava žireva i visina sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur*, L.) iz sjemenskih sastojina u Hrvatskoj. Šumarski list, posebni broj. Str. 46-58.
- Janjić N. 1998:** Neki zanimljivi dendrološki nalazi iz sarajevskog područja. Radovi Šumarskog fakulteta Univerziteta u Sarajevu, 1: 85-103.
- Javorka S. 1924:** *Quercus* L. Magyar Flora, Budapest. Str. 249-254.
- Jensen J.S. 1993:** Variation of growth in Danish provenance trials with oak (*Quercus robur* L. and *Quercus petraea* Mattuschka Liebl.). Annals of Forest Science, 50 (1):203-207.
- Jensen J.S. 2000:** Provenance variation in phenotypic traits in *Quercus robur* and *Quercus petraea* in Danish provenance trials. Scandinavian Journal of Forest Research, 15:297-308.

- Jensen J.S., Gillies A., Csaikl U., Munro R., Madsen S.F., Roulund H., Lowe A. 2002:** Chloroplast DNA variation within the Nordic countries. *Forest Ecology and Management*, 156: 167–180
- Jensen J.S., Deans, J.D. 2004:** Late autumn frost resistance of twelve North European provenances of *Quercus* species. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 19:390-399.
- Jensen J.S., Hansen J.K. 2008:** Geographical variation in phenology of *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. and *Quercus robur* L. oak grown in a greenhouse. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 23:179-188.
- Johansson H. 1946:** Chromosome numbers of twin plants of *Quercus robur* and *Fagus sylvatica*. *Hereditas*, 32: 469-427.
- Jovančević M. 1966:** Brdski lužnjak – posebna rasa. *Šumarstvo*, 3(5): 3-15.
- Jovančević M. 1968:** Brdski lužnjak – posebna rasa II. Rano testiranje genetsko-fizioloških osobina. *Šumarstvo*, 7(8): 3-16.
- Jovanović B. 2000:** Dendrologija. Univerzitetska štampa, Beograd. Str. 536.
- Jovanović B., Vukičević B. 1983:** Hrast. In: *Šumarska enciklopedija*. Zagreb, tom II: 74-75.
- Jovanović M., Tucović A. 1975:** Genetics of common and sessile oaks (*Quercus robur* L. and *Q. petraea* Liebl.). *Annales Forestales*, 7(2): 23-53.
- Jovanović M., Jović N., Tomić Z. 1983:** Ekološka amplituda lužnjaka u šumama Ravnog Srema. *Glasnik Šumarskog fakulteta Univerziteta u Beogradu* 60: 1-9.
- Jung T., Blaschke H., Oßwald W. 2000:** Involvement of soilborne *Phytophthora* species in Central European oak decline and effect of site factors on the disease. *Plant Pathology*, 49: 706-718.
- Kajba D., Hrašovec B. 2009:** Klonske sjemenske plantaže hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) i njihova uloga u očuvanju genofonda u uvjetima klimatskih promjena i povećanih rizika od napada šumskih kukaca. In: (ed.) Matić S., *Zbornik radova sa znanstvenog skupa: Šume hrasta lužnjaka u promijenjenim stanišnim i gospodarskim uvjetima*. HAZU- Centar za znanstveni rad Vinkovci. Str. 143 - 152.
- Kelleher C.T., Hodkinson T.R., Kelly D.L., Douglas G.C. 2004:** Characterisation of chloroplast DNA haplotypes to reveal the provenance and genetic structure of oaks in Ireland. *Forest Ecology and Management*, 189: 123–131.
- Kleinschmidt J. 1993:** Interspecific variation of growth and adaptive traits in European oak species. *Annales des Sciences Forestieres*, 50(1): 166–185.
- Kleinschmit J.R.G., Bacilieri R., Kremer A., Roloff A. 1995:** Comparison of morphological and genetic traits of pedunculate oak (*Q. robur* L.) and sessile oak [*Q. petraea* (Matt.) Liebl.]. *Silvae Genetica*, 44:256-269.
- Klepac D. 1988:** Uređivanje šuma hrasta lužnjaka. *Glasnik za šumske pokuse*, 24: 117-132.
- Klepac D., Dundović J., Gračan J., Čorkalo K. (ur.), 1996:** Hrast lužnjak u Hrvatskoj. *Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Centar za znanstveni rad Vinkovci i "Hrvatske šume"*. Javno poduzeće za gospodarenje šumama i šumskim zemljištima u Republici Hrvatskoj, p.o. Zagreb, Vinkovci-Zagreb. Str. 112-118.

- Komlenović N., Mayer B. 1979:** Pedološka i biljnohраниdbena ekspertiza površine kod Žepča predviđene za osnivanje šumskog rasadnika. Izvješće. Šumarski institut-Jastrebarsko. Str. 1-19.
- König A.O., Ziegenhagen B., van Dam B.C., Csaikl U.M., Coart E., Degen B., Burg K., de Vries S.M.G., Petit, R.J. 2002:** Chloroplast DNA variation of oaks in western Central Europe and genetic consequences of human influences. *Forest Ecology and Management*, 156: 147–166.
- Konnert M. 1992:** Genetic studies in damaged silver fir (*Abies alba*) stands in southwest Germany. Germany Mitteilungen der forstlichen Versuch und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg. 167: 119.
- Konnert M. 1995:** Ergebnisse isoenzymatischer Untersuchungen bei der Weisstanne als Entscheidungen für forstliche Massnahmen. 7 IUFRO Tannensymposium, "Ökologie und Waldbau der Weisstanne", Altensteig. Str. 30-43.
- Konnert M. 1996:** Genetische Variation der Weisstanne (*Abies alba* Mill.) in Bayern. Mitteilungen der Landensanstalt für Wald und Forstwirtschaft Gotha, 11: 71-81.
- Konnert M. 1999:** Herkunftsüberprüfung mit biochemisch-genetischen Methoden. *Der Weihnachtsbaum*, 5: 4-9.
- Konnert M., Behm A. 1999:** Genetische Strukturen einer Saatgutpartie. Einflussfaktoren und Einflussmöglichkeiten. *Beitr. Forstwirtschaft u. Landschaftsökologie*, 4: 152-157.
- Konnert M., Fromm M., Wimmer T. 2004:** Anleitung für Isoenzymuntersuchungen bei Stieleiche (*Quercus robur*) und Traubeneiche (*Quercus petraea*) - Anleitungen zur Trennmethode und Auswertung der Zymogramme. Bayerisches Amt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht (ASP), Teisendorf. Str. 1-19.
- Krahl-Urban J. 1959:** Die Eichen, Forstliche Monographie der Traubeneiche und der Stieleiche. Verlag Paul Parey, Hamburg – Berlin. Str. 1-288.
- Kramer E.M. 2001:** A Mathematical Model of Auxin-mediated Radial Growth in Trees. *Journal of Theoretical Biology*, 208(4): 387-397.
- Kremer A., Dupouey J.L., Deans J.D., Cottrell J., Csaikl U., Finkeldey R., Espinel S., Jensen J., Kleinschmit J., Van Dam B., Ducousso A., Forrest I., De Heredia, U.L., Lowe A.J., Tutkova M., Munro R.C., Steinhoff S., Badaeu V. 2002:** Leaf morphological differentiation between *Quercus robur* and *Quercus petraea* is stable across western European mixed oak stands. *Annales des Science Forestieres*, 59: 777-787
- Krstinić A., Trinajstić I., Gračan J., Franjić J., Kajba D., Britvec M. 1996:** Genetska izdiferenciranost lokalnih populacija hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) na području Hrvatske. In: Sever, S. (ed.), Zaštita šuma i pridobivanje drva, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Šumarski institut, Jastrebarsko. Str. 78-85.
- Krüssmann G. 1978:** Handbuch der Laubgehölze. Paul Parey Verlag. Berlin. Str. 1-495.

- Lefort F., Lally M., Thompson D., Douglas G.C., 1998:** Morfological traits, microsatellite fingerprinting and genetic relatedness of a stand of elite oaks (*Q. robur* L.) at Tullynally, Ireland. *Silvae Genetica*, 47 (5-6): 257-262.
- Levanič T. 1993:** Effects of hydromelioration on diameter growth and increment of black alder, ash and oak in Slovenia Prekomurje. *Research Reports, Forestry and Wood Technology*, 42: 7-65.
- Lexer C., Heinze B., Greber S., Macalka-Kampfer M., Steinkellner H., Kremer A., Glössl J. 2000:** Microsatellite analysis of maternal half-sib families of *Quercus robur*, Pedunculate oak: II. Inferring the number of pollen donors from the offspring. *Theoretical and Applied Genetics*, 100: 858-865.
- Linnaeus C. 1753:** *Species Plantarum*, Exhibentes plantas rite cognitatas ad genera relatas. Tomus II. Laurentius Salvius, Stockholm. Str. 561-1231.
- Lopushinsky W., Klock G.O. 1974:** Transpiration of Conifer Seedlings in Relation to Soil Water Potential. *Forest Science*, 20 (2): 181-186.
- Manos P.S., Stanford A.M. 2001:** The historical biogeography of Fagaceae: Tracking the tertiary history of temperate and subtropical forests of the Northern Hemisphere. *International Journal of Plant Sciences*, 162 (6): 77-93.
- Martinis Z., Lovašen-Eberhardt Ž., Tuđa M. 1987:** Trihomografske i palinomorfološke karakteristike hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u odnosu na druge hrastove u Jugoslaviji. *Glasnik za šumske pokuse, posebno izdanje* 3: 347-355.
- Matić S. 1984:** Šume hrasta lužnjaka i njihova prirodna obnova. *Bilten društva ekologa BiH*. 1: 211-217.
- Matić S. 1989:** Intenzitet prorede i njegov utjecaj na stabilnost, proizvodnost i pomlađivanje sastojina hrasta lužnjaka. *Glasnik za šumske pokuse*, 25: 261-278.
- Matić S. 1989a:** Uzgojne mjere u sastojinama narušenim sušenjem hrasta lužnjaka. *Glasnik za šumske pokuse*, 25: 67-77.
- Matić S. 1990:** Njega sastojina proredom u mladim, srednjodobnim i starijim sastojinama hrasta lužnjaka u Spačvanskom bazenu. *Seminar o proredama u lužnjakovim šumama*. Str. 1-43.
- Matić S. 1993:** Brojnost pomlatka glavne vrste drveća kao temeljni preduvjet kvalitetne obnove, podizanja i njege šuma. *Glasnik za šumske pokuse, posebno izdanje* 4: 365-379.
- Matić S. 2009:** Gospodarenje šumama hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u promijenjenim stanišnim i strukturnim uvjetima. In: (ed.) Matić S., *Zbornik radova sa znanstvenog skupa: Šume hrasta lužnjaka u promijenjenim stanišnim i gospodarskim uvjetima HAZU*. Centar za znanstveni rad Vinkovci. Str. 1 - 22.
- Matić S., Oršanić M. 1993:** Rasadnička proizvodnja listača i njen utjecaj na kvalitetu šumskih kultura. *Izviješće o znanstveno istraživačkom radu za 1992*. Šumarski institut Jastrebarsko i Šumarski fakultet u Zagrebu. Hrvatske šume Zagreb. Str. 159-161.
- Matić S., Anić I., Oršanić M. 2008:** Forest management in floodplain forests. In: *Floodplain forests of the temperate zone of Europe*. (Eds.) Klimo E., Hager

- H., Metić S., Anić I., Kulhavy J.), Lesnicka prace s.r.o., publishing house for forestry, Kostelec nad Černými lesy. Str. 231-283.
- Matić V., Drinić P., Stefanović V., Ćirić M., Beus V., Bozalo G., Golić S., Hamzić U., Marković Lj., Petrović M., Subotić M., Talović N., Travar J. 1971:** Stanje šuma u SR Bosni i Hercegovini prema inventuri šuma na velikim površinama u 1964-1968. godini. Šumarski fakultet i Institut za šumarstvo u Sarajevu, posebna izdanja. Str. 202-203, 253-254, 639.
- Mátyás V. 1970:** Neue Formen der Eichen Ungarns. Acta Botanica Academiae Scientiarum Hungaricae, 16: 3-4.
- Mátyás V. 1970a:** Einführung in die Kenntnis der Eichenarten Ungarns. Erdészeti Kutatások, 66: 61-68.
- Maurer W.D., Tabel U. Köning A.O., Stephan B.R., Müller-Starck G. 2000:** Provenance trials on *Quercus robur* L. And *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. in Rhineland-palatinate (Germany): Preliminary results of phenotypic and genetic surveys. Glasnik za šumske pokuse, 37: 329-345.
- Melchior H. 1964:** Fagales. In: Engler's, A. (ed.) Syllabus der Pflanzenfamilien. II. Angiospermen Übersicht über die Florengebiete der Erde. Gebrüder Bornträger, Berlin-Nikolassee. Str. 1-666.
- Memišević M. 2008:** Eksploatacija kao razlog nestanka hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u periodu od 1878. do 1914. godine u Bosni i Hercegovini. Naše šume, 12-13: 39-40.
- Memišević M. 2010:** Unutarpopulacijska i međupopulacijska varijabilnost nekih morfoloških karakteristika hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u području Zapadnog Balkana. Magistarski rad, Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu. Str. 1-148.
- Memišević Hodžić M. 2015:** Morfološko-fenološko-genetička varijabilnost hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u bosanskohercegovačkom testu provenijencija. Doktorska disertacija, Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu. Str. 1 – 191.
- Memišević Hodžić M., Ballian D. 2016:** Istraživanja raznolikosti morfoloških svojstava hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u testu provenijencija Žepče, Bosna i Hercegovina. Šumarski list (prihvaćeno za tisak)
- Menickij L. 1966:** K sistematike kavkazskih roburoidnih dubov cikla Pedunculatae. I. *Quercus pedunculiflora* C. Koch. Botanički Žurnal, 51 (9): 1245-1265.
- Millar C.J., Libby W.J. 1991:** Strategies for conserving clinal, ecotopic and disjunct population diversity in widespread species. In: D.D. Falk and K.E. Holsinger (eds.) Genetics and Conservation of Rare Plants, Oxford Press, Oxford. Str. 149-170
- Miller P. 1754:** The Gardeners Dictionary. John and James Rivington, London, 4th Edition. Str. 1-700.
- Moreau F., Kleinschmidt J., Kremer A. 1994:** Molecular differentiation between *Q. petraea* and *Q. robur* assessed by random amplified DNA fragments. Forest Genetics, 1 (1): 51-64.
- Morgenstern E. K. 1996:** Geographic Variation in Forest Trees. University of British Columbia. Str. 1-209.

- Müller-Starck G. 1986:** Genetic means of verifying observance of the law. II. Genetic characterization of orchard produced seeds. In: Muhs, H. J. (Ed.) Biochemical Genetics and Legislation of Forest Reproductive Material. Mitteilungen Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, 154: 67-74.
- Müller-Starck G. 1991:** Genetic processes in seed orchards. In: Giertych, M., Mátyás, C. (ed.): Genetics of Scots Pine. Elsevier, Amsterdam. Str. 147-162.
- Müller-Starck G., Baradat P.H., Bergmann F. 1992:** Genetic variation within European tree species. New Forests, 6: 23-47.
- Müller-Starck G., Herzog S., Hattemer H.H. 1993:** Intra- and interpopulational genetic variation in juvenile populations of *Quercus robur* L. and *Quercus petraea* Liebl. Annales des Sciences Forestieres, 50 (1): 233-244.
- Muona O., Harju A., Kärkkäinen K. 1988:** Genetic comparison of natural and nursery grown seedlings of *Pinus silvestris* using allozymes. Scandinavian Journal of Forest Research, 3: 37-46.
- Naidenova T.S., Kostov K.D. 1979:** Rate of photosynthesis and transpiration of *Quercus robur* in relation to seed origin. Gorskostop Nauka, 16: 3-10.
- Naujoks G., Hertel H., Ewald D. 1995:** Characterization and propagation of an adult triploid pedunculate oak (*Quercus robur* L.). Silvae Genetica, 44:282-286.
- Neger F.W., Münch E. 1950:** Die Laubhölzer. Sammlung Göschen de Gruyter. Berlin. Str. 1-143.
- Nixon K.C. 1993:** Infrageneric classification of *Quercus* (Fagaceae) and typification of sectional names, Conference Genetics of oaks. Annales des Sciences Forestieres, 50 (1): 25-34.
- Nixon K.C. 2002:** The oak (*Quercus*) biodiversity of California and adjacent regions. In: Standiford, Richard B. et al. (tech. ed.). Proceedings of the Fifth Symposium on Oak Woodlands: Oaks in California's Challenging Landscape. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-184, Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture. Str. 3-20.
- Olrik D., Kjær E.D. 2007:** The reproductive success of a *Quercus petraea* x *Q. robur* F₁ -hybrid in backcrossing situations. Annals of Forest Science, 64:37-45.
- Olsson U. 1975:** A morphological Analysis of Phenotypes in Populations of *Quercus* (Fagaceae) in Sweden. Botaniska Notiser, 128 (1): 55-68.
- Olsson U. 1975a:** On the size and microstructure of pollen grains of *Quercus robur* and *Quercus petraea* (Fagaceae). Botaniska Notiser, 128 (2): 256-274.
- Olsson U. 1976:** The structure of stellate trichomes and their taxonomic implication in some *Quercus* species (Fagaceae). Botaniska Notiser, 128 (4): 412-424.
- Oppermann A. 1932:** Egens Traeformer og racer. Forstl Forsøgsvaes Dan, 12: 1-400.
- Parabućki S., Čanak M., Janković M., Vukoje M., Gajić M. 1980:** *Quercus pedunculiflora* C. Koch. – nova vrsta za floru Vojvodine. Glasnik Šumarskog Fakulteta Univerziteta u Beogradu, 54: 217-221.

- Paule L. 1990:** Isozymes and forest trees, (1968-1989). Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Genetics and Plant Physiology, Umeå. Report, 9: 1-82.
- Perić S. 2001:** Šumsko – uzgojna svojstva različitih provenijencija hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u Hrvatskoj. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Str. 1- 187.
- Perić S., Gračan J., Dalbelo-Bašić B. 2000:** Flushing variability of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in the provenance experiment in Croatia. Glasnik za šumske pokuse, 37: 395-412.
- Perić S., Jazbec A., Gračan J. 2003:** Grouping of pedunculate oak provenances on the basis of biomass by applying cluster analysis. 25th International Conference Information Technology Interfaces ITI 2003, June 16-19 2003, Cavtat, Croatia. Str. 217-221.
- Perić S., Jazbec A., Medak J., Topić V., Ivanković M. 2006:** Analysis of biomass of 16th Pedunculate Oak provenances. Periodicum biologorum, 108(6):649-653.
- Perić S., Jazbec A., Medak J., Ivanković M., Margaletić J. 2007:** Forest tree-breeding traits of pedunculate oak provenances in Croatia. IUFRO kongres «Tree biotechnology 2007», Azores, Abstracts. Str. 23.
- Perić S., Tijardović M., Jazbec A., Ivanković M., Medak J. 2008:** Uspijevanje provenijencija hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u 20-godišnjim pokusima u spačvanskom i pokupskom bazenu. Šume hrasta lužnjaka u promijenjenim stanišnim i gospodarskim uvjetima, Zagreb, Sažeci/Summaries. Str. 40-43.
- Petit J.R., Brewer S., Bordács S., Burg K., Cheddadi R., Coart E., Cottrell J., Csaikl U.M., Van Dam B., Deans J.D., Espinel S., Fineschi S., Finkeldey R., Glaz I., Goicoechea P. G., Jensen J.S., König A.O., Lowe A.J., Madsen S.F., Mátyás C., Munro R.C., Popescu F., Slade D., Tabbener H., De Vries, S.G.M., Ziegenhagen B., De Beaulieu J-L., Kremer A. 2002b:** Identification of refugia and post-glacial colonisation routes of European white oaks based on chloroplast DNA and fossil pollen evidence. Forest Ecology and Management, 156: 49-74.
- Petit J.R., Csaikl U.M., Bordács S., Burg K., Coart E., Cottrell J., Van Dam, B., Deans, J.D., Dumolin-Lapegues S., Fineschi S., Finkeldey R., Gillies A., Glaz I., Goicoechea P.G., Jensen J. S., König A. O., Lowe A.J., Madsen S.F., Matyás C., Munro R.C., Olalde, M., Pemonge M.H., Popescu F., Slade D., Tabbener H., Turchini D., De Vries, S.G.M., Ziegenhagen G., Kremer A. 2002a:** Chloroplast DNA variation in European white oaks. Phylogeography and patterns of diversity based on data from over 2600 populations. Forest Ecology and Management, 156: 5–26.
- Petit J.R., Latouche-Halle C., Pemonge M.H., Kremer A. 2002c:** Chloroplast DNA variation of oaks in France and the influence of forest fragmentation on genetic diversity. Forest Ecology and Management, 156: 115-129.
- Petit J.R., Wagner B.D., Kremer A. 1993:** Ribosomal DNA and chloroplast polymorphisms in a mixed stand of *Quercus robur* and *Quercus petraea*. Annales des Sciences Forestieres, 50 (1): 41-47.

- Pintarić K. 2002:** Šumskouzgojna svojstva i život važnijih vrsta šumskog drveća. Udruženje šumarskih inženjera i tehničara Federacije BiH (UŠIT). Sarajevo. Str. 1-221.
- Popović M., Ivanković M., Bogdan S. 2014:** Varijabilnost visinskog rasta i preživljenja potomstava iz sjemenskih sastojina hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u pokusnom nasadu "Jastrebarski Lugovi" – prvi rezultati. Šumarski list, 1-2: 155-165.
- Prax A., Richter W., Čermak J., Hubler V. 2008:** The hydrological and moisture regime of soils in floodplain forests. In: Floodplain forests of the temperate zone of Europe. (Eds.) Klimo E., Hager H., Metić S., Anić I., Kulhavy J.), Lesnicka prace s.r.o., publishing house for forestry, Kostelec nad Černými lesy. Str. 75-101.
- Prpić B. 1974:** Ekološki aspekti sušenja hrastovih sastojina u nizijskim šumama Hrvatske. Šumarski list, 7-8: 285-290.
- Prpić B. 1976:** Reagiranje biljaka hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) iz dva različita staništa na različite uvjete vlažnosti. Šumarski list, 3-4: 117-123.
- Prpić B. 1984:** Antropogeni utjecaj na šumske ekosisteme srednjeg Posavlja u svjetlu sinteze sinhronih ekoloških mjerenja. Bilten ekologija BiH, 2 (1): 441-445.
- Prpić B. 1989:** Sušenje hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u Hrvatskoj u svjetlu ekološke konstitucije vrste. Glasnik za šumske pokuse, 25: 1-25.
- Prpić B. 1996:** Propadanje šuma hrasta lužnjaka. In: Hrast lužnjak (*Quercus robur* L.) u Hrvatskoj, ed. Klepac D., Simpozij – 100 godina znanstvenog i organiziranog pristupa šumarstvu istočne Slavonije, JAZU – Centar za znanstveni rad Vinkovci, posebna izdanja, knjiga II: 273-298.
- Prpić B. 2008:** Undesirable hydrotechnical impacts upon Croatian floodplain forests. In: Floodplain forests of the temperate zone of Europe. (Eds.) Klimo E., Hager H., Metić S., Anić I., Kulhavy J.), Lesnicka prace s.r.o., publishing house for forestry, Kostelec nad Černými lesy. Str. 50-65.
- Rauš Đ. 1974:** Šumske fitocenoze i vegetacijska karta šuma jugoistočne Slavonije. Zbornik o stotoj obljetnici znanstvenog i organiziranog pristupa šumarstvu jugoistočne Slavonije. Vinkovci – Slavonski Brod. Str. 79-114.
- Roth V. 2003:** Neki pokazatelji rasta hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) iz sjemenskih zona i rajona Hrvatske u rasadničkom testu. Radovi Šumarskog instituta Jastrebarsko, 38 (2): 195-210.
- Roth V. 2006:** Rast biljaka hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) iz različitih sjemenskih zona i rajona Hrvatske, tijekom prvih dviju godina poljskog testa. Radovi Šumarskog instituta Jastrebarsko, izvanredno izdanje 9: 319-327.
- Rushton B.J. 1979:** *Quercus robur* L. and *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.: a multivariate approach to the hybrid problem, 2. The geographical distribution of population types. *Watsonia* 12: 209-224.
- Schwarz O. 1936:** Entwurf zu einem natürlichen System der Cupuliferen und der Gattung *Quercus* L. *Notizbl. Bot. Gart. Berlin* 116 (13): 1-22.
- Schwarz O. 1936a:** Monographie der Eichen Europas und des Mittelmeergebietes. *Feddes Repert. Sonderbuch D.* Str. 1-200.

- Schwarz O. 1964:** *Quercus* L. In: T. G. Tutin et al. (eds.) *Flora Europaea* 1: 61-64.
- Seletković Z. 1984:** Svjetlosni uvjeti uspijevanja ranijih razvojnih stadija hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) i poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) u nižijskim ekosistemima. Zbornik radova III kongresa ekologija Jugoslavije. Sarajevo. Str. 317-319.
- Silvertown J.W., Doust J.L. 1995:** Introduction to plant population biology. Blackwell Science. Str. 1-210.
- Simonkai L. 1890:** Hazánk tölgyfajai és tölgyerdei (*Quercus* et *Querceta* Hungariae). All. Bizott. Kül. Kiadványa, Budapest. Str. 1-40.
- Slade D. 2001:** Distribucija haplotipova hrasta lužnjaka (*Quercus robur*, L.) u Hrvatskoj. Magistarski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Str. 1-87.
- Slade D., Škvorc Z., Ballian D., Gračan J., Papeš D. 2008:** The chloroplast DNA polymorphisms of White Oaks of section *Quercus* in the Central Balkans. *Silvae Genetica*, 57 (4-5): 227-234.
- Stefanović V. 1977:** Fitocenologija sa pregledom šumskih fitocenoza Jugoslavije. Svjetlost OOUR Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Sarajevo. Str. 1-283.
- Stefanović V. 1986:** Fitocenologija sa pregledom šumskih fitocenoza Jugoslavije. Svjetlost OOUR Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Sarajevo. Str. 1-269.
- Stefanović V., Beus V., Burlica Č., Dizdarević H., Vukorep I. 1983:** Ekološko-vegetacijska rajonzacija Bosne i Hercegovine. Sarajevo, Šumarski fakultet, posebna izdanja 17. Str. 1-44.
- Steinhoff S. 1993:** Results of species hybridization with *Quercus robur* L. and *Quercus petraea* (Matt) Liebl. *Annals of Forest Science*, 50 (1):137-143.
- Steinkellner H., Fluch S., Turetschek E., Lexer C., Streiff R., Kremer A., Burg K., Glössl J. 1997:** Identification and characterization of (GA/CT)_n – microsatellite loci from *Quercus petraea*. *Plant Molecular Biology*, 33: 1093-1096.
- Stojković M. 1991:** Varijabilnost i nasljednost listanja hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). Glasnik za šumske pokuse, 27: 227-259.
- Streiff R., Labbe Th., Bacilieri R., Steinkellner H., Glössl J., Kremer A. 1998:** Within-population genetic structure in *Quercus robur* L. and *Quercus petraea* (Matt) Liebl. assessed with isozymes and microsatellites. *Molecular Ecology*, 7:317-328.
- Sunarić-Pamić O., Pamić J., Kapelar J., Olujić J., Zec, F. 1966:** Osnovna geološka karta 1:100.000. SFRJ. Institut za geološka istraživanja, Sarajevo.
- Šafar J. 1966:** Problem fizioloških, ekoloških i ekonomskih karakteristika kasnoga i ranog hrasta lužnjaka. *Šumarski list*, 90 (11-12): 503-515.
- Šilić Č. 2005:** Atlas dendroflora (drveće i grmlje) Bosne i Hercegovine. Matica hrvatska Čitluk i Franjevačka kuća Masna Luka. Str. 1-528.
- Takhtajan A. 1997:** Diversity and Classification of Flowering Plants. Columbia University Press, New York. Str. 1-643.
- Thormann R., Stephan B.R. 1993:** Interpretation of isozyme patterns of malate dehydrogenase in Scots pine using two different staining methods. *Silvae Genetica*, 42 (1): 5-8.

- Tonković D., Tomičić B., Starčević T., Sever S., Mandekić D. 1996:** Hrvatski hrastici. Hrvatske šume, Zagreb. Str. 1-180.
- Trinajstić I. 1974:** *Quercus* L. In: I. Trinajstić (ed.) Analitička flora Jugoslavije 1 (3): 460-481.
- Trinajstić I. 1988:** Taksonomska problematika hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u flori Jugoslavije. Glasnik za šumske pokuse, 24: 101-116.
- Trinajstić I., Krstinić A. 1993:** Varijabilnost hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). Glasnik za šumske pokuse, posebno izdanje 4: 185-193.
- Trinajstić I. 1996:** Taxonomic problems of pedunculate oak in Croatia. In: Pedunculate Oak in Croatia. Vinkovci – Zagreb, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti. Str. 98-101.
- Tucović A., Jovanović M. 1970:** Some characteristics of meiosis in common oak (*Quercus robur* L.). Working group meeting on sexual reproduction of forest trees. International union of forest research organizations section 22: Study of forest plants, Varparanta. Str. 1-10.
- Vallejos C.E. 1983:** Enzyme activity staining. In: Isozymes in Plant Genetics and Breeding (Tanksley, S. D. And Orton, T. J., eds.) Elsevier, Amsterdam, Part A. Str. 469-516.
- Vidaković M., Krstinić A. 1974:** Oplemenjivanje ekonomski važnih vrsta šumskog drveća jugoistočne Hrvatske. Zbornik o stotoj obljetnici šumarstva jugoistočne Hrvatske. JAZU-Centar za znanstveni rad Vinkovci. Str. 115-134.
- Vidaković M., Krstinić A. 1985:** Genetika i oplemenjivanje šumskog drveća. Sveučilište u Zagrebu. Str. 503.
- Vidaković M., Trinajstić I. 1988:** Varijabilnost i oplemenjivanje hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). Zbornik radova Josip Kozarac književnik i šumar. JAZU Centar za znanstveni rad Vinkovci. Str. 93-110.
- Vidaković M., Gračan J. 2001:** Očuvanje genofonda obične jele, ed. Obična jela u Hrvatskoj, Zagreb. Str. 346-347.
- Vidaković M. Kajba D., Bogdan S., Podnar V., Bečarević J. 2000:** Estimation of genetic gain in a progeny trial of pedunculate oak (*Quercus robur* L.). Glasnik za šumske pokuse 37: 275-381.
- Vyskot M. 1959:** Druhova a prostorova skladba Lanžhotskego pralesa a pomery prirodzene obnovy. Lesnictvi, 5(2): 157-174.
- Weimarck H. 1947:** De nordiska ekarna 1. *Quercus robur* subsp. *pedunculata* och subsp. *puberula*. Bot. Not. 1: 61-78; 105-134.
- Wendel J.F., Weeden N.F. 1989:** Visualization and Interpretation of Plant Isozymes. In: Isozymes in plant biology, Editors: Soltis, D. E., Soltis, P.S., Dudley, T. R., Department of Botany, Washington State University Pullman, Washington. Str. 5-45.
- Wilhelm E., Hristoforoglu K., Fluch S., Burg K. 2005:** Detection of microsatellite instability during somatic embryogenesis of oak (*Quercus robur* L.). Plant. Cell. Rep. 23: 790-795.
- Yakovlev I. 2000:** Genetic diversity of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in the middle near Volga region of Russia. Glasnik za šumske pokuse, 37:453-468.

- Yakovlev I., Kleinschmidt J. 2002:** Genetic differentiation of pedunculate oak *Quercus robur* L. in the European part of Russia based on the RAPD markers. *Russian Journal of Genetics* 38 (2): 148–155.
- Zanneto A., Kremer E., Müller-Starck G., Hattemer H.H. 1996:** Inheritance of Isozymes in Pedunculate Oak (*Quercus robur* L.). *The Journal of Heredity* 87: 364-370.
- Ziegenhagen B., Kausch W. 1993:** Zur Reaktion junger Eiche auf Licht und Schatten. *Forst und Holz*, 48: 198-201.
- Ziegenhagen B., Kausch W. 1995:** Productivity of young shaded oaks (*Quercus robur* L.) as corresponding to shoot morphology and leaf anatomy. *Forest Ecology and Management*, 72: 97-108.
- Ziehe M., Gregorius H.R., Glock H., Hattemer H.H., Herzog S. 1989:** Gene resources and gene conservation in forest trees: General concept. In: Scholc, F., Gregorius, H. R., Rudin, D., (ed.): *Genetic Effects of Air Pollutants in Forest Tree Populations*, Springer – Verlag, Berlin. Str. 173-185.
- Ziehe M., Gregorius H.R., Herzog S. 1995:** Populationsgrösse, genetische Variation and Anpassung – Betrachtungen zu Risiken für die forstliche Praxis bei der Bestandesbegründung. *Mitt. Forstl. Vers. Anstalt Rheinland-Pfalz* 34: 180-201.
- <http://taxonomicon.taxonomy.nl/TaxonTree.aspx?id=7079itree=0.1>, pristup 3.12.2010.
 - http://www.bioversityinternational.org/networks/euforgen/Distribution_Maps/Maps/Quercus%20robur%20big.jpg, pristup 3.12.2010.

VARIJABILNOST HRASTA LUŽNJAKA (*Quercus robur* L.) U BOSNI I HERCEGOVINI

SAŽETAK

Hrast lužnjak, nekada značajna vrsta u Bosni i Hercegovini, kroz povijest je izgubio svoj značaj i doveden do skorog nestanka.

Ovom monografijom imamo za cilj da na egzaktan način pokažemo trenutno genetsko stanje u populacijama preostalih šuma hrasta lužnjaka. U tu svrhu su provedena i prikazana istaživanja individualne unutarpopulacijske i međupopulacijske varijabilnosti istraživanih morfoloških, biokemijskih i molekularnih svojstava hrasta lužnjaka, uz primjenu suvremenih statističkih analiza, radi dobivanja jasnije genetske slike o hrastu lužnjaku na području Bosne i Hercegovine.

U morfološkom istraživanju svojstava lista analizirano je 14 svojstava u 65 populacija, od kojih 44 populacije iz Bosne i Hercegovine te 21 kontrolna populacija (16 iz Hrvatske, četiri iz Srbije, jedna iz Crne Gore). Ukupno je analizirano 650 stabala (440 iz bosansko-hercegovačkih populacija) i 6 500 listova (4 400 iz BiH) te je urađena deskriptivna analiza, analiza varijance, diskriminacijska analiza i multipli testovi.

Dobivene su signifikantne razlike na međupopulacijskom kao i individualnom unutarpopulacijskom nivou, s tim da su razlike na unutarpopulacijskom nivou veće nego na međupopulacijskom, što dovodi do zaključka da svaka populacija ima približno isti broj genotipova, a razlike se javljaju samo u preživljavanju što je vjerojatno u uskoj svezi s ekološkim čimbenicima koji vladaju u datoj populaciji.

Deskriptivnom analizom dijela uzorka koji se odnosi na populacije iz Bosne i Hercegovine dolazi se do podataka o prosječnim svojstvima lista hrasta lužnjaka u Bosni i Hercegovini:

Tako prosječna dužina plojke lista (K_1) u Bosni i Hercegovini iznosi 82,21 mm \pm 14,98 mm, dužina peteljke lista (K_2) 3,99 mm \pm 2,15 mm, udaljenost najšireg dijela plojke od baze plojke (s desne strane) (K_3) 49,25 mm \pm 12,44 mm, (najveća) širina desne poluplojke (K_4) 24,59 mm \pm 5,88 mm, (najveća) širina lijeve poluplojke (K_5) 24,45 mm \pm 5,95 mm, usječenost lista od središnjeg nerva (K_6) 9,91 mm \pm 4,30 mm, usječenost baze plojke (K_7) 1,24 mm \pm 1,01 mm, ukupna širina plojke

lista (K_8) $49,04 \text{ mm} \pm 10,49 \text{ mm}$, ukupna dužina lista (K_9) $86,20 \text{ mm} \pm 15,40 \text{ mm}$, odnos širine i dužine lista (K_{10}) $0,60 \pm 0,06$, prosječna dužina režnja (K_{11}) $17,62 \text{ mm} \pm 4,66 \text{ mm}$. Prosječan list hrasta lužnjaka u Bosni i Hercegovini nema dlakavosti (K_{12}), a najčešći oblik baze lista (K_{13}) je 9. Prosječan broj režnjeva s desne strane (K_{14}) je $5 \pm 1,00$.

Analiza varijance (ANOVA), diskriminantna analiza i multipla testiranja (LSD i Duncan) za kvantitativna svojstva pokazuju:

- Postoje statistički značajne razlike između grupa formiranih prema klasama nadmorskih visina populacija iz kojih je sakupljan materijal (8 grupa) po svakom svojstvu. To ukazuje na postojanje visinske diferencijacije i vrlo vjerojatno modifikacija te da bi trebalo voditi računa o tome pri pošumljavanju. Klase nadmorskih visina 0-100 m, 101-200 m i 201-300 m izdvajaju se u zasebne grupe, a klase nadmorskih visina između 400 i 900 m mogu se svrstati u jednu grupu, s izuzetkom klase 601-700 m koja po većini svojstava čini zasebnu grupu.
- Prema grupama formiranim prema ekološko-vegetacijskim rajonima, rajoni su podijeljeni u dvije grupe unutar kojih postoje određene sličnosti i mogućnost korištenja sjemenskog i sadnog materijala.

Testiranjem hrasta lužnjaka, u prvom testu provenijencija u Bosni i Hercegovini podignutom u rasadniku Žepče, analizirana su morfološka svojstva, visine biljaka, visinski prirast i promjer vrata korijena te izvršene biokemijske analize korištenjem izoenzimskih sustava.

Test provenijencija osnovan je 2009. godine i obuhvaća 28 provenijencija. Svih 28 provenijencija je sađeno u 3 bloka po 36 biljaka (108 biljaka po provenijenciji).

Za analizu morfoloških svojstava su uporabljani podaci dobiveni mjerenjem svih biljaka u tri uzastopne godine (2012., 2013. i 2014.g.).

Analiza varijance za sva istraživana morfološka svojstva pokazala je prisutnost statistički značajnih razlika između istraživanih provenijencija, što potvrđuje i Duncan test.

Duncan test za svojstvo visine biljke pokazuje formiranje većeg broja grupa sa starošću, dok za svojstvo promjer vrata korijena broj grupa ostaje isti.

Srednja vrijednost visine biljaka za sve provenijencija za 2012. (četverogodišnje biljke) bila je $50,3 \text{ cm} \pm 23,7 \text{ cm}$, za 2013. (petogodišnje biljke) $79,8 \text{ cm} \pm 33,7 \text{ cm}$, a za 2014. (šestogodišnje biljke) bila je $117,9$

$\pm 45,6$ cm. Prosječna visina prirasta u 2013. godini bila je $29,0 \pm 24,2$ cm, a 2014. godine je $37,7 \pm 22,8$ cm. Srednja vrijednost promjera vrata korijena za 2012. bila je $13,1 \text{ mm} \pm 4,7 \text{ mm}$, za 2013. je $20,5 \text{ mm} \pm 6,3 \text{ mm}$, a za 2014. bila je $28,9 \pm 9,5 \text{ mm}$.

Fenologija listanja biljaka je praćena 2012. i 2013. godine na svim biljkama. Fenološka osmatranja potvrdila su postojanje razlika u početku i kraju fenoloških faza listanja hrasta lužnjaka kod provenijencija. To pokazuje genetsku raznolikost između populacija, kao i ovisnost pojave fenoloških faza o vremenskim uvjetima. Tako je u 2012. godini prvo pojavljivanje faze B imala provenijencija Bijeljina, koja je podrijetlom s nadmorske visine od 93 m, u neposrednoj blizini rijeke Drine. Najkasniju pojavu faze B imale su provenijencije Knežina, koji se nalazi na nadmorskoj visini od 759 m, i Bosanska Dubica, koja se nalazi 145 m iznad razine mora. Bosanska Dubica ušla je u fazu F zadnja, a provenijencije s viših nadmorskih visina, kao što su Sokolac, Knežina, Bosansko Grahovo, ušle su u ovu fazu ranije.

U 2013. godini, listanje je počelo mnogo kasnije, i većina provenijencija je ušla u fazu B između 16. ili 18. travnja. Bosanska Dubica je opet kasnila s ulaskom u fazu B. Sve provenijencije su ušle u fazu F najranije 29. travnja.

Prilikom provođenja biokemijskih analiza na hrastu lužnjaku iz testa provenijencija Žepče uporabljeno je 10 enzimskih sustava, a istraživalo se 14 genskih lokusa. Analizom je bilo obuhvaćeno dvadeset provenijencija iz kojih je kao uzorak uzeto po 50 biljaka.

Od 14 analiziranih lokusa njih devet se pokazalo polimorfnim, dok su ostali bili relativno monomorfni. Visok stupanj polimorfnosti nalazi se kod genskih lokusa AAP-A, PGM-B, IDH-A (pokazuje relativni monomorfizam kod samo jedne populacije, Bosansko Grahovo), IDH-B i IDH-C. Najveći broj polimorfnih lokusa ima provenijencija Živinice (12), s dva relativno monomorfna. Po 10 polimorfnih lokusa imaju provenijencije Hrgovi Srebrenik, Kaćuni, Kotor Varoš, Miljevina i Sokolac.

Najnižu vrijednost srednjeg broja alela po lokusu imale su provenijencije Bosanska Dubica, Bosansko Grahovo i Sokolac, a najveću vrijednost Bosanski Brod. Najnižu raznolikost genotipova ima provenijencija Olovo, a najveću provenijencija Drvar.

Korištenjem izoenzimskih analiza, utvrđeno je da se u pogledu heterozigotnosti javljaju razlike između provenijencija, pogotovo između malih antropogeno promijenjenih i velikih populacija. Gen

lokusi AAP-A, IDH-B i PGM-B imaju najveći utjecaj na vrijednost prosječne stvarne heterozigotnosti. Najvišu prosječnu stvarnu heterozigotnost za sve genske lokuse ima provenijencija Olovo, a najnižu Bosanska Dubica.

Genetska analiza je pokazala da je u 8 od 20 provenijencija srednja vrijednost fiksacijskog indeksa pozitivna, što znači da u njima postoji inbriding. Stoga je potreban poseban oprez u uzgoju i gospodarenju kod tih provenijencija. To su populacije: Bijeljina, Bosanska Dubica, Bosansko Grahovo, Drvar, Jelah, Miljevina, Mrkonjić Grad i Sokolac, a među njima najveću pozornost treba posvetiti provenijencijama Bosanska Dubica, Drvar i Miljevina. Kod provenijencije Olovo, unatoč očekivanom visokom inbridingu, dobila se minimalna vrijednost fiksacijskog indeksa.

Najmanje vrijednosti multilokusne i gen pool raznolikosti ima provenijencija Stojčevac, a najviše provenijencija Jelah. Najveću vrijednost unutarpopulacijske diferencijacije pokazuje provenijencija Jelah, a najmanju provenijencija Stojčevac. Među genskim lokusima, najveću srednju vrijednost diferencijacije pokazao je genski lokus AAP-A, a najnižu 6PGDH-B.

Sve provenijencije imaju visoke vrijednosti unutarprovenijencijske diferencijacije, od 0,1886, koliko ima provenijencija Stojčevac, do 0,2832, koliko ima provenijencija Jelah.

Od gen lokusa, najveća srednja vrijednost diferencijacije utvrđena je za lokus AAP-A, a najmanja za lokus 6PGDH-B.

Najmanje međuprovenijencijsko multilokusno odstupanje je između provenijencija Bijeljina i Mrkonjić Grad, a najveće između Olova i Kotor Varoš. Provenijencija Olovo ima najveća multilokusna odstupanja prema 12 provenijencija (Bosanska Dubica, Bosanska Gradiška, Bosanski Brod, Bosansko Grahovo, Bugojno, Drvar, Jelah, Ključ, Kotor Varoš, Miljevina, Sokolac i Žepče), dok prema ostalim provenijencijama najveća odstupanja ima provenijencija Kotor Varoš.

Najmanje međuprovenijencijsko odstupanje gen poola pokazuju provenijencije Bosanski Brod i Stojčevac, a najveće provenijencije Olovo i Žepče. Provenijencija Bosansko Grahovo pokazuje maksimalno odstupanje gen poola prema osam provenijencija (Bosanska Dubica, Hrgovi, Jelah, Kaćuni, Ključ, Kotor Varoš, Mutnica, Sokolac), Kotor Varoš prema šest provenijencija (Bijeljina, Bosanski Brod, Bosansko Grahovo, Miljevina, Mrkonjić Grad i Živinice), a Olovo prema pet provenijencija (Bosanska Gradiška, Bugojno, Drvar, Stojčevac i Žepče).

U molekularnom istraživanju hrasta lužnjaka s područja Bosne i Hercegovine analizirana je genetska varijabilnost 14 prirodnih populacija hrasta lužnjaka na temelju DNK s korištenjem sljedeća četiri nuklearna mikrosatelitska biljega: *ssrQpZAG1 / 5*, *ssrQpZAG9*, *ssrQpZAG36* i *ssrQpZAG108*.

Analizom se željelo utvrditi postoji li značajna varijabilnost između populacija, koja će biti od velike važnosti za šumsko-uzgojne radove i ponovnu reintrodukciju hrastovih šuma, kao i za osnivanje genskih banaka i arhiva kako *in situ* tako i *ex situ* metodama.

Ovim istraživanjem je obučeno ukupno 111 alela, a glavne razlike su registrirane u frekvencijama između populacija. Također su se iste razlike potvrdile analizom ostalih parametara kao što su efektivni broj alela, heterozigotnost i fiksacijski indeks.

Stvarna heterozigotnost u svim slučajevima je bila manja od teorijske. Fiksacijski indeks pokazuje pozitivne veličine, što ukazuje na prisustvo inbridinga. Populacija Cazin ima vrijednost neznatno veću od nule te se može smatrati da je ta populacija blizu uravnoteženog stanja, kao i populacija Novi Šeher. Najveće vrijednosti fiksacijskog indeksa su kod populacija Mrkonjić Grad, Bugojno i Bosanski Brod.

Genetska distanca prema Nei (1972) je najveća između populacija Orašje i Romanija, a najmanja između populacija Bosanska Gradiška i Živinice. Kada su u pitanju pairwise F_{ST} values minimalna veličina je između populacija Bosanska Gradiška i Livno, a maksimalna između populacija Orašje i Bugojno.

Analiza varijance koja uključuje unutarpopulacijsku i međupopulacijsku varijabilnost prema nadmorskim visinama pokazala je diferenciranost. Iako se veći dio genetske raznolikosti može pripisati razlikama među individuama unutar populacije (92,49%), značajnost Φ_{ST} vrijednosti između populacija ($\Phi_{ST} = 0,075$; $p < 0,0001$) ukazuje na postojanje genetske diferencijacije. Provedenom drugom analizom, gdje je još uključena i varijabilnost između populacija i unutar skupina, neke od komponenti nisu pokazale prisutnu diferenciranost.

Dvosmjerna ugniježdjena ANOVA analiza korištena je za dalje particioniranje ukupne genetske varijance između triju visinskih skupina (<100 metara nadmorske visine; 100-300 m; >300 m), između populacija unutar grupa, i unutar populacijskih komponenti. Komponenta varijance između grupa nije bila značajna ($\Phi_{CT} = 0,001$; $p = 0,392$), što ukazuje na to da jednostavna podjela populacija u visinske skupine nije mogla objasniti uočenu međupopulacijsku varijabilnost.

Važno je napomenuti da je ovo istraživanje potvrdilo veću alelnu heterozigotnost u našim populacijama u odnosu na populacije hrasta lužnjaka u zapadnoj Europi. Takav rezultat pokazuje da istraživane populacije nisu izgubile puno od svog genetskog potencijala za adaptaciju. Razlog za to može biti stvarna bliskost istraživanih populacija njihovim glacijalnim pribježištima.

To je razlog zašto se one čine puno otpornijima i s jačim adaptacijskim potencijalom nego populacije hrasta lužnjaka iz zapadne i središnje Europe. Bosanskohercegovačke populacije posjeduju više genetske varijabilnosti, iako su stoljećima bile pod jakim antropogenim utjecajem i bile dovedene do granice preživljavanja i ruba izumiranja. Rezultati koje smo dobili omogućit će nam da sačuvamo njihovu autohtonu genetsku strukturu specifičnu za Bosnu i Hercegovinu.

Ovakav oblik morfoloških, fenoloških, biokemijskih i molekularnih istraživanja individualne i međupopulacijske varijabilnosti može predstavljati polaznu osnovu za daljnja istraživanja vrste *Quercus robur* u Bosni i Hercegovini, a rezultati tih istraživanja mogu poslužiti kao dobra osnova za odabir sjemenskih sastojina, oplemenjivanje, sjemenarstvo, čuvanje genetskog diverziteta (genofonda) te u razlikovanju pojedinih vrsta i nižih taksona roda *Quercus* L.

Rezultati prikazani u ovoj monografiji trebali bi se koristiti u planiranju mjera očuvanja i ponovne reintrodukcije hrasta lužnjaka u Bosni i Hercegovini. Nastavak istraživanja je nužan jer su rezultati dobiveni u ranoj juvenilnoj fazi nepotpuni i opterećeni brojnim nedostacima. Prirodnu i umjetnu obnovu populacije treba pratiti povremenim genetsko-molekularnim istraživanjima u populaciji u cilju smanjivanja genetske razlike između stare (adultne) i mlade (juvenilne) generacije, s odgovarajućim uzgojnim mjerama.

Prikazani rezultati doprinijet će horizontalnoj i vertikalnoj rajonizaciji hrasta lužnjaka, manipulaciji njegovim reprodukcijским materijalom na znanstveno prihvatljiv način te što boljem provođenju aktivnosti na oplemenjivanju ove vrste kao i zaštiti autohtonog genofonda, kroz dinamičku i statičku konzervaciju metodama *ex situ* i *in situ*.

VARIABILITY OF THE PEDUNCULATE OAK (*Quercus robur* L.) IN BOSNIA AND HERZEGOVINA

SUMMARY

The Pedunculate Oak, once the most important species in Bosnia and Herzegovina, has dwindled over time almost to the point of disappearing altogether.

The monograph is intended to set out in exact detail the current genetic state in the populations of surviving Pedunculate Oak woodlands. To this end, studies were carried out of the individual intra-population and inter-population variability of the morphological, biochemical and molecular characteristics of Pedunculate Oak, using the latest statistical analyses, in order to obtain a clearer genetic picture of Pedunculate Oak in Bosnia and Herzegovina.

The morphological study involved the analysis of 14 characteristics in 65 populations, 44 in Bosnia and Herzegovina, and 21 control populations (16 in Croatia, four in Serbia, one in Montenegro). The analysis, which covered a total of 650 trees (440 from populations in Bosnia and Herzegovina) and 6,500 leaves (4,400 from Bosnia and Herzegovina), consisted of a descriptive analysis, analysis of variance, discriminant analysis and multiple tests.

Significant differences were observed at both the inter-population and individual intra-population levels, with the latter greater than the former, suggesting that each population has roughly the same number of genotypes, with differences appearing only in survival rates, probably associated with the ecological factors prevailing in a given population.

The description analysis of the specimens relating to populations from Bosnia and Herzegovina yielded data on the average characteristics of Pedunculate Oak leaves in Bosnia and Herzegovina.

Average leaf blade length (K_1) in Bosnia and Herzegovina is 82.21 mm \pm 14.98 mm, petiole length (K_2) 3.99 mm \pm 2.15 mm, distance from widest point of blade to base of blade (on the right side) (K_3) 49.25 mm \pm 12.44 mm, (greatest) width of right half-blade (K_4) 24.59 mm \pm 5.88 mm, (greatest) width of left half-blade (K_5) 24.45 mm \pm 5.95 mm, depth of sinuses from central vein (K_6) 9.91 mm \pm 4.30 mm, depth of

sinuses at base of blade (K_7) $1.24 \text{ mm} \pm 1.01 \text{ mm}$, overall blade width (K_8) $49.04 \text{ mm} \pm 10.49 \text{ mm}$, overall leaf length (K_9) $86.20 \text{ mm} \pm 15.40 \text{ mm}$, hence blade width and length (K_{10}) 0.60 ± 0.06 , average lobe length (K_{11}) $17.62 \text{ mm} \pm 4.66 \text{ mm}$. The average Pedunculate Oak leaf in Bosnia and Herzegovina is glabrous (K_{12}), and the most usual shape at the base of the leaf (K_{13}) is 9. The average number of lobes on the right side (K_{14}) is 5 ± 1.00 .

The analysis of variance (ANOVA), discriminant analysis and multiple tests (LSD and Duncan) of the quantitative characteristics reveal that:

- there are statistically significant differences between groups classed by altitude of the populations from which the material was collected (8 groups) for each characteristic. This demonstrates the presence of altitudinal differentiation and probably of modifications, which should be taken into account in reforestation. The classes of altitudes 0-100 m, 101-200 m and 201-300 m form separate groups, while those at altitudes of 400 to 900 m may be regarded as a single group, with the exception of the class of 601-700 m, which constitutes a distinct group as regards the majority of characteristics;
- groups formed on the basis of ecological-vegetational regions fall into two groups, within which there are certain similarities allowing for the possibility of using seed and seedling material.

The first provenance tests of Pedunculate Oak from Bosnia and Herzegovina raised in the Žepče nursery consisted of an analysis of morphological characteristics, the height of the plants, the increase in height, and the diameter of the root collar; in addition, a biochemical analysis was conducted using isoenzyme systems.

The provenance test was launched in 2009, and covered 28 provenances, all planted in three blocks of 36 plants each (108 plants per provenance).

The values obtained by measuring all the plants three years in succession (2012, 2013 and 2014) were used for the analysis of the morphological characteristics.

The analysis of variance for all the analysed morphological characteristics yielded statistically significant differences between the provenances studied, which were confirmed by the Duncan test.

The Duncan test for plant height revealed the formation of a greater number of groups by age, whereas the number of groups by root collar diameter remained the same.

The average value for plant height for all provenances in 2012 (four-year-old plants) was $50.3 \text{ cm} \pm 23.7 \text{ cm}$, in 2013 (five-year-old plants) $79.8 \text{ cm} \pm 33.7 \text{ cm}$, and in 2014 (six-year-old plants) $117.9 \pm 45.6 \text{ cm}$. The average increase in height in 2013 was $29.0 \pm 24.2 \text{ cm}$, and in 2014, $37.7 \pm 22.8 \text{ cm}$. The average root collar diameter in 2012 was $13.1 \text{ mm} \pm 4.7 \text{ mm}$, in 2013, $20.5 \text{ mm} \pm 6.3 \text{ mm}$, and in 2014, $28.9 \pm 9.5 \text{ mm}$.

The leafing phenology was monitored on all plants in 2012 and 2013. Phenological observation confirmed the presence of differences at the beginning and end of the phenological leafing phase of Pedunculate Oak in these provenances. This demonstrates genetic diversity between populations, and also that the phenological phases depend on weather conditions. In 2012, the first evidence of phase B was in the Bijeljina provenance, from an altitude of 93 m, very close to the River Drina. The latest evidence of phase B was in the provenances from Knežina, at an altitude of 759 m, and Bosanska Dubica, at an altitude of 145 m. Bosanska Dubica was the last to enter phase F, while provenances from higher altitudes, such as Sokolac, Knežina and Bosansko Grahovo, entered this phase earlier.

Leafing began much later in 2013, with most provenances entering phase B between 16 and 18 April. Again, Bosanska Dubica was later entering phase B. The earliest date at which all provenances entered phase F was 29 April.

Ten enzyme systems were used in the biochemical analysis of Pedunculate Oak from the Žepče test provenance, with 14 genetic loci studied. The analysis covered twenty provenances, with a sample of 50 plants from each.

Nine of the 14 loci analysed proved to be polymorphic, with the remainder relatively monomorphic. A high degree of polymorphism was found at genetic loci AAP-A, PGM-B, IDH-A (showing relative monomorphism in only one population, Bosansko Grahovo), IDH-B and IDH-C. The Živinice provenance had the most polymorphic loci (12), with two relatively monomorphic. The Hrgovi Srebrenik, Kaćuni, Kotor Varoš, Miljevina and Sokolac provenances each had ten polymorphic loci.

The lowest value for the average number of alleles per locus had the provenances of Bosanska Dubica, Bosansko Grahovo and Sokolac, while the highest was that of Bosanski Brod. The least diversity of genotypes was found in Olovo provenance, and the greatest in Drvar provenance.

Using isoenzyme analyses, it was found that there were differences in heterozygote values between the various provenances, particularly between small anthropogenically altered and large populations. The gene loci AAP-A, IDH-B and PGM-B displayed the greatest impact on the value of average actual heterozygosity. The highest average actual heterozygosity for all gene loci was found in Olovo provenance, and the lowest in Bosanska Dubica provenance.

Genetic analysis revealed that in eight of the 20 provenances the average fixation index value was positive, indicating inbreeding. Particular care is therefore required in the propagation and management of these provenances, Bijeljina, Bosanska Dubica, Bosansko Grahovo, Drvar, Jelah, Miljevina, Mrkonjić Grad and Sokolac, and in particular those of Bosanska Dubica, Drvar and Miljevina, for which extreme caution is required. In the case of Olovo provenance, despite the expected high degree of inbreeding, the fixation index value was minimal.

The lowest value of multilocus and gene-pool diversity was that of Stojčevac provenance, and the highest that of Jelah. The greatest value of intra-population diversity was displayed by Jelah provenance, and the lowest that of Stojčevac.

All provenances have high values of intra-provenance differentiation, from 0.1886 in Stojčevac provenance to 0.2832 in Jelah provenance.

Among gene loci, the highest average differentiation value was that of gene locus AAP-A, and the lowest that of 6PGDH-B.

The least inter-provenance multilocus divergence was that between Bijeljina and Mrkonjić Grad provenances, and the greatest that between Olovo and Kotor Varoš. Olovo provenance had the greatest multilocus divergence by comparison with 12 provenances (Bosanska Dubica, Bosanska Gradiška, Bosanski Brod, Bosansko Grahovo, Bugojno, Drvar, Jelah, Ključ, Kotor Varoš, Miljevina, Sokolac and Žepče), while among the other provenances the greatest divergence was that of Kotor Varoš provenance.

The least inter-provenance gene pool divergence was displayed by Bosanski Brod and Stojčevac provenances, and the greatest by Olovo and Žepče provenances. Bosansko Grahovo provenance displayed the maximum gene pool divergence by comparison with eight provenances (Bosanska Dubica, Hrgovi, Jelah, Kaćuni, Ključ, Kotor Varoš, Mutnica, Sokolac), Kotor Varoš by comparison with six provenances (Bijeljina,

Bosanski Brod, Bosansko Grahovo, Miljevina, Mrkonjić Grad and Živinice), and Olovo by comparison with five provenances (Bosanska Gradiška, Bugojno, Drvar, Stojčevac and Žepče).

The molecular study of Pedunculate Oak in Bosnia and Herzegovina comprised an analysis of the genetic variability of 14 natural populations of Pedunculate Oak on the basis of DNA, using the following four nuclear micro-satellite markers: *ssrQpZAG1/5*, *ssrQpZAG9*, *ssrQpZAG36* and *ssrQpZAG108*. The aim of this analysis was to determine whether there was significant variability between populations, which will be of major importance for forestry breeding and the reintroduction of oak woodlands, as well as for creating gene banks and archives using *in situ* and *ex situ* methods.

This study included a total of 111 alleles, where the principal differences were registered in frequencies between populations. These same differences were confirmed by analysing other parameters, such as the effective number of alleles, heterozygosity, and fixation index.

Actual heterozygosity was less than theoretical heterozygosity in every case. The fixation index displayed positive values, indicative of inbreeding. The Cazin population has a value only slightly above zero, so that this population may be regarded as close to equilibrium, as can that of Novi Šeher. The highest fixation index values were found in the Mrkonjić Grad, Bugojno and Bosanski Brod populations.

The Nei (1972) genetic distance was greatest between the Orašje and Romanija populations, and least between the Bosanska Gradiška and Živinice populations. In the case of pairwise F_{ST} values, the minimum was between the Bosanska Gradiška and Livno populations, and the maximum between the Orašje and Bugojno populations.

The analysis of variance, which included intra-population and inter-population variability by altitude, displayed differentiation. Though much of the genetic diversity may be ascribed to differences between individuals within a given population (92.49%), the significant Φ_{ST} value between populations ($\Phi_{ST} = 0.075$; $p < 0.0001$) indicates genetic differentiation. In a second analysis, this time including variability between populations and within groups, some of the components did not display differentiation.

Two-way nested ANOVA analysis was used for further partitioning of the overall genetic variance between three altitudinal groups (<100 m; 100-300 m; >300 m), between populations within the groups, and within population components. The variance component between

groups was insignificant ($\Phi_{CT} = 0.001$; $p = 0.392$), indicating that the simple division of populations into altitudinal groups could not explain the observed inter-population variability.

It is important to note that this study has confirmed greater allele heterozygosity in our populations than in the populations of Pedunculate Oak in western Europe. This result demonstrates that the populations studied have lost little of their genetic potential for adaptation. The reason for this could be the proximity of the studied populations to their glacial refugia.

For this reason they appear much more resistant and have greater adaptive potential than the Pedunculate Oak populations of western and central Europe. The populations of Bosnia and Herzegovina have greater genetic variability, despite having been for centuries subject to considerable anthropogenic impact, and reduced to the brink of extinction. The results we obtained will enable us to preserve their indigenous genetic structure, specific to Bosnia and Herzegovina.

This kind of morphological, phenological, biochemical and molecular study of individual and inter-population variability can form a starting-point for further studies of the species *Quercus robur* in Bosnia and Herzegovina, and the results of such studies may serve as a solid basis for the selection of seed stands, selective breeding, seed selection, the preservation of genetic diversity (the gene pool), and distinguishing individual species and lower taxons of the genus *Quercus* L.

The results presented in this monograph should be used in planning measures to preserve and reintroduce Pedunculate Oak in Bosnia and Herzegovina. Further studies are essential, for the results obtained in the earlier juvenile stage are incomplete and have many shortcomings. The natural and artificial restoration of the population should be accompanied by periodical genetic and molecular studies within the population with a view to reducing the genetic difference between old (adult) and young (juvenile) generations, with appropriate breeding measures.

The results here presented will contribute to the horizontal and vertical distribution of Pedunculate Oak and to the manipulation of its reproductive material in a scientifically acceptable manner, and to the best possible selective breeding of the species and the protection of the indigenous gene pool, by means of dynamic and static conservation, using *ex situ* and *in situ* methods.





LIFEGENMON - LIFE Projekt praćenja Europskih šumskih genetskih sustava

Održivo gospodarenje šumama temelji se na dugoročnoj prilagodljivosti šumskih ekosustava i njihovih bioloških raznolikosti koje počinje na najnižoj, na razini gena. Šumski genetski nadzor (Forest genetic monitoring - FGM) je sustav ranog upozorenja odnosno pomoći u procjeni kakav je odgovor neke vrste na promjenu u okolišu, kroz dugoročni vremenski period. Genetski nadzor omogućuje promatranje promjena u populacijama kroz vremenski period, tako da se na temelju svih relevantnih komponenti može doći do određenih zaključaka i evaluacije posljedica. Šumski genetski nadzor uključuje prognozu, ali u isto vrijeme odgovarajućim metodama osigurava očuvanje i održavanje genetske varijabilnosti u prirodnim populacijama.

LIFEGENMON kombinira napore šest partnera iz tri države/zemlje (Njemačka/Bavarska, Grčke i Slovenije), te stručnjaka iz zemalja jugoistočne Europe, kako bi se pokrenuo sustav šumskog genetskog nadzora koji će osigurati pravodobni odgovor u planiranju gospodarenja šumama i prijetnjama prema šumskoj genetskoj raznolikosti, te kako bi se podržala održivost šuma u njihovom sadašnjem području rasprostranjenosti.

Ciljevi projekta su:

- Odrediti optimalne pokazatelje za praćenje promjena u genetskoj raznolikosti duž transekta od Bavarske do Grčke za dvije odabrane ciljne vrste: na staništima listača (*Fagus sylvatica*) i sastojinama četinjača (*Abies alba/Abies borisii-Regis* kompleksa);
- Pripremiti smjernice za šumski genetski nadzor, za dvije pobrojane vrste i još pet drugih vrsta šumskog drveća (*Populus nigra*, *Fraxinus excelsior*, *Pinus nigra*, *Prunus avium*, *Quercus petraea/robur* kompleksa), koje se razlikuju u biologiji i distribuciji, a u cilju provedbe FGM na nacionalnoj, regionalnoj i EU razini;
- Pripremiti priručnik o šumskom genetskom nadzoru i njegovoj provedbi na razini EU;
- Pripremiti sustav odlučivanja o optimalnom izboru razine FGM koji se temelji na odgovarajućim potrebama i sredstvima;
- Organizirati niz radionica/obuka za sektor šumarstva, kako bi ih se osposobilo za provođenje FGM prema standardiziranim postupcima na njihovom teritoriju;
- Pripremiti potrebne stručne dokumente/smjernice (za kreatora politike na nacionalnoj, regionalnoj i EU razini) koji će biti potpora razvoju mogućih novih legislativa na nacionalnim razinama, procesu "Forest Europe" te budućim europskim politikama i strategijama o šumarstvu i očuvanju šuma i biološke raznolikosti;
- Raspravljati i proširiti FGM među različitim ciljnim skupinama i šumoposjednicima s ciljem promicanja uporabe i rezultata ovog sustava ranog upozorenja kao alata za održivo gospodarenje šumama; i
- Uspostaviti dobre veze i suradnje kroz međunarodni tim šumarskih stručnjaka koji rade na FGM.

Projekt je započeo u srpnju 2014. i trajat će do lipnja 2020. Ukupna financijska sredstva su u iznosu od € 5.84m, od čega EU sudjeluje sa 49,9% (€ 2,7 milijuna); partneri u projektu moraju doprinijeti sa 50,1% iz vlastitih (nacionalnih) izvora.

Partneri u projektu su: Šumarski institut Slovenije (koordinator); Služba za šume Slovenije; Centar za informacijske usluge, suradnju i razvoj NVO; Bavarski državni ured za šumske sadnice i sadnju; Aristotelovo sveučilište u Solunu i Glavna-Uprava za šume i poljoprivredne poslove - decentralizirane administracije Makedonije - Trakije.



Silva
Slovenica



LIFE FOR EUROPEAN FOREST GENETIC MONITORING SYSTEM



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR



MINISTARSTVO PROSTORNOG
UREĐENJA, GRAĐENJA I ZAŠTITE
OKOLIŠA KANTONA SARAJEVO

ISBN 978-9926-8071-3-9