

Oblik rasta biljaka u pokusnom nasadu hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.)

Dukić, Jovan

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry / Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:365062>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-12**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU
ŠUMARSKI ODSJEK
SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ
UZGAJANJE I UREĐIVANJE ŠUMA S LOVNIM GOSPODARENJEM

JOVAN DUKIĆ

OBLIK RASTA BILJAKA U POKUSNOM NASADU HRASTA
LUŽNJAKA (*Quercus robur* L.)

DIPLOMSKI RAD

ZAGREB, 2020.

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

ŠUMARSKI ODSJEK

**OBLIK RASTA BILJAKA U POKUSNOM NASADU HRASTA
LUŽNJAKA (*Quercus robur* L.)**

DIPLOMSKI RAD

Diplomski studij: Uzgajanje i uređivanje šuma s lovnim gospodarenjem

Predmet: Oplemenjivanje šumskog drveća

Ispitno povjerenstvo: 1. prof. dr. sc. Davorin Kajba

2. doc. dr. sc. Ida Katičić Bogdan

3. prof. dr. sc. Marilena Idžojić

Student: Jovan Dukić

JMBAG: 0068216429

Broj indeksa: 884/17

Datum odobrenja teme: 25.04.2019.

Datum predaje rada: 18.09.2020.

Datum obrane rada: 25.09.2020.

Zagreb, rujan, 2020.

Dokumentacijska kartica

| | |
|----------------|--|
| Naslov | Oblik rasta biljaka u pokusnom nasadu hrasta lužnjaka (<i>Quercus robur</i> L.) |
| Title | Shape of growth of plants in a field trial of Pedunculate oak (<i>Quercus robur</i> L.) |
| Autor | Jovan Dukić |
| Adresa autora | Alojzija Stepinca 5, 53234 Udbina |
| Rad izrađen | Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu |
| Vrsta objave | Diplomski rad |
| Mentor | prof.dr.sc. Davorin Kajba |
| Komentor | doc.dr.sc. Ida Katičić Bogdan |
| Godina objave | 2020. |
| Obujam | 26 stranica, 9 slika, 5 tablica, 13 navoda literature |
| Ključne riječi | Oblik rasta biljaka, <i>Quercus robur</i> L., pokusni nasad |
| Key words | Shape of growth, Pedunculate oak, field trial |
| Sažetak | <p>Pokusni nasad hrasta lužnjaka sa familijama polusrodnika iz devet europskih populacija uzduž gradijenta zemljopisne širine postavljen je na površinu Hrvatskog šumarskog instituta u Jastrebarskom. Pokus je podijeljen na dva tretmana: sušni i kontrolni. U oba su tretmana uključene familije polusrodnika iz svih populacija. U ovom diplomskom radu pratit će se oblik rasta (habitus) svih biljaka u pokusu i statističkim metodama ustanoviti postoji li obrazac varijabilnosti ovog svojstva s obzirom na populacije ili tretman.</p> |

| | | |
|---|-------------------------------------|--------------------|
|  | IZJAVA O IZVORNOSTI RADA | OB ŠF 05 07 |
| | | Revizija: 1 |
| | | Datum: 28.6.2017. |

„Izjavljujem da je moj *diplomski rad* izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istoga nisam koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

vlastoručni potpis

Jovan Dukić

U Zagrebu, 25.9.2020.

SADRŽAJ

| | |
|--|----|
| 1. UVOD | 1 |
| 1.1. TAKSONOMSKA KLASIFIKACIJA HRASTA LUŽNJAKA | 1 |
| 1.2. AREAL HRASTA LUŽNJAKA | 1 |
| 1.3. MORFOLOŠKE ZNAČAJKE VRSTE..... | 3 |
| 1.4. EKOLOŠKE ZNAČAJKE VRSTE..... | 5 |
| 1.5. VARIJABILNOST..... | 5 |
| 1.6. GENETIČKI TESTOVI | 5 |
| 2. CILJ ISTRAŽIVANJA | 7 |
| 3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA..... | 9 |
| 3.1. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA..... | 13 |
| 3.1.1. DESKRIPTIVNA ANALIZA | 13 |
| 3.1.2. ANALIZA VARIJANCE (ANOVA)..... | 13 |
| 3.2. TUKEY-KRAMER TEST..... | 14 |
| 4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA | 15 |
| 4.1. DESKRIPTIVNA ANALIZA | 15 |
| 4.2. ANALIZA VARIJANCE (ANOVA)..... | 17 |
| 4.3. TUKEY-KRAMER TEST..... | 18 |
| 5. RASPRAVA | 20 |
| 6. ZAKLJUČAK | 25 |
| 7. LITERATURA..... | 26 |

POPIS SLIKA

| | |
|---|----|
| Slika 1. Rasprostranjenost hrasta lužnjaka u Europi (Technical guidelines for genetic conservation and use for pedunculate and sessile oaks (Quercus robur/Quercus petraea) 2004 - EUFORGEN)..... | 2 |
| Slika 2. Rasprostranjenost hrasta lužnjaka u Hrvatskoj | 3 |
| Slika 3. Ilustracija dijelova hrasta lužnjaka..... | 4 |
| Slika 4. Uzorkovane populacije hrasta lužnjaka | 9 |
| Slika 5. Shema nacрта pokusnog nasada hrasta lužnjaka postavljenog u Hrvatskom šumarskom institutu..... | 11 |
| Slika 6. Kategorije kvalitete forme stabla | 12 |
| Slika 7. Biljke hrasta lužnjaka u pokusnom nasadu; lijevo- kontrolni tretman, desno- sušni tretman..... | 21 |
| Slika 8. Pokusni nasad na vanjskom polju, prije vegetacije; lijevo- sušni tretman, desno- kontrolni tretman | 22 |
| Slika 9. Razlika između forme dvije jedinke iste starosti unutar istog tretmana; desno- Estonija, lijevo- Otok (Hrvatska) | 23 |
| | |
| Graf 1. Prosječna ocjena kvalitete forme stabla za 2015. godinu za kontrolni i sušni tretman s prikazom aritmetičke sredine i standardne devijacije | 15 |
| Graf 2. Prosječna ocjena kvalitete forme stabla za 2017. godinu za kontrolni i sušni tretman s prikazom aritmetičke sredine i standardne devijacije | 16 |

POPIS TABLICA

| | |
|---|----|
| Tablica 1. Taksonomska klasifikacija hrasta lužnjaka | 1 |
| Tablica 2. Ocjene i opis pojedinih kategorija kvalitete forme stabla | 12 |
| Tablica 3. Rezultati analize varijance za 2015. godinu | 17 |
| Tablica 4. Rezultati analize varijance za 2017. godinu | 18 |
| Tablica 5. Podjela populacija po grupama za 2017. godinu s obzirom na proveden Tukey - Kramar test | 19 |

PREDGOVOR

Ovaj diplomski rad izrađen je na Zavodu za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku, na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

Ovim putem htio bih zahvaliti mentoru prof. dr. sc. Davorinu Kajbi, a posebno hvala doc. dr. sc. Idi Katičić Bogdan, komentorici koja je svojim trudom, prijedlozima i stručnim savjetima pomogla pri nastajanju ovog rada.

Hvala prijateljima i obitelji, svima vama koji ste bili uz mene na ovom putu.

I za kraj, ono najvažnije, veliko i najveće hvala ide mojim roditeljima. Mojoj mami i mom tati. Hvala vam jer nikad niste prestali vjerovati u mene. Hvala vam što ste uvijek bili tu. Hvala vam što ste bili moja snaga, moja podrška i moje sve. Volim vas. Ovo je naš uspjeh!

Jovan Dukić

1. UVOD

1.1. TAKSONOMSKA KLASIFIKACIJA HRASTA LUŽNJAKA

Hrast (*Quercus*) predstavlja rod drvenastih biljaka, većinom drveća, rjeđe i grmlja, a pripada porodici bukava (*Fagaceae*).

Rod *Quercus* dijeli se u dva podroda: *Euquercus* i *Cyclobalanopsis*. Podrod *Euquercus*, danas poznat i kao podrod *Quercus*, čine četiri sekcije: *Rubrae*, *Protobalansus*, *Cerris*, *Quercus*. *Quercus Robur*, odnosno hrast lužnjak, pripada sekciji *Quercus*, poznatoj i kao sekcija bijelih hrastova (Technical guidelines for genetic conservation and use for pedunculate and sessile oaks (*Quercus robur/Quercus petraea*) 2004 – EUFORGEN).

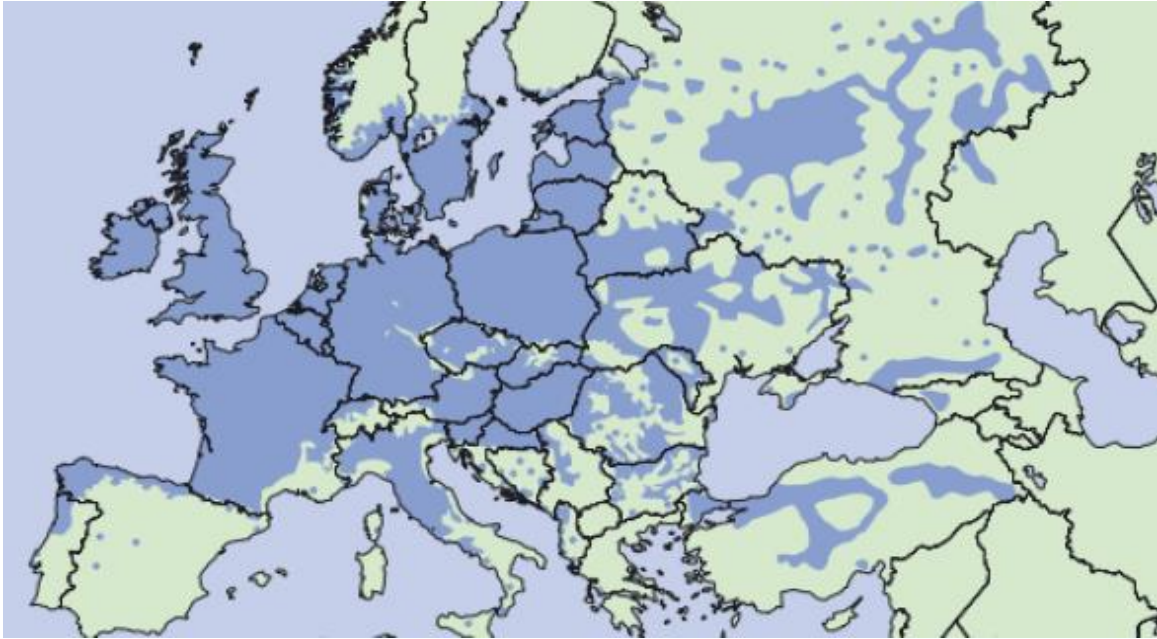
Tablica 1. Taksonomska klasifikacija hrasta lužnjaka

| | |
|-------------------|----------------------|
| Carstvo: | Plantae |
| Odjeljak : | Magnoliophyta |
| Razred: | Magnoliopsida |
| Red: | Fagales |
| Porodica: | Fagaceae |
| Rod: | <i>Quercus</i> |
| Vrsta: | <i>Quercus robur</i> |

1.2. AREAL HRASTA LUŽNJAKA

Uzimajući u obzir sve europske vrste hrastova, hrast lužnjak ima najveći areal.

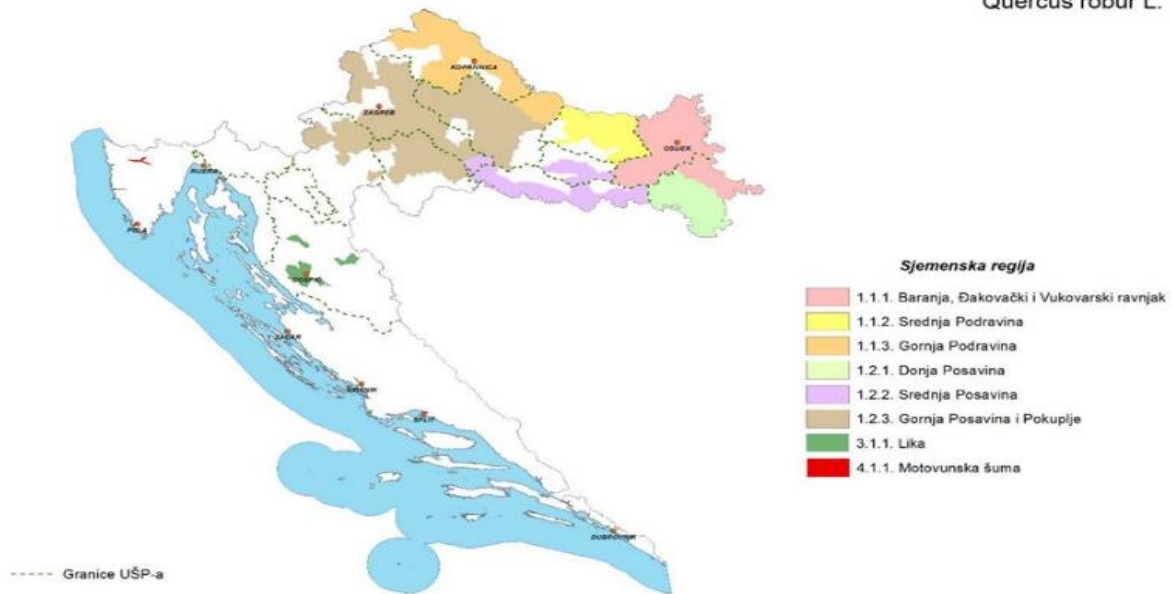
Područje prirodne rasprostranjenosti hrasta lužnjaka obuhvaća gotovo cijelu Europu; od Atlantskog oceana na zapadu pa sve do Urala, Kavkaza i Kaspijskog jezera na istoku, na sjeveru do Škotske i skandinavskih zemalja, a na jugu do sjeverne Afrike. U južnim dijelovima areala doseže u Pirenejima do 1 200 m. n. v., a u Apeninima do 1 100 m. n. v. (Jovanović i Vukičević, 1983).



Slika 1. Rasprostranjenost hrasta lužnjaka u Europi (Technical guidelines for genetic conservation and use for pedunculate and sessile oaks (*Quercus robur*/*Quercus petraea*) 2004 - EUFORGEN)

Hrast lužnjak predstavlja jednu od najvrjednijih, a ujedno i najvažnijih šumskogospodarskih vrsta Republike Hrvatske. Rasprostire se u poplavnom području velikih rijeka (Drava, Sava, Kupa) te njihovih manjih i većih pritoka. Hrast lužnjak može se, osim u navedenom području, pronaći i u poplavnim dijelovima Ličkog, Imotskog, Sinjskog i Vrličkog polja, u porječju rijeke Mirne u Istri te u Omišaljskom lugu na otoku Krku (Trinajstić 1996).

Brast lužnjak:
Quercus robur L.



Slika 2. Rasprostranjenost hrasta lužnjaka u Hrvatskoj

(<http://www.propisi.hr/print.php?id=11500>)

1.3. MORFOLOŠKE ZNAČAJKE VRSTE

Brast lužnjak raste kao stablo i pri tom ostvaruje visine od 30-40(-50) m i promjere do 2,5 m. Krošnje stabala su široke, nepravilne i dobro razgranate (Franjić i Škvorc, 2010).

Raspored listova je naizmjeničan. Listovi su jednostavni, obrnuto jajasti do duguljasto obrnuto jajasti, zaobljenog vrha, cijelog ruba, uhorkaste ili srcaste osnove; perasto režnjasti, na svakoj strani s 3 do 6 režnjeva. Listovi su odozgo tamnozeleni, goli i sjajni, a odozdo svijetlozeleni do plavkastozeleni, također goli. Lisna peteljka je gola. Nervatura lišća je perasto mrežasta (Idžojtić, 2009).

Izbojci su svijetlosmeđe boje, bridasti, mogu biti djelomično pokriveni bjelkastim slojem epiderme, goli, sjajni, posuti svijetlim lenticelama. Kratki izbojci su iskrivljeni i brojni na starijim grančicama. Pupovi su spiralno raspoređeni, jajasti, tupovrhi ili kratko ušiljeni, peterbridasti, pokriveni većim brojem ljsaka koje su raspoređene u nekoliko uzdužnih nizova, dok je vršni pup veći ili jednako velik kao postrani pupovi, gusto okružen s više postranih pupova različite veličine. Ožiljak otpalog lista je srcast ili srcasto razvučen, svijetlosmeđ, s različitim brojem (7-15) tragova provodnih snopića, smještenih u tri skupine (Idžojtić, 2005).

Hrast lužnjak je jednodomna, heliofilna vrsta drveća. Cvjetovi su jednospolni, a oprašivanje se odvija pomoću vjetera (anemofilija). Muški cvjetovi smješteni su na uskim, žutim, visećim resama. Sitni su i sjedeći. Ženski cvjetovi su također sitni, neuočljivi, a javljaju se pojedinačno ili u skupinama do pet cvjetova zajedno, u sitnim i uspravnim klasovima, na dugačkim stapkama. Hrast lužnjak cvjeta u travnju i svibnju, za vrijeme listanja, a dozrijevanje plodova događa se iste godine, u rujnu i listopadu. Stabla u sastojini cvjetaju nakon 30. ili 40. godine starosti, dok soliterna stabla cvjetaju ranije, nakon 20. godine. Puni urod slijedi nakon godine slabog uroda, ili godine u kojoj je urod potpuno izostao (Idžojić, 2013).

Drvo hrasta lužnjaka trajno je, čvrsto, tvrdo i teško (Franjić i Škvorc, 2010). "Slavonska hrastovina" svjetski je poznato i cijenjeno drvo. Upotrebljivost lužnjaka višestruka je (građevinarstvo, brodogradnja, stolarstvo, bačvarstvo i dr.), s obzirom da je riječ o tehnički prvoklasnom drvetu.



Slika 3. Ilustracija dijelova hrasta lužnjaka
(https://hr.wikipedia.org/wiki/Hrast_lu%C5%BEnjak#/media/Datoteka:Illustration_Quercus_robur0.jpg)

1.4. EKOLOŠKE ZNAČAJKE VRSTE

Umjereno kontinentalne, mješovite listopadne šume, čiji glavni element nerijetko tvori hrast lužnjak, prema Köppenovoj klasifikaciji klime, rastu u klimi C, odnosno umjereno toploj kišnoj klimi (Šegota i Filipčić, 2003). Područja sa srednjom godišnjom temperaturom zraka od 10 do 11°C i godišnjom količinom oborina od 500 do 800 mm predstavljaju optimalna područja rasta hrasta lužnjaka. Lužnjak je osjetljiv na kasni mraz, a nasuprot tomu, može izdržati visoke temperature. Obično raste u ravnicama i udolinama, na dubokom pjeskovitom ili ilovastom, svježem tlu, koje povremeno bude plavljeno. Najviše mu odgovaraju tla neutralne reakcije, dok na kiselim tlima slabije uspijeva. U doba vegetacije, osjetljiv je na vodu stajaćicu. Otporan je na vjetar i dim (Jovanović i Vukičević, 1983).

1.5. VARIJABILNOST

Hrast lužnjak je izrazito varijabilna vrsta, a to dokazuje i mnoštvo opisanih unutarvrstnih taksona. Varijabilnost ove vrste posljedica je raznolikosti okolišnih prilika unutar lužnjakova širokog areala, a u prirodi se, uz navedeno, često mogu sresti i njegovi križanci s drugim vrstama hrastova, kao posljedica hibridizacije ili introgresije (Franjić i Škvorc, 2010).

Promatrajući genetsku varijabilnost između stabala unutar neke populacije, može se zaključiti da je ona jače izražena u odnosu na varijabilnost između samih populacija (Katičić-Bogdan, 2012, Morić. 2016).

1.6. GENETIČKI TESTOVI

Utvrđivanje genetske raznolikosti populacija omogućeno je putem analize pokusnih nasada, odnosno genetičkih testova. Genetički testovi predstavljaju posebno dizajnirane nasade u kojima se potomstvo iz biranih populacija uzgaja u podjednakim ekološkim uvjetima. Takvi testovi služe analiziranju fenotipske varijabilnosti, koja je uvjetovana genskom i okolišnom komponentom. Ukoliko se utjecaj okolišne komponente svede na minimum, odnosno ako potomstvo bude testirano u približno jednakim okolišnim uvjetima, varijabilnost promatranih fenotipskih svojstava može se pripisati genetskim razlikama (Falconer i Mackay 1996, Eriksson i dr. 2006, White i dr 2007).

Prikupljeni podaci, koji su rezultat izmjera kvantitativnih fenotipskih svojstava u genetičkim testovima, najčešće se podvrgavaju obradi statističkom metodom analize varijance radi utvrđivanja vrijednosti, kao i statističke značajnosti različitih poznatih izvora varijabilnosti. Za izračunavanje kvantitativnih genetičkih parametara, kojima se određuje razina unutarpopulacijske genetske raznolikosti i razina međupopulacijske genetske diferencijacije, služe izračunate komponente varijance (Bogdan i Katičić Bogdan, 2015).

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Hrast lužnjak (*Quercus robur* L.) u Hrvatskoj tvori ekološki značajne šumske zajednice, koje su staništa brojnih ugroženih i/ili zaštićenih biljnih i životinjskih vrsta, a ujedno je i jedna od najvrjednijih europskih vrsta listopadnog drveća. Istovremeno, hrast lužnjak predstavlja ključnu klimatogenu vrstu u šumama izražene biološke raznolikosti te kao takav ima neprocjenjivu ekološku i društvenu vrijednost (Ducouso and Bordacs, 2003). Ekološki učinak lužnjakovih šuma iznimno je velik, posebice s obzirom na antierozijsku i hidrološku ulogu.

Nažalost, šumski ekosustavi hrasta lužnjaka sve su više nestabilni, odnosno ugroženi. Uz običnu jelu, hrast lužnjak predstavlja najugroženiju vrstu drveća u Hrvatskoj. Početak značajnijeg sušenja ove vrste počinje u prvoj polovici 20. stoljeća, a obilježen je izumiranjem nizinskog brijesta (zbog holandske bolesti), kao i jakim, višekratnim napadima bolesti i štetnika (gubar, zlatokraj i dr.). U novije vrijeme, sušenju ove vrste može se pripisati neprimjerenim vodotehničkim zahvatima (izgradnja nasipa i dr.), a kao razlozi ugroženosti mogu se navesti i neodgovarajuća primjena mehanizacije u šumarstvu, onečišćena poplavna voda, negativan utjecaj automobilske prometa, intenzivne poljoprivrede, kao i primjena pesticida u šumarstvu i dr. Uz navedeno, hrast lužnjak je izložen nizu negativnih utjecaja, koji su rezultat globalnih klimatskih promjena, kao što su povećanje temperature, opadanje količine oborina i preraspodjela oborina s vegetacijskog na zimske mjeseci. Očekuje se da će navedenim negativnim utjecajima ova vrsta u budućnosti biti izložena i više. Također, predviđanja govore da će se sadašnja topla i polusuha klima južne Europe postati još suša i toplija (Linder i sur., 2010).

Projekt naziva „Fenotipski i epigenetski odgovor na sušni stres i prilagodljivost populacija hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) uzduž gradijenta zemljopisne širine" proveden je sa svrhom istraživanja fenotipskog i epigenetskog odgovora hrasta lužnjaka na uvjete nedostatka vode i time uzrokovanog sušnog stresa. Projekt je financirala Hrvatska zaklada za znanost (HRZZ), a proveo ga je Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, u suradnji s Hrvatskim šumarskim institutom. Istraživanje je provedeno na potomstvu i biljnim uzorcima prikupljenim iz devet europskih populacija, koje se nalaze na gradijentu zemljopisne širine, od Estonije do Italije. Cilj projekta je usporedba prilagodljivosti, kao i epigenetskog i fenotipskog odgovora na sušni stres, južnijih populacija u odnosu na populacije iz središnjeg i sjevernog dijela područja rasprostranjenosti, s ciljem identifikacije izvorišnih populacija koje su najbolje prilagođene na manje povoljne uvjete za rast i na učestalije klimatske ekstreme (posebice dugotrajni sušni

stres). Takve populacije bi, kao izvor genetskog materijala, mogle omogućiti dugoročni opstanak i rast hrasta lužnjaka u nesigurnoj budućnosti.

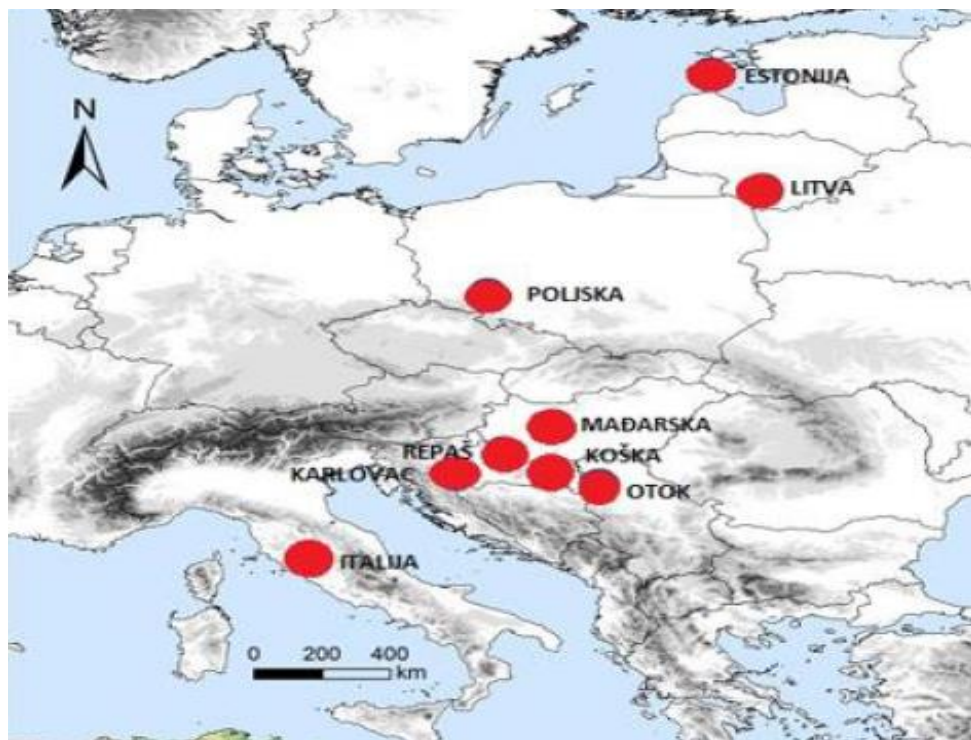
Cilj ovog projekta je utvrđivanje i međusobna usporedba odgovora fizioloških, fenoloških, morfoloških i biokemijskih svojstava biljaka iz istraživanih populacija na sušni stres i rehidraciju. Stoga je tijekom svih vegetacijskih perioda trajanja projekta provedeno periodičke mjerenje i ocjenjivanje različitih fenotipskih svojstava biljaka u pokusnom nasadu. Jedno od promatranih svojstava bilo je i oblik rasta biljaka, odnosno kvaliteta forme stabala.

Istraživanje za ovaj diplomski rad provedeno je u sklopu spomenutog projekta, na svojstvu oblika rasta biljaka. Praćen je oblik rasta biljaka na svim biljkama, u oba tretmana. Statističkim se metodama nastojalo ustanoviti postoji li obrazac varijabilnosti promatranog svojstva s obzirom na familije polusrodnika unutar istih populacija, populacije, tretman i interakcije efekata.

3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

Istraživanje u okviru ovog projekta provelo se na potomstvu i biljnim uzorcima iz devet različitih europskih populacija, uzorkovanih uzduž okolišnog gradijenta zemljopisne širine u smjeru sjever- jug. Žarište istraživanja bilo je na populacijama iz južnog i jugoistočnog dijela rasprostranjenosti vrste (od ukupno devet populacija, uključene su četiri populacije iz Hrvatske i jedna iz Italije).

Redom uzorkovane populacije: Italija, Otok, Koška, Repaš, Karlovac, Mađarska, Poljska, Litva, Estonija.



Slika 4. Uzorkovane populacije hrasta lužnjaka

Žirevi (sjeme) hrasta lužnjaka prikupljeni su tijekom jeseni 2013. godine. Prikupljanje žireva obavljeno je ispod minimalno deset slučajno odabranih zrelih stabala, a po stablu se skupilo 20-25 žireva. Nakon prikupljanja, žirevi su posijani u plastične posude, zapremine 0,5 L, ispunjene supstratom tla, a iste su uskladištene na Šumarskom fakultetu u Zagrebu. Godinu dana kasnije, u proljeće 2014., prokljale biljke presađene su pojedinačno u zasebne PVC posude (jedna biljka po posudi), koje su prethodno bile ispunjene tlom iz lokalne šume hrasta lužnjaka, koje je prije punjenja posuda bilo homogenizirano i očišćeno od kamenja, lišća, izbojaka i grančica.

Zapremine PVC posuda bile su 50 L, a iste su smještene u Hrvatskom šumarskom institutu. Za vrijeme prvog vegetacijskog perioda, posude s mladim biljkama su se držale u vanjskom prostoru, izložene prirodnim vremenskim uvjetima.

Pokusni tretmani započeli su u proljeće 2015. godine, nakon premještanja posuda u plastenik. Nacrt pokusnog nasada u plasteniku načinjen je u skladu s dizajnom randomiziranog potpunog blok sustava s dva ponavljanja, odnosno tretmana. Svaka od populacija je bila zastupljena s nekoliko familija srodnika iz slobodnog oprašivanja (familija srodnika se sastoji od biljaka koje potječu od zajedničkog majčinskog stabla), a svaka familija s četiri biljke u jednom ponavljanju. Plastenik se redovito ventilirao, kako bi se spriječilo prekomjerno zagrijavanje i stvaranje zračne vlage. Nakon prve vegetacije, ispostavilo se da biljke, pogotovo kontrolne, u uvjetima plastenika, ostvaruju veliki visinski prirast pa su zbog ograničavajućih dimenzija plastenika, u narednim godinama istraživanja, biljke preseljene na otvoreno, uz adekvatnu zaštitu od oborina, sa svrhom zadržavanja kontroliranih uvjeta planskog uskraćivanja vode i zalijevanja.

Tijekom vegetacijskog perioda, biljke u prvom ponavljanju (kontrola) konstantno su bile održavane u visokom sadržaju vlage tla (40-50% volumetrijskog sadržaja vlage tla- VSM, koja osigurava optimalnu količinu VSM-a za hrast lužnjak). Volumetrijski sadržaj vlage tla mjeren je pomoću senzora vlage tla, smještenih u šest reprezentativnih posuda (tri senzora po ponavljanju) i spojenih na automatske meteorološke stanice.

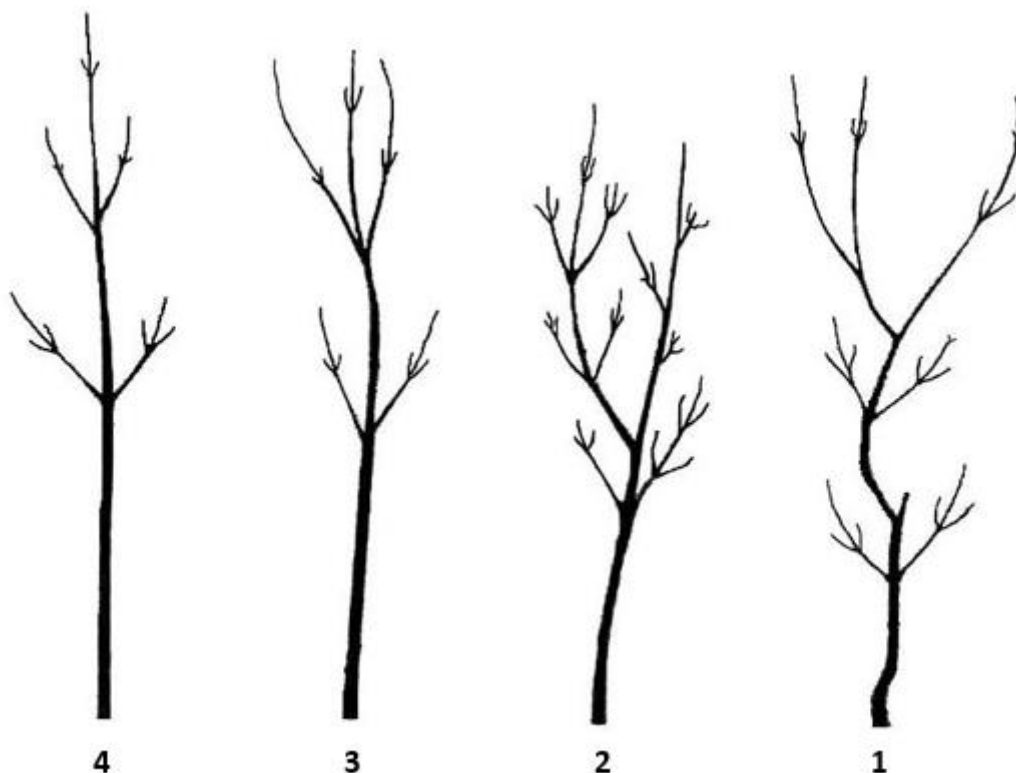
Tijekom vegetacijskog perioda, biljke u drugom ponavljanju (sušni tretman) bile su izložene suši, odnosno potpunoj odsutnosti zalijevanja, nakon prolistavanja svih biljaka (oko 15.5.). Kad su prve biljke počele pokazivati vidljive simptome sušnog stresa (uvenuće ili žućenje listova), sušni tretman je bio prekinut rehidracijom. Rehidracija ustvari znači da su se posude zalijevale dok VSM tla ne poraste na razinu od 40-50% (jednako kao u kontrolnom tretmanu). Ta razina VSM-a je održavana tri dana, nakon čega je nadalje održavana na razinama 20-25% u prvoj godini, 15-20% u drugoj godini te 10-15% u trećoj godini, odnosno sve do ponovne pojave vidljivih simptoma sušnog stresa. Ponovnom pojavom vidljivih simptoma sušnog stresa prekidano je sušni tretman i biljke su se ponovno zalijevale i održavale na razini VSM tla od 40-50% do kraja vegetacijskog perioda. Završetak sušnog tretmana je nužan jer se nastojalo potpuno izbjeći ili barem minimalizirati mortalitet biljaka tijekom prve tri godine pokusa.

Kombiniranjem sušnog tretmana s rehidracijom postiglo se eksperimentalno izlaganje biljaka višegodišnjoj suši, ali na način koji imitira potencijalno prirodne uvjete (progresivno izraženija suša uslijed nedostatka značajnih oborina tijekom nekoliko uzastopnih vegetacijskih perioda).

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|------------|----|------------|---|-----|---------------|-----|------------|-----|------------|--|-----|------------|-----|------------|-----|------------|---|-----|------------|-----|------------|--|--|--|--|
| 1 | KO F2 B1 K | 40 | PL B1 K | | 79 | MA F3 B1 K | 118 | ES F4 B1 K | 157 | OT F1 B1 K | | 197 | KO F2 B1 S | 236 | PL B1 S | 276 | MA F3 B1 S | | 316 | ES F4 B1 S | 356 | OT F1 B1 S | | | | |
| 2 | KA F4 B1 K | 41 | IT F2 B1 K | B | 80 | KO F7 B1 K | 119 | KO F4 B1 K | 158 | RE F2 B1 K | | 198 | KA F4 B1 S | 237 | IT F2 B1 S | 277 | KO F7 B1 S | B | 317 | KO F4 B1 S | 357 | RE F2 B1 S | | | | |
| 3 | LI F2 B1 K | 42 | KO F3 B1 K | L | 81 | OT F5 B1 K | 120 | KA F3 B1 K | 159 | RE F5 B1 K | | 199 | LI F2 B1 S | 238 | KO F3 B1 S | 278 | OT F5 B1 S | L | 318 | KA F3 B1 S | 358 | RE F5 B1 S | | | | |
| 4 | MA F5 B1 K | 43 | ES F2 B1 K | O | 82 | MA F2 B1 K | 121 | MA F4 B1 K | 160 | ES F7 B1 K | | 200 | MA F5 B1 S | 239 | ES F2 B1 S | 279 | MA F2 B1 S | O | 319 | MA F4 B1 S | 359 | ES F7 B1 S | | | | |
| 5 | OT F2 B1 K | 44 | IT F5 B1 K | K | 83 | RE F3 B1 K | 122 | OT F7 B1 K | 161 | OT F6 B1 K | | 201 | OT F2 B1 S | 240 | IT F5 B1 S | 280 | RE F3 B1 S | K | 320 | OT F7 B1 S | 360 | OT F6 B1 S | | | | |
| 6 | KO F6 B1 K | 45 | MA F6 B1 K | | 84 | RE F6 B1 K | 123 | KO F5 B1 K | 162 | KA F5 B1 K | | 202 | KO F6 B1 S | 241 | MA F6 B1 S | 281 | RE F6 B1 S | | 321 | KO F5 B1 S | 361 | KA F5 B1 S | | | | |
| 7 | ES F6 B1 K | 46 | OT F4 B1 K | 1 | 85 | KA F7 B1 K | 124 | KA F1 B1 K | 163 | LI F1 B1 K | | 203 | ES F6 B1 S | 242 | OT F4 B1 S | 282 | KA F2 B1 S | 1 | 322 | KA F1 B1 S | 362 | LI F1 B1 S | | | | |
| 8 | ES F5 B1 K | 47 | IT F4 B1 K | | 86 | ES F3 B1 K | 125 | IT F4 B1 K | 164 | KA F6 B1 K | | 204 | ES F5 B1 S | 243 | IT F3 B1 S | 283 | ES F3 B1 S | | 323 | IT F4 B1 S | 363 | KA F6 B1 S | | | | |
| 9 | KO F1 B1 K | 48 | LI F4 B1 K | | 87 | OT F3 B1 K | 126 | RE F4 B1 K | 165 | LI F3 B1 K | | 205 | KO F1 B1 S | 244 | LI F4 B1 S | 284 | OT F3 B1 S | | 324 | RE F4 B1 S | 364 | LI F3 B1 S | | | | |
| 10 | MA F1 B1 K | 49 | ES F1 B1 K | K | 88 | IT F1 B1 K | 127 | RE F1 B1 K | 166 | PL B2 K | | 206 | MA F1 B1 S | 245 | ES F1 B1 S | 285 | IT F1 B1 S | K | 325 | RE F1 B1 S | 365 | PL B2 S | | | | |
| 11 | MA F4 B2 K | 50 | RE F6 B2 K | | 89 | OT F3 B2 K | 128 | IT F2 B2 K | 167 | MA F2 B2 K | | 207 | MA F4 B2 S | 246 | RE F6 B2 S | 286 | OT F3 B2 S | | 326 | IT F2 B2 S | 366 | MA F2 B2 S | | | | |
| 12 | KA F4 B2 K | 51 | IT F4 B2 K | B | 90 | IT F3 B2 K | 129 | KA F1 B2 K | 168 | MA F6 B2 K | | 208 | KA F4 B2 S | 247 | IT F4 B2 S | 287 | IT F3 B2 S | B | 327 | KA F1 B2 S | 367 | MA F6 B2 S | | | | |
| 13 | IT F5 B2 K | 52 | KO F3 B2 K | L | 91 | LI F2 B2 K | 130 | OT F5 B2 K | 169 | KO F4 B2 K | | 209 | IT F5 B2 S | 248 | KO F3 B2 S | 288 | LI F2 B2 S | L | 328 | OT F5 B2 S | 368 | KO F4 B2 S | | | | |
| 14 | KA F3 B2 K | 53 | KO F1 B2 K | O | 92 | ES F4 B2 K | 131 | LI F1 B2 K | 170 | ES F7 B2 K | | 210 | KA F3 B2 S | 249 | KO F1 B2 S | 289 | ES F4 B2 S | O | 329 | LI F1 B2 S | 369 | ES F7 B2 S | | | | |
| 15 | PL B3 K | 54 | OT F4 B2 K | K | 93 | KO F6 B2 K | 132 | PL B4 K | 171 | ES F1 B2 K | | 211 | PL B3 S | 250 | OT F4 B2 S | 290 | KO F6 B2 S | K | 330 | PL B4 S | 370 | ES F1 B2 S | | | | |
| 16 | ES F6 B2 K | 55 | OT F2 B2 K | | 94 | MA F5 B2 K | 133 | RE F4 B2 K | 172 | MA F1 B2 K | | 212 | ES F6 B2 S | 251 | OT F2 B2 S | 291 | MA F5 B2 S | | 331 | RE F4 B2 S | 371 | MA F1 B2 S | | | | |
| 17 | LI F4 B2 K | 56 | KO F5 B2 K | 2 | 95 | RE F2 B2 K | 134 | RE F5 B2 K | 173 | OT F1 B2 K | | 213 | LI F4 B2 S | 252 | KO F5 B2 S | 292 | RE F2 B2 S | 2 | 332 | RE F5 B2 S | 372 | OT F1 B2 S | | | | |
| 18 | MA F3 B2 K | 57 | KO F7 B2 K | | 96 | ES F5 B2 K | 135 | KA F2 B2 K | 174 | RE F3 B2 K | | 214 | MA F3 B2 S | 253 | KO F7 B2 S | 293 | ES F5 B2 S | | 333 | KA F2 B2 S | 373 | RE F3 B2 S | | | | |
| 19 | KA F6 B2 K | 58 | ES F3 B2 K | K | 97 | RE F1 B2 K | 136 | KA F5 B2 K | 175 | KO F2 B2 K | | 215 | KA F6 B2 S | 254 | ES F3 B2 S | 294 | RE F1 B2 S | K | 334 | KA F5 B2 S | 374 | KO F2 B2 S | | | | |
| 20 | ES F2 B2 K | 59 | OT F6 B2 K | | 98 | OT F7 B2 K | 137 | IT F1 B2 K | 176 | LI F3 B2 K | | 216 | ES F2 B2 S | 255 | OT F6 B2 S | 295 | OT F7 B2 S | | 335 | IT F1 B2 S | 375 | LI F3 B2 S | | | | |
| 21 | OT F5 B3 K | 60 | KA F1 B3 K | | 99 | LI F3 B4 K | 138 | KA F4 B3 K | 177 | OT F7 B4 K | | 217 | OT F5 B3 S | 256 | KA F1 B3 S | 296 | LI F3 B4 S | | 336 | KA F4 B3 S | 376 | OT F7 B4 S | | | | |
| 22 | ES F3 B3 K | 61 | IT F3 B3 K | | 100 | KA F5 B3 K | 139 | OT F3 B4 K | 178 | KA F6 B3 K | | 218 | ES F3 B3 S | 257 | IT F3 B3 S | 297 | KA F5 B3 S | | 337 | OT F3 B4 S | 377 | KA F6 B3 S | | | | |
| 23 | KO F4 B3 K | 62 | OT F1 B3 K | | 101 | ES F7 B4 K | 140 | RE F2 B4 K | 179 | MA F5 B4 K | | 219 | KO F4 B3 S | 258 | OT F1 B3 S | 298 | ES F7 B4 S | | 338 | RE F2 B4 S | 378 | MA F5 B4 S | | | | |
| 24 | ES F4 B3 K | 63 | MA F6 B3 K | | 102 | KO F3 B4 K | 141 | ES F1 B3 K | 180 | MA F1 B4 K | | 220 | ES F4 B3 S | 259 | MA F6 B3 S | 299 | KO F3 B4 S | | 339 | ES F1 B3 S | 379 | MA F1 B4 S | | | | |
| 25 | RE F5 B3 K | 64 | LI F2 B3 K | | 103 | OT F2 B4 K | 142 | OT F6 B4 K | 181 | KA F2 B4 K | | 221 | RE F5 B3 S | 260 | LI F2 B3 S | 300 | OT F2 B4 S | | 340 | OT F6 B4 S | 380 | KA F2 B4 S | | | | |
| 26 | ES F6 B3 K | 65 | MA F2 B4 K | | 104 | RE F4 B3 K | 143 | ES F5 B4 K | 182 | IT F5 B4 K | | 222 | ES F6 B3 S | 261 | MA F2 B4 S | 301 | RE F4 B3 S | | 341 | ES F5 B4 S | 381 | IT F5 B4 S | | | | |
| 27 | IT F2 B3 K | 66 | KO F7 B3 K | B | 105 | IT F1 B3 K | 144 | MA F4 B3 K | 183 | KO F5 B4 K | | 223 | IT F2 B3 S | 262 | KO F7 B3 S | 302 | IT F1 B3 S | B | 342 | MA F4 B3 S | 382 | KO F5 B4 S | | | | |
| 28 | RE F6 B3 K | 67 | KO F6 B3 K | L | 106 | LI F4 B3 K | 145 | OT F4 B4 K | 184 | KO F2 B4 K | | 224 | RE F6 B3 S | 263 | KO F6 B3 S | 303 | LI F4 B3 S | L | 343 | OT F4 B4 S | 383 | KO F2 B4 S | | | | |
| 29 | ES F2 B3 K | 68 | KO F1 B3 K | O | 107 | KA F3 B3 K | 146 | MA F3 B3 K | 185 | LI F1 B3 K | | 225 | ES F2 B3 S | 264 | KO F1 B3 S | 304 | KA F3 B3 S | O | 344 | MA F3 B3 S | 384 | LI F1 B3 S | | | | |
| 30 | RE F3 B3 K | 69 | PL B7 K | K | 108 | RE F1 B4 K | 147 | IT F4 B3 K | 186 | KA F5 B4 K | | 226 | RE F3 B3 S | 265 | PL B7 S | 305 | RE F1 B4 S | K | 345 | IT F4 B3 S | 385 | KA F5 B4 S | | | | |
| 31 | KO F5 B3 K | 70 | RE F1 B3 K | | 109 | MA F1 B3 K | 148 | LI F4 B4 K | 187 | KA F1 B4 K | | 227 | KO F5 B3 S | 266 | RE F1 B3 S | 306 | MA F1 B3 S | | 346 | LI F4 B4 S | 386 | KA F1 B4 S | | | | |
| 32 | MA F5 B3 K | 71 | KO F7 B4 K | 3 | 110 | OT F3 B3 K | 149 | PL B9 K | 188 | KA F6 B4 K | | 228 | MA F5 B3 S | 267 | KO F7 B4 S | 307 | OT F3 B3 S | 3 | 347 | PL B9 S | 387 | KA F6 B4 S | | | | |
| 33 | OT F2 B3 K | 72 | KO F3 B3 K | | 111 | OT F7 B3 K | 150 | KA F4 B4 K | 189 | RE F4 B4 K | | 229 | OT F2 B3 S | 268 | KO F3 B3 S | 308 | OT F7 B3 S | | 348 | KA F4 B4 S | 388 | RE F4 B4 S | | | | |
| 34 | OT F4 B3 K | 73 | ES F7 B3 K | K | 112 | MA F6 B4 K | 151 | KO F6 B4 K | 190 | RE F6 B4 K | | 230 | OT F4 B3 S | 269 | ES F7 B3 S | 309 | MA F6 B4 S | K | 349 | KO F6 B4 S | 389 | RE F6 B4 S | | | | |
| 35 | MA F2 B3 K | 74 | RE F5 B4 K | | 113 | RE F2 B3 K | 152 | RE F3 B4 K | 191 | IT F4 B4 K | | 231 | MA F2 B3 S | 270 | RE F5 B4 S | 310 | RE F2 B3 S | | 350 | RE F3 B4 S | 390 | IT F4 B4 S | | | | |
| 36 | PL B5 K | 75 | IT F5 B3 K | | 114 | KO F1 B4 K | 153 | KA F2 B3 K | 192 | ES F4 B4 K | | 232 | PL B5 S | 271 | IT F5 B3 S | 311 | KO F1 B4 S | | 351 | KA F2 B3 S | 391 | ES F4 B4 S | | | | |
| 37 | ES F5 B3 K | 76 | KO F4 B4 K | | 115 | PL B8 K | 154 | LI F2 B4 K | 193 | MA F4 B4 K | | 233 | ES F5 B3 S | 272 | KO F4 B4 S | 312 | PL B8 S | | 352 | LI F2 B4 S | 392 | MA F4 B4 S | | | | |
| 38 | PL B6 K | 77 | ES F3 B4 K | | 116 | OT F6 B3 K | 155 | KA F3 B4 K | 194 | IT F1 B4 K | | 234 | PL B6 S | 273 | ES F3 B4 S | 313 | OT F6 B3 S | | 353 | KA F3 B4 S | 393 | IT F1 B4 S | | | | |
| 39 | KO F2 B3 K | 78 | LI F3 B3 K | | 117 | ES F6 B4 K | 156 | OT F5 B4 K | 195 | OT F1 B4 K | | 235 | KO F2 B3 S | 274 | LI F3 B3 S | 314 | ES F6 B4 S | | 354 | OT F5 B4 S | 394 | OT F1 B4 S | | | | |
| | | | | | | | | | 196 | IT F3 B4 K | | | | 275 | IT F2 B4 S | 315 | MA F3 B4 S | | 355 | ES F1 B4 S | 395 | IT F3 B4 S | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | KONTROLA | | | | | SUŠNI TRETMAN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Slika 5. Shema nacrtu pokusnog nasada hrasta lužnjaka postavljenog u Hrvatskom šumarskom institutu

Ocjenjivanje kvalitete forme stabala provedeno je 2015. i 2017. godine, na svim mjernim biljkama u nasadu, po principu prikazanom u tablici 2.



Slika 6. Kategorije kvalitete forme stabla

Tablica 2. Ocjene i opis pojedinih kategorija kvalitete forme stabla

| Ocjena | Opis |
|--------|---|
| 4 | Vrlo dobra. Pravno deblo, potpuna apikalna dominacija (izražen jedan vodeći vrh), bez jačih kodominantnih i kompetitivnih izbojaka u vrhu. |
| 3 | Dobra. Nema potpunu vršnu dominaciju tj. postoje kodominantni vrhovi, ili deblo lagano zakrivljeno, nema više od jedne izraženo debele grane. |
| 2 | Slabija. loša apikalna dominacija ili lošija pravnost debla. Jedna rašlja, pršljen ili debele kodominantne grane. |
| 1 | Loša. Slaba apikalna dominacija, deblo izrazito loše pravnosti. Višestruka rašljivost. |

3.1. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA

3.1.1. DESKRIPTIVNA ANALIZA

Deskriptivna statistička analiza provedena je pomoću MEANS procedure u SAS statističkom paketu SAS 9.3 (SAS/STAT® software, SAS INSTITUTE). Ova analiza uključuje utvrđivanje aritmetičkih sredina analiziranog svojstva po populacijama za svaki tretman zasebno, određivanje minimalne i maksimalne vrijednosti, kao i pripadajućih varijanci i standardnih devijacija.

3.1.2. ANALIZA VARIJANCE (ANOVA)

Analiza varijance (ANOVA) predstavlja postupak kojim je moguće procijeniti i/ili raščlaniti varijabilnosti uvjetovane različitim čimbenicima, odnosno izvorima. Njome se provjeravaju promjene aritmetičkih sredina uzoraka.

Analiza varijance provedena je prema sljedećem linearnom modelu:

$$y_{ijkl} = \mu + T_i + P_k + F(P)_{jk} + TP_{ik} + \epsilon_{ijkl}$$

gdje su:

y_{ijkl} – individualna vrijednost svojstva

μ - ukupna sredina svih izmjera za promatrano svojstvo

T_i – fiksni efekt tretmana i

P_k – fiksni efekt populacije k

$F(P)_{jk}$ - slučajni efekt familije j unutar populacije k

TP_{ik} – fiksni efekt interakcije populacija s blokovima

ϵ_{ijk} - ostatak ili eksperimentalna greška

Analiza varijance provedena je PROC MIXED procedurom u SAS-u. Izračunate su komponente varijance i statistička značajnost izvora varijabilnosti, odnosno efekta.

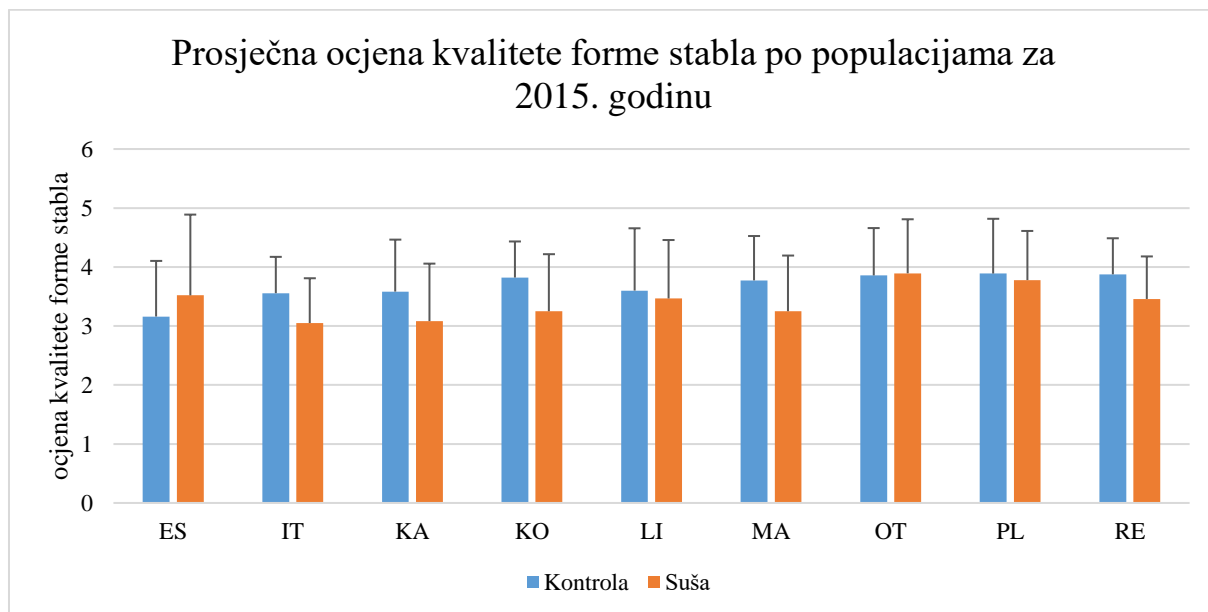
Analizirani izvori varijabilnosti su: tretman, populacija, interakcija tretman*populacija te interakcija familija unutar populacije.

3.2. TUKEY-KRAMER TEST

ANOVA test ukazuje na moguće postojanje značajnosti razlike između prosjeka uzorka u odnosu na prosjek populacija. Korištenjem Tukey-Kramerovog testa, naspram ANOVA testa, može se utvrditi točno gdje se eventualne razlike nalaze. Tukey-Kramer test temeljen je na studentovoj, t-distribuciji i u ovom istraživanju korišten je za usporedbu svih populacija međusobno, s ciljem utvrđivanja gdje se razlike nalaze.

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

4.1. DESKRIPTIVNA ANALIZA



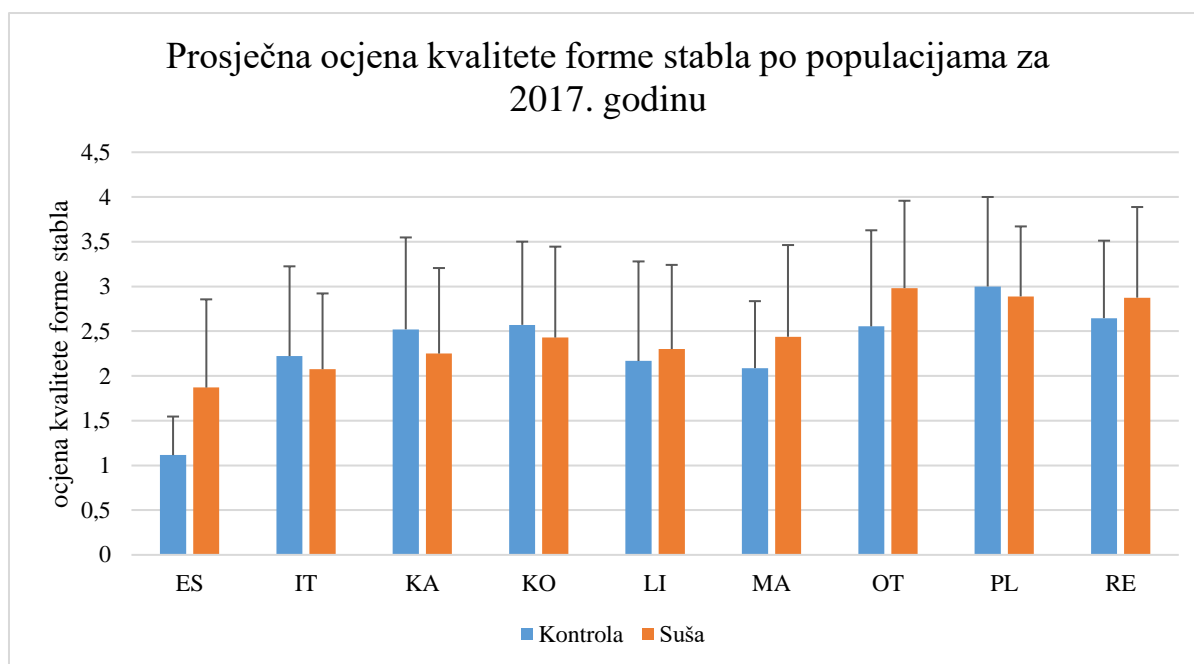
Graf 1. Prosječna ocjena kvalitete forme stabla za 2015. godinu za kontrolni i sušni tretman s prikazom aritmetičke sredine i standardne devijacije

Ocjenjivanje kvalitete forme stabala provodilo se brojčanim ocjenama; 1 (loša kvaliteta forme stabla), 2 (slabija kvaliteta forme stabla), 3 (dobra kvaliteta forme stabla) i 4 (vrlo dobra kvaliteta forme stabla).

Prosječna ocjena kvalitete forme stabla u 2015. godini, u kontrolnom tretmanu, kretala se od 3,160 (populacija Estonije) pa do prosječne vrijednosti 3,889 (populacija Poljske), dok je minimalna prosječna ocjena za sušni tretman iznosila 3,050 (populacija Italije), a maksimalna ocjena za isti tretman 3,893 (populacija Otoka).

Najmanju standardnu devijaciju kontrolnog tretmana 2015. godine imale su populacije Koške i Repaša (0,612), dok je najveću standardnu devijaciju bilježila populacija Litve (1,056).

Najmanje odstupanje od prosjeka u sušnom tretmanu imala je populacija Repaša (0,721), dok je najveće odstupanje, odnosno najveću vrijednost standardne devijacije, imala populacija Estonije (1,369).



Graf 2. Prosječna ocjena kvalitete forme stabla za 2017. godinu za kontrolni i sušni tretman s prikazom aritmetičke sredine i standardne devijacije

Prosječna ocjena kvalitete forme stabla u 2017. godini, u kontrolnom tretmanu, kretala se od 1,115 (populacija Estonije) do 3,000 (populacija Poljske). U sušnom tretmanu, iste godine, minimalna prosječna ocjena kvalitete forme stabala iznosila je 1,870 (populacija Estonije), dok je maksimalna prosječna vrijednost ocjene iznosila 2,982 (populacija Otoka).

Najmanju standardnu devijaciju kontrolnog tretmana imala je populacija Estonija, a njena vrijednost iznosila je 0,431, dok je najveće odstupanje od prosjeka zabilježeno u populaciji Litve, od 1,113.

U sušnom tretmanu, najmanja standardna devijacija utvrđena je u populaciji Poljske (0,782), dok je najveće očitovanje standardne devijacije bilježila populacija Mađarske (1,025).

Iz grafa s prosječnim ocjenama kvalitete stabla u 2015. godini, za oba tretmana (kontrolni i tretman stresa), sve su populacije imale ocjenu 3 (dobra kvaliteta forme stabla). Ostale ocjene nisu zabilježene.

Analizirajući rezultate iz grafa, koji prikazuje prosječne ocjene kvalitete forme stabla, može se uočiti da su prosječne vrijednosti ocjena za oba tretmana (kontrola /suša) pale u odnosu na iste ispitivane vrijednosti dvije godine ranije. Tako u kontrolnom tretmanu sedam, od devet, populacija bilježi prosječnu ocjenu 2 (slabija kvaliteta forme stabla), dok izuzetak predstavljaju populacija Estonije, s ocjenom 1 (loša), kao i populacija Poljske, s prosječnom ocjenom 3

(dobra kvaliteta forme stabla). U sušnom tretmanu, odnosno tretmanu stresa, osam od devet ispitivanih populacija bilježi prosječnu ocjenu kvalitete forme 2 (slabija), dok izuzetak predstavlja populacija Estonije, s ocjenom 1 (loša kvaliteta forme stabla).

Uspoređujući prosječne ocjene kvalitete forme stabla za 2015. i 2017. godinu, može se uočiti da su prosječne ocjene za 2017. godinu, u kontrolnom, ali i u tretmanu suše, niže u odnosu na iste ocjene 2015. godine.

4.2. ANALIZA VARIJANCE (ANOVA)

Analiza varijance obuhvatila je sljedeće izvore varijabilnosti: tretman, populacija, tretman*populacija te familija unutar populacije.

Kao statistički značajni izvori, 2015. godine, pokazali su se efekt populacije (0,0216) te efekt tretmana (0,0072), dok se dvije godine kasnije, 2017. godine, visoko statistički značajnim pokazao efekt populacije ($p < 0,0001$).

Tablica 3. Rezultati analize varijance za 2015. godinu

| Type 3 Analysis of Variance | | | | |
|-----------------------------|---|----------|---------|--------|
| Source | Error Term | Error DF | F Value | Pr > F |
| tretman | MS(Residual) | 334 | 7.31 | 0.0072 |
| populacija | 1.1501 MS(familija(populacija)) - 0.1501 MS(Residual) | 33.524 | 1.63 | 0.1542 |
| tretman*populacija | MS(Residual) | 334 | 1.76 | 0.0832 |
| familija(populacija) | MS(Residual) | 334 | 1.55 | 0.0216 |
| Residual | . | . | . | . |

Tablica 4. Rezultati analize varijance za 2017. godinu

| Type 3 Analysis of Variance | | | | |
|------------------------------------|---|-----------------|----------------|------------------|
| Source | Error Term | Error DF | F Value | Pr > F |
| tretman | MS(Residual) | 336 | 2.07 | 0.1510 |
| populacija | 1.1486 MS(familija(populacija)) - 0.1486 MS(Residual) | 31.805 | 7.78 | <.0001 |
| tretman*populacija | MS(Residual) | 336 | 1.55 | 0.1404 |
| familija(populacija) | MS(Residual) | 336 | 1.20 | 0.1966 |
| Residual | . | . | . | . |

4.3. TUKEY-KRAMER TEST

Uzimajući u obzir rezultate analize varijance za 2017. godinu, koji ukazuju na to da je izvor populacija statistički visoko značajan ($p < 0,0001$), a imajući na umu da se istim testom ne može utvrditi gdje razlike leže, poseglo se za provedbom Tukey-Kramer testa. Tukey-Kramer testom sve su se populacije međusobno uspoređivale, kako bi se otkrile dobivene razlike.

Tukey-Kramerovim testom može se zaključiti da statistička značajnost proizlazi iz razlike populacije Estonije u odnosu na druge populacije. Međutim, Estonija se ne razlikuje od svih populacija. Izuzetak predstavljaju populacije Italije i Litve.

U 2015. godini Tukey-Kramer testom se nije pokazala statistički značajna razlika između nijednog para populacija.

Tablica 5. Podjela populacija po grupama za 2017. godinu s obzirom na proveden Tukey-Kramer test

| POPULACIJA | GRUPA |
|-------------------|--------------|
| Estonija | B |
| Italija | A B |
| Karlovac | A |
| Koška | A |
| Litva | A B |
| Mađarska | A |
| Otok | A |
| Poljska | A |
| Repaš | A |

5. RASPRAVA

U promatranju kvalitete forme stabala pratilo se nekoliko svojstava koja se odnose na pravnost deblca i granatost. U dosadašnjim istraživanjima na hrastovima, ta su svojstva najčešće pokazala umjerenu nasljednost (Sawill i Kanowski, 1993.). Kvaliteta forme je, uz genske uzroke, uvjetovana i efektima okoliša, a ispoljavanje različitih svojstava razlikuje se i po dobi biljke. U ovom istraživanju izmjere su izvršene na mladim stabalcima hrasta lužnjaka u dva navrata, 2015. i 2017. godine. U te dvije izmjere, analiza varijance je pokazala različite efekte izvora varijabilnosti, a u radu su interpretirani rezultati u skladu sa prethodnim saznanjima i uvjetima u kojima su biljke boravile za vrijeme izmjera.

Žirevi su posijani u kontejnere 2013. godine pa su biljke 2015. bile starosti dvije godine i nalazile su se u kontroliranim uvjetima plastenika. Kao što je ranije opisano, biljke su bile raspoređene u dva tretmana; s kontroliranim vodnim režimom. U plasteniku, biljke su ostvarivale značajan visinski prirast, koji je osobito bio vidljiv u kontrolnom tretmanu pod regularnim vodnim režimom s redovitim zalijevanjem. Stanje u 2015. godini prikazuje *slika 7.*, gdje je vidljiva razlika u visinskom prirastu između kontrolnog i sušnog tretmana. U ovom istraživanju također je analiza varijance pokazala statistički visoko značajnu razliku između tretmana. S obzirom na intenzivan prirast kontrolnog tretmana, forme njihovih stabalaca su bile pojačano izdužene u odnosu na sušni tretman, tj. s obzirom na njihov prirast jače su se počele ispoljavati forme izduženog stabalca i time su i ocjene biljaka u kontrolnom tretmanu bile više. Može se pretpostaviti da je upravo taj pojačani prirast kontrolnog tretmana, u odnosu na sušni, bio razlog zašto je u izmjeri 2015. godine efekt tretmana bio statistički visoko značajan. U toj izmjeri također se statistički značajnim pokazao efekt familija unutar populacija. Dakle, potomci istog majčinskog stabla međusobno su bili sličniji nego bilo koji nasumični par jedinki, što bi moglo u ovoj fazi ukazivati na nasljedni karakter ovog svojstva.



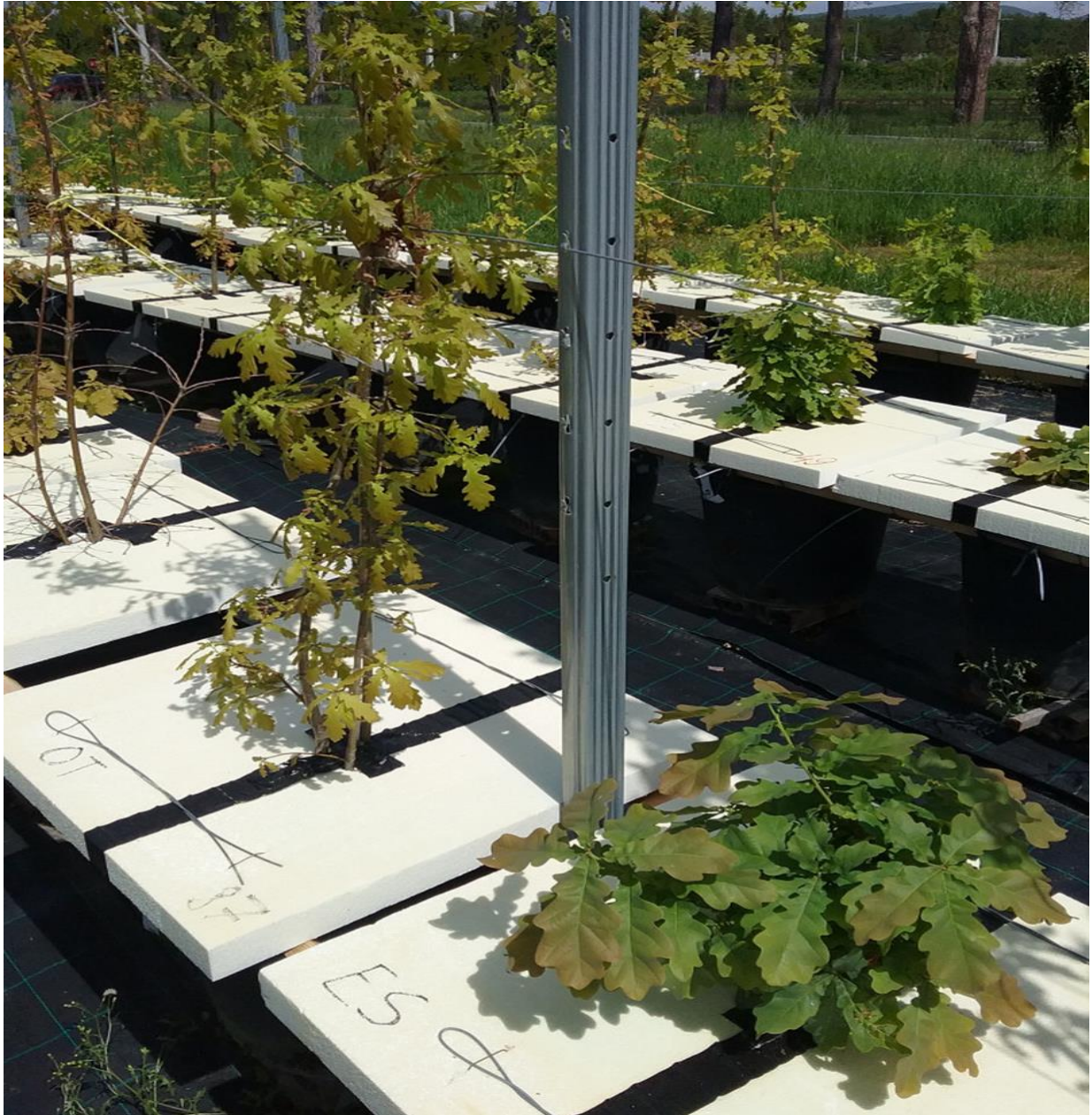
Slika 7. Biljke hrasta lužnjaka u pokusnom nasadu; lijevo- kontrolni tretman, desno- sušni tretman

Nakon vegetacije 2015. godine, biljke su trajno preseljene na vanjski teren zbog visinskog ograničenja u plasteniku, a kontrola nad vodnim režimom osigurana je pomoću posebno postavljenih barijera od stiropora na kantama, što je vidljivo na *slici 8*.



Slika 8. Pokusni nasad na vanjskom polju, prije vegetacije; lijevo- sušni tretman, desno- kontrolni tretman

Nakon dvije godine, odnosno 2017. godine, ponovno su napravljene izmjere kvalitete forme stabalaca. U ovom slučaju, analiza varijance dala je drugačije rezultate. S obzirom da su sve biljke u tom periodu ostvarile veći visinski prirast, svojstva kvalitete forme stabala su se izjednačila između tretmana. To znači da efekt tretmana više nije imao značajan utjecaj na oblik tj. kvalitetu forme stabala. Izgubio se i utjecaj familija, ali se značajnim pokazao efekt populacija. Tukey-Kramerov test je pokazao da je statistička značajnost efekta populacija uzrokovana razlikama između populacije Estonije i drugih populacija (s iznimkom Italije i Litve). Razlika je vidljiva na *slici 9*.



Slika 9. Razlika između forme dvije jedinke iste starosti unutar istog tretmana; desno- Estonija, lijevo- Otok (Hrvatska)

Opet, uzevši u obzir umjerenu nasljednost kvalitete forme stabala, posebno u vidu pravnosti stabla, može se smatrati da je mogući uzrok ovakve situacije kvaliteta forme stabala u izvornim populacijama iz kojih su biljke potekle. Naime, sve populacije koje se nisu značajno međusobno razlikovale gospodarske su sastojine u kojima se regularno gospodari, sa višegodišnjom selekcijom na kvalitetu forme stabala, kako bi se dobili kvalitetniji drveni sortimenti, dok su upravo u Italiji i Estoniji izolirane sastojine na staništima na kojima se ne gospodari hrastom lužnjakom, nego se nalaze na zaštićenim područjima i nisu podvrgnute selekciji na formu stabala. Sama stabla s kojih je uzorkovano sjeme upravo su takvog oblika, vrlo razgranata, neravnih debala i debelih grana sa nejasnom glavnom osi. Premda na tu formu na izvornom staništu imaju utjecaja sigurno i uvjeti, pretpostavlja se da je i nasljednost takve forme imala utjecaj na to da se Estonija razlikuje od ostalih, a da je sličnija Italiji i Litvi, premda se one ne razlikuju ni od drugih populacija. Svakako, s obzirom na to da je cilj cijelog projekta bilo istraživanje utjecaja sušnog stresa na različita svojstva, izgleda da se kod ovih mladih biljaka s rastom značajnost tog efekta izgubio. Da su biljke bile još veći broj vegetacija izvrgnute stresu i ponovo vraćane u život, možda bi se efekt tretmana opet ispoljio, ali u 2017. godini se izgubio, a ispoljile su se upravo razlike u izvornim populacijama, koje vjerojatno možemo pripisati nasljeđu iz izvornih populacija.

6. ZAKLJUČAK

Provedenim istraživanjem kvalitete forme stabla, u sklopu provedenog istraživačkog projekta na pomlatku hrasta lužnjaka, u pokusnom nasadu Hrvatskog šumarskog instituta u Jastrebarskom, moguće je zaključiti sljedeće:

1. Temeljem ocjenjivanja kvalitete forme stabala, može se uočiti da je prosječna ocjena svih populacija, te u oba tretmana, bila 3 (dobra kvaliteta forme stabla), dok je dvije godine nakon toga, 2017., prosječna vrijednost ocjene uglavnom bila 2 (slabija kvaliteta forme stabla).
2. Prosječne aritmetičke vrijednosti kontrolnog i sušnog tretmana, unutar iste godine, nisu se značajno razlikovale.
3. Vrijednosti aritmetičkih sredina u kontrolnom i sušnom tretmanu 2015. godine veće su u odnosu na iste tretmane dvije godine nakon (2017.). Razlog tomu može biti prebacivanje iz uvjeta staklenika na otvoreno.
4. ANOVA-testom statistički značajnim izvorom 2015. godine pokazali su se izvor tretman i izvor familija (populacija), dok se istim testom 2017. godine statistički značajnim izvorom pokazao izvor populacije.
5. Provedenim Tukey-Kramer-ovim testom utvrđeno je kako se populacija Estonije razlikuje gotovo od svih ostalih populacija, dok izuzetak čine populacije Italije i Litve.
6. Učinak sušnog stresa na mlade biljke hrasta lužnjaka nije odigrao značajnu ulogu, kad je riječ o kvaliteti forme stabla. Daljnjim praćenjem u vremenu trebalo bi pratiti da li bi došlo do njegove veće značajnosti.

7. LITERATURA

1. Bogdan, S., I. Katičić Bogdan, 2015: Genetika s oplemenjivanjem drveća i grmlja. Recenzirana interna skripta. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1–224.
2. Franjić, J., 2014: projekt PerdaQuercus - prijavni obrazac
3. Idžojtić, M. (2005): Listopadno drveće i grmlje u zimskom razdoblju. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, str. 187
4. Idžojtić, M. 2009: Dendrologija list. Šumarski fakultet, Zagreb, str. 649.
5. Idžojtić, M. 2013: Dendrologija – cvijet, češer, plod, sjeme. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, str. 479
6. Jovanović, B., Vukičević, E. 1983: Hrast lužnjak. U: Šumarska enciklopedija, Jugoslavenski leksikografski zavod, Zagreb, 74.-75
7. Katičić Bogdan, I., 2012: Genetska raznolikost hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u klonskim sjemenskim plantažama u Hrvatskoj. Disertacija – Šumarski fakultet. p 165
8. Morić, M., 2016: genetska raznolikost hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u pokusnim nasadima s potomstvom iz odabranih sjemenskih sastojina. Disertacija – Šumarski fakultet. p 266
9. Šegota, T., Filipčić, A. (2003) Köppenova podjela klima i hrvatsko nazivlje. *Geoadria* 8: 17-37
10. Trinajstić, I. 1996: Taksonomska problematika hrasta lužnjaka u Hrvatskoj. U: Klepac, D. (ur.) Hrast lužnjak u Hrvatskoj, HAZU – Hrvatske šume, Vinkovci - Zagreb, 96.-101.
11. Technical guidelines for genetic conservation and use for pedunculate and sessile oaks (*Quercus robur/Quercus petraea*) 2004 – EUFORGEN)
12. <http://www.poslovna.hr/zakoni/public/zakoni.aspx?zakon=Pravilnik-o-podrucjima-provenijencija-svojtj-sumskog-drveca-od-gospodarskog-znacaja&id=456862> (12.9.2020.)
13. https://hr.wikipedia.org/wiki/Hrast_lu%C5%BEnjak (12.9.2020.)