

# Utjecaj suše na broj puči kod obične bukve i hrasta kitnjaka

---

**Kunac, Dinka**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Forestry and Wood Technology / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:078634>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-23**



*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE

ŠUMARSKI ODSJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ

ŠUMARSTVO

DINKA KUNAC

UTJECAJ SUŠE NA BROJ PUČI KOD OBIČNE BUKVE I HRASTA  
KITNJAKA

ZAVRŠNI RAD

ZAGREB, RUJAN 2022.

PODACI O ZAVRŠNOM RADU

Zavod:	Zavod za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku
Predmet:	Šumarska botanika
Mentor:	Prof. dr. sc. Željko Škvorc
Student:	Dinka Kunac
JMBAG:	0109998305014
Akadska godina:	2021./2022.
Mjesto, datum:	Zagreb, 23. 9. 2022.
Sadržaj rada	Slika: 10 Tablica: 2 Navoda literature: 22
Sažetak	<p>Puči su otvori u epidermi lista kroz koje biljka u atmosferu ispušta vodu te istovremeno iz atmosfere usvaja ugljikov dioksid. Prema tome, intenzitet transpiracije i asimilacije kod biljaka uvelike ovisi o broju puči. Međutim, u literaturi je vrlo malo podataka o broju puči kod šumskoga drveća te utjecaja suše na broj puči. U ovom radu istraživana je utjecaj suše na broj puči kod dvije mladih biljaka obične bukve i hrasta kitnjaka uzgojenih u pokusnom nasadu. Rezultati su pokazali da biljke hrasta kitnjaka i obične bukve porijeklom iz sušnijih staništa imaju manji broj puči po jedinici površine lista što predstavlja važnu funkcionalnu adaptaciju biljaka u što efikasnijem korištenju vode. Sušni tretman doveo je do smanjenja broja puči kod obične bukve ali ne i hrasta kitnjaka.</p>

Izjavljujem da je moj završni rad izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi nisam koristila drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni.

---

vlastoručni potpis

Dinka Kunac

**U Zagrebu, 23.9.2022.**

# SADRŽAJ

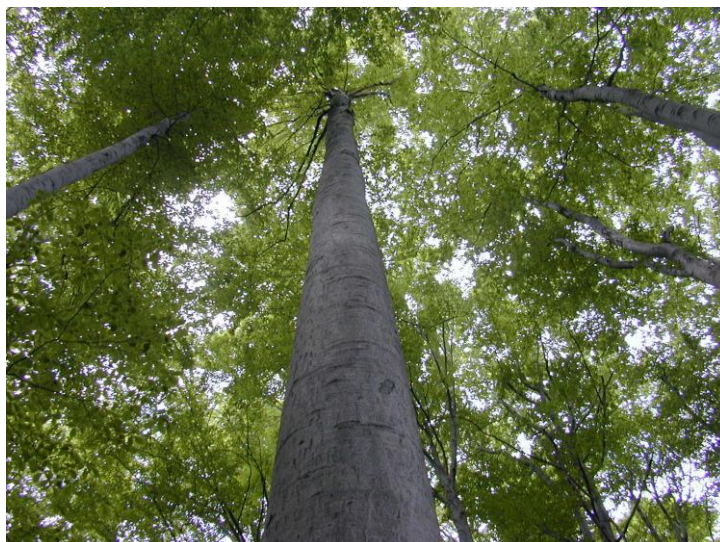
1. UVOD .....	5
1.1. Općenito o istraživanim vrstama .....	5
1.2. Anatomska građa lista .....	6
1.2.1. Građa dorziventralnog lista .....	7
1.3. Anatomske prilagodbe biljaka na sušu .....	9
1.4. Cilj rada .....	10
2. MATERIJALI I METODE .....	11
3. REZULTATI .....	13
4. RASPRAVA .....	16
5. ZAKLJUČAK .....	17
6. LITERATURA .....	18

# 1. UVOD

## 1.1. Općenito o istraživanim vrstama

Obična bukva (*Fagus sylvatica* L.) i hrast kitnjak (*Quercus petraea* /Matt./ Liebl.) su među gospodarski i ekološki najvažnijim vrstama drveća u Republici Hrvatskoj. Gospodarski su važne zbog velike količine vrijedne drvne mase koja se koristi za različite namjene, a ekološki zato što su ključne vrste za cijeli niz šumskih zajednica. Obje spadaju u porodicu bukvi (*Fagaceae* L.).

Obična bukva je najznačajnija vrsta u brdskom i gorskom vegetacijskom pojasu, a osim toga je i najrasprostranjenija vrsta drveća u Hrvatskoj. Ona pridolazi na oko polovici ukupne šumske površine gdje tvori cijeli niz čistih i mješovitih šumskih sastojina (Vukelić i Baričević 2003). Bukva je listopadna, jednodomna, anemofilna, skiofilna i mezofilna vrsta. Kod nas bukva najčešće raste u brdskom i gorskom području, u čistim ili mješovitim sastojinama. U brdskom pojasu mješovite sastojine najčešće čini s hrastom kitnjakom, a u gorskom s običnom jelom. Raste kao stablo oko 40-48 m visine i do 2 m promjera debla. Kora je glatka, pepeljastosive boje. Korjenov sustav je izrazito razvijen, srednje dubok ili plitak. Pupovi imaju svijetlosmeđe ušiljene ljuske s tamnijim i trepavičastim rubnim dijelom. Listovi su sjajnozeleni, 5-12 cm dugi i 3-8 cm široki. Plod je trobridni smeđi oraščić koji se naziva bukvice. Sazrijeva u rujnu i listopadu, a dug je oko 16 mm (Franjić i Škvorc 2010).



Slika 1. Stablo obične bukve

Hrast kitnjak najbolje uspijeva na svježim tlima, a u pogledu hranjivosti tla nema velikih zahtjeva. Raste na kiselom, podzolastom čak i na slabo razvijenom skeletnom tlu, nizinskih, a naročito brežuljkastih i brdskih terena. Najznačajniji je predstavnik drveća brežuljkastog vegetacijskog pojasa gdje graniči s brdskim pojasom u kojem često dolazi u mješovitim sastojinama s

običnom bukvom. To je listopadna, jednodomna i anemofilna vrsta. Raste kao stablo do 40 m visine i promjera debla do 3 m. Kora je bjeličastosiva i plitko ispucala, a korijenov sustav je dobro razvijen s razvijenom žilom srčanicom. Plod je žir koji je dug 1,5-4 cm, a promjer mu je 0.8-2,5 cm. Sazrijeva u 9. i 10. mjesecu. Drvo mu je tvrdo i visoke kvalitete, te se koristi za različite namjene (najčešće u građevinarstvu i stolariji), (Franjić i Škvorc 2010).



Slika 2. Stablo hrasta kitnjaka

## 1.2. Anatomska građa lista

List je biljni organ koji prvenstveno vrši asimilacijsku i transpiracijsku funkciju. To znači da se u listovima odvija fotosinteza, odnosno procesi proizvodnje ugljikohidrata iz ugljikovog dioksida i vode uz pomoć sunčeve energije, te isparavanje vode kroz puči koje se nalaze u epidermi lista.

List se razvija u atmosferi, pa se tijekom evolucije diferencirao u velikom broju najrazličitijih oblika. U anatomskom pogledu list nije tako jako diferenciran kao u morfološkom, ali je diferenciraniji i od stabljike i od korijena. Isto je tako za listove drveća značajno da se uvijek nalaze u primarnoj građi, za razliku od stabljike i korijena, koji redovito prelaze u sekundarnu građu (Franjić i dr. 2008).

Tipična podjela listova je na jednostavne i sastavljene. Jednostavni listovi (kakve imaju hrast kitnjak i obična bukva) obično se sastoji od jedne

plojke, peteljke, palistića i rukavca. Najveći dio procesa transpiracije i fotosinteze odvija se u plojkama. S obzirom na anatomsku građu postoji nekoliko tipova listova s brojnim prijelaznim oblicima, a najčešći su dorziventralni i koncentrični listovi. Hrast kitnjak i obična bukva imaju dorziventralne listove.



Slika 3. Izbojak obične bukve s listovima i plodovima

### 1.2.1. Građa dorziventralnog lista

Dorziventralni list naziva se još i bifacijalni jer se kod njega može dobro razlikovati dvije strane (gornja i donja). Izvana je prekriven gusto i pravilno raspoređenim stanicama primarnog kožnog tkiva (epiderma). Pri tome je epiderma u pravilu diferencirana na gornju i donju epidermu. Svu unutrašnjost, između gornje i donje epiderme ispunjava parenhimsko staničje, odnosno mezofil lista. U većine biljaka, posebice dvosupnica, parenhim je diferenciran na palisadni (stubasti ili asimilacijski) i spužvasti (transpiracijski) parenhim (Bačić 2003). Stubasti parenhim sadrži mnogo klorofila i ima asimilacijsku ulogu, a spužvasti ima mnoštvo intercelularnih prostora u kojima se odvija isparavanje vode koja nakon toga kroz otvor puči izlazi van iz lista.

S obzirom da svaki list ne prima istu količinu svjetlosti razlikujemo listove svijetla i listove sjene. Listovi svijetla nalaze se na osvijetljenim dijelovima krošnje (obično na rubu i vrhu krošnje). Kod njih je jače razvijen asimilacijski parenhim. Listovi sjene nalaze se u unutrašnjosti krošnje i kod njih je jače razvijen transpiracijski parenhim. Osim toga listovi svijetla i sjene



razlikuju se po brojnim drugim anatomskim, biokemijskim i fiziološkim značajkama (Škvorc i dr. 2013).

Unutar epidermalnog tkiva često su na pojedinim mjestima smještene po dvije stanice koje između sebe tvore otvor. Posredstvom toga otvora uspostavlja se veza između unutrašnjosti biljke i vanjske atmosfere, te biljka može regulirati koliko i kada će ispuštati vodene pare. Navedene dvije stanice, zajedno s otvorom nazivaju se puči ili stomata (Franjić i dr. 2008). Otvor puči je dugačak prorez eliptičnog oblika koji se nalazi između stanica zapornica. Uz stanice zapornice nalazi se par diferenciranih stanica epiderme koje se nazivaju stanice susjedice, a koje pomažu stanicama zapornicama kontrolirati otvor puči (Lazarević i Poljak 2019). Mehanizam zatvaranja i otvaranja puči temelji se na promjeni turgora u stanicama zapornicama i njihovoj anatomskoj građi. Kod povećanja turgora povećava se volumen stanice zapornice, ona se rastegne i puč se otvara (Pevalek-Kozlina 2003).

Kod većine drvenastih vrsta s dorziventralnim listovima gornja epiderma uglavnom ne nosi puči, a ako ih ima, tada ih je uvijek znatno manje nego na donjoj epidermi. Donja epiderma uvijek nosi veći ili manji broj puči.

Epiderma je često manje ili više pokrivena s dlakama (trihomima) koji sudjeluju u regulaciji transpiracije, regulaciji mikrotemperature lista i sl.

Dorziventralni listovi sadrže i žiljno staničje koje je građeno od zatvorenih kolateralnih žila, kod kojih je floem orijentiran prema dolje, a ksilem prema gore (Franjić i dr. 2008).

List obične bukve (slika 3) je jajasto eliptičan, cijelog, valovitog i dlakavog ruba, kratko ušiljenog vrha. List hrasta kitnjaka (slika 4) je perasto režnjast, režnjevi zaobljeni, klinaste osnove.



Slika 4. Izbojak hrasta kitnjaka s listovima i plodovima

### 1.3. Anatomske prilagodbe biljaka na sušu

Utjecaj suše na metabolizam biljaka zapaža se kad je opskrba vodom ograničena neko kraće ili duže vrijeme ili kad biljke gube transpiracijom više vode nego li korijen može usvojiti, što se često događa kad su temperature visoke, a zračna vlaga niska. Tada se govori o sušnom stresu. Štete od suše teško je predvidjeti jer ovise o puno različitih čimbenika, npr. od rasporeda oborina, odnosno dostupnosti vode različitim kritičnim fenofazama, od kojih su neke kritične za daljnji razvoj biljaka. Osim toga ovise i o sposobnosti zadržavanja vlage u tlu, zdravstvenom stanju biljaka, stupnju razvoja pojedinih biljnih organa, intenzitetu transpiracije, kao i gubitku vode evaporacijom iz tla i s površine biljnih organa. Štete od suše nastaju zbog toga što biljke ne mogu usvojiti dovoljno vode, a s njom i otopljenih mineralnih hraniva, a to se negativno odražava na fotosintezu kao i na raspodjelu asimilata unutar biljaka (Vukadinović 2018).

Ukupna površina puči iznosi 1 do 3 % površine lista, a kroz njih se iz biljke ispari dvije trećine od ukupno usvojenog volumena vode putem korijena. Osim stomatalne transpiracije, postoje kutikularna i lenticelna. Kutikularna transpiracija ovisi o debljini kutikule koja je proporcionalna starosti biljke i o okolišnim uvjetima. Procjenjuje se da odrasle biljke kroz kutikulu gube oko 5 % ukupno primljene vode putem korijena, dok kod mladih biljaka koje imaju tanju kutikulu ona može predstavljati i do 50 % vode izgubljene transpiracijom. Lenticelna transpiracija se odvija kroz lenticеле (otvori na odvrvenjelim dijelovima biljke) i ljeti može iznositi do 30 % ukupne transpiracije (Lazarević i Poljak 2019). Gubitak vode kroz puči je oko trideset puta veći nego što biljka izgubi iz drugih dijelova lista (kroz epidermu i kutikulu).

Nedostatak vode može se definirati kao svaka količina vode u tkivu ili stanici koja je manja od količine vode u optimalno hidratiziranom stanju. Kada se nedostatak vode odvija dovoljno polagano da izazove promjene u razvoju biljke, može se uočiti nekoliko važnih učinaka nedostatka vode na rast i razvoj biljke. Tako su osnovne strategije prilagodbe biljaka koje se javljaju u uvjetima nedostatka vode:

- Smanjenje lisne površine
- Odbacivanje lišća (apscizija)
- Pojačani rast korijena
- Pritvaranje puči
- Osmotska prilagodba
- Zadebljanje kutikule (Lazarević i Poljak 2019)

U uvjetima intenzivne pojave stresa uzrokovanog nedostatkom vode ili kada su biljke već razvile maksimalnu lisnu površinu aktiviraju se drugi mehanizmi koji sprečavaju isušivanje biljke. Jedan od najbitnijih je zatvaranje puči kojim se smanjuje transpiracija, odnosno gubitak vode. Otvaranje i zatvaranje puči regulirano je promjenom turgora u stanicama zapornicama. Takav način zatvaranja puči (zbog izravnog gubitka vode i pada turgora) naziva se hidropasivno zatvaranje puči. Drugi mehanizam zatvaranja puči

naziva se hidroaktivno zatvaranje puči, a javlja se u uvjetima kada je cijeli list i/ili korijen isušen, a pokreću ga metabolički procesi u stanicama zapornicama. Hidroaktivno zatvaranje puči javlja se zbog smanjenja koncentracije osmotski aktivnih tvari u stanicama zapornicama, koje su pod utjecajem apscizinske kiseline. Padom osmotskog potencijala u stanicama zapornicama dolazi do izlaska vode i pada turgora (Lazarević i Poljak 2019).

Izbjegavanje suše je morfološki fenomen koji se postiže ranim dozrijevanjem. Genotipovi raznih vrsta kultiviranog bilja koje odlikuje ovaj fenomen ranozrelosti završe životni ciklus prije nastupa razdoblja intenzivne suše, a postižu to pojačanom metaboličkom aktivnošću i ubrzanim rastom (McKay i dr. 2003).

#### **1.4. Cilj rada**

Cilj ovog rada je ispitati utjecaj eksperimentalne suše na broj puči po jedinici površine lista kod mladih biljaka obične bukve i hrasta kitnjaka. Ispitivanje utjecaja suše na broj puči provedeno je u pokusnom nasadu s različitim tretmanima ishrane fosforom, pa je drugi cilj ispitati utjecaj ishranjenosti fosforom na broj puči po jedinici površine lista u kombinaciji sa sušnim stresom.

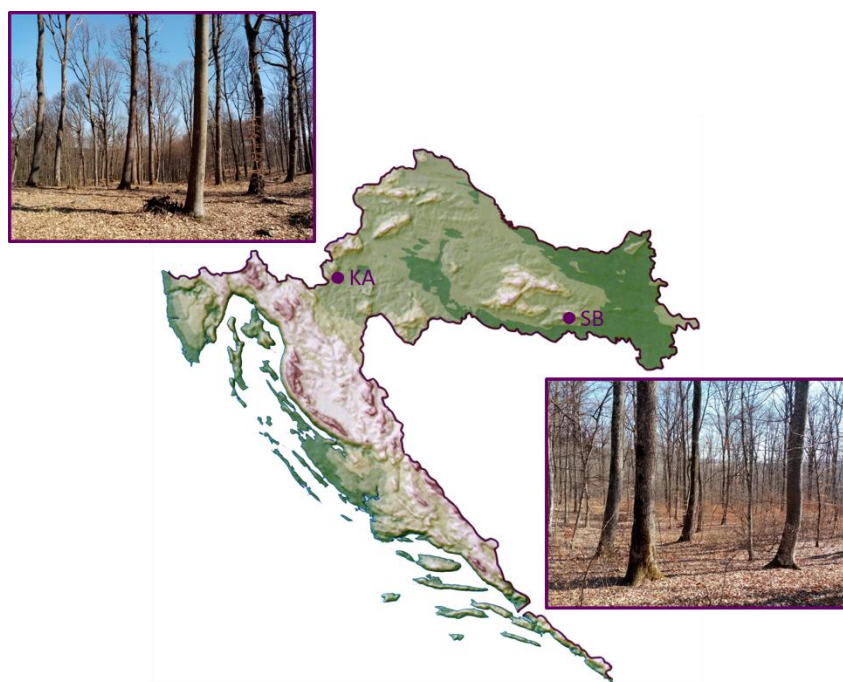
## 2. MATERIJALI I METODE

Istraživanje je provedeno na četverogodišnjim biljkama hrasta kitnjaka i obične bukve koje rastu u pokusnom nasadu u rasadniku Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije u Zagrebu.

Istraživani pomladak porijeklom je iz dviju zrelih mješovitih sastojina (provenijencija). Jedna se nalazi u blizini Karlovca, a druga na Dilju u blizini Slavanskog Broda. Istraživane sastojine pripadaju istoj biljnoj zajednici (*Epimedio-Carpinetum betuli* /Horvat 1938/ Borhidi 1963) te se odlikuju sličnim orografskim i edafskim prilikama (kemijskim sastavom i mehaničkom strukturom tla). Razlikuju se po godišnjoj količini oborina: u Slavanskom Brodu ona iznosi oko 770 mm (sušna provenijencija), a u Karlovcu oko 1 112 mm (vlažna provenijencija), (Slika 5, Sever i dr. 2022).

Pokusni nasad osnovan je u proljeće 2021. godine. Iz svake provenijencije izvađeno je po 200 biljaka: 100 hrastova kitnjaka i 100 bukvi, ukupno 400 biljaka. U pokusnom nasadu uspostavljena su dva tretmana - sušni i kontrolni.

U oba tretmana (sušnom i kontrolnom) uspostavljena su dva tretmana s obzirom na koncentraciju fosfora u supstratu. Jedan se odlikovao povišenom (0.30 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/l tla, tretman +P), a drugi niskom (0.16 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/l tla, tretman -P) koncentracijom fosfora (Slika 4).



Slika 5. Geografski položaj sastojina Karlovac i Slavonski Brod iz kojih potječe istraživani pomladak

U lipnju 2022. godine uzorkovano je po tri lista sa svake biljke obične bukve iz svakog tretmana (sušnog i kontrolnog, s višom i nižom koncentracijom fosfora). Isto tako su uzorkovani i listovi hrasta kitnjaka. To znači da je ukupno uzorkovano 72 lista s ukupno 24 biljke obične bukve, te 72 lista s ukupno 24 biljke hrasta kitnjaka (usp. tablica 1).

Sa svakog lista je odmah nakon uzorkovanja napravljen otisak donje epiderme lista pomoću prozirnog laka za nokte i prozirne ljepljive trake. Uzorkovanje je provedeno u srednjem dijelu plojke između dvije bočne žile. Otisak puči prenesen je na predmetno stakalce te su napravljeni mikroskopski preparati.

Mikroskopski preparati promatrani su na mikroskopu OLYMPUS BX41 pod povećanjem 100x. Za svaki mikroskopski preparat (144 preparata) napravljeno je pet mikroskopskih fotografija (ukupno 720 fotografija) pomoću kamere Optikam PRO 3 u programskom paketu Optika Vision Pro 3.01. Puči su brojane na površini 0,25x0,25 mm pomoću programa ImageJ 1.53k te je dobiveni broj umnožen sa 16 kako bi se dobio broj puči na površini od 1 mm<sup>2</sup>.

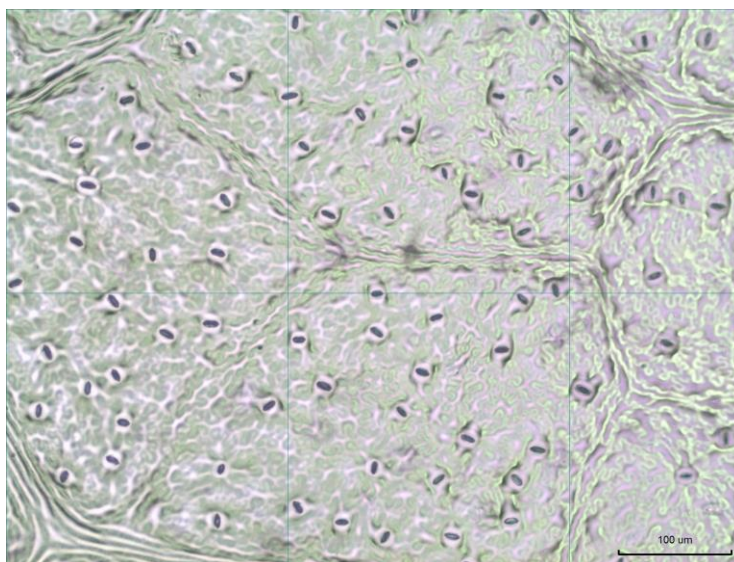
Na prikupljenim podacima provedena je deskriptivna statistička analiza. Značajnost razlika između tretmana i provenijencija testirana je analizom varijance. Pri tome su analizirani faktori: Provenijencija, Suša i Fosfor. Sve statističke analize provedene su u programskom paketu Statistica (v. 14.0.0.15, TIBCO Software Inc.).



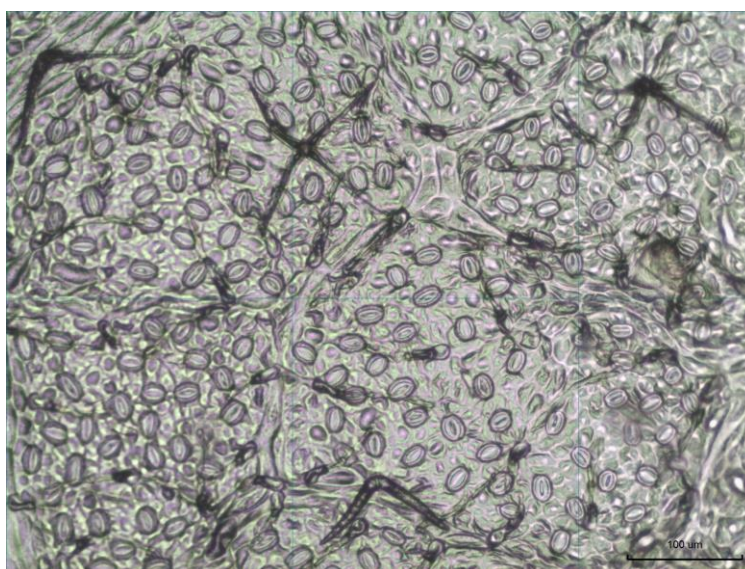
Slika 6. Pokusni nasad u rasadniku Fakulteta šumarstva i drvne industrije

### 3. REZULTATI

Prema dobivenim rezultatima istraživanja hrast kitnjak u obje provenijencije i oba tretmana ima prosječno veći broj puči od obične bukve (Tablica 1). Tako, bez obzira na tretman, obična bukva ima prosječno  $237.1 \pm 7.5$  puči po  $\text{mm}^2$  lista s minimalnom vrijednošću od 147.2 i maksimalnom vrijednošću od 489.6 puči po  $\text{mm}^2$  lista. S druge strane, bez obzira na tretman, hrast kitnjak ima prosječno  $380.5 \pm 9.7$  puči po  $\text{mm}^2$  lista s minimalnom vrijednošću od 195.2 i maksimalnom vrijednošću od 556.8 puči po  $\text{mm}^2$  lista. Usporedno gledajući, hrast kitnjak ima veći broj puči po  $\text{mm}^2$  lista u odnosu na običnu bukvu u svakoj provenijenciji i u svakom tretmanu pojedinačno (usp. Tablica 1, Slika 7-9).



Slika 7. Mikroskopska fotografija puči obične bukve



Slika 8. Mikroskopska fotografija puči hrasta kitnjaka

Tablica 1. Deskriptivna statistička analiza broja puči po mm<sup>2</sup> lista kod analiziranih biljaka obične bukve i hrasta kitnjaka

Tretman: Suša	Provenijencija	Tretman: Fosfor	Bukva			Hrast		
			Br. biljaka	Aritm. sredina	SD	Br. biljaka	Aritm. sredina	SD
Suša	Slavonski Brod	+	3	222.2	35.2	3	365.9	85.7
		-	3	176.4	27.7	3	355.6	70.8
	Karlovac	+	3	237.5	13.8	3	417.4	55.1
		-	3	222.9	75.7	3	402.1	88.6
Kontrola	Slavonski Brod	+	3	216.9	25.4	3	351.6	46.1
		-	3	220.4	35.3	3	329.2	58.7
	Karlovac	+	3	237.5	13.8	3	382.6	127.3
		-	3	266.7	64.2	3	439.8	64.6

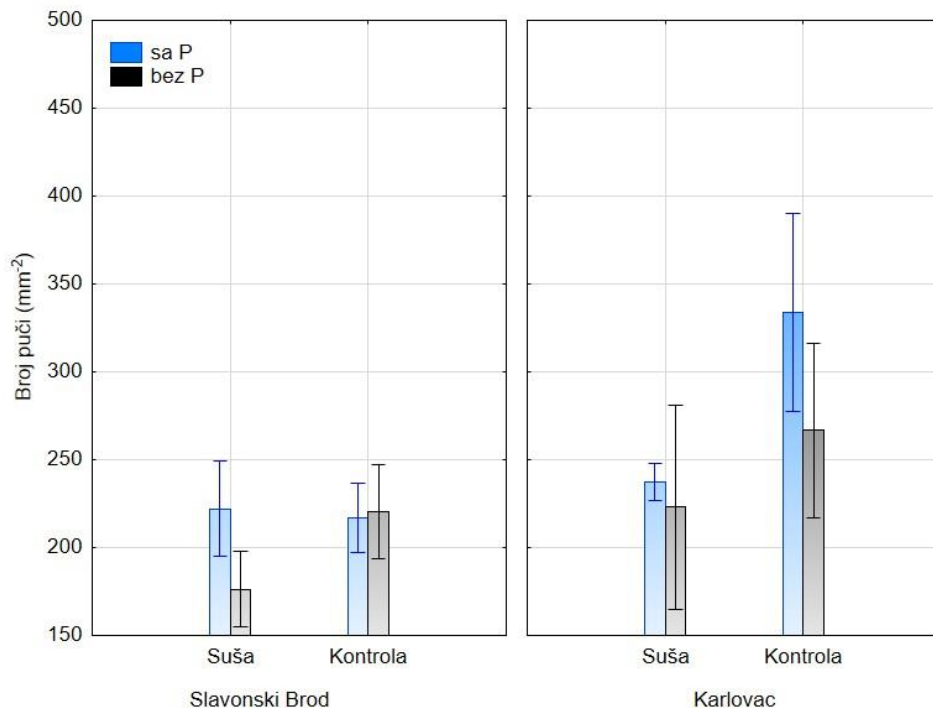
Kod obje istraživane vrste listovi u provenijenciji Slavonski Brod u prosjeku imaju statistički značajno manji broj puči po jedinici površine u odnosu na provenijenciju Karlovac (usp. Tablica 1, 2).

S obzirom na tretmane, razlike u broju puči kod obične bukve su statistički značajne dok kod hrasta kitnjaka nisu (usp. Tablica 2). Tako biljke obične bukve porijeklom iz provenijencije Karlovac imaju manji broj puči u sušnom u odnosu na kontrolni tretman, bez obzira na ishranjenost fosforom. Kod biljaka porijeklom iz provenijencije Karlovac manji broj puči u sušnom tretmanu imaju samo biljke koje su lošije ishranjene fosforom, dok kod biljaka koje su bolje ishranjene fosforom razlika nije značajna (usp. Slika 9).

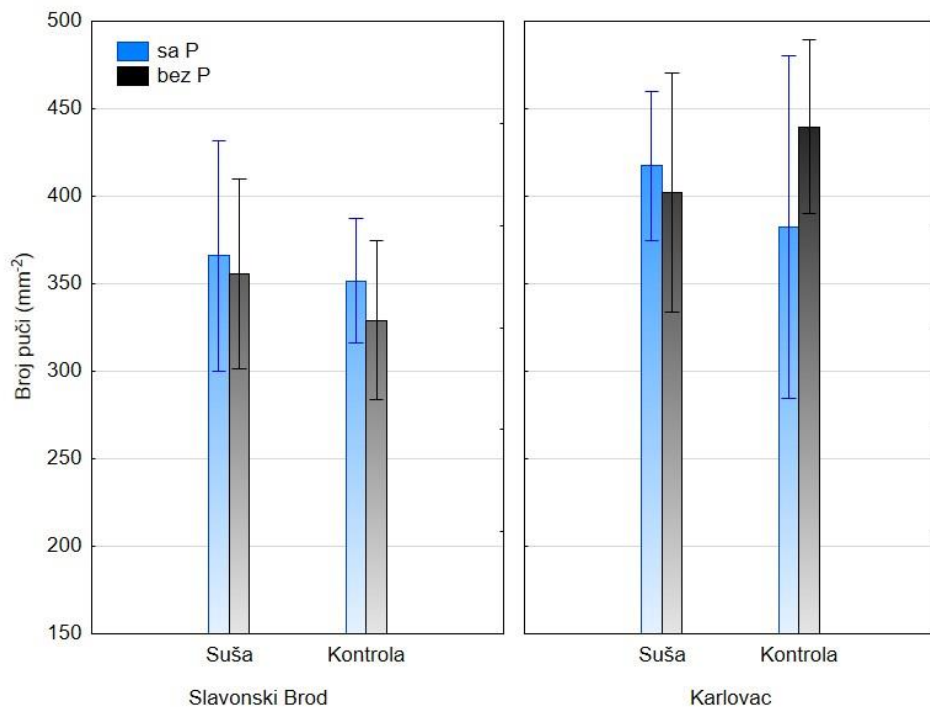
Biljke obične bukve koje su bolje ishranjene s fosforom češće imaju veći broj puči po jedinici površine lista u odnosu na biljke koje su slabije ishranjene fosforom, iako je ta razlika statistički značajna samo kod biljaka porijeklom iz Slavenskoga Broda u sušnom tretmanu i kod biljaka porijeklom iz Karlovca u kontrolnom tretmanu (usp. Slika 9).

Tablica 2. Rezultati analize varijance za broj puči po mm<sup>2</sup> lista kod analiziranih biljaka obične bukve i hrasta kitnjaka. Podebljane su statistički značajne razlike (p<0.05).

Vrsta	Bukva		Hrast	
	F	p	F	p
Tretman: Suša	<b>13.59</b>	<b>&lt;0.001</b>	0.26	0.610
Tretman: Fosfor	<b>6.54</b>	<b>0.013</b>	0.02	0.900
Provenijencija	<b>21.53</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>10.61</b>	<b>0.002</b>



Slika 9. Srednje vrijednosti i intervali pouzdanosti za broj puči po mm<sup>2</sup> lista kod obične bukve



Slika 10. Srednje vrijednosti i intervali pouzdanosti za broj puči po mm<sup>2</sup> lista kod hrasta kitnjaka



## 4. RASPRAVA

Osnovne funkcije puči su kontrola izlaska vode iz biljke u obliku vodene pare, te izmjena plinova (kisik i ugljikov dioksid) između biljke i atmosfere. Stoga su puči jedna od najvažnijih anatomskih struktura koje biljkama omogućuju komunikaciju s okolišem ali i prilagodbu na najrazličitija staništa. Pri tome su najvažnije funkcionalne značajke koje omogućuju takve prilagodbe raspored puči na biljci i listu, njihova veličina i broj po jedinici površine (Zarinkmar 2006). Broj puči po jedinici površine lista razlikuje se između vrsta ali i između provenijencija i jedinki unutar iste vrste s obzirom na dostupnost vode, intenzitet svjetlosti, temperaturu okoline, geografski položaj, koncentraciju ugljikovog dioksida i sl. (Zarinkmar 2007).

Broj puči po jedinici površine lista koji je utvrđen kod svih biljaka u ovom pokusnom nasadu (usp. Tablica 1) kreće se unutar prosječnih vrijednosti koje su u prethodnim istraživanjima zabilježene kod drugih provenijencija hrasta kitnjaka i obične bukve u srednjoj i jugoistočnoj Europi. Tako se kod tih provenijencija prosječan broj puči po mm<sup>2</sup> lista kod hrasta kitnjaka kreće u rasponu od 320 do 430 (Bruschi 2010, Bresson i dr. 2011), dok se u ovom istraživanju prosječan broj puči kreće od 329 do 439, ovisno o tretmanu i provenijenciji. Kod obične bukve prosječan broj puči po mm<sup>2</sup> lista kod europskih populacija kreće se u rasponu od 170 do 290 (Bussoti i dr. 2005, Bresson i dr. 2011, Stojnić i dr. 2015), dok se u ovom istraživanju prosječan broj puči kreće od 176 do 267, ovisno o tretmanu i provenijenciji (usp. Tablica 1).

Veći broj puči po jedinici površine lista kod hrasta kitnjaka u odnosu na običnu bukvu što je zabilježeno u ovom istraživanju (usp. Tablica 1) također je u skladu s literaturnim podacima za te dvije vrste (usp. Bresson i dr. 2011, Yucedag i dr. 2019, Petrik i dr. 2020).

Kod obje vrste zabilježen je značajno manji veći puči po jedinici površine lista kod biljaka porijeklom iz provenijencije Karlovac u odnosu na biljke porijeklom iz provenijencije Slavonski Brod (usp. Tablica 1-2, Slika 9-10). Ovo je očekivani rezultat ako se uzme u obzir da provenijencija Karlovac raste u vlažnijim stanišnim prilikama (usp. Sever i dr. 2022), a manji broj puči po jedinici površine lista je česta funkcionalna prilagodba na sušne uvjete koja drveću omogućuje bolju efikasnost korištenja vode (Lei i dr. 2018) i u skladu je s rezultatima istraživanja funkcionalnih značajki listova srednjeeuropskih provenijencija obične bukve (Petrik i dr. 2020).

Viša koncentracija fosfora u tlu u ovom istraživanju ima pozitivan utjecaj na broj puči po jedinici površine lista, iako kod hrasta kitnjaka ta razlika nije statistički značajna (usp. Tablica 1-2, Slika 9-10). Pozitivan utjecaj povišene koncentracije fosfora na gustoću puči zabilježen je i kod drugih vrsta (usp. Sarker i dr. 2010).

Sušni tretman imao je značajan utjecaj na broj puči samo kod obične bukve (usp. Tablica 2), pa tako biljke koje rastu u sušnijim uvjetima u pravilu imaju manji broj puči po jedinici površine lista (usp. Slika 9). Slaba reakcija

hrasta kitnjaka na sušni tretman koja je zabilježena u ovom istraživanju može se objasniti činjenicom da je hrast kitnjak vrsta koja je brojnim morfološkim i fiziološkim mehanizmima bolje prilagođena na sušne uvjete u odnosu na običnu bukvu (Madrigal-González i dr. 2017, Fang i Lechowicz 2006). Naime u ovom pokusnom nasadu biljke u sušnom tretmanu su tijekom 2021. te proljeća 2022. godine (kada su se razvijali analizirani listovi) bile izložene nešto nižoj vlazi tla koja očito nije bilja dovoljno niska da izazove sušni stres kod biljaka hrasta kitnjaka.

## **5. ZAKLJUČAK**

Rezultati ovog istraživanja pokazuju da mlade biljke hrasta kitnjaka i obične bukve porijeklom iz sušnijih staništa imaju manji broj puči po jedinici površine lista što predstavlja važnu funkcionalnu adaptaciju biljaka u što efikasnijem korištenju vode.

Sušni tretman slabog intenziteta doveo je do smanjenja broja puči kod obične bukve ali ne i hrasta kitnjaka koja ima viši prag osjetljivosti na sušne uvjete.

Viša koncentracija fosfora u tlu u pravilu dovodi do većeg broja puči po jedinici površine lista, što je više izraženo kod mladih biljaka obične bukve nego hrasta kitnjaka.

## 6. LITERATURA

1. Bačić, T., 2003: Morfologija i anatomija bilja. Sveučilište J.J. Strossmayera, Osijek, 45-48, 256 str.
2. Bresson, C. C., Vitasse, Y., Kremer, A., Delzon, S., 2011: To what extent is altitudinal variation of functional traits driven by genetic adaptation in European oak and beech? *Tree physiology*, 31(11), 1164-1174.
3. Bruschi, P., 2010. Geographical variation in morphology of *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. as related to drought stress. *Plant Biosystems*, 144(2): 298-307.
4. Bussotti, F., Prancrazi, M., Matteucci, G., Gerosa, G., 2005: Leaf morphology and chemistry in *Fagus sylvatica* (beech) trees as affected by site factors and ozone: results from CONECOFOR permanent monitoring plots in Italy. *Tree Physiology*, 25(2): 211-219.
5. Fang, J., Lechowicz, J., 2006: Climatic limits for the present distribution of beech (*Fagus L.*) species in the world, *J Biog*, 33: 1804-1819.
6. Franjić, J., Škvorc, Ž., 2010: Šumsko drveće i grmlje Hrvatske. Sveučilište u Zagrebu - Šumarski fakultet, Zagreb, 292 str.
7. Franjić, J., Škvorc, Ž., Trinajstić, I., 2008: Anatomija bilja. Interna skripta, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 50 str.
8. Lazarević, B., Poljak, M., 2019: Fiziologija bilja. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet. Preuzeto s: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:366622> (Datum pristupa: 21.09.2022.)
9. Lei, Z.Y., Han, J.M., Yi, X.P., Zhang, W.F., Zhang, Y.L., 2018: Coordinated variation between veins and stomata in cotton and its relationship with water-use efficiency under drought stress. *Photosynt*, 56: 1326-1335.
10. Madrigal-González, J., P. Ruiz-Benito, S. Ratcliffe, A. Ringling, C. Wirth, N. E. Zimmermann, R. Zweifel, M. A. Zavala, 2017: Competition drivers oak species distribution and functioning in Europe: Implications under global change. Exploring the functional diversity of genus *Quercus L.*, Springer, 513-538.
11. Mckay, J. K., Richards, J. H., Mitchell-Olds, T., 2003: Genetics of drought adaptation in *Arabidopsis thaliana*: I. Pleiotropy contributes to genetic correlations among ecological traits. *Molecular ecology*, 12(5), 1137-1151.
12. Petrik, P., Petek, A., Konopkova, A., Bosela, M., Fleischer, P., Frydl, J., Kurjak, D., 2020: Stomatal and Leaf Morphology Response of European Beech (*Fagus sylvatica L.*) Provenances Transferred to Contrasting Climatic Conditions. *Forests*, 11, 1359.
13. Pevalek-Kozlina, B., 2003: Fiziologija bilja. Zagreb: Profil International. 29-30, 99 str.
14. Sarker, B. C., Karmoker, J. L., Rashid, P., 2010: Effects of phosphorus deficiency on anatomical structures in maize (*Zea mays L.*). *Bangladesh Journal of Botany*, 39, 57-60.
15. Sever, K., Vukmirović, A., Hodak, L., Bogdan, S., Katičić Bogdan, I., Krstonošić, D., Karažija, T., Franjić, J., Škvorc, Ž., 2022: Funkcionalna

- prilagodba prirodnog pomlatka hrasta kitnjaka i obične bukve na različite stanišne prilike. Šumarski list, 147(7-8): 293-308.
16. Stojnić, S., Orlović, S., Trudić, B., Živković, U., von Wuehlisch, G., Miljković, D., 2015: Phenotypic plasticity of European beech (*Fagus sylvatica* L.) stomatal features under water deficit assessed in provenance trial. *Dendrobiology*, 73.
  17. Škvorc, Ž., Sever, J., Franjić, J. 2013: Fiziologija šumskog drveća. Interna skripta, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
  18. Vukadinović, V., 2018: Suša i njene posljedice, <http://tlo-i-biljka.eu/Tekstovi/Susa.pdf> (Pristupljeno: 15.9.2022.).
  19. Vukelić J., Baričević B., 2003: Šumske zajednice obične bukve u Hrvatskoj. U: S. Matić (ur.), Obična bukva (*Fagus sylvatica* L.) u Hrvatskoj. Zagreb: Akademija šumarskih znanosti, Hrvatske šume d.o.o., Grad Zagreb, Gradski ured za poljoprivredu i šumarstvo, 87-107 str.
  20. Yucedag, C., Sanders, J., Musah, M., Gailing, O., 2019: Stomatal density in *Quercus petraea* and *Q. robur* natural populations in Northern Turkey. *Dendrobiology*, 81, 58-64.
  21. Zarinkamar, F., 2007: Stomatal observations in dicotyledons. *Pak J Biol Sci*, 10: 199-219.
  22. Zarinkamar, F., 2006: Density, size and distribution of stomata in different monocotyledons. *Pak. J. Biol. Sci.*, 9: 1650-1659.