

# Fenotipska raznolikost prirodnih populacija maline (Rubus ideaus L.) na sjeverozapadnom području Balkanskog poluotoka

---

Svalina, Gabrijela

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:991339>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-10**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE  
ŠUMARSKI ODSJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ  
URBANO ŠUMARSTVO, ZAŠTITA PRIRODE I OKOLIŠA

GABRIJELA SVALINA

FENOTIPSKA RAZNOLIKOST PRIRODNIH POPULACIJA MALINE  
(*Rubus ideaus* L.) NA SJEVEROZAPADNOM PODRUČJU  
BALKANSKOG POLUOTOKA

ZAVRŠNI RAD

ZAGREB (RUJAN, 2024.)

## PODACI O ZAVRŠNOM RADU

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| <b>Zavod:</b>                       | Zavod za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku   |
| <b>Predmet:</b>                     | Dendrologija  |
| <b>Mentor:</b>                      | Izv. prof. dr. sc. Igor Poljak  |
| <b>Asistent – znanstveni novak:</b> | Antonio Vidaković, mag. ing. silv.  |
| <b>Student:</b>                     | Gabrijela Svalina   |
| <b>JMBAG:</b>                       | 0068236719  |
| <b>Akad. godina:</b>                | 2023./2024.   |
| <b>Mjesto, datum obrane:</b>        | Zagreb, 13. rujna 2024.   |
| <b>Sadržaj rada:</b>                | Slika: 8<br>Tablica: 5<br>Navoda literature: 41<br>Stranica: 21   |
| <b>Sažetak:</b>                     | <p>U ovom završnom radu istražena je varijabilnost populacija maline na temelju morfoloških i kemijskih karakteristika plodova. Istraživanje je obuhvatilo pet prirodnih populacija divlje maline, od kojih su tri sakupljene na području Bosne i Hercegovine (Rastičevske Poljane, Vrhovi i Jurička Plazenica), a dvije na području Hrvatske (Učka i Risnjak). Terenska istraživanja provedena su tijekom 2023. godine, a ukupno su u istraživanje uključeni plodovi s 25 jedinki. Rezultati istraživanja pokazali su statistički značajne razlike među populacijama u pogledu mase plodova, broja koštunica i masenog udjela vode. Hrvatske populacije maline imale su, u odnosu na bosanskohercegovačke, manji broj koštunica po jednom plodu. Populacije Jurička Plazenica i Rastičevske Poljane istaknule su se s najtežim plodovima i najvećim brojem koštunica, dok su populacije Vrhovi i Učka imale najveći maseni udjel pepela. Utvrđeno je da maseni udjel vode negativno korelira s masenim udjelima proteina i pepela, dok su masa i broj koštunica bili u pozitivnoj korelaciji.</p> <p>Ekološki uvjeti, poput južnih, osunčanih ekspozicija, pokazali su se ključnima za razvoj morfoloških karakteristika plodova. Općenito gledano, ovo istraživanje doprinosi razumijevanju morfološke i kemijske varijabilnosti plodova divlje maline, naglašavajući ulogu ekoloških faktora u njihovom razvoju.</p> |



# IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

OB FŠDT 05 07

Revizija: 2

Datum: 29.04.2021.

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

U Zagrebu, 13. rujna 2024. godine.

---

*vlastoručni potpis*

Gabrijela Svalina

## SADRŽAJ

|  |    |
|--|----|
| 1. UVOD.....   | 1  |
| 1.1. Rod <i>Rubus</i> L. ....                              | 1  |
| 1.2. Morfologija i biologija istraživane vrste.....        | 2  |
| 2. CILJ RADA .....   | 7  |
| 3. MATERIJAL I METODE .....                                | 8  |
| 3.1. Materijal.....  | 8  |
| 3.2. Kemijska analiza plodova .....                        | 9  |
| 3.2.1 Određivanje masenog udjela vode .....                | 9  |
| 3.2.2 Određivanje masenog udjela proteina.....             | 9  |
| 3.2.4. Određivanje masenog udjela mineralnog ostatka ..... | 11 |
| 3.3. Statistička obrada podataka.....                      | 11 |
| 4. REZULTATI.....  | 12 |
| 4.1. Deskriptivna statistika.....                          | 12 |
| 4.2 Analiza varijance - ANOVA.....                         | 14 |
| 4.3 Korelacijska analiza .....                             | 14 |
| 4.4 Analiza glavnih sastavnica.....                        | 15 |
| 5. RASPRAVA .....  | 17 |
| 6. ZAKLJUČCI.....  | 18 |
| 7. LITERATURA .....  | 19 |

# 1. UVOD

## 1.1. Rod *Rubus* L.

*Rubus* L. je jedan od vrstama najbogatijih i taksonomski najkompleksnijih rodova u porodici Rosaceae, a obuhvaća između 250 i 700 vrsta kupina i malina (Alice i dr. 2014). Osim brojnih vrsta, rod *Rubus* obiluje i prirodnim i kultiviranim križancima. Vrste ovoga roda nalazimo na svim kontinentima osim na Antartici, a većina ih raste u umjerenoj i sup-tropskoj zoni sjeverne hemisfere (Herman 1971; Alice i dr. 2014). Morfološki gledano, ovaj rod je izrazito raznolik, a obuhvaća listopadne, zimzelene i vazdazelene, uspravne i poleglegrmove, ali i zeljaste biljke. Zbog agamospermije, poliploidije i hibridizacije, mnogi autori ovaj rod smatraju jednim od taksonomski najkompleksnijih rodova cvjetajućih biljaka (Alice i dr. 2014).

Stabljika ovog roda je većinom bodljikava i često nedovoljno odrvenjela, zbog čega mnoge vrste rastu prileglo uz tlo. Listovi su naizmjenični, a mogu biti jednostavni, troliskavi, a najčešće su sastavljeni (Herman 1971). U nekih vrsta je ono neparno perasto sastavljeno (*Rubus idaeus* L.), dok je u nekih dlanasto sastavljeno (*Rubus fruticosus* L., *R. ulmifolius* Schott). Jedinu globalnu taksonomsku analizu napravio je Focke (1910, 1911, 1914) na temelju morfoloških karakteristika, a rod je podijelio u 12 podrodova: subg. *Anoplobatus*, *Chamaebatus*, *Chamaemorus*, *Comaropsis*, *Cylactis*, *Dalibarda*, *Dalibardastrum*, *Idaeobatus*, *Lampobatus*, *Malachobatus*, *Orobatus* i *Rubus* (= *Eubatus*). Među njima, veličinom se ističu podrodovi *Idaeobatus*, *Malachobatus* and *Rubus*, od kojih su prva dva uglavnom zastupljena u Aziji, a zadnji u Sjevernoj Americi i Europi. Stabljike u podroda *Idaeobatus* su uglavnom dvogodišnje, uspravne ili puzave. Na sebi imaju bodlje, a mogu biti i bez njih. Listovi su perasti ili troliskavi, a jako rijetko jednostavni. Palistići su srasli s peteljka, a suličastog do nitastog su oblika. Plodovi su šuplji, stoga ih je lako otrgnuti s torusa (Herman 1971). Podrodu *Idaeobatus* pripadaju vrste: *Rubus idaeus*, *R. spectabilis* Pursh.

Cvjetovi su dvospolni i nalaze se u cvatovima. Cvatovi su smješteni na prošlogodišnjim izbojcima koji se nakon dozrijevanja plodova osuše do svoje baze. Ocvijeće se sastoji od pet listića čaške i vjenčića. Prašnika ima puno, a na glavičastom cvjetištu smješten je veći broj plodnica (Herman 1971). Plodovi ovog roda su jednosjemene koštunice koje čine zbirni plod. Plodovi su ukusni i često se smatraju „super hranom“ zbog visokih udjela sekundarnih metabolita kao što su tanini, antocijani, polifenoli, flavonoidi i organske kiseline (Meng i dr. 2022). Mnoge vrste iz ovog roda predstavljaju štetan šumski korov, dok druge pak daju vrijedne plodove pa se uzgajaju i u vrtovima (Dujmović Purgar i dr. 2007). Ime ovog roda (*Rubus*) potječe od riječi *rubus* (crven), zbog boje ploda u velikog broja vrsta.

Kupine i maline imaju relativno kratku povijest kultiviranja, kraću od jednog stoljeća i samo su nekoliko generacija udaljene od svojih divljih predaka. Vrste roda *Rubus* obično su pionirskog karaktera i rani su kolonizatori degradiranih staništa poput pašnjaka, uz rubove šuma, na šumskim čistinama i uz ceste. Kupine su obično mnogo tolerantnije na sušu, poplave i visoke temperature, dok su maline otpornije na hladnoću. Osim toga, pokazuju snažnu vegetativnu reprodukciju bilo vršnim zakorjenjivanjem ili izdancima iz korijena, što omogućuje pojedinim genotipovima da pokrivaju velike površine. Plodove raznose životinje, posebice ptice, što znači da se sjeme lako može proširiti i na velike udaljenosti (Graham i Brennan 2018).

## 1.2. Morfologija i biologija istraživane vrste

*Rubus idaeus*, znanstveni je naziv za malinu, koja pripada podrodu *Idaeobatus*. Stabljike maline su dvogodišnje, uspravne te su na početku dlakave, a ponekad mogu imati i nekoliko bodlji kojima je baza poprilično široka. Na podzemnom, višegodišnjem, dijelu biljke razvijaju se pupovi iz kojih će sljedeće godine izrasti mladi izbojci. U prvoj godini nadzemni izdanci rastu samo u visinu, dok se u drugoj godini počinju formirati rodne mladice (Slika 1) koje se, nakon što donesu rod, osuše (Nikolić i dr. 2015; Maslov Bandić i dr. 2020). Kora mladih izbojaka je zelenkasto siva ili žućkastosmeđa i pepeljasto dlakava, dok je u starih smeđa i odrvenjela (Kremer i Kušić Tomaić 2015; Maslov Bandić i dr. 2020).



**Slika 1.** Habitus – *Rubus idaeus* L.

<https://visiani.botanic.hr/fcd-gallery/Photo/Show/143799>

Listovi su neparno perasto sastavljeni od pet ili sedam liski koje su nasuprotne (Slika 2), dok je raspored listova naizmjeničan što je karakteristično za cijeli rod *Rubus*. Liskama je rub dvostruko napiljen. Gornja strana plojke tamnozeleno je boje, sjajna i glatka, a donja strana plojke je bijelo pustenasta. Vršna liska duga je 5 do 10 cm, široko jajasta do kopljasta, vrh joj je ušiljen, a osnova plitko srcasta ili zaobljena. Postrane liske su manje i gotovo sjedeće, dok vršna liska ima dugačku peteljku. Korijenski sustav u maline je radijalno simetričan. Raste do 50 cm dubine, no često dosiže i veću dubinu zbog prilagodbe na tla koja su siromašna hranjivima i slabo opskrbljena vodom (Maslov Bandić i dr. 2020).

Maline cvjetaju u svibnju i lipnju (Idžojtić 2013). Cvjetovi su dvospolni, sitni i bijeli (Slika 3). Više cvjetova zajedno nalazi se u kratkim grozdovima. Čaška je građena od pet pustenastih lapova koji su jajasto suličasti i ušiljeni, a vjenčić je izgrađen od pet bijelih latica. Oprašivanje je entomofilno, jer cvjetovi sadrže veliku količinu nektara, stoga ih pčele rado oprašuju (Krüssmann 1962).

Plod maline je zbirna koštunica (Slika 4), građena od velikog broja crvenih, kuglastih jednokoštunica. Svaka koštunica nastaje od jednog plodnog listića - karpela. Mnogokoštunica je obavijena na samoj osnovi velikim, raširenim, kasnije prema dolje povnutim lapovima čaške (Idžojtić 2013). Plodovi su crvene boje, izuzetno aromatični, a sazrijevaju u

srpnju i kolovozu (Kremer i Kušić Tomaić 2015). Sadržaj šećera je čak 3,9 %, a obiluju i organskim kiselinama pa ove plodove možemo konzumirati svježe te prerađene u obliku soka, sirupa, rakije, vina, octa te malinove vode (Herman 1971).



**Slika 2.** List – *Rubus idaeus* L.

[http://www.plantsystematics.org/imgs/dws/r/Rosaceae\\_Rubus\\_idaeus\\_16934.html](http://www.plantsystematics.org/imgs/dws/r/Rosaceae_Rubus_idaeus_16934.html)



**Slika 3.** Cvjetovi – *Rubus idaeus* L.  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Rubus\\_idaeus](https://en.wikipedia.org/wiki/Rubus_idaeus)



**Slika 4.** Plodovi – *Rubus idaeus* L.  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Rubus\\_idaeus](https://en.wikipedia.org/wiki/Rubus_idaeus)



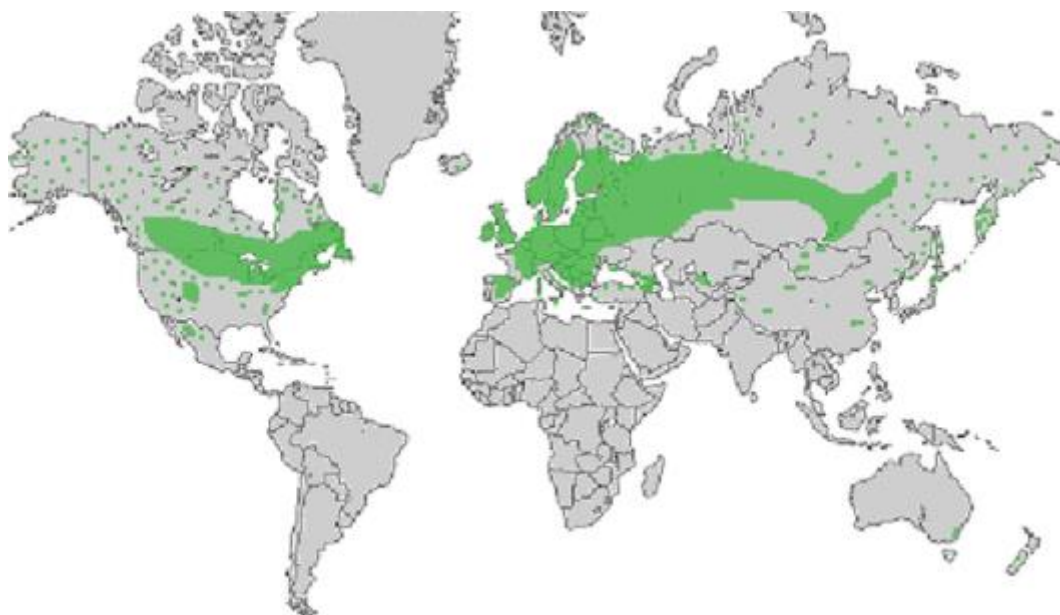
### 1.3. Prirodna rasprostranjenost i ekološke značajke istraživane vrste

Malina je vrsta koja ima širok areal, a obuhvaća sjevernu hemisferu (Slika 5). Prirodno raste u sjevernoj Europi, Aziji i Sjevernoj Americi (WFO 2024), od Newfoundlanda do Aljaske, te južno do Pennsylvanije, Indiane, Iowe i Arizone. U Europi se proteže od Skandinavije do Mediterana. Ova vrsta preferira suhe ili vlažne šume, polja i rubove cesta, a često se uzgaja u kulturama zbog svojih ukusnih plodova.

Umjereno kontinentalna klima najoptimalnija je za rast malina. Potrebna joj je dovoljna količina oborina, ali suvišak vlage pogoduje razvoju gljivičnih bolesti, stoga je neopodno dobro strujanje zraka. Mladi izbojci dosta dobro podnose niske temperature, koje mogu biti čak do  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , dok je korijen osjetljiv na niske temperature i tu oštećenja nastanu već između  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$  i  $-14\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Maslov Bandić i dr. 2020). Proljetni mrazovi ne čine osobite štete s obzirom na to da je malina vrsta koja kasnije cvate, u svibnju i lipnju. Da bi dobro uspijevale, malinama je potrebna znatna količina sunčeve svjetlosti.

Malina se plitko zakorijenjuje (Šilić 2005), stoga manjak vode predstavlja problem koji dovodi u pitanje smanjen rast korijena, novih izbojaka te izaziva i sušenje plodova. Iz tog razloga, godišnja količina oborina trebala bi biti veća od 800 mm.

Malinama odgovaraju rastresita i slabo propusna tla, čija je pH vrijednost oko 6 (slabo kiselo) te ona kojima je udio humusa veći od 3 %. S obzirom na to da im je korijenov sustav plitak, većina korijenovih žila nalazi se na dubini između 15 i 40 cm. Podzemna voda ne bi smjela biti bliže površini od 1 m (Maslov Bandić i dr. 2020).



**Slika 5.** Prirodna rasprostranjenost maline. (Izvor: <https://www.cwrnl.nl/en/CWRnl-1/CWRbyname/Rubus-idaeus-L.-1.htm>)

## 1.4. Dosadašnja istraživanja

U istraživanju koje su proveli Mauzar i dr. (2014), pod nazivom „Kvaliteta i kemijski sastav deset genotipova crvene maline (*Rubus idaeus* L.) tijekom tri sezone berbe”, proučavani su boja i kemijski sastav plodova 10 genotipova maline uzgajanih u nordijskoj klimi tijekom tri sezone berbe. Glavni fenolni spojevi u plodovima bili su elagitanini i antocijani, koji su činili 57 % i 42 % kvantificiranih fenolnih spojeva. Najzastupljeniji antocijan bio je cijanidin-3-soforozid (61 %). Svi parametri kvalitete značajno su bili pod utjecajem genotipa. Genotipovi su se mogli kategorizirati u tri skupine: 'Veten' i 'RU984 06038' karakterizirani su visokim koncentracijama flavonoida, tj. antocijana i kvercetin glikozida, te tamnocrvenom bojom; 'Octavia', 'Glen Magna', 'RU004 03067', 'Glen Ample' i 'RU974 07002' karakterizirani su svijetlom bojom, visokim kiselinama i niskim koncentracijama flavonoida; dok su 'Malling Hestia', 'RU024 01003' i 'RU004 04095' imali visok sadržaj suhe tvari, topljivih krutina, askorbinske kiseline i spojeva koji sadrže elaginsku kiselinu, uz visoke vrijednosti nijanse i kromatičnosti. Svi parametri kvalitete, osim askorbinske kiseline i lambertianina C, značajno su varirali između sezona berbe. Najmanje sezonske varijacije u kvaliteti plodova uočene su u 'RU024 01003' i 'Glen Ample', dok su najveće varijacije bile u 'RU004 03067' i 'Glen Magna'.

Divlja malina obilno raste i široko je rasprostranjena u umjerenim područjima nižeg himalajskog pojasa, što predstavlja bogatu biološku raznolikost za ovu vrstu. Na tim područjima trideset uzoraka maline istraženo je s tri različite lokacije (Ahmed i dr. 2014). Na lokacijama uzorkovanja promatrano je nekoliko osobina, a neke karakteristike su procijenjene i kvantificirane nakon berbe uzoraka listova i plodova. Uzorci su se značajno razlikovali u rastu, vremenu i intenzitetu cvjetanja, smještaju plodova, vremenu sazrijevanja, produktivnosti te obliku i boji plodova. Što se tiče kvantitativnih karakteristika, značajne razlike su pronađene u visini biljke, duljini i širini listova, broju grana po biljci, trajanju cvjetanja, danima do sazrijevanja, te duljini, širini i težini plodova među uzorcima prikupljenim s različitih lokacija. Zreli plodovi su kemijski analizirani, uključujući sadržaj vlage, ugljikohidrata, proteina, masti, vlakana, pepela, ukupnih topljivih krutina (TSS), kiselosti, pH vrijednosti i minerala (K, Ca, Na, Fe, Cu, Zn, Mn, Pb i Cr). Lokacija je također imala značajan utjecaj na kemijski sastav zrelih plodova.

U svom radu Lopez-Corona i dr. (2022) daju pregled trenutnih spoznaja o fenolnim spojevima u malinama, uključujući njihovu karakterizaciju, biosintezu, bioraspoloživost, citotoksičnost te antioksidativne i protuupalne aktivnosti. Autori ističu da maline imaju bogat spektar fenolnih spojeva koji služe kao prirodna zaštita biljke te da je interes za ove spojeve značajno porastao kada su oni prepoznati zbog pozitivnih učinaka na čovjekovo zdravlje. Provedena su opsežna kemijska istraživanja te *in vitro* i *in vivo* studije kako bi se potvrdile njihove koristi i moguće primjene u liječenju različitih kroničnih degenerativnih bolesti, koje su karakterizirane oksidativnim stresom i upalnim odgovorom. Iako unos ovih fenolnih spojeva može pomoći u liječenju mnogih bolesti, ovaj pregled se posebno fokusirao na njihov utjecaj na maligne bolesti. Općenito gledano, antocijani i elagitanini u malinama poznati su po svojoj visokoj antioksidativnoj sposobnosti.

Svjetski trend uzgoja sve većeg broja malih plodova, uključujući maline, bilježi stalan porast zbog relativno visokog sadržaja bioaktivnih nutrijenata. Kako bi se proučili zdravstveni benefiti maline, analizirani su 11 unaprijed odabranih divlje uzgojenih genotipova i jedna poznata sorta, 'Heritage', u pogledu njihovih fizikalno-kemijskih svojstava kao što su masa ploda, ukupni antioksidacijski kapacitet (mjereno  $\beta$ -karotenskim

izbljedjelim i FRAP testovima), ukupni fenoli, askorbinska kiselina, sadržaj topljivih krutina (SSC) i kiselost (Tosun i dr. 2009). Masa ploda, SSC i sadržaj askorbinske kiseline kretali su se u rasponu između 1,47 i 2,32 g, 10,87 % i 13,60 %, te 21 i 36 mg/100 g. Antioksidativna aktivnost i ukupni sadržaj fenola varirali su među genotipovima, pri čemu je genotip ERZ5 imao najviši antioksidacijski kapacitet prema oba testa. Ovaj genotip također je imao najviši ukupni sadržaj fenola (2031 µg GAE/g SV). Utvrđene su linearne veze između antioksidacijskih kapaciteta i ukupnih fenola. Ova studija pokazuje potencijal određenih divljih genotipova, osobito ERZ5, za poboljšanje nutritivne vrijednosti kroz programe poboljšanja genetskog materijala.

U istraživanju kojeg su u Latviji proveli Augšpole i dr. (2021) ustanovljeno je da se različite sorte malina uzgajaju za svježiu konzumaciju i preradu. Svježe domaće maline dostupne su potrošačima od srpnja do listopada. Informacije o fizikalnim, kemijskim i morfološkim svojstvima plodova maline ključne su za razumijevanje ponašanja proizvoda tijekom berbe, transporta, sortiranja, razvrstavanja, pakiranja i skladištenja. Poznavanje fizikalno-kemijskih svojstava malina važno je jer mogu postojati varijacije u razinama tih svojstava između različitih sorti. Nove sorte korištene su za opisivanje i usporedbu kvalitete plodova maline: 'Daiga', 'Shahrazada', 'Norna' i 'Polana', koje se uzgajaju u regiji Zemgale u Latviji. Uzorci su prikupljeni s farme Plūgi u punoj fazi zrenja. Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi ukupni sadržaj fenola (TPC), ukupni sadržaj flavonoida (TFC), kiselost (TAc), ukupni sadržaj topljivih krutina (SSC) te fizikalne parametre, pH i boju. Morfološki parametri plodova uključivali su duljinu cvjetišta (Rl), širinu cvjetišta (Rw), duljinu ploda (Fl), širinu ploda (Fw), masu ploda (m) i broj sjemenki. Rezultati istraživanja pokazali su značajne razlike u svim kemijskim i fizikalnim karakteristikama, kao i u morfološkim svojstvima između istraživanih sorti.

U istraživanju koje provode Veljković i dr. (2019) analizirana je genetička struktura divljih populacija malina u središnjem Balkanu te njihov odnos prema komercijalnim sortama. Korištenjem AFLP markera, istraživači su proučavali varijabilnost 128 jedinki iz sedam prirodnih populacija i sedam komercijalnih sorti. Rezultati su pokazali da se komercijalne sorte jasno razlikuju u odnosu na maline iz prirodnih populacija. Populacija s planine Ozren imala je najveću gensku raznolikost i broj privatnih markera. Analiza molekularne varijance pokazala je da većina genetičke raznolikosti potječe od razlika među jedinkama unutar populacija. Također, utvrđeno je da nadmorska visina ima ključnu ulogu u strukturiranju genetičke raznolikosti, više nego prostorna udaljenost. Divlje populacije malina iz Srbije karakterizirala je visoka raznolikost, te bi trebale biti zaštićene i korištene kao resurs u selekciji i oplemenjivanju novih sorti s poboljšanim svojstvima, poput boljeg prinosa i veće otpornosti na vanjske faktore.

## 2. CILJ RADA

Cilj ovoga rada bio je ispitati varijabilnost populacija maline u Hrvatskoj i Bosni i Hercegovini na temelju morfoloških i kemijskih karakteristika plodova. Istraživanje populacijske varijabilnosti provedeno je na osnovi dva morfološka i tri kemijska svojstva plodova, sakupljenih u dvije prirodne populacije na području Hrvatske te tri populacije na području Bosne i Hercegovine. Pri analizi podataka korištene su multivarijatne i deskriptivne statističke metode.

Na temelju postavljenog cilja provedene su sljedeće aktivnosti:

1. prikupljena je literatura o relevantnim istraživanjima;
2. prikupljeni su podaci o istraživanoj vrsti i području istraživanja;
3. napravljen je plan uzorkovanja;
4. sakupljeni su uzorci biljnoga materijal za morfometrijska istraživanja;
5. izvršene su analize uzoraka u laboratoriju;
6. statistički su obrađeni i analizirani dobiveni rezultati te su interpretirani u skladu s ciljevima istraživanja;
7. izvedeni su zaključci na temelju dobivenih rezultata.

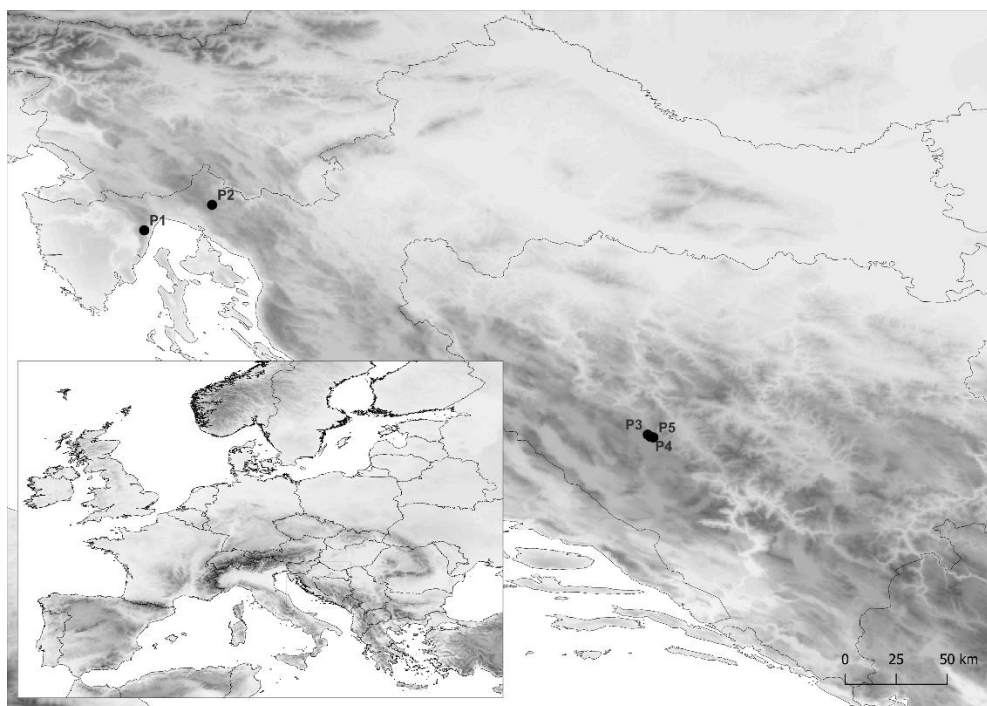
### 3. MATERIJAL I METODE

#### 3.1. Materijal

U istraživanje je uključeno pet populacija maline iz Hrvatske i Bosne i Hercegovine (Tablica 1, Slika 6). Terenska istraživanja provedena su tijekom 2023. godine. Terenski rad je obuhvaćao sakupljanje uzoraka plodova za morfometrijsku i kemijsku analizu. Za lokalitete smještene unutar zaštićenih područja, dozvola za prikupljanje uzoraka dobivena je od Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja (UP/I 612-07/21-33/57). Na svakom lokalitetu sakupljeno je po 50 g plodova s onoliko grmova koliko je bilo dostupno. Plodovi su odmah po sakupljanju izvagani te im je prebrojan broj pojedinačnih koštunica, nakon čega su zamrznuti na  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  do daljnje kemijske obrade.

**Tablica 1.** Opće značajke istraživanih populacija.

| Oznaka populacije | Populacija                | Geografska širina ( $^{\circ}$ ) | Geografska dužina ( $^{\circ}$ ) | Nadmorska visina (m) |
|-------------------|---------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------|
| P1                | Učka (HR)                 | 45,278630                        | 14,217951                        | 1022                 |
| P2                | Risnjak (HR)              | 45,429299                        | 14,634803                        | 1187                 |
| P3                | Rastičevske Poljane (BiH) | 44,062222                        | 17,216666                        | 1367                 |
| P4                | Vrhovi (BiH)              | 44,051666                        | 17,229444                        | 1459                 |
| P5                | Jurička Plazenica (BiH)   | 44,046111                        | 17,249444                        | 1615                 |



**Slika 6.** Geografski položaj istraživanih populacija.

## 3.2. Kemijska analiza plodova

Prije provođenja kemijskih analiza uzorci sa svakog grma su homogenizirani pomoću štapnog miksera. Nakon što smo plodove usitnili, svaki uzorak je pohranjen u zasebnu plastičnu posudicu s jedinstvenom oznakom. Tako pripremljeni uzorci pohranjeni su u zamrzivač na -20 °C do daljnjih analiza. Na svim uzorcima provedene su tri analize pomoću koji smo odredili masene udjele: vode, proteina i pepela.

### 3.2.1 Određivanje masenog udjela vode

Maseni udjel vode u uzorcima maline određen je fizikalnom, indirektnom metodom (AOAC 925.03 2000). Ova metoda uključuje sušenje uzorka poznate mase u zračnoj sušnici pri temperaturi od 105 °C do postizanja konstantne mase. Za potrebe analize, odmjerili smo 2 g prethodno odmrznutog i homogeniziranog uzorka maline te ga stavili u označene aluminijske zdjelice, koje su prethodno pripremljene sušenjem u sušioniku pri temperaturi od 105 °C tijekom 60 minuta, uz dodatak kvarcnog pijeska i staklenog štapića za bolju homogenizaciju uzorka. Zdjelice su potom ohlađene u eksikatoru te su izvagane bez uzorka i sa uzorkom. Nakon toga, uzorci su izmiješani i homogenizirani s kvarcnim pijeskom te su sušeni pri temperaturi od 105 °C u sušioniku četiri sata. Odmah nakon sušenja, aluminijske posudice zajedno s uzorcima prebačene su u eksikator. Nakon što su se posudice ohladile na sobnu temperaturu, uslijedilo je vaganje i izračun prema sljedećoj formuli:

$$\% \text{ vode} = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100$$

gdje je:

$m_1$  – masa prazne aluminijske zdjelice (g)

$m_2$  – masa aluminijske zdjelice s uzorkom maline prije sušenja (g)

$m_3$  – masa aluminijske zdjelice s uzorkom maline nakon sušenja (g)

### 3.2.2 Određivanje masenog udjela proteina

Za određivanje masenog udjela ukupnih proteina u uzorcima maline korištena je metoda po Kjeldahlu (AOAC 992.15 2000), koja se temelji na razaranju organske tvari sumpornom kiselinom i Kjeldahlovim tabletama koje djeluju kao katalizatori. Prvo je odmjereno 1 g homogeniziranog uzorka na aluminijsku foliju te je uzorak, pomoću pincete, prebačen u kivetu pazeći da grlo kivete ostane čisto. Zatim je dodana 1 Kjeldahlova tableta (3,5 g  $K_2SO_4$ , 0,4 g  $CuSO_4 \times 5H_2O$ ), 10 mL koncentrirane sumporne kiseline i 5 mL 30 % vodikovog peroksida. Kiveta je protresena kako bi se uzorak ravnomjerno pomiješao s kiselinom. Na taj način pripremljeno je ukupno osam uzoraka. Kivete s uzorcima postavljene su u Foss Labtec™ DT208 Digestor gdje su najprije lagano zagrijavane, a nakon što se reakcija smirila, grijane su na 420 °C. Spaljivanje je završeno kada je u kiveti ostala bistra plavo-zelena tekućina bez neizgorelih crnih komadića uzoraka (Slika 7). Nakon hlađenja sadržaja, uslijedila je destilacija, koja se odvijala u sustavu Foss Kjeltac 8100. U

Erlenmayerovu tikvicu otpipetirano je 25 mL borne kiseline te je tikvica postavljena na destilacijsku jedinicu. Uređaj je postavljen na program koji dodaje 80 mL vode i 50 mL lužine (40 % NaOH), nakon čega je započet postupak destilacije do pojave zelene boje u predlošku za sakupljanje NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Po završetku destilacije, sadržaj tikvice titriran je s 0,1 M HCl do pojave ružičaste boje. Postotak ukupnog dušika izračunat je iz volumena kiseline utrošene za titraciju uzorka i titraciju slijepa probe. Pomoću postotka ukupnog dušika i faktora za preračunavanje izračunat je maseni udjel ukupnih proteina. Pri izračunu korištene su sljedeće formule:

$$\% \text{ ukupnog N} = \frac{(T-B) \times N \times 14,007 \times 100}{m}$$

$$\% \text{ proteina} = \% \text{ N} \times 6,25$$

gdje je:

T – volumen HCl utrošen za titraciju uzorka (mL)

B – volumen HCl utrošen za titraciju slijepa probe (mL)

m – masa uzorka (mg)

N – molalitet kiseline

6,25 – faktor za preračunavanje postotka dušika u proteine



**Slika 7.** Uzorci maline nakon spaljivanja- blok Foss Labtec<sup>TM</sup> DT208 Digestor.

### 3.2.4. Određivanje masenog udjela mineralnog ostatka

Maseni udjel mineralnog ostatka u plodovima maline određen je kao udjel pepela, koji predstavlja anorganski dio zaostao nakon spaljivanja organske tvari (AOAC 923.03 2000). Postupak se temelji mineralizaciji (suhim putem) u mufolnoj peći pri temperaturi od 580 °C, sve dok se ne dobije jednolično sivi pepeo ili pepeo konstantne mase. Prvo smo u prethodno izarenu, u eksikatoru ohlađenu i izvaganu porculansku zdjelicu stavili 1 g usitnjelog i dobro homogeniziranog uzorka. Uzorak je nakon toga stavljen u mufolnu peć zagrijanu na 580 °C, gdje je došlo do spaljivanja uzorka (mineralizacije) sve dok se nije postigao ujednačen svijetlosivi pepeo bez crnih čestica. Po završetku spaljivanja, zdjelice su ohlađene u eksikatoru do sobne temperature, nakon čega je provedeno vaganje, pri čemu se pazilo da se vaganje izvede odmah po završetku hlađenja zbog higroskopnosti pepela. Prilikom izračuna masenog udjela pepela korištena je sljedeća formula:

$$\% \text{ pepela} = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times 100$$

gdje je:

$m_1$  – masa prazne porculanske zdjelice (g)

$m_2$  – masa porculanske zdjelice i uzorka maline prije spaljivanja (g)

$m_3$  – masa porculanske zdjelice i pepela (g)

### 3.3. Statistička obrada podataka

Za statističku obradu korištene su standardne formule deskriptivne i multivarijatne statistike (McGarigal i dr. 2000; Sokal i Rohlf 2012). Statistička obrada podataka provedena je korištenjem programskog paketa Statistica for Windows (StatSoft, Inc. 2001).

Za svaku istraživanu značajku određeni su sljedeći deskriptivni statistički pokazatelji: aritmetička sredina (M), minimalne (MIN) i maksimalne (MAX) vrijednosti, standardna devijacija (SD) i koeficijent varijacije (CV%). Odnos između mjerenih kemijskih i morfoloških značajki plodova maline utvrđen je Pearsonovim koeficijentom korelacije. Također su testirane normalnost distribucije podataka (Kolmogorov-Smirnov test) i homogenost varijanci (Leveneov test). Analiza varijance (ANOVA) korištena je za utvrđivanje razlika između populacija.

Na temelju istraživanih svojstava ploda provedena je analiza glavnih sastavnica (*principal component analysis*; PCA). Broj glavnih sastavnica određen je na temelju svojstvenih vrijednosti (*eigenvalues*) glavnih sastavnica, korištenjem Kaiserovog kriterija koji zadržava sastavnice u kojih su svojstvene vrijednosti veće od 1 i Catellovog dijagrama (*scree plot*; Cattell, 1966), kao i kumulativnog postotka objašnjene varijance. U konačnici je izrađen dijagram u kojem je u koordinatnom sustavu točkama prikazan položaj analiziranih populacija, a vektorima su prikazani maseni udjeli vode, proteina, pepela te mase ploda i broja koštunica. Analiza glavnih sastavnica provedena je pomoću skripti "MorphoTools" u R-u, programskom okruženju za analizu podataka i grafički prikaz, verzija 3.2.2 (R Core Team, 2016), sljedeći priručnik Koutecký (2015).



## 4. REZULTATI

### 4.1. Deskriptivna statistika

Rezultati deskriptivne analize morfoloških i kemijskih svojstava plodova maline prikazani su u Tablici 2, pojedinačno po populacijama i za sve populacije zajedno. Svaka izmjerena morfološka značajka prikazana je pomoću aritmetičke sredine (M), koeficijenta varijacije (CV) i standardne devijacije (SD). Minimalne vrijednosti prikazane su zelenom bojom, a maksimalne crvenom.

Najmanju masu plodova imali su uzorci iz populacije P1 (Učka), dok su najveću masu imali plodovi prikupljeni na lokaciji P5 (Jurička Plazenica). Iako je imala najmanju masu, najveći koeficijent varijabilnosti za navedeno svojstvo imala je upravo populacija P1 (Učka), dok je najmanji koeficijent varijabilnosti zabilježen u populaciji P3 (Rastičevske Poljane).

U populaciji P3 (Rastičevske Poljane) utvrdili smo da plodovi imaju najveći broj koštunica, dok je najmanje koštunica u plodovima bilo u populaciji P1 (Učka). Najveći koeficijent varijabilnosti za ovo svojstvo ima populacija P4 (Vrhovi), a najmanji populacija P2 (Risnjak).

Analizom je utvrđeno da najviše vode sadrže plodovi iz populacije P2 (Risnjak), dok najmanju količinu vode sadrže plodovi iz populacije P4 (Vrhovi). Najmanja varijabilnost s obzirom na navedeno svojstvo karakterizirala je populaciju P3 (Rastičevske Poljane), a najveća populaciju P1 (Učka).

Najveći maseni udjel proteina utvrdili smo za populaciju P5 (Jurička Plazenica), a najmanji za populaciju P2 (Risnjak), gdje je također i koeficijent varijabilnosti bio najmanji. Najveći koeficijent varijabilnosti zabilježen je u populaciji P3 (Rastičevske Poljane).

Najveći maseni udjel mineralnog ostatka u plodovima, tj. udio pepela zabilježen je u populaciji P4 (Vrhovi), a najmanji u populaciji P3 (Rastičevske Poljane). Najviši koeficijent varijabilnosti za maseni udjel pepela ima populacija P1 (Učka), a najmanji populacija P2 (Risnjak).

**Tablica 2.** Rezultati deskriptivne statistike za morfološka i kemijska svojstva plodova maline na području Hrvatske i Bosne i Hercegovine. Akronimi populacija: P1–Učka; P2–Risnjak; P3–Restičevske Poljane; P4–Vrhovi; P5–Jurička Plazenica. m–masa plodova; NF–broj koštunica. Deskriptivni statistički pokazatelji: M–aritmetička sredina; MIN–minimalna vrijednost; MAX–maksimalna vrijednost; SD–standardna devijacija; CV–koeficijent varijabilnosti (%).

| Značajka | Deskriptivni pokazatelj | P1    | P2    | P3    | P4    | P5    | Ukupno |
|----------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| m        | M                       | 0,77  | 0,81  | 0,92  | 0,80  | 1,01  | 0,87   |
|          | SD                      | 0,12  | 0,13  | 0,14  | 0,12  | 0,16  | 0,16   |
|          | MIN                     | 0,66  | 0,68  | 0,74  | 0,65  | 0,79  | 0,65   |
|          | MAX                     | 0,93  | 0,94  | 1,06  | 1,00  | 1,26  | 1,26   |
|          | CV (%)                  | 16,11 | 15,51 | 14,90 | 15,17 | 15,46 | 18,28  |
| NF       | M                       | 20,34 | 23,75 | 29,63 | 26,13 | 29,19 | 26,10  |
|          | SD                      | 2,05  | 1,15  | 2,16  | 3,34  | 2,19  | 4,17   |
|          | MIN                     | 17,20 | 22,60 | 26,70 | 22,30 | 25,60 | 17,20  |
|          | MAX                     | 22,20 | 24,90 | 31,90 | 31,70 | 31,90 | 31,90  |
|          | CV (%)                  | 10,09 | 4,84  | 7,29  | 12,78 | 7,49  | 15,96  |
| Voda     | M                       | 81,95 | 86,12 | 81,74 | 79,58 | 81,82 | 81,81  |
|          | SD                      | 3,14  | 1,46  | 1,30  | 1,65  | 2,80  | 2,85   |
|          | MIN                     | 76,66 | 84,66 | 80,61 | 76,87 | 75,84 | 75,84  |
|          | MAX                     | 85,28 | 87,58 | 83,51 | 81,72 | 84,23 | 87,58  |
|          | CV (%)                  | 3,83  | 1,69  | 1,59  | 2,07  | 3,42  | 3,48   |
| Proteini | M                       | 2,25  | 1,53  | 1,73  | 1,78  | 2,39  | 2,01   |
|          | SD                      | 0,98  | 0,00  | 0,77  | 0,58  | 0,41  | 0,67   |
|          | MIN                     | 1,70  | 1,53  | 0,63  | 0,64  | 1,97  | 0,63   |
|          | MAX                     | 3,99  | 1,53  | 2,39  | 2,21  | 3,12  | 3,99   |
|          | CV (%)                  | 43,56 | 0,15  | 44,54 | 32,40 | 16,93 | 33,52  |
| Pepeli   | M                       | 0,53  | 0,45  | 0,44  | 0,55  | 0,50  | 0,50   |
|          | SD                      | 0,12  | 0,02  | 0,03  | 0,05  | 0,06  | 0,08   |
|          | MIN                     | 0,36  | 0,43  | 0,41  | 0,49  | 0,44  | 0,36   |
|          | MAX                     | 0,65  | 0,46  | 0,48  | 0,63  | 0,60  | 0,65   |
|          | CV (%)                  | 23,30 | 3,59  | 6,84  | 9,80  | 11,72 | 15,42  |

## 4.2 Analiza varijance - ANOVA

Provedenom analizom varijance utvrđeno je da se populacije statistički značajno razlikuju u količini vode u plodovima ( $p = 0,03$ ), masi plodova ( $p = 0,00$ ) i broju koštunica ( $p = 0,02$ ). Značajne razlike nisu utvrđene u količini proteina ( $p = 0,22$ ) i pepela ( $p = 0,10$ ).

Rezultati komparacije parova populacija prikazani su u Tablici 3. Najveće razlike utvrđene su između populacija P2 (Risnjak) i P5 (Jurička Plazenica), koje se značajno razlikuju na temelju tri značajke plodova (m, NF, voda), dok su se najslabijima pokazale populacije P3 (Restičevske Poljane) i P5 (Jurička Plazenica), koje se ne razlikuju ni po jednoj značajki. Parovi populacija koje se značajno razlikuju po dvije značajke plodova su: P1 (Učka) i P4 (Vrhovi) (NF, voda); P1 (Učka) i P5 (Jurička Plazenica) (m, NF); P2 (Risnjak) i P3 (Restičevske Poljane) (NF, voda); P3 (Restičevske Poljane) i P4 (Vrhovi) (NF, pepeli); i P4 (Vrhovi) i P5 (Jurička Plazenica) (m, NF). Populacije P1 (Učka) i P2 (Risnjak) te P1 (Učka) i P3 (Restičevske Poljane) se međusobno razlikuju samo za jedno svojstvo, po udjelu vode, odnosno broju koštunica. Zanimljivo, maseni udjel proteina u plodovima značajno se ne razlikuje niti u jednog para populacija.

**Tablica 3.** Rezultati komparacije parova populacija za istraživana morfološka i kemijska svojstva plodova maline, korištenjem Fisherovog LSD testa. Akronimi populacija: P1-Učka; P2-Risnjak; P3-Restičevske Poljane; P4-Vrhovi; P5-Jurička Plazenica. m-masa ploda; NF-broj koštunica.

|    | P1       | P2          | P3         | P4    |
|----|----------|-------------|------------|-------|
| P2 | voda     |             |            |       |
| P3 | NF       | NF, voda    |            |       |
| P4 | NF, voda | pepeli      | NF, pepeli |       |
| P5 | m, NF    | m, NF, voda |            | m, NF |

## 4.3 Korelacijska analiza

Rezultati korelacijske analize prikazani su u Tablici 4. Ukupno je utvrđeno pet pozitivnih korelacija između istraživanih značajki, od 10 mogućih. Masa ploda (m) bila je značajnoj pozitivnoj korelaciji s brojem koštunica (NF) te u značajnoj negativnoj korelaciji s udjelom pepela. Udio vode bio je značajnoj negativnoj korelaciji s udjelom proteina i pepela, dok su udjeli pepela i proteina bili u međusobno značajnoj pozitivnoj korelaciji.

**Tablica 4.** Rezultati korelacijske analize između istraživanih morfoloških i kemijskih svojstava plodova maline.  $*0,01 < p < 0,05$ ;  $**0,001 < p < 0,01$ ;  $***p < 0,001$ .

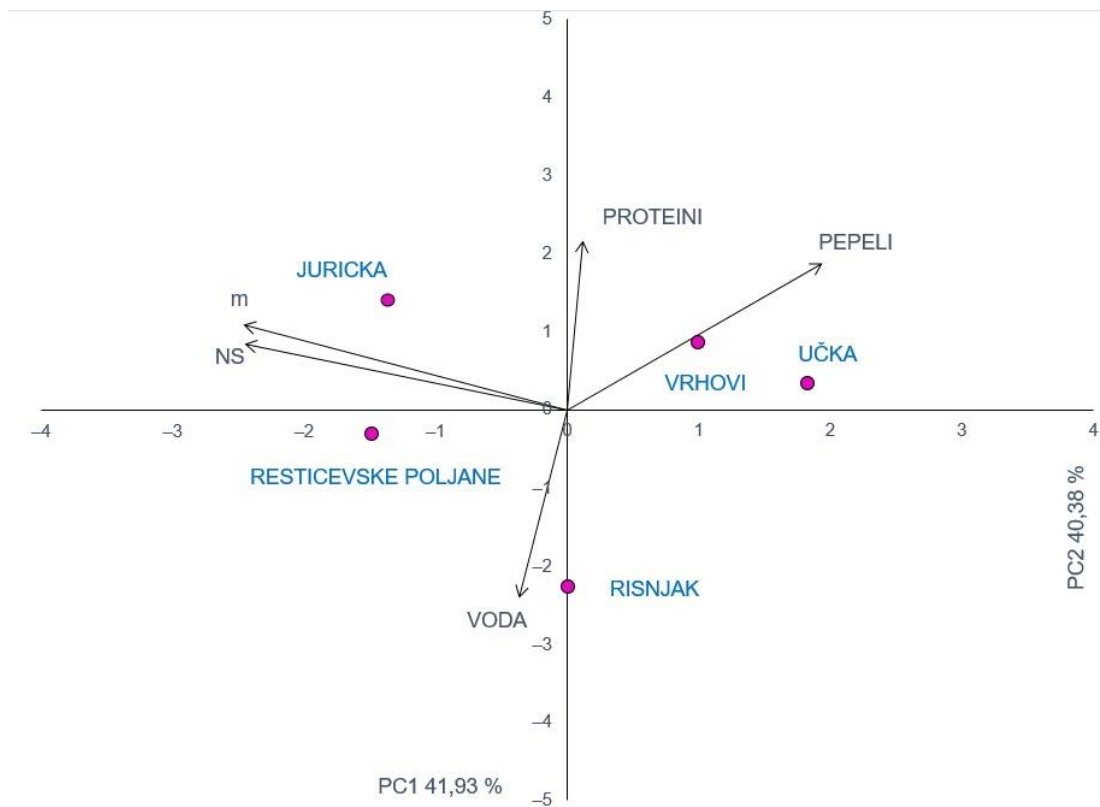
| Značajka | m             | NF     | Voda          | Proteini     |
|----------|---------------|--------|---------------|--------------|
| m        |               |        |               |              |
| NF       | <b>0,538</b>  |        |               |              |
| Voda     | 0,231         | -0,124 |               |              |
| Proteini | -0,038        | 0,122  | <b>-0,422</b> |              |
| Pepeli   | <b>-0,408</b> | -0,210 | <b>-0,714</b> | <b>0,462</b> |

#### 4.4 Analiza glavnih sastavnica

Provedena analiza glavnih sastavnica prikazana je u Tablici 5 i na Slici 8. Provedenom analizom utvrđeno je da prve četiri glavne sastavnice kumulativno objašnjavaju 100 % ukupne varijabilnosti. Prva sastavnica (PC1) objašnjavala je 41,93 % ukupne varijabilnosti, druga 40,38 %, a treća 15,77 %. Ostatak od 1,91 % objašnjavala je četvrta glavna sastavnica. Pearsonovi korelacijski koeficijenti između morfoloških i kemijskih svojstava plodova maline te glavnih sastavnica (PC1, PC2, PC3, PC4) ukazuju na sljedeće: prva glavna sastavnica (PC1) u visokoj je negativnoj korelaciji s masom plodova (m) i brojem koštunica (NF) te u pozitivnoj korelaciji s udjelom pepela. Druga glavna sastavnica u visokoj je negativnoj korelaciji s udjelom vode te u pozitivnoj s udjelom proteina. Druge dvije glavne sastavnice nisu pokazale visoke korelacije sa značajkama plodova. Na slici 6. vidljivo je odvajanje populacija Jurička Plazenica i Restičevske Poljane na lijevoj strani, koje su imale najteže plodove s najvećim brojem koštunica, a na desnoj strani populacije Vrhovi i Učka, koje je karakterizirao najveći udjel pepela. Po drugoj osi najviše se izdvaja populacija Risnjak, koja je imala najveći udjel vode u plodovima.

**Tablica 5.** Pearsonov korelacijski koeficijent između morfoloških i kemijskih svojstava plodova maline i prvih pet glavnih sastavnica: m-masa ploda; NF-broj koštunica.

| Značajka              | PC-glavna sastavnica |        |        |        |
|-----------------------|----------------------|--------|--------|--------|
|                       | PC1                  | PC2    | PC3    | PC4    |
| m                     | -0,892               | 0,389  | -0,216 | 0,077  |
| NF                    | -0,888               | 0,301  | 0,339  | 0,072  |
| Voda                  | -0,132               | -0,860 | -0,464 | 0,169  |
| Proteini              | 0,043                | 0,769  | -0,633 | -0,074 |
| Pepeli                | 0,702                | 0,668  | 0,106  | 0,225  |
| Svojstvena vrijednost | 2,10                 | 2,02   | 0,79   | 0,10   |
| %Ukupno               | 41,93                | 40,38  | 15,77  | 1,91   |
| Kumulativno           | 41,93                | 82,31  | 98,09  | 100    |



**Slika 8.** Grafički prikaz analize glavnih sastavnica (PCA) na temelju dvije morfološke i tri kemijske značajke plodova maline.

## 5. RASPRAVA

Iako do sada nije provedeno puno istraživanja o morfološkim značajkama plodova divlje maline, osnovne botaničke opise dalo je nekoliko autora. Prema (Idžojtić, 2013) plod maline je zbirna koštunica, veličine 1 do 1,5 cm, građena od velikog broja crvenih, kuglastih jednokoštunica. Promatramo li masu plodova, s prosječnom masom od 0.86 g, plodovi maline u ovom istraživanju nešto su lakši od onih iz prirodnih populacija u Turskoj, gdje je prosječna masa plodova bila 1,71 g (Tosun i dr. 2009).

Istraživanja kemijskog sastava plodova uglavnom su usmjerena na antioksidanse i druge biokemijske spojeve (Mazur i dr. 2022; Tao i dr. 2023). Našim istraživanjem utvrđeno je da voda čini između 79 i 86 % ploda maline, što je isto ili nešto više od udjela vode u kultiviranim malinama (Mazur i dr. 2022). Nadalje, hrvatske populacije malina pokazale su se bogatijima proteinima u odnosu na one s Kosova (Koraqi i dr. 2019). Iako nisu dio našeg istraživanja, šećeri čine oko 4,5 % ploda maline (Koraqi i dr. 2019), a daljnja istraživanja bit će usmjerena upravo na tu komponentu plodova. Da maline obiluju kemijskim spojevima, dokazao je istraživački tim iz Kine, koji je izolirao čak 194 različita spoja iz plodova maline, a najbrojniji među tim spojevima bili su fenoli, terpenoidi, alkaloidi, steroidi i masne kiseline (Tao i dr. 2023). Prema (Mazur i dr. 2014) glavni fenolni spojevi u plodovima su elagitanini i antocijani, koji čine 57 % i 42 % kvantificiranih fenolnih spojeva. Ti fenolni spojevi služe kao prirodna zaštita biljke te su poznati po svojoj visokoj antioksidativnoj sposobnosti (Lopez-Corona i dr. 2022).

Korelacijska analiza pokazala je statistički značajnu pozitivnu korelaciju između morfoloških značajki ploda. Takav rezultat ne iznenađuje s obzirom na to da je isti obrazac potvrđen i za mnoge druge vrste i njihove plodove, kao što su jabuke (De Salvador i dr. 2006), nar (Wetzstein i dr. 2011) i kruške (Zarei i dr. 2019; Vidaković i Poljak 2024; Vidaković i dr. 2024). Utvrđeno je i nekoliko, uglavnom negativnih korelacija između kemijskih značajki. Naime, analiza je pokazala da je maseni udjel vode u negativnoj korelaciji s masenim udjelima proteina i pepela, odnosno da što je više vode, manje je navedenih komponenti i obrnuto. Negativan odnos između vode i proteina ranije je zabilježen u plodova avokada (Blakey i dr. 2012).

Analiza glavnih sastavnica pokazala je odvajanje populacija Restičevske Poljane i Jurička Plazenica od ostalih populacija. Te su se populacije odlikovale najtežim plodovima s najvećim brojem koštunica. Odvajanje tih populacija vjerojatno je rezultat ekoloških i stanišnih uvjeta. Naime, obje populacije se nalaze na južnim i osunčanim padinama, a poznato je da izloženost sunčevom svjetlu pozitivno utječe na veličinu ploda, što je potvrđeno u maslina (Reale i dr. 2019) i jabuka (Robinson i dr. 1983). Plodovi koji primaju dovoljno sunčeve svjetlosti gube više vode tijekom dana od onih u zasjeni, ali to također uzrokuje da voće izloženo suncu dobije više šećera, flavonoida i hranjivih tvari, što potiče veći rast ploda preko noći (van Den Ende 2021). Da okolišni čimbenici, kao što je npr. nadmorska visina, utječu na strukturiranost populacija maline, potvrđeno je i u genetičkim istraživanjima (Veljković i dr. 2019).

## 6. ZAKLJUČCI

Završni rad obuhvaćao je pet prirodnih populacija divlje maline, od kojih su tri sakupljene na području Bosne i Hercegovine (Rastičevske Poljane, Vrhovi i Jurička Plazenica), a dvije na području Hrvatske (Učka i Risnjak). Istraživanjem su utvrđene statistički značajne razlike među populacijama u pogledu mase plodova, broja koštunica i udjela vode. Populacije Jurička Plazenica i Rastičevske Poljane istaknule su se s najtežim plodovima i najvećim brojem koštunica, dok su populacije Vrhovi i Učka imale najveći udjel pepela. Osim toga, utvrđeno je da maseni udjel vode negativno korelira s masenim udjelima proteina i pepela, dok su masa i broj koštunica bili u pozitivnoj korelaciji. Odvajanje populacija s južnih, osunčanih ekspozicija sugerira da ekološki uvjeti igraju ključnu ulogu u razvoju morfoloških karakteristika plodova. Ovo istraživanje doprinosi razumijevanju morfološke i kemijske varijabilnosti plodova divlje maline, naglašavajući ulogu ekoloških faktora u razvoju plodova. Osim toga, istraživanje kemijskog sastava plodova, koje do sada nije provedeno na ovom području, pruža nove spoznaje i ukazuje na potencijal za njihovu primjenu u poljoprivredi i farmaciji.

## 7. LITERATURA

- Ahmed, M., Anjum, M. A., Khaqan, K., Hussain, S., 2014: Biodiversity in morphological and physico-chemical characteristics of wild raspberry (*Rubus idaeus* L.) germplasm collected from temperate region of Azad Jammu & Kashmir (Pakistan). *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*, 13: 117–134.
- Alice, L. A., Goldman, D. H., Macklin, J. A., Moore, G., 2014: *Rubus* (Rosaceae). U: *Flora of North America North of Mexico*, Vol. 9. New York and Oxford, Oxford University Press, pp. 28–56.
- AOAC Official method 923.03, 2000: Fruits and fruit products – Ash content in fruits and fruit products; AOAC International: Gaithersburg, MD, USA.
- AOAC Official method 925.03, 2000: Fruits and fruit products – Moisture in fruits and fruit products; AOAC International: Gaithersburg, MD, USA.
- AOAC Official method 992.15, 2000: Fruits and fruit products – Crude proteins in fruits and fruit products; AOAC International: Gaithersburg, MD, USA.
- Augšpole, I., Dimiņš, F., Romanova, I., Linina, A., 2020: Characterization of red raspberry (*Rubus idaeus* L.) for their physicochemical and morphological properties. *Agronomy Research* 19: 1227–1233. <https://doi.org/10.15159/AR.21.077>.
- Blakey, R. J., Tesfay, S. Z., Bertling, I., Bower, J. P., 2012: Changes in sugars, total protein, and oil in ‘Hass’ avocado (*Persea americana* Mill.) fruit during ripening. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 87: 381–387. <https://doi.org/10.1080/14620316.2012.11512880>.
- Cattell, R. B., (1966) The scree test for the number of factors. *Multivariate Behavioral Research*, 1: 245–276. [https://doi.org/10.1207/s15327906mbr0102\\_10](https://doi.org/10.1207/s15327906mbr0102_10).
- De Salvador, F., Fisichella, M., Fontanari, M., 2006: Correlations between fruit size and fruit quality in apple trees with high and standard crop load levels. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 14: 113–122.
- Dujmović Purgar, D., Šindrak, Z., Voća, S., Šnajder, I., Vokoruka, A., Duralija, B., 2007: Rasprostranjenost roda *Rubus* u Hrvatskoj. *Pomologia Croatica: Glasilo Hrvatskog agronomskog društva*, 13: 105–114.
- Focke, W. O., 1910: *Species Ruborum Monographiae Generis Rubi Prodrumus*. *Bibliotheca Botanica*, E. Schweizerbart, Stuttgart, Njemačka, 274 str.
- Focke, W. O., 1911: *Species Ruborum Monographiae Generis Rubi Prodrumus*. *Bibliotheca Botanica*, E. Schweizerbart, Stuttgart, Njemačka, 219 str.
- Focke, W. O., 1914: *Species Ruborum Monographiae Generis Rubi Prodrumus*. *Bibliotheca Botanica*, E. Schweizerbart, Stuttgart, Njemačka, 274 str.
- Graham, J., Brennan, R., 2018: *Introduction to the Rubus Genus*. U: *Raspberry, breeding, challenges and advances*. Berlin, Njemačka, Springer, 164 str.
- Herman, J., 1971: *Šumarska dendrologija*, Stanbiro, Zagreb, 470 str.
- Idžojtić, M., 2013: *Dendrologija cvijet, češer, plod, sjeme*. Zagreb, Hrvatska, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski Fakultet, 671 str.
- Koraqi, H., Durmishi, N., Rizani, K. L., Rizani, S., 2019: Chemical composition and nutritional value of raspberry fruit (*Rubus idaeus* L.). *UBT International Conference*, 397.
- Koutecký, P., 2015: MorphoTools: A set of R functions for morphometric analysis. *Plant Systematics and Evolution*, 301: 1115–1121.



- Kremer D., Kušić Tomaić I., 2015: Od sjemenke do ploda. Vodič kroz svijet drveća i grmlja Nacionalnog parka Sjeverni Velebit. Krasno, Hrvatska, Javna ustanova „Nacionalni Park Sjeverni Velebit“, 302 str.
- Krüssmann, G., 1962: Handbuch der Laubgehölze. Paul Parey, Berlin, 608 str.
- Lopez-Corona, A. V., Valencia-Espinosa, I., González-Sánchez, F. A., Sánchez-López, A. L., Garcia-Amezquita, L. E., Garcia-Varela, R., 2022: Antioxidant, anti-inflammatory and cytotoxic activity of phenolic compound family extracted from raspberries (*Rubus idaeus*): A general review. *Antioxidants*, 11: 1192. <https://doi.org/10.3390/antiox11061192>.
- Maslov Bandić, L., Jenić, M., Duralija, B., 2020: Bioaktivni spojevi u plodu, listu i sjemenci maline (*Rubus idaeus* L.). *Glasnik Zaštite Bilja*, 43: 50–55. <https://doi.org/10.31727/gzb.43.5.6>
- Mazur, S. P., Nes, A., Wold, A.-B., Remberg, S. F., Aaby, K., 2014: Quality and chemical composition of ten red raspberry (*Rubus idaeus* L.) genotypes during three harvest seasons. *Food Chemistry*, 160: 233–240. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.02.174>.
- McGarigal, K., Cushman, S., Stafford, S., 2000: Multivariate statistics for wildlife and ecology research. New York, Springer Verlag, 283 str.
- Meng, Q., Manghwar, H., Hu, W., 2022: Study on supergenus *Rubus* L.: Edible, medicinal, and phylogenetic characterization. *Plants*, 11: 1211. <https://doi.org/10.3390/plants11091211>.
- Nikolić D., Milivojević J. M., 2015: Jagodaste voćke – tehnologija gajenja, Beograd, Srbija, Biograf d.o.o, 594 str.
- R Core Team R, 2016: A Language and environment for statistical computing. R foundation for statistical computing, Beč. Dostupno online: <http://www.R-project.org/>.
- Reale, L., Nasini, L., Cerri, M., Regni, L., Ferranti, F., Proietti, P., 2019: the influence of light on olive (*Olea europaea* L.) fruit development is cultivar dependent. *Frontiers in Plant Science*, 10: 385. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00385>.
- Robinson, T. L., Seeley, E. J., Barritt, B. H., 1983: Effect of light environment and spur age on ‘Delicious’ apple fruit size and quality. *Journal of American Society for Horticultural Sciences*, 108: 855–861.
- Sokal, R. R., Rohlf, F. J., 2012: Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. New York, W.H. Freeman and Co., 776 str.
- StatSoft, Inc. 2001: STATISTICA (data analysis software system), version 8.0.
- Šilić, Č., 2005: Atlas dendroflora (drveće i grmlje) Bosne i Hercegovine. Matica Hrvatska Čitluk, Franjevačka kuća Masna Luka, Široki Brijeg, BiH, 578 str.
- Tao, Y., Bao, J., Zhu, F., Pan, M., Liu, Q., Wang, P., 2023: Ethnopharmacology of *Rubus idaeus* Linnaeus: A critical review on ethnobotany, processing methods, phytochemicals, pharmacology and quality control. *Journal of Ethnopharmacology*, 302: 115870. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2022.115870>.
- Tosun, M., Ercisli, S., Karlidag, H., Sengul, M., 2009: Characterization of red raspberry (*Rubus idaeus* L.) genotypes for their physicochemical properties. *Journal of Food Science*, 74: 575–579. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01297.x>.
- Van Den Ende, B., 2021: Effects of shade on trees & fruit. *Tree Fruit* 2021.

- Veljković, B., Šoštarić, I., Dajić-Stevanović, Z., Liber, Z., Šatović, Z., 2019: Genetic structure of wild raspberry populations in the Central Balkans depends on their location and on their relationship to commercial cultivars. *Scientia Horticulturae*, 256: 108606. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108606>.
- Vidaković, A., Poljak I., 2024: Fruit morphological variability and chemical composition in European wild pear (*Pyrus pyraster* (L.) Burgsd.) natural populations, *Genetic Resources and Crop Evolution*. <https://doi.org/10.1007/s10722-024-01912-9>.
- Vidaković, A., Radunić, M., Poljak, I., 2024: Variation in chemical composition and fruit morphometric traits of almond-leaved pear (*Pyrus spinosa* Forssk.) natural populations. *Genetic Resources and Crop Evolution*. <https://doi.org/10.1007/s10722-024-02059-3>
- Wetzstein, H. Y., Zhang, Z., Ravid, N., Wetzstein, M. E., 2011: Characterization of attributes related to fruit size in pomegranate. *HortScience*, 46: 908–912. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.46.6.908>
- WFO, 2024: World Flora Online. <https://www.worldfloraonline.org/>
- Zarei, A., Erfani-Moghadam, J., Jalilian, H., 2019: Assessment of variability within and among four *Pyrus* species using multivariate analysis. *Flora*, 250: 27–36. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2018.11.016>