

# Morfološke značajke agregata *Hordeum murinum* (Poaceae)

---

**Bešenić, Martina**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2018**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:225415>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-23**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno-matematički fakultet

Biološki odsjek

Martina Bešenić

**Morfološke značajke agregata *Hordeum murinum* (Poaceae)**

Diplomski rad

Zagreb, 2018.

Ovaj rad, izrađen na Botaničkom zavodu Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Antuna Alegra, predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja mag. oecol. et prot. nat.

## Zahvale

*Zahvaljujem mentoru izv.prof.dr.sc. Antunu Alegru na strpljenju i vođenju kroz izradu diplomskog rada, kao i na danoj prilici za obradu ove zanimljive teme. Hvala Vedranu Šegoti na susretljivosti i svakoj pomoći pri radu s herbarskim materijalom.*

*Posebno želim zahvaliti svojim roditeljima što su mi omogućili studiranje i podržali me na tom poduljem putu. Hvala teti i sestri što su vjerovale u mene i onda kada ja to nisam.*

*Također hvala mojoj muzi, kolegici Zvezdani, na njenim neiscrpnim biserima (mudrosti) koji su me inspirirali i motivirali završiti fakultet.*

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno-matematički fakultet

Biološki odsjek

Diplomski rad

## **Morfološke značajke agregata *Hordeum murinum* (Poaceae)**

Martina Bešenić

Rooseveltovo trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Mišji ječam ili stoklasa (*Hordeum murinum* s.l.) je široko rasprostranjena korovna trava koja se zbog postojanja nekoliko morfološki sličnih svojiti referira kao agregat *Hordeum murinum*. U Hrvatskoj su zastupljene dvije podvrste, *H. murinum* subsp. *murinum* i *H. murinum* subsp. *leporinum*. Načelno su različite ekogeografske distribucije i morfoloških obilježja, no zbog preklapanja kako areala tako i morfoloških značajki, nerijetko je teško sa sigurnošću razlučiti dvije svojte. Cilj rada bio je opisati morfološku varijabilnost građe cvata unutar pojedine svojte i ustanoviti razlike među svojtima, te utvrditi najrelevantnije značajke za njihovo raspoznavanje. Istraživanje je provedeno na herbarijskom materijalu. Promatrano je 20 morfoloških značajki od kojih su se za razlikovanje podvrsta najznačajnijim pokazale duljina stapke središnjeg klasića, duljina osati središnjeg klasića, omjer košuljica, dlakavost košuljice bočnog klasića te dlakavost unutarnje pljeve bočnog klasića, a također je istaknuta i važnost relativnog odnosa veličina između klasića. Na osnovi morfološke analize predložen je determinacijski ključ za dvije podvrste i redeterminiran herbarijski materijal. Dobivena karta rasprostranjenosti ukazuje da je *H. murinum* subsp. *murinum* u Hrvatskoj pretežno kontinentalna svojta dok je *H. murinum* subsp. *leporinum* izraženog sredozemnog karaktera.

(46 stranica, 21 slika, 6 tablica, 48 literaturnih navoda, 6 priloga, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici.

Ključne riječi: subsp. *murinum* / subsp. *leporinum* / morfometrijska analiza / razlikovanje podvrsta / determinacija

Mentor: dr. sc. Antun Alegro, izv. prof.

Ocjenjivači: dr. sc. Antun Alegro, izv. prof.

dr. sc. Petar Kružić, izv. prof.

dr. sc. Duje Lisičić, doc.

Rad prihvaćen: 04.07.2018.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

University of Zagreb

Faculty of Science

Department of Biology

Graduation Thesis

### **Morphological characteristics of *Hordeum murinum* aggregate (Poaceae)**

Martina Bešenić

Rooseveltovej trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

Wall barley or mouse barley (*Hordeum murinum* s.l.) is a widespread weedy grass often referred as *Hordeum murinum* aggregate due to the presence of several morphologically similar forms. In Croatia two subspecies are present, *H. murinum* subsp. *murinum* and *H. murinum* subsp. *leporinum*. Theoretically they have different ecogeographical distribution and spikelet morphology, but they tend to overlap on both terms so it is often difficult to distinguish them from one another. The aim of this research was to describe variability in spike morphology for each subspecies, find differences between them, and determine the most relevant differential features. The study was carried out on herbarium material. Out of 20 morphological characteristics examined, the most useful ones for subspecies differentiation are central pedicel length, central awn length, palea ratio, hairiness of lateral palea and hairiness of lateral spikelet's inner glume. For determination the relevance of proportion between spikelets is also highlighted. On the basis of morphological analysis a determination key has been proposed and herbarium material was redetermined. The given distribution map shows that in Croatia *H. murinum* subsp. *murinum* is mostly continental while *H. murinum* subsp. *leporinum* is predominantly of a Mediterranean character.

(46 pages, 21 figures, 6 tables, 48 references, 6 appendices, original in: Croatian)

Thesis deposited in Central Biological Library.

Key words: subsp. *murinum* / subsp. *leporinum* / morphometric analysis / subspecies  
differentiation / determination

Supervisor: Dr. Antun Alegro, Assoc. Prof.

Rewiewers: Dr. Antun Alegro, Assoc. Prof.

Dr. Petar Kružić, Assoc. Prof.

Dr. Duje Lisičić, Asst. Prof.

Thesis accepted: 04.07.2018.

# Sadržaj

1. UVOD.....	1
1.1. Rasprostranjenost .....	1
1.2. Izgled i građa cvata .....	3
1.3. Morfološka varijabilnost i problematika agregata .....	5
1.4. Cilj istraživanja .....	9
2. MATERIJAL I METODE .....	10
2.1. Biljni materijal i istraživane značajke .....	10
2.2. Obrada podataka.....	11
2.3. Determinacijski ključ i karta rasprostranjenosti.....	12
3. REZULTATI .....	13
3.1. Opisna statistika .....	13
3.2. Statistički testovi .....	23
3.3. Klasterska analiza.....	23
3.4. Multivarijatna statistika.....	25
3.5. Determinacijski ključ .....	29
3.6. Karta rasprostranjenosti.....	29
4. RASPRAVA .....	31
5. ZAKLJUČAK.....	40
6. LITERATURA .....	41
7. ŽIVOTOPIS.....	45
8. PRILOZI .....	46

## POPIS KRATICA

Kroz rad se spominju sljedeće kratice sa navedenim značenjem:

**Hmm** – označava *Hordeum murinum* subsp. *murinum*

**Hml** – označava *Hordeum murinum* subsp. *leporinum*

**Hmg** – označava *Hordeum murinum* subsp. *glaucum*

Upotrebljavaju se i skraćeni nazivi struktura cvata koji označavaju:

**triplet** – tročlana skupina klasića

**središnja stapka** – stapka središnjeg klasića

**središnja košuljica** – košuljica cvijeta središnjeg klasića

**središnja osat** – osat cvijeta središnjeg klasića

**središnji obuvenac** – obuvenac cvijeta središnjeg klasića

**središnja pljeva** – pljeva središnjeg klasića

**središnja rahila** – rahila središnjeg klasića

**bočna stapka** – stapka bočnog klasića

**bočna košuljica** – košuljica cvijeta bočnog klasića

**bočna osat** – osat cvijeta bočnog klasića

**bočni obuvenac** – obuvenac cvijeta bočnog klasića

**bočna pljeva** – pljeva bočnog klasića



## 1. UVOD

Agregat *Hordeum murinum* je skupina morfološki sličnih svojiti različite razine ploidnosti i gotovo kozmopolitske rasprostranjenosti. Članovi agregata u početku su opisani kao zasebne vrste, no njihov je taksonomski položaj preispitivan raznim istraživanjima s ciljem utvrđivanja jesu li međusobno više slični ili različiti. U nedostatku jednoznačnog rješenja, vrste su okupljene u agregat kao odgovor na njihovu morfološku varijabilnost i zamršenu molekularnu povezanost. Danas se te vrste tretiraju kao podvrste *H. murinum* L.: subsp. *murinum*, subsp. *leporinum* (Link) Arcang. i subsp. *glaucum* (Steud.) Tzvel. (Jacobsen i Bothmer 1995). Dvije podvrste endemskog karaktera poznate samo s par lokaliteta u Španjolskoj i Grčkoj, subsp. *montanum* (Hackel) H. Scholz & Raus odnosno subsp. *setariurum* H. Scholz & Raus (Scholz i Raus 1997), općenito su zanemarene tako da se pod pojmom agregata prvenstveno misli na prve tri široko rasprostranjene svojte.

Iz flore Republike Hrvatske poznate su dvije podvrste – *H. murinum* subsp. *murinum* i *H. murinum* subsp. *leporinum* (Nikolić 2015). Obje pokazuju veliku varijabilnost u morfologiji klasića, a kako im se areali međusobno preklapaju njihovo razlikovanje nije uvijek jednostavno.

### 1.1. Rasprostranjenost

Agregat je autohton u Europi i Aziji a samu je vrstu, stoklasa ili mišji ječam *Hordeum murinum* sensu stricto, opisao Linnaeus 1753. godine na prostoru centralne Europe (Jacobsen i Bothmer 1995), gdje generalno i dolazi samo *H. murinum* subsp. *murinum* (u daljnjem tekstu Hm). On je svojstven za umjerena područja Europe, gdje mu se kao južna granica rasprostranjenja navodi centralna Španjolska i središnja Italija, sjeverna Grčka i poluotok Krim (Hand 2000), odnosno okvirno 40° N. U toplijim krajevima areala dolazi na višim nadomorskim visinama gdje je hladnije i vlažnije (Giles i Lefkovitch 1986).

*H. murinum* subsp. *leporinum* (u daljnjem tekstu Hml) nastanjuje toplije i suše dijelove Europe sa mediteranskim tipom klime, Sjevernu Afriku i regiju Jugozapadne Azije, a istočno se prostire do Kazahstana, Tadjikistana i Pakistana. *H. murinum* subsp. *glaucum* (u daljnjem tekstu Hmg) javlja se samo u najtoplijim i najsušim dijelovima areala agregata, a u Europi je zabilježen

u Španjolskoj, Grčkoj, Italiji i Cipru (Jogan 2017). Iako su generalno klimatski diferencirane, podvrste se ipak značajno preklapaju u svojim arealima, a to je posebice izraženo na prostoru istočnog Mediterana. Kako su tamo prisutni svi citotipovi, smatra se da agregat potječe upravo s tog područja (Booth i Richards 1976, 1978).

Ova je trava introducirana u druge dijelove svijeta (Južna Afrika, Amerike, Australija, Novi Zeland) gdje se uspješno proširila kao korov (Davison 1971) te se *H. murinum* s.l. smatra najrasprostranjenijom vrstom roda *Hordeum* (Jacobsen i Bothmer 1995, Bothmer 1996).

Mišji ječam je uglavnom predstavnik ruderalnih i umjereno remećenih staništa nizinskih područja. Kao korovna trava (**Slika 1**) urbanih i ruralnih naselja najčešće raste uz putove, ceste, tračnice, zidove i kanale; tolerira gaženje i ispašu ali generalno ne uspjeva na sjenovitim mjestima (Davison 1970, 1971). Sve svojte agregata traže izloženost suncu i dobro podnose suhoću tla. U umjerenim regijama Europe poznata je zajednica *Hordeetum murini* (ili *Bromo-Hordeetum murini*) (Eliáš 1979) prisutna i u Hrvatskoj, koju južnije zamjenjuje zajednica *Hordeetum leporini* (Marković-Gospodarić 1965). Vrsta je ponegdje važna komponenta pašnjaka (Cocks i sur. 1976, El-Shatnawi i sur. 1999, Ljubičić i sur. 2012) ili se sije kao stočna hrana (El-Shatnawi i sur. 2003).



**Slika 1.** Tipično stanište *Hordeum murinum* s.l. u urbanim sredinama (foto. M. Bešenić).

Trava klije ujesen (od rujna do prosinca, ovisno o geografskoj širini i nadmorskoj visini) nakon čega prezimljava u nepotpunoj dormanciji, razvoj nastavlja u proljeće a cvate početkom

ljeta (Davison 1971). Za cvjetanje je izgleda potrebna vernalizacija pa u prirodi nije primijećeno proljetno klijanje, a jedinke eksperimentalno proklijale u proljeće cvatu tek sljedeće godine (Davison 1977).

## 1.2. Izgled i građa cvata

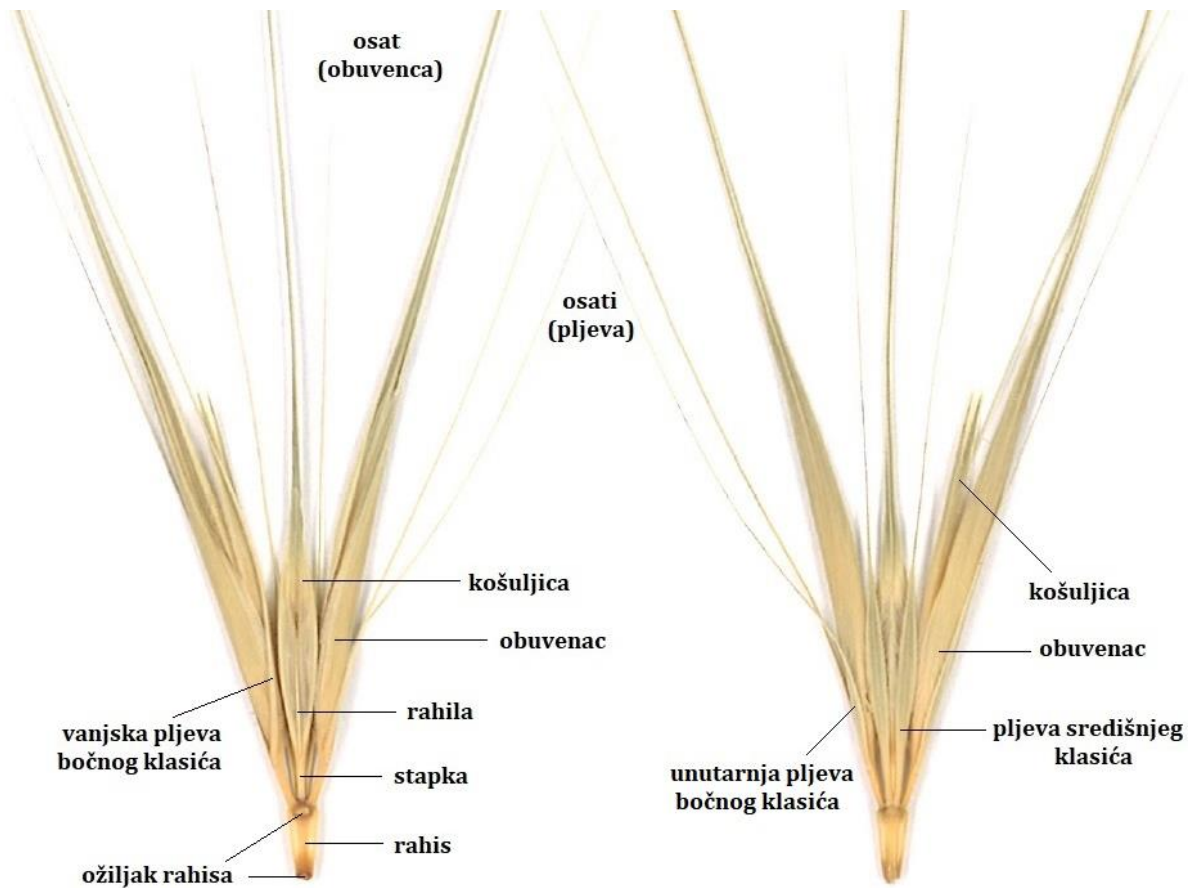
*H. murinum* je jednogodišnja trava koja raste u busenima (**Slika 1**; desno). Stabljika je člankovita i uspravna, od 10 – 50 cm visine, a listovi izlaze iz nodija gdje na spoju lisne plojke i rukavca lista postoje karakteristične uške ili aurikule. Svaka stabljika završava skupnim cvatom u obliku klasa, dužine od 5 – 10 cm i širine do 2 cm. Boja zrelog klasa varira od zelene i smeđe do ljubičastih tonova ovisno o podvrsti (Jacobsen i Bothmer 1995), a nakon razvoja sjemena os cvata postaje lomljiva pa klas lako puca i naposljetku se raspada (Humphries 1980, Davison 1971, Booth i Richards 1976). Klas (sastavljeni cvat) grade skupine klasića koje međusobno alterniraju duž osi cvata (**Slika 2**).



**Slika 2.** Cvat ječma: dio nezrelog klasa gdje su skupine klasića još čvrsto spojene zajedno (lijevo) i izdvojena jedna skupina klasića (desno) (foto: M. Bešenić).

Svaka skupina klasića (takozvani *triplet*, u daljnjem tekstu triplet) (**Slika 3**) sastoji se od tri jednocvjetna klasića, od kojih središnji sadrži dvospolan cvijet a bočni klasići su muški ili rijede sterilni (Booth i Richards 1976, Nikolić 2017). Klasiće u tripletu zajedno nosi kratka os cvata

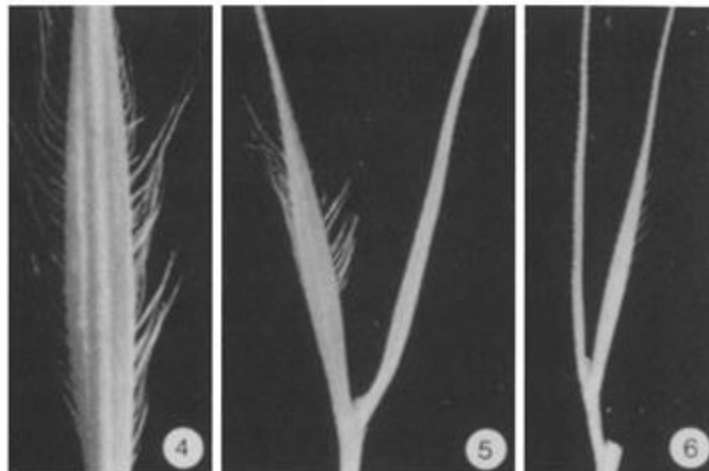
(*rahis*, lat. *rachis*) na koju su klasići spojeni svaki vlastitom stapkom (lat. *pedicel*). Stapka je struktura između zajedničkog rahisa i cvijeta pojedinog klasića, pa kao takva predstavlja produljeni internodij osi klasića (Jogan 2017). Os klasića (rahila, lat. *rachilla*) nakon prvog (i jedinog) cvijeta u klasiću nastavlja se kao tanka uspravna nit prilegnuta uz cvijet.



**Slika 3.** Tročlana skupina klasića (triplet) mišjeg ječma. Lijevo: pogled s prednje strane gdje su na rahisu vidljiva dva ožiljka na mjestu spoja s rahisom prethodnog i rahisom sljedećeg tripleta. Desno: pogled sa stražnje strane gdje su vidljive pljeve središnjeg klasića i unutarnja pljeva bočnog klasića (foto: M. Bešenić).

Svaki klasić ima dva sterilna pricvjetna lista zvana pljeve (lat. *glumae*) (Nikolić 2013). Pljeve središnjeg klasića su izomorfne lancetastog oblika sa trepavičavim dlakama po rubovima. Pljeve bočnih klasića su heteromorfne; unutarnja (donja ili adaksijalna) je lancetasta sa dlakama te izgleda kao pljeve središnjeg klasića, dok je vanjska (gornja ili abaksijalna) obično uska, četinjastog oblika i bez rubnih dlaka (Baum i Bailey 1985) (**Slika 4**). Cvijet je obavijen

obuvencom (lat. *lemma*, predstavlja pricvjetni list) i košuljicom (lat. *palea*, predstavlja ocvijeće). Obuvenac i pljeve na vrhu su izduženi u krutu dugačku četinu zvanu osat (Nikolić 2013).



**Slika 4.** Pljeve ječma *Hordeum murinum* s.l.. Pljeva središnjeg klasića (br. 4) je lancetastog oblika i uvijek izraženo dlakava. Pljeve bočnih klasića (br. 5 i 6) se međusobno razlikuju po obliku i dlakavosti (preuzeto iz Baum i Bailey 1985).

*H. murinum* s.l. je karakterističan po dlakavim pljevama i središnjem klasiću na stapci što ga čini prepoznatljivim od ostalih pripadnika roda *Hordeum* (Covas 1949, Baum i Jarvis 1985, Bothmer 1996). Klas je naoko sličan klasu običnog ječma (*Hordeum vulgare* L.) zbog dugih osati obuvenca i voluminoznih bočnih klasića (Jacobsen i Bothmer 1995), a njemu je i genetski najbliži (Komatsuda i sur. 1999, Blattner 2009, Ourari i sur. 2011).

### 1.3. Morfološka varijabilnost i problematika agregata

Temeljni kriterij za razlikovanje svojti agregata su morfološke razlike u građi cvata. Ključevi i opisi vrsta (Covas 1949, Morrison 1958, Booth i Richards 1976, Cocks i sur. 1976, Humphries 1980, Jacobsen i Bothmer 1995, Bothmer 1996, Conert 1997) kolektivno ističu nekoliko determinacijskih značajki (**Tablica 1**), izražavajući pritom češće relativni odnos veličina (veće/ manje/ jednako) između klasića umjesto iznošenja konkretnih mjera.

Kao najvažnije morfološke razlike Hmm i Hml iznose se duljina stapke središnjeg klasića te različita duljina osati (ili cijelog klasića s osatima) između središnjeg i bočnog klasića. Kod Hmm stapka središnjeg klasića opisuje se kao sesilna ili subsesilna te uvijek puno manja od

bočnih stapki, a kod Hml i Hmg ona je nešto manja od bočnih stapki ili su čak jednake duljine. S druge strane, Hmm karakteriziraju sve ostale strukture središnjeg cvijeta u pravilu dulje od bočnih, dok za Hml i Hmg vrijedi obrnuto.

Košuljica je česta komponenta ključeva i redovito zastupljena značajka u morfološkim istraživanjima (Morrison 1958, Giles i Lefkovitch 1986, Konishi 1989, Mizianty 2006, Ourari i sur. 2011, Jogan 2017) za koju također slovi da je kod Hmm veća u središnjem cvijetu u odnosu na bočni, te obrnuto kod Hml i Hmg. Taj odnos duljina između klasića može se iskazati i kao numerički omjer (duljina košuljice središnjeg klasića/duljina košuljice bočnog klasića) koji stoga veću vrijednosti postiže kod Hmm a manju kod Hml, no problem je što se u dijelu raspona vrijednosti preklapaju sve tri svojte (Booth i Richards 1976).

Slično je i sa širinom pljeva, rijeđe korištenom determinacijskom karakteristikom koja je također u upotrebi kao omjer (širina pljeve središnjeg klasića/širina unutarnje pljeve bočnog klasića). Unutarnja pljeva bočnog klasića kod Hmm obično je uža u odnosu na istu kod Hml što utječe na različit omjer pljeva između podvrsta (Covas 1949). Također, kod Hml dotična se pljeva navodi kao dlakava po oba ruba, za razliku od Hmm gdje je dlakava samo po jednom (Kudrna 1980). Po pitanju pljeva jedino se tek Hmg izdvaja kao lakše prepoznatljiv zbog izomorfnih bočnih pljeva (obje lancetastog oblika) (Amer i sur. 2013) koje su ujedno i vrlo široke, moguće i šire od središnjih pljeva (Booth i Richards 1976).

Primijećeno je i da duljina rahisa i njegovih marginalnih dlačica također varira unutar agregata (Jacobsen i Bothmer 1995) te da je rahis Hmm obično dulji i ima kraće dlačice. Rahis je prosječno najkraći ali najduljih dlačica kod Hmg, dok Hml karakterizira srednji raspon vrijednosti ovih struktura (Covas 1949, Booth i Richards 1976).

Pored navedenih kvantitativnih obilježja, kao relativno pouzdana kvalitativna osobina za razlikovanje Hmm i Hml spominje se dlakavost košuljice bočnog klasića (Covas 1949, Jacobsen i Bothmer 1995). Konkretno abaksijalna strana košuljice je bez dlaka ili gotovo bez dlaka kod Hmm, a kod Hml (i Hmg) su prisutne kratke dlačice po površini košuljice. Adaksijalna strana košuljice je izgleda uvijek dlakava (Booth i Richards 1976).

**Tablica 1.** Determinacijski ključevi i njihove komponente. Podebljane značajke su one za razlikovanje *H. murinum* subsp. *murinum* i *H. murinum* subsp. *leporinum*.

Ključ	Determinacijske osobine
Covas 1949	<b>stapka, osati, košuljica</b> ( <i>odnos duljina, omjer duljina, dlakavost</i> ), <b>pljeve</b> ( <i>omjer širina</i> ), prašnici ( <i>duljina, položaj</i> ), rahis ( <i>dlakavost</i> ), rahila ( <i>duljina, izgled, boja</i> )
Booth i Richards 1976	<b>stapka, osati, košuljica</b> ( <i>omjer duljina, dlakavost</i> ), <b>pljeve</b> ( <i>omjer širina</i> ), rahis ( <i>duljina, dlakavost</i> )
Cocks i sur. 1976	<b>stapka, osati, klasić</b> , prašnici ( <i>duljina, položaj, boja</i> )
Humphries 1980	<b>stapka, klasić</b> , prašnici ( <i>duljina</i> ), rahila ( <i>izgled, boja</i> )
Giles i Lefkovitch 1986	<b>stapka, osati, košuljica</b> ( <i>duljina</i> )
Baum i Bailey 1990	lodikule ( <i>dlakavost</i> ), <b>stapka</b>
Jacobsen i Bothmer 1995	<b>stapka, osati, košuljica</b> ( <i>dlakavost</i> ), klasić, prašnici ( <i>duljina, boja</i> )
Conert 1997	<b>stapka, osati</b> , prašnici ( <i>duljina, položaj</i> ), rahila ( <i>izgled, boja, dlakavost</i> )

Hml i Hmg su u prvom koraku determinacije grupirani zajedno jer su slični po proporcionalnom odnosu klasića, no obično se razlikuju u samim vrijednostima veličina budući da je Hmg generalno manja biljka čije su sve strukture klasića, izuzev pedicela, u prosjeku uvijek kraće od Hml (i Hmm) (Morrison 1958, Giles i Lefkovitch 1986, Konishi 1989). Hmg inače slovi kao gracilna svojta nižeg rasta (do 40 cm visine) i vitkih klasova, dok se s druge strane Hml opisuje kao obično visoka (i do 1 m) biljka snažnijeg habitusa i debelih klasova (Jacobsen i Bothmer 1995). Ipak, veličina i razvijenost jedinki ne predstavlja pouzdano determinacijsko svojstvo pa se razlikovanje tih podvrsta temelji na morfologiji prašnika, jer Hmg ima kraće prašnike (Covas 1949, Johansen i Bothmer 1994, Conert 1997) koji su k tome i druge boje (Cocks i sur. 1976, Jacobsen i Bothmer 1995). Hmg se od Hml i Hmm razlikuje i dlakavošću lodikula (Baum i Bailey 1984a, 1984b, 1990), kržljavih struktura smještenih ispod košuljice koje predstavljaju unutarnji krug ocvijeća, a kao mlade biljke bez razvijenih klasova moguće ih je razlikovati po pigmentaciji i dlakavosti rukavca lista (Konishi 1989). Navedena svojstva kriterij su za razlikovanje Hmg od druge dvije svojte, ali nisu korisna za raspoznavanje Hmm i Hml budući da su oni po tim obilježjima međusobno slični.

Međutim morfološka varijabilnost građe cvata ne otežava samo razlikovanje svojti mišjeg ječma, već dovodi u pitanje i sam njihov taksonomski položaj. Zbog razlika (i sličnosti) u

morfološkog, ekogeografske distribucije i citogenetike, taksonomsko je uređenje agregata komplicirano i kompleksno te načelno ima dvije opcije – ili su sve svojte agregata istog statusa (vrste ili podvrste), ili se agregat sastoji od dvije odvojene vrste od kojih jedna uključuje podvrste.

Na temelju morfoloških karakteristika i rasprostranjenosti Covas (1949), Morisson (1958) i Baum i Bailey (1984a, 1984b) članove agregata smatraju zasebnim vrstama, dok im Jacobsen i Bothmer (1995) daju status podvrste. Giles i Lefkovitch (1986) se slažu da svojte trebaju biti istog ranga jer su međusobno jednako (ne)slične ali se ne izjašnjavaju oko službene taksonomske kategorije. Mišljenja su da bi se prema morfološkim kriterijima svojte mogle smatrati odvojenim vrstama, no sposobnost međusobne hibridizacije indicira da bi *murinum* i *leporinum* mogli biti podvrste jedne vrste a *glaucum* zasebno druga vrsta.

Booth i Richards (1976, 1978) istraživanjem morfološkog i elektroforeze proteina smatraju da su *murinum* i *leporinum* dvije različite vrste te da *H. leporinum* uključuje podvrste (*H. leporinum* subsp. *leporinum* i *H. leporinum* subsp. *glaucum*). S druge pak strane, Amer i sur. (2013) na osnovi morfološkog odvajaju *leporinum* i *glaucum* u različite vrste. Rajhathy i Morrison (1962) na temelju istraživanja hibridizacije i citogenetike ukazuju da su *murinum* i *leporinum* konspicijozni pa stoga tretiraju *H. glaucum* i *H. murinum* odvojenim vrstama, pri čemu *H. murinum* okuplja subsp. *murinum* i subsp. *leporinum*. Da *murinum* i *leporinum* nikako ne mogu biti u statusu različitih vrsta ističu i drugi istraživači (Amirouche i Misset 2003, Bustos i sur. 1996; 1998, El-Rabey i sur. 2002, Fröst i Asker 1977).

Inače, svojte čine seriju poliploida pa je tako *glaucum* diploid ( $2n=14$ ), *murinum* tetraploid ( $2n=4x=28$ ), dok *leporinum* ima tetraploidni i heksaploidni ( $2n=6x=42$ ) oblik. Međutim evolucija poliploida nije u potpunosti razjašnjena jer jedan dio genoma definitivno potječe od Hmg, dok je drugi nepoznat i ne pripada nijednoj recentnoj *Hordeum* vrsti. Smatra se da su u stvaranju tetraploida i heksaploida uz Hmg sudjelovala dva, danas izumrla, njemu srodna progenitora (Blattner 2009, Jakob i Blattner 2010, Cuadrado i sur. 2013), te da Hm i Hml nisu autoploidni nastali udvostručivanjem *glaucum* genoma već su aloploidni. Aloploidnost teoriju nastanka Hm i Hml argumentiraju mnogi radovi (Morrison 1958, Rajhathy i Morrison 1962, Booth i Richards 1976, Fröst i Asker 1977, Konishi 1989, Bustos i sur. 1996, Amirouche i Misset 2003, Ourari i sur. 2011, Sharifi-Rigi i sur. 2014).



Istraživanje hibridizacije i interfertilnosti pokazuje da je križanje diploida i tetraploida osrednje uspješno a njihovi su triploidni hibridi uvijek sterilni. U sparivanju tetraploida (Hmm x Hml 4x) nema poteškoća i ono je u potpunosti uspješno. Nastali tetraploidni potomci su uvijek plodni i pokazuju miješane *murinum* i *leporinum* morfološke karakteristike, zbog čega je teško odrediti u koju ih podvrstu svrstati. Križanje tetraploidnog i heksaploidnog Hml također je uspješno i lako izvedivo. Njihovi su potomci pentaploidni pa stoga smanjene fertilitnosti, i to je jedino po čemu se razlikuju od roditelja. Na temelju morfologije pentaploidi se ne mogu razlučiti od tetraploidnog i heksaploidnog Hml (Rajhathy i Morrison 1962), budući da se ni oni sami morfološki ne razlikuju. Heksaploidni Hml je inače znatno slabije rasprostranjen od tetraploidnog, te zabilježen samo u Afganistanu, Iranu i Turskoj (Bothmer 1996).

#### 1.4. Cilj istraživanja

Agregat *Hordeum murinum*, u Hrvatskoj zastupljen s podvrstama *H. murinum* subsp. *murinum* i *H. murinum* subsp. *leporinum*, pokazuje na našim prostorima veliku morfološku varijabilnost i nerijetko atipičnu distribuciju, to jest pojavu tipično kontinentalne svojte u primorju i obrnuto (Kudrna 1980). U skladu s time, ciljevi ovog rada su:

- opisati morfološku varijabilnost cvata pojedine podvrste,
- utvrditi morfološke razlike u građi cvata istraživanih podvrsta,
- izraditi determinacijski ključ, te
- ustanoviti rasprostranjenost *H. murinum* subsp. *murinum* i *H. murinum* subsp. *leporinum* u Republici Hrvatskoj.

## 2. MATERIJAL I METODE

### 2.1. Biljni materijal i istraživane značajke

U istraživanju je korišten herbarizirani materijal *H. murinum* s.l. iz Hrvatske pohranjen u zbirnama: Herbarium Croaticum Botaničkog zavoda PMF-a (ZA), Herbarij Ive i Marije Horvat Botaničkog zavoda PMF-a (ZAHO), Herbarij Hrvatskog prirodoslovnog muzeja (CNHM) i Herbarij Agronomskog fakulteta (ZAGR). Ukupno je obrađeno 97 herbarijskih listova, a sa svakog je lista odabrana jedna cjelovita biljka sa dobro očuvanim cvatom koja predstavlja jedan uzorak i na kojoj su izvršena sva mjerenja. Promatrano je ukupno 15 morfometrijskih i pet merističkih značajki (**Tablica 2**).

**Tablica 2.** Istraživane značajke.

Morfometrijske (kvantitativne) značajke	
Visina biljke, vB	Širina središnjeg obuvenca, cOB
Duljina rahisa, dR	Širina bočnog obuvenca, bOB
Duljina središnje stapke, cST	Širina unutarnje pljeve bočnog klasića, bPs
Duljina bočne stapke, bST	Širina pljeve središnjeg klasića, cPs
Duljina središnje košuljice, cK	Duljina središnje rahile, cR
Duljina bočne košuljice, bK	-----
Duljina središnje osati, cOS	Omjer košuljica (cK/bK), OK
Duljina bočne osati, bOS	Omjer pljeva (cPs/bPs), OP

Merističke (kvalitativne) značajke	
Dlakavost središnje košuljice, cKd (D/N)	
Dlakavost bočne košuljice, bKd (1/2/3)	
Dlakavost unutarnje pljeve bočnog klasića, UP (1/2)	
Dlakavost vanjske pljeve bočnog klasića, VP (D/N)	
Središnja rahila žute boje, RŽ (D/N)	

Visina biljke i duljina osati mjerene su u cm, a sve ostale strukture cvata u mm. Visina biljke mjerena je ravnalom, od početka stabljike iz korijena do vrha najviše osati klasa, te je potom iz središnjeg dijela klasa izdvojen jedan triplet klasića na kojem su obavljena sva ostala mjerenja. Kako je riječ o herbarskom materijalu koji treba ostati očuvan, klas je prelomljen na sredini odakle je uzet jedan triplet klasića, nakon čega je otkinuta gornja polovica klasa pažljivo

umetnuta natrag kako bi klas zadržao koliko je moguće izvorni oblik i veličinu. Gdje takav postupak nije bio moguć zbog lošeg stanja materijala ili odveć krhkih klasova, preostali su dijelovi klasa pohranjeni u papirnate košuljice priložene pripadajućem herbarijskom listu. Radi konzistentnosti mjerenja određene su granične točke pojedinih struktura cvata kako slijedi: linija gornjeg ruba gornjeg ožiljka rahisa uzeta je kao granica između rahisa i stapke, mjesto izlaska rahile označava kraj stapke i početak košuljice, duljina košuljice poistovjećena je sa duljinom obuvence i stoga je duljina osati mjerena od završetka košuljice. Značajke cvata mjerene su i određivane pomoću binokularne lupe Zoom Stereo XTL-3400 i okularnog mikrometra sa mjernom skalom od 10 mm baždarenosti 0,1 mm, osim osati koje su zbog veličine mjerene na milimetarskom papiru. Širina je uzimana uvijek na najširem dijelu strukture. Dlakavost košuljice promatrana je na abaksijalnoj strani i inicijalno pretpostavljena kao binarno svojstvo, no zbog varijabilnosti kod bočnih je klasića bilježena na sljedeći način: bez dlaka (1), kratke dlačice samo po rubovima žila (2) ili dlakava (3). Dlakavost unutarnjih pljeva bočnih klasića bilježena je kao jednostrana (1) ukoliko su trepavičave dlake prisutne samo po jednom rubu pljeve, odnosno obostrana (2) kada su oba ruba pljeve dlakava.

## 2.2. Obrada podataka

Prije statističke obrade napravljena je revizija svakog uzorka pomoću dva ključa (Booth i Richards 1976, Jacobsen i Bothmer 1995) kombinirana zajedno radi veće pouzdanosti, čime je ustanovljeno 28 Hmm i 69 Hml (naspram izvornih 29 *H. murinum* (sensu lato), 18 *H. murinum* subsp. *leporinum*, 39 *H. leporinum* i 11 *Hordeum* sp., determiniranih od strane sakupljača). Podaci su analizirani univarijatnim statističkim metodama pomoću programa SPSS 22.0 te multivarijatnom statistikom za što je korišten program Past 3. Normalnost distribucije morfometrijskih značajki testirana je Kolmogorov-Smirnov testom sa nul-hipotezom da su značajke u normalnoj distribuciji. Za testiranje statističke značajnosti razlika mjerenih varijabli među svojstama korišteni su neparametrijski testovi, medijan test kojim je analizirano razlikuju li se medijani morfometrijskih značajki statistički značajno, te Mann-Whitney test kojim je ispitana sličnost raspodjele tih varijabli. Nul-hipoteza ovih testova je da nema razlike u morfometrijskim značajkama između podvrsta, a kao rezultat iznesena je vjerojatnost s kojom se nul-hipoteza može zadržati. Napravljena je klasterska analiza na osnovi značajki korištenih u reviziji.

Korištene su dvije metode multivarijatne statistike, analiza glavnih komponenti (principal components analysis, PCA) i diskriminantna analiza (DA), kojima su analizirani samo morfolometrijski (kvantitativni) podaci. PCA reducira velik broj koreliranih varijabli na mali broj nekoreliranih glavnih komponenti koje objašnjavaju najveću količinu varijacije ukupnih podataka uz minimalan gubitak informacija, a čiji rezultat je, za razliku od multidimenzionalnosti velikog broja varijabli, moguće grafički predočiti. DA se provodi sa već definiranim i prethodno postavljenim grupama, a njen cilj je ispitati koje su varijable najznačajnije za razlikovanje grupa. Analiza također procjenjuje vjerojatnost pripadnosti jednog seta podataka (jednog uzorka) određenoj grupi.

### **2.3. Determinacijski ključ i karta rasprostranjenosti**

Nakon analiza izdvojene su značajke značajne za razlikovanje podvrsta na temelju kojih je sastavljen determinacijski ključ. Uzorci koji su se u rezultatima posebno istakli naspram ostalih uzoraka jedne svojte, još jednom su detaljno revidirani usporedbom svih mjera i rezultata analiza kako bi se eventualno redeterminirali. Svaki je uzorak unesen i ažuriran u internetskoj bazi Flora Croatica Database (<https://hirc.botanic.hr/fcd/>) odakle je preuzeta karta rasprostranjenosti.

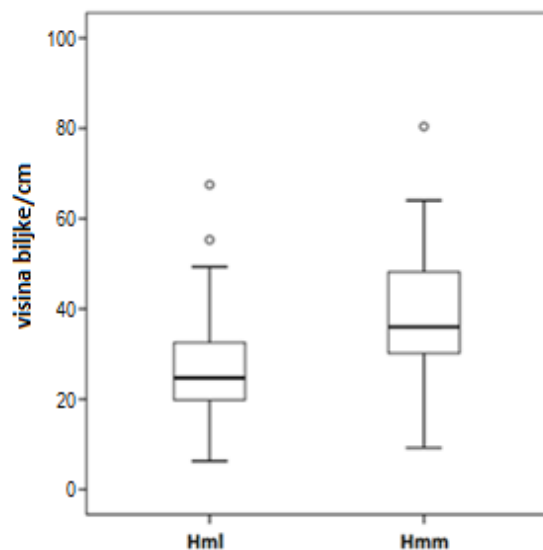
### 3. REZULTATI

#### 3.1. Opisna statistika

Morfometrijski rezultati prikazani su box-plot dijagramima a svi deskriptivni statistički parametri priloženi su na kraju rada kao **Prilog 1**. Box-plot dijagram grafički pokazuje distribuciju podataka koja se interpretira na način: horizontalna linija unutar pravokutnika označava medijan (vrijednost koja se u sređenom nizu podataka nalazi točno na sredini), pravokutnik predstavlja središnjih 50% podataka između donjeg i gornjeg kvartila, vertikalne linije ispod i iznad pravokutnika pokrivaju preostalih 50% podataka (donja linija prvih 25% i gornja linija posljednjih 25% podataka) te one generalno završavaju minimalnom odnosno maksimalnom vrijednošću. Izolirani netipični i sumnjivi podaci (*outlieri*) posebno su označeni kružićem ili zvjezdicom, a predstavljaju vrijednost koja je od donjeg ili gornjeg kvartila udaljena više od 1,5 duljine pravokutnika (kružić do 3 duljine, zvjezdica iznad 3 duljine). Značajniji rezultati merističkih značajki prikazani su stupčastim dijagramom.

#### *Visina biljke, vB*

Visina biljke (**Slika 5**) ispitivanih uzoraka se za Hmm kreće od 9,2 cm do 80,4 cm sa srednjom vrijednošću 38,26 cm. Uzorci Hml su manji sa srednjom vrijednosti 27,12 cm i rasponom visine od 6,3 cm do 67,5 cm. Od 97 uzoraka 13 (10 Hmm i 3 Hml) je bilo bez korijena. Dva uzorka Hml ovdje nisu uključena jer su imali otkinute klasove za koje je nepoznato kojoj stabljici pripadaju, pa u obradi nije korištena visina stabljike bez klasa.



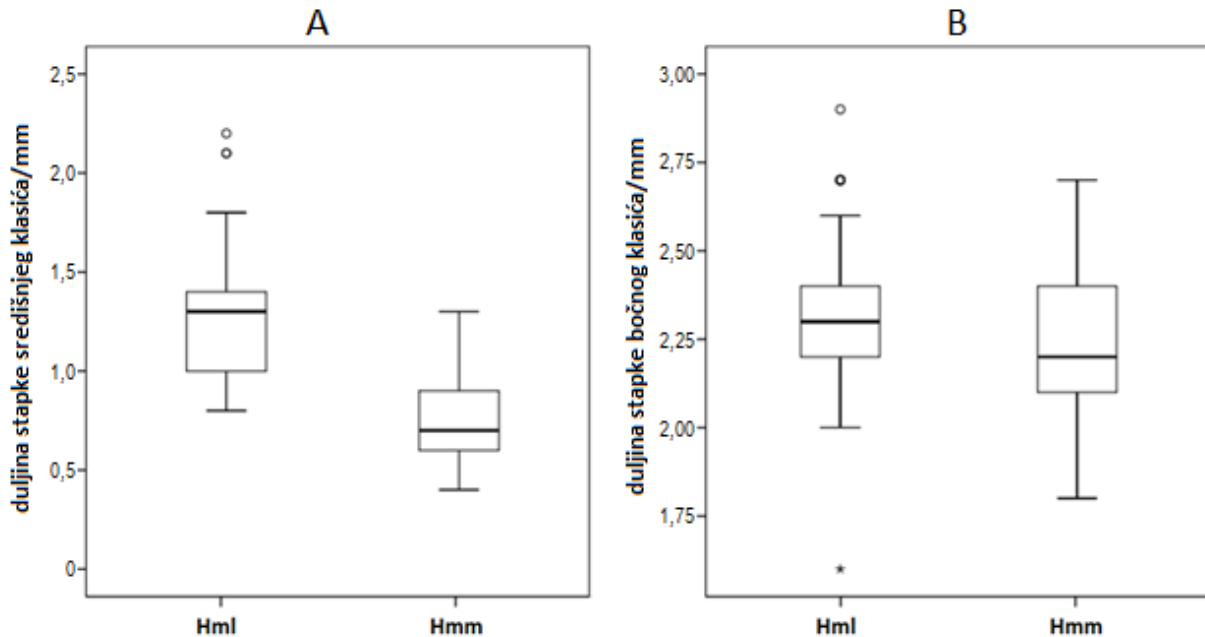
**Slika 5.** Visina biljke podvrsta mišjeg ječma, *H. murinum* subsp. *murinum* (Hmm) i *H. murinum* subsp. *leporinum* (Hml). Kružići predstavljaju outliere.

### ***Duljina središnje stapke, cST***

Stapka središnjeg klasića znatno je veća kod Hml sa većim medijanom (1,3 mm), minimalnom (0,8 mm) i maksimalnom (2,2 mm) vrijednosti. Kod Hmm medijan iznosi 0,7 mm. Zbog velike razlike u cjelokupnom rasponu vrijednosti (**Slika 6; A**) ova je značajka statistički značajna razlika između podvrsta.

### ***Duljina bočne stapke, bST***

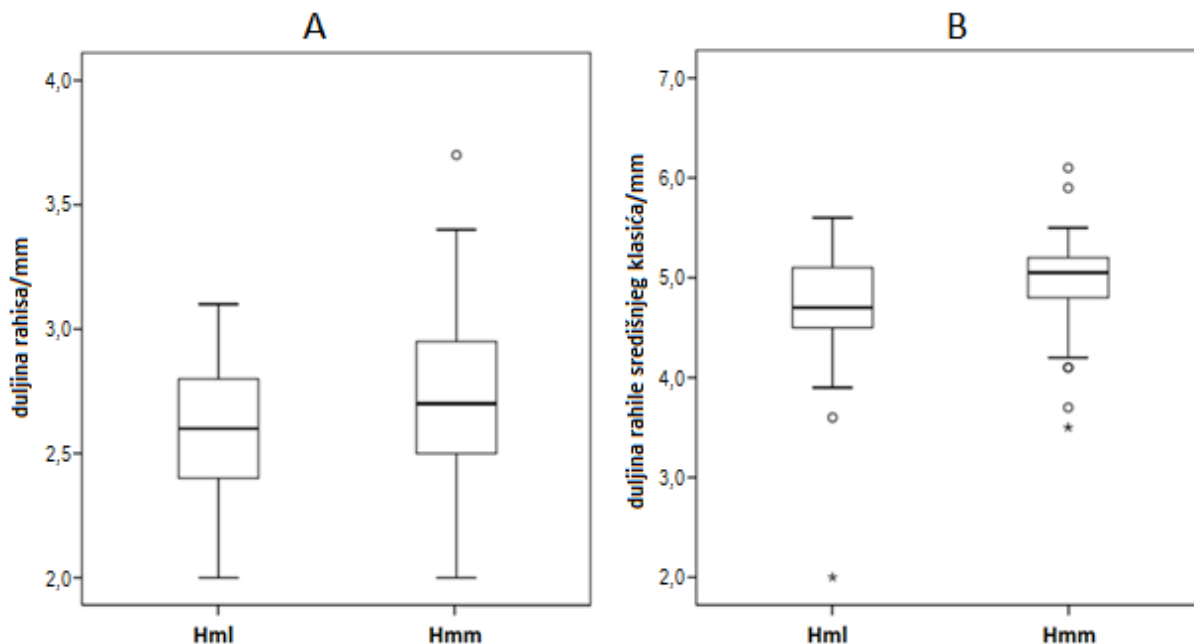
Stapka bočnog cvijeta (**Slika 6; B**) u svim je slučajevima dulja od stapke središnjeg cvijeta, a također je u svim slučajevima dulja kod Hml gdje su joj prosječna duljina i medijan jednaki i iznose 2,3 mm. Prosječna duljina i medijan su kod Hmm nešto manji pa je srednja vrijednost 2,26 mm a medijan 2,2 mm. Realni minimum kod Hml je 2 mm.



**Slika 6.** Duljina stapke središnjeg klasića (A) i bočnog klasića (B) podvrsta mišjeg ječma *H. murinum* subsp. *murinum* (Hmm) i *H. murinum* subsp. *leporinum* (Hml). Kružići i zvjezdica predstavljaju outliere.

### ***Duljina rahisa, dR***

Rahis je neznatno veći kod Hmm gdje mu srednja vrijednost iznosi 2,729 mm, u odnosu na Hml gdje je ona 2,597 mm. Medijani su kod obje podvrste isti srednjim vrijednostima. Dvije su podvrste jako slične po ovoj varijabli (**Slika 7; A**).



**Slika 7.** Duljina rahisa (A) i duljina središnje rahile (B) podvrsta mišjeg ječma *H. murinum* subsp. *murinum* (Hm) i *H. murinum* subsp. *leporinum* (Hml). Kružići i zvjezdica predstavljaju outliere.

#### ***Duljina središnje rahile, cR***

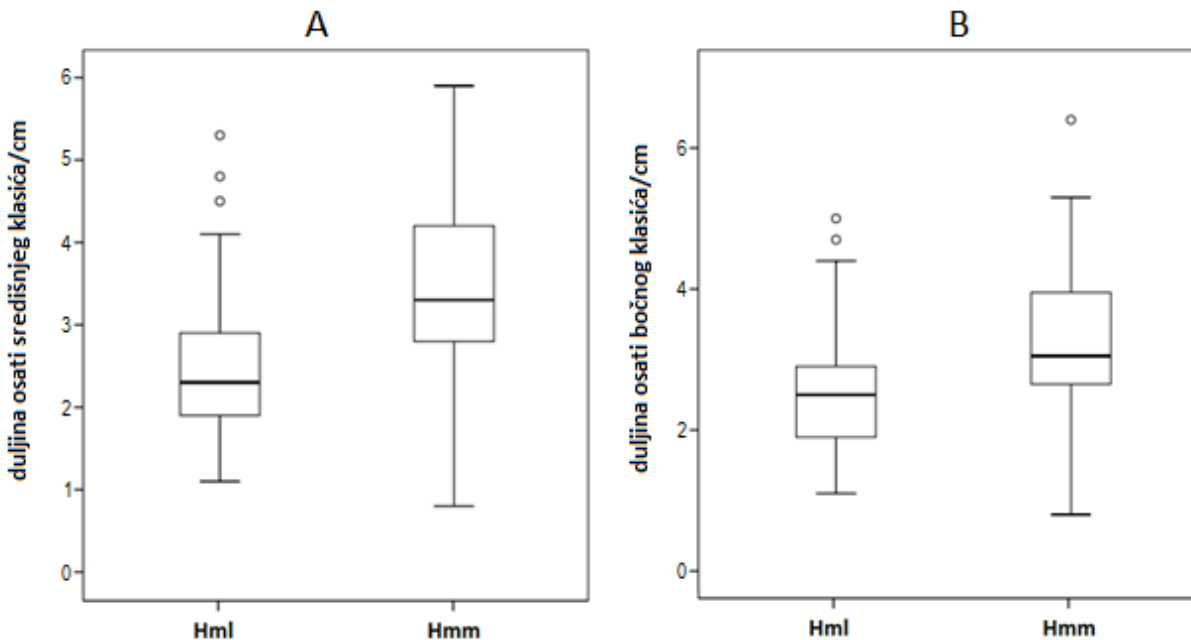
Rahila središnjeg klasića ima slične minimalne i maksimalne vrijednosti kod obje podvrste (**Slika 7**; B), ali je zbog različite distribucije uzoraka ova značajka izdvojena kao statistički značajna razlika između istraživanih podvrsta. Kod Hm medijan i srednja vrijednost iznose 5,1 mm i 4,94 mm. Medijan i srednja vrijednost kod Hml su 4,7 mm.

#### ***Duljina središnjih osati, cOS***

Osati središnjeg klasića pokazuju veliku varijabilnost u duljini (**Slika 8**; A). Raspon vrijednosti kod Hm je od 0,8 cm do 5,9 cm, medijan 3,3 cm i srednja vrijednost 3,44 cm. Kod Hml središnja osat je kraća pa je srednja vrijednost 2,46 cm a medijan 2,3 cm, ali je također širokog raspona od minimalno 1,1 cm do maksimalno 5,3 cm.

#### ***Duljina bočnih osati, bOS***

Osati bočnog klasića (**Slika 8**; B) dulje su kod Hm sa srednjom duljinom 3,28 cm i medijanom 3,1 cm, te također širokog raspona vrijednosti od 0,8 cm do 6,4 cm. Kod Hml srednja vrijednost i medijan su jednaki i iznose 2,5 cm, a raspon duljine je od 1,1 cm do 5 cm.



**Slika 8.** Duljina osati središnjeg klasića (A) i bočnog klasića (B) podvrsta mišjeg ječma *H. murinum* subsp. *murinum* (Hmm) i *H. murinum* subsp. *leporinum* (Hml). Kružići predstavljaju outliere.

### ***Širina središnjeg obuvenca, cOB***

Između podvrsta gotovo ne postoji razlika u ovoj značajki (**Slika 9**: A). Dapače kod obje podvrste gornji kvartil je isti, pa se 75% Hmm i Hml primjeraka nalazi u istom rasponu od 0,8 mm do 1,5 mm. Medijan Hmm je samo za 0,05 mm veći od medijana Hml.

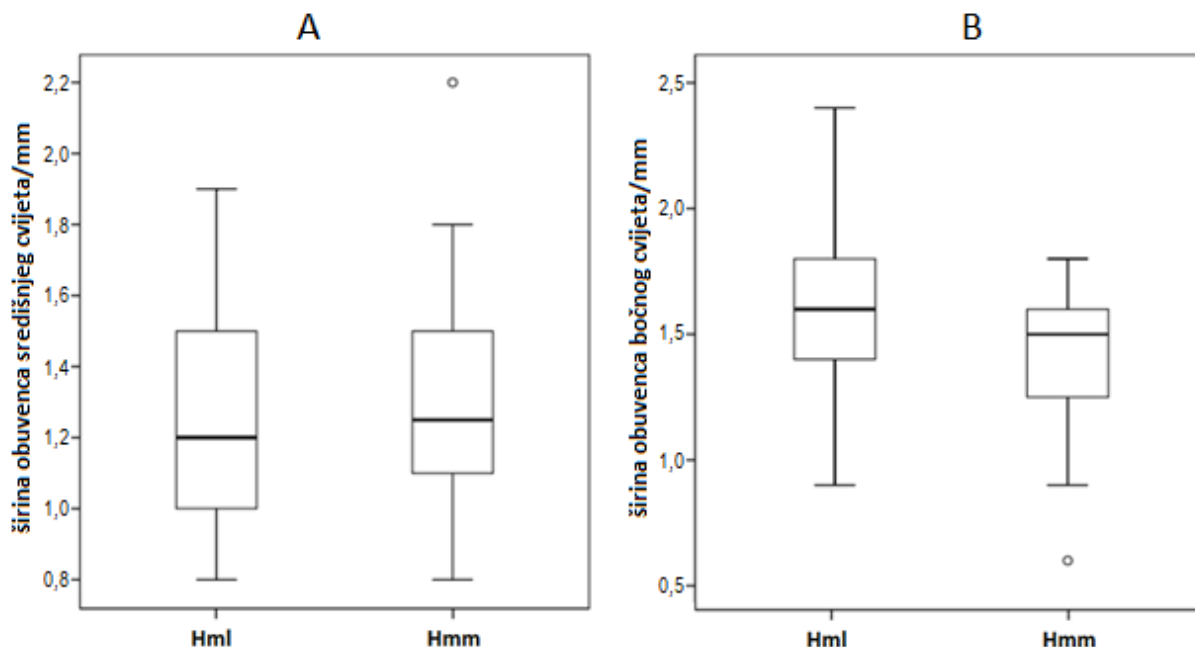
### ***Širina bočnog obuvenca, bOB***

Rezultati pokazuju da je obuvenac bočnog cvijeta kod Hml širi i veće varijabilnosti u odnosu na Hmm (**Slika 9**; B). Medijani podvrsta su slični (Hml 1,6 mm, Hmm 1,5 mm) ali je razlika između srednjih vrijednosti izraženija (Hml 1,62 mm, Hmm 1,39 mm).

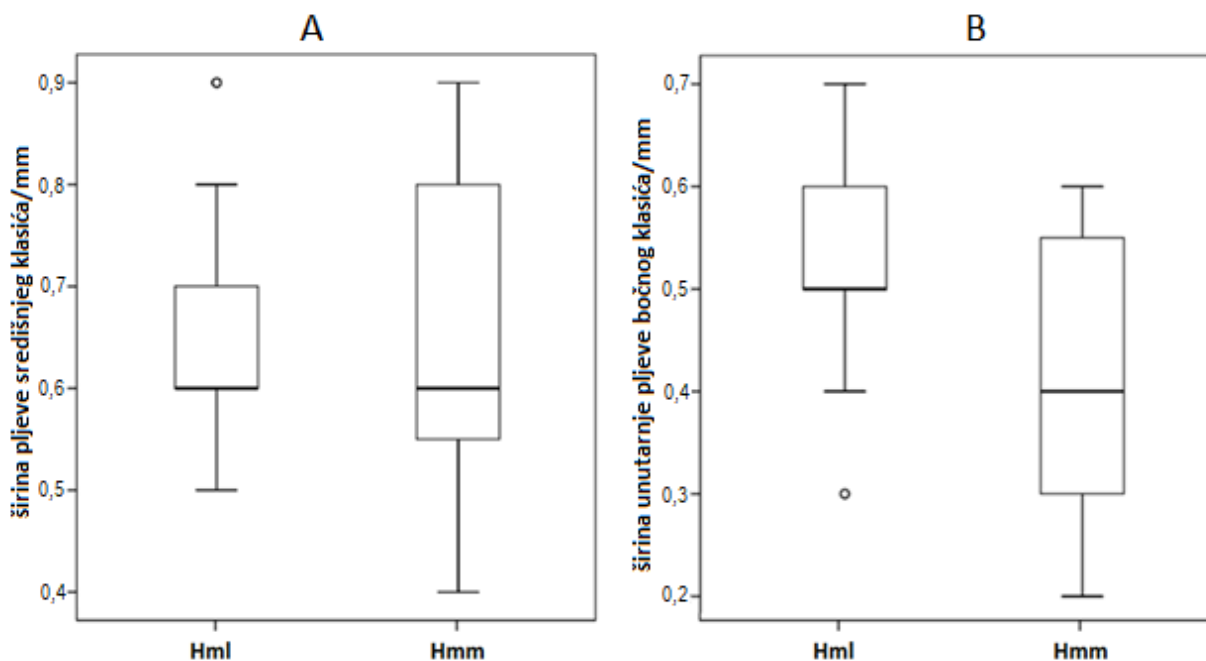
### ***Širina pljeve središnjeg klasića, cPs***

Podvrste su vrlo slične po ovoj značajki (**Slika 10**; A) i unatoč širem rasponu kod Hmm, srednje vrijednosti se razlikuju tek za 0,01 mm, a medijani su jednaki (0,6 mm).





**Slika 9.** Širina obuvenca središnjeg cvijeta (A) i bočnog cvijeta (B) podvrsta mišjeg ječma *H. murinum* subsp. *murinum* (Hm) i *H. murinum* subsp. *leporinum* (Hml). Kružići predstavljaju outliere.



**Slika 10.** Širina pljeve središnjeg klasića (A) i bočnog klasića (B) podvrsta mišjeg ječma *H. murinum* subsp. *murinum* (Hm) i *H. murinum* subsp. *leporinum* (Hml). Kružići predstavljaju outliere.

### Širina unutarne pljeve bočnog klasića, bPs

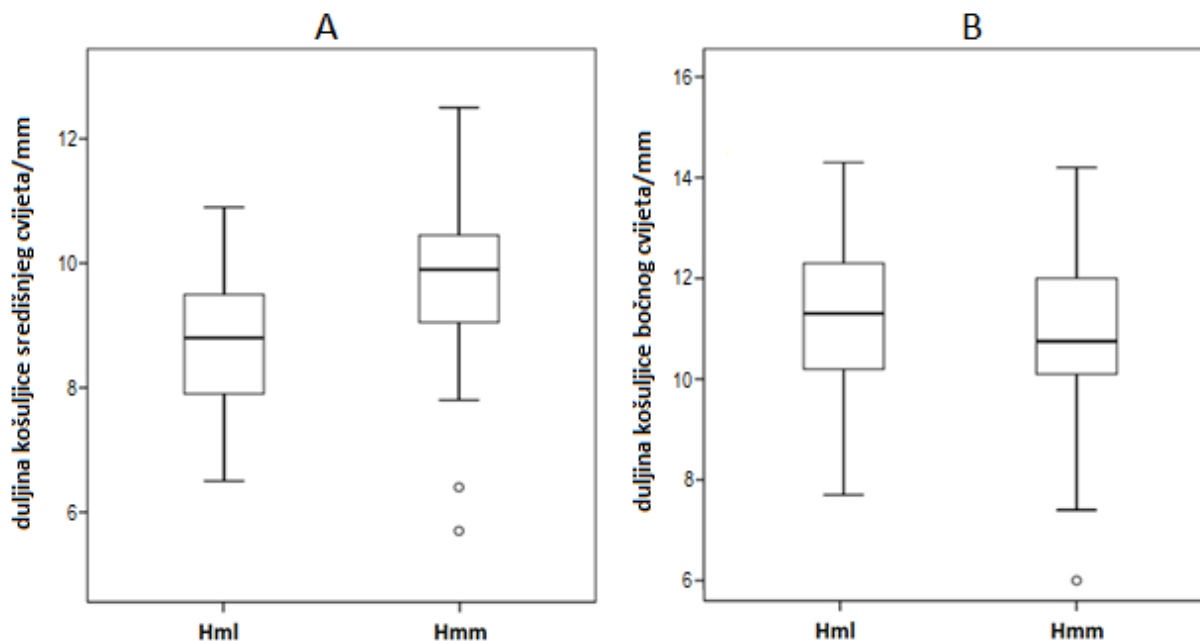
Kod Hml ova je pljeva nešto šira u odnosu na drugu podvrstu (**Slika 10; B**). Srednja vrijednost i medijan kod Hml su 0,51 mm i 0,5 mm, dok kod Hmm iznose 0,44 mm i 0,4 mm. Ovo je jedina značajka kojoj se rasponi između podvrsta statistički značajno razlikuju ali medijani ne.

### Duljina središnje košuljice, cK

Košuljica središnjeg cvijeta kod Hmm ima srednju vrijednosti 9,7 mm, medijan iznosi 9,9 mm, a maksimalna duljina je 12,5 mm. Hml vidljivo ima kraću košuljicu pa su prosječna duljina i medijan (oboje 8,8 mm) ispod donjeg kvartila od Hmm vrijednosti (**Slika 11; A**).

### Duljina bočne košuljice, bK

Raspon ove značajke sličan je kod obje podvrste (**Slika 11; B**), srednja vrijednost i medijan također, pa to nije statistički značajna razlika između podvrsta. Kod Hml bočna košuljica je prosječne duljine 11,3 mm, a kod Hmm 10,8 mm.



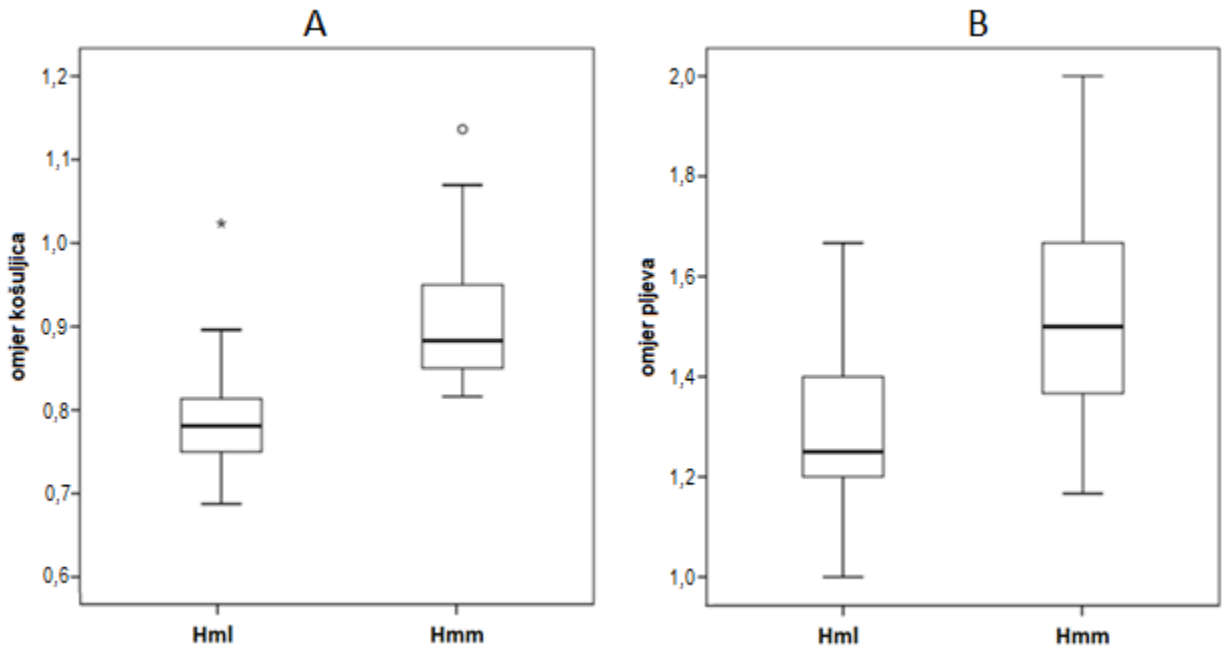
**Slika 11.** Duljina košuljice središnjeg cvijeta (A) i bočnog cvijeta (B) podvrsta mišjeg ječma *H. murinum* subsp. *murinum* (Hml) i *H. murinum* subsp. *leporinum* (Hml). Kružići predstavljaju outliere.

### ***Omjer košuljica, OK***

Omjer košuljica (duljina središnje košuljice/duljina bočne košuljice) je varijabla koja se najviše razlikuje između podvrsta (**Slika 12**; A). Čak 75% Hml uzoraka ima omjer košuljica manji od minimalne vrijednosti za Hmm, koja iznosi 0,82. Kod Hmm srednja vrijednost je 0,91 a medijan 0,88, dok kod Hml obje vrijednosti iznose 0,78.

### ***Omjer pljeva, OP***

Omjer pljeva (širina pljeve središnjeg klasića/širina unutarnje pljeve bočnog klasića) kreće se u širokom rasponu (**Slika 12**; B) koji se jače preklapa među podvrstama za razliku od omjera košuljica. Vidljivo je ipak da Hml običava imati manji omjer pljeva sa srednjom vrijednošću od 1,28 i medijanom 1,25, a minimalni omjer iznosi 1 što znači da unutarnja pljeva bočnog klasića i središnja pljeva mogu biti jednake širine. Kod Hmm srednja vrijednost iznosi 1,54 a medijan 1,5, dok je maksimalni omjer 2 što znači da unutarnja pljeva bočnog klasića može biti i dvostruko uža od središnjih pljeva.



**Slika 12.** Omjer košuljica (A) i omjer pljeva (B) podvrsta mišjeg ječma *H. murinum* subsp. *murinum* (Hmm) i *H. murinum* subsp. *leporinum* (Hml). Kružić i zvjezdica predstavljaju outliere.

### ***Središnja rahila žute boje, Rž***

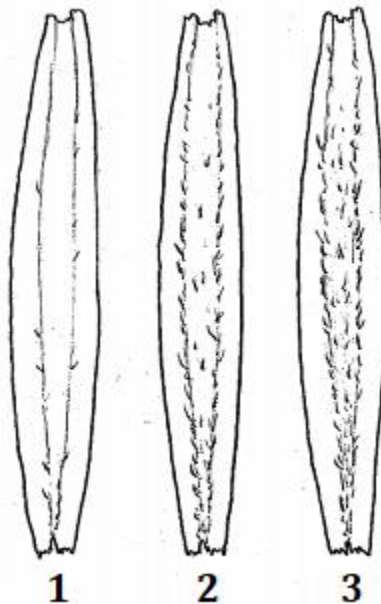
Rahila središnjeg klasića je žuta u svim slučajevima.

### ***Dlakavost središnje košuljice, cKd***

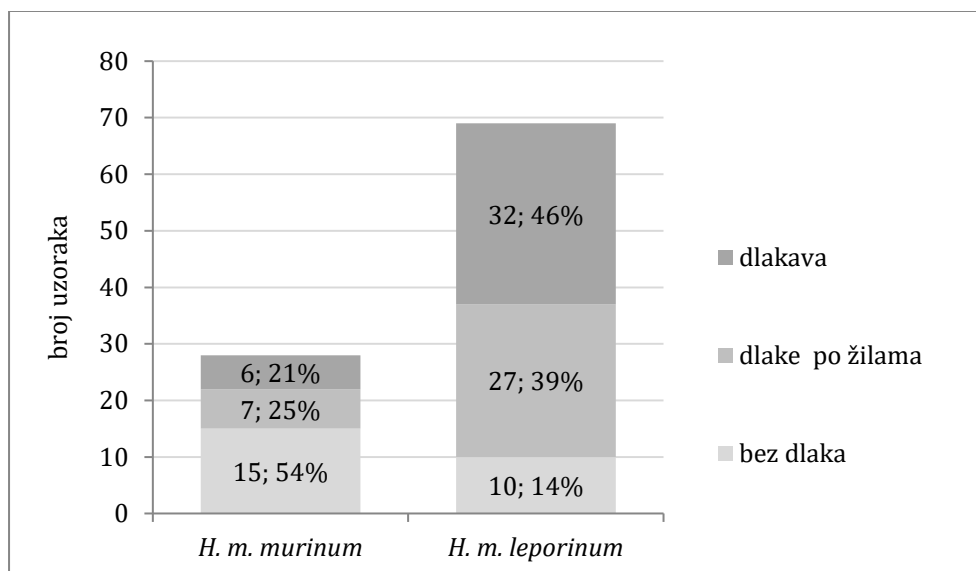
Abaksijalna strana košuljice središnjeg cvijeta je bez dlaka u svim slučajevima.

### ***Dlakavost bočne košuljice, bKd***

Košuljica bočnog cvijeta može biti bez dlaka (1), s izraženijim dlačicama samo po rubu žila (2) ili dlakava (3) (**Slika 13**). Košuljica bez dlaka učestalija je pojava kod Hmm gdje je zastupljena u 54% slučajeva, dok se kod Hml ona javlja u svega 14% istraživanih primjeraka te je daleko češći neki oblik pokrivenosti dlakama. Kod obje podvrste otprilike je jednak omjer dlakavih košuljica i onih koje imaju dlačice samo po žilama (**Slika 14**).



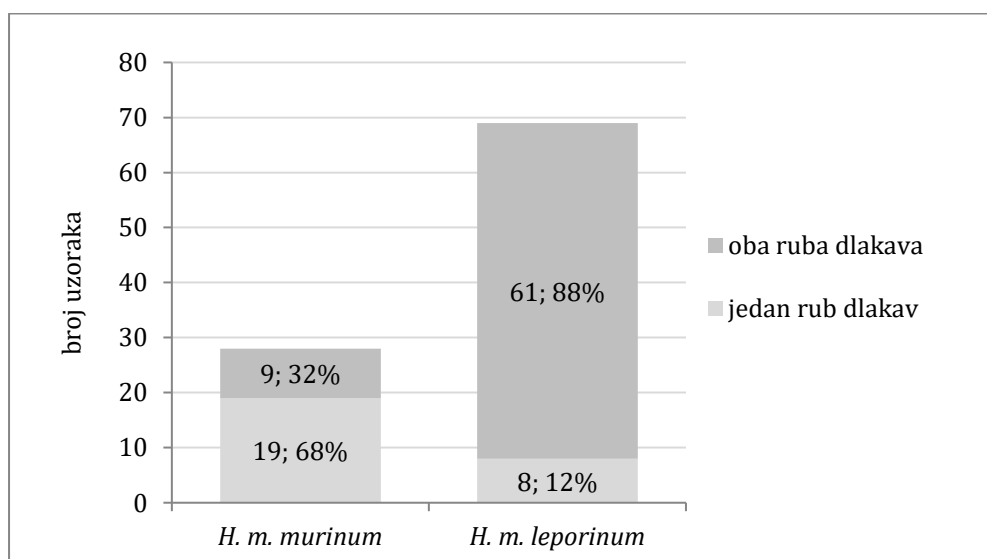
**Slika 13.** Oblici dlakavosti abaksijalne strane košuljice bočnog cvijeta mišjeg ječma *Hordeum murinum* s.l. primijećeni u istraživanju. 1-bez dlaka, 2-izražene dlačice po žilama, 3-dlakava (ilustracija: M. Bešenić).



**Slika 14.** Zastupljenost pojedinog tipa dlakavosti bočne košuljice kod istraživanih podvrsta mišjeg ječma *H. murinum* subsp. *murinum* i *H. murinum* subsp. *leporinum*. Brojevi u stupcu označavaju brojnost i udio pojedine kategorije.

#### ***Dlakavost unutarne pljeve bočnog klasića, UP***

Pljeve bočnih klasića mogu biti dlakave samo po jednom rubu (jednostrano) ili po oba ruba (obostrano). Jednostrana dlakavost češća je kod Hmm gdje je to svojstvo prisutno u 68% uzoraka (**Slika 15**). Kod Hml puno je češća obostrana dlakavost unutarne pljeve (88% slučajeva).



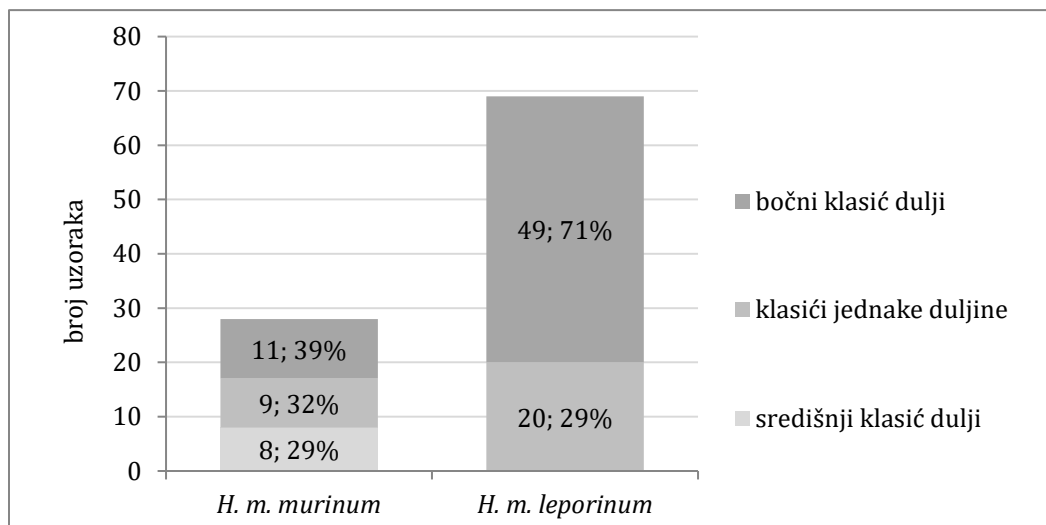
**Slika 15.** Zastupljenost pojedinog tipa dlakavosti unutarne pljeve bočnog klasića kod istraživanih podvrsta mišjeg ječma *H. murinum* subsp. *murinum* i *H. murinum* subsp. *leporinum*. Brojevi u stupcu označavaju brojnost i udio pojedine kategorije.

### ***Dlakavost vanjske pljeve bočnog klasića, VP***

Od ukupno 97 uzoraka, samo 1 primjerak Hml ima dlakavu vanjsku pljevu bočnog klasića. Ona je u tom slučaju slična unutarnjoj pljevi – približne širine i lancetastog oblika sa izraženim trepavičavim dlakama po jednom rubu. U svim ostalim slučajevima ta je pljeva uska i bez dlaka.

### ***Duljina klasića***

Zbrojem izmjerenih struktura klasića (duljina stapke + duljina košuljice + duljina osati) dobivena je točna duljina klasića. Iz rezultata (**Tablica 3, Prilog 5**) vidljivo je da veće klasiće ima Hmm, te da su kod obje podvrste bočni klasići dulji od središnjeg. Također kod Hmm klasići su šireg raspona duljine sa većom minimalnom i maksimalnom vrijednošću te varijabilnijeg odnosa duljina. Različiti odnos duljine klasića pojednostavljeno predstavlja tri tipa tripleta (triplet sa većim središnjim klasićem, triplet sa većim bočnim klasićima i triplet sa klasićima jednake duljine) čiju zastupljenost kod podvrsta prikazuje **Slika 16**. Kod Hmm tri su tipa tripleta zastupljena sličnom brojnošću, za razliku od Hml gdje su bočni klasići dulji od središnjeg u 71% uzoraka dok slučajeva sa većim središnjim klasićem nema. Klasićima jednake duljine smatrani su slučajevi gdje je razlika između središnjeg i bočnog klasića manja od 2 mm.



**Slika 16.** Zastupljenost tipova tripleta (odnosa duljine klasića u tripletu) kod istraživanih podvrsta mišjeg ječma *H. murinum* subsp. *murinum* i *H. murinum* subsp. *leporinum*. Brojevi u stupcu označavaju brojnost i udio pojedine kategorije.

**Tablica 3.** Prosječna vrijednost i raspon duljine klasića podvrsta mišjeg ječma *H. murinum* subsp. *murinum* i *H. murinum* subsp. *leporinum*.

		Središnji klasić	Bočni klasić
<i>H. m. murinum</i>	Prosječna duljina (cm)	4,5	4,6
	Raspon (min-max)	1,4-7,2	1,6-8
<i>H. m. leporinum</i>	Prosječna duljina (cm)	3,5	3,8
	Raspon (min-max)	1,9-6,5	2,1-6,5

### 3.2. Statistički testovi

Kolmogorov-Smirnov test pokazao je da mjerene varijable uglavnom nemaju normalnu distribuciju te je odbačena nul-hipoteza. Mann-Whitney test i medijan test iznijeli su gotovo identičan rezultat i ukazali da se podvrste statistički značajno razlikuju prema sljedećim varijablama: visina biljke (vB), duljina središnje stapke (cST), duljina središnje rahile (cR), duljina središnje košuljice (cK), duljina središnjih i bočnih osati (cOS, bOS), širina bočnog obuvenca (bOB), omjer pljeva (OP) i omjer košuljica (OK). Od navedenih devet varijabli osam ima  $p < 0,01$ . Mann-Whitney testom se statistički značajnom razlikom između podvrsta pokazala i širina unutarnje pljeve bočnog klasića (bPs). Rezultati navedenih testova priloženi su na kraju rada kao **Prilog 1, Prilog 2 i Prilog 3**.

### 3.3. Klusterska analiza

Korištena metoda je TwoStep Cluster. Varijable na osnovi kojih su dobiveni klasteri su iste one značajke korištene prilikom revizije, stoga je svrha analize bila vidjeti koliko će se rezultati razlikovati od utvrđenog broja H<sub>mm</sub> i H<sub>ml</sub>. Rezultat je prikazan na **Slici 17** gdje je vidljiva neravnomjerna raspodjela uzoraka u dva klastera kojima je broj članova sličan broju H<sub>mm</sub> i H<sub>ml</sub> uzoraka. Prvi klaster (murinum-klaster) sadrži 35 članova što je 7 više u odnosu na broj H<sub>mm</sub> uzoraka, ali unatoč tome srednje vrijednosti odabranih značajki su gotovo iste između H<sub>mm</sub> i murinum-klastera, odnosno H<sub>ml</sub> i leporinum-klastera. Evaluacijske značajke nemaju utjecaj u formiranju klastera već služe dobivanju uvida u povezanost i distribuciju odabranih obilježja, i njihova je procjenjena važnost za formiranje klastera relativno mala. Najvažnija značajka-prediktor sa 100%-tnim utjecajem na razdvajanje klastera je omjer košuljica (OK).

## Kvaliteta klastera



Broj klastera	1	2
Ime klastera	<b>murinum</b>	<b>leporinum</b>
Veličina klastera	36,1% (35)	63,9% (62)
Značajke korištene u analizi i njihove srednje vrijednosti u klasteru	<b>OK</b> srednja vrijednost: 0,9 važnost: 100%	<b>OK</b> srednja vrijednost: 0,78 važnost: 100%
	<b>cST</b> srednja vrijednost: 0,83 mm važnost: 81%	<b>cST</b> srednja vrijednost: 1,31 mm važnost: 81%
	<b>cOS</b> srednja vrijednost: 3,58 cm važnost: 74%	<b>cOS</b> srednja vrijednost: 2,27 cm važnost: 74%
Evaluacijske značajke (nemaju utjecaj na analizu, služe evaluaciji klastera)	<b>bKd</b> najčešća kategorija: 1 (45,7%) važnost: 19%	<b>bKd</b> najčešća kategorija: 3 (48,4%) važnost: 19%
	<b>UP</b> najčešća kategorija: 2 (51,4%) važnost: 22%	<b>UP</b> najčešća kategorija: 2 (83,9%) važnost: 22%
	<b>OP</b> srednja vrijednost: 1,45 važnost: 24%	<b>OP</b> srednja vrijednost: 1,3 važnost: 24%

**Slika 17.** Rezultat klusterske analize morfoloških značajki agregata *Hordeum murinum*. Mjera kohezije i separacije je iznad 0,5 što znači da su klasteri dobre kvalitete. Murinum-klaster predstavlja *H. murinum* subsp. *murinum* i broji 35 članova (36% uzoraka), leporinum-klaster predstavlja *H. murinum* subsp. *leporinum* i sastoji se od 62 člana (64% uzoraka). Važnost označava utjecaj pojedine značajke na grupiranje u klaster. OK-omjer košuljica, cST-duljina središnje stapke, cOS-duljina središnjih osati, bKd-dlakavost bočne košuljice, UP-dlakavost unutarnje pljeve bočnog klasića, OP-omjer pljeva. Kategorije za bKd: 1-bez dlaka, 3-dlakava; kategorije za UP: 1-jedan rub dlakav, 2-oba ruba dlakava.



### 3.4. Multivarijatna statistika

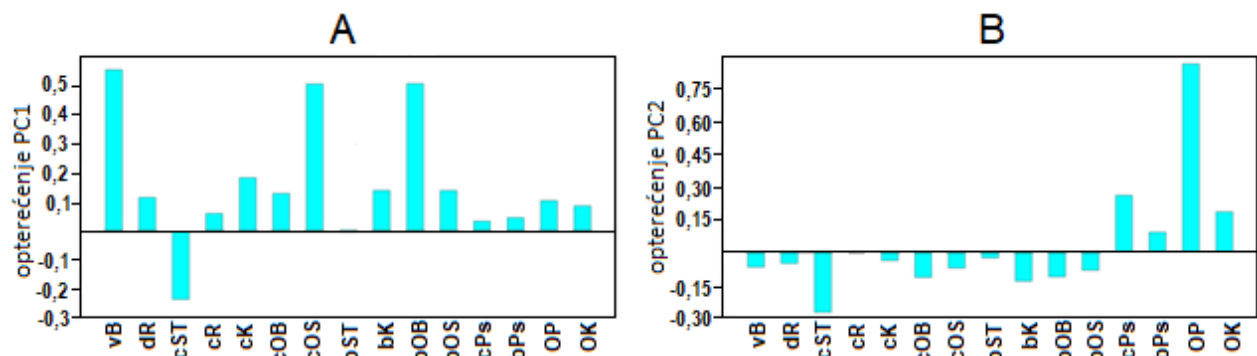
#### *Analiza glavnih komponenti (PCA)*

U analizu su uključene sve morfometrijske značajke cvata i visina biljke. Iz **Tablice 4** je vidljivo da prve dvije osi glavnih komponenti tumače 73% varijabilnosti uzorka, a koje su značajke najvažnije u formiranju tih osi prikazano je na **Slici 18**.

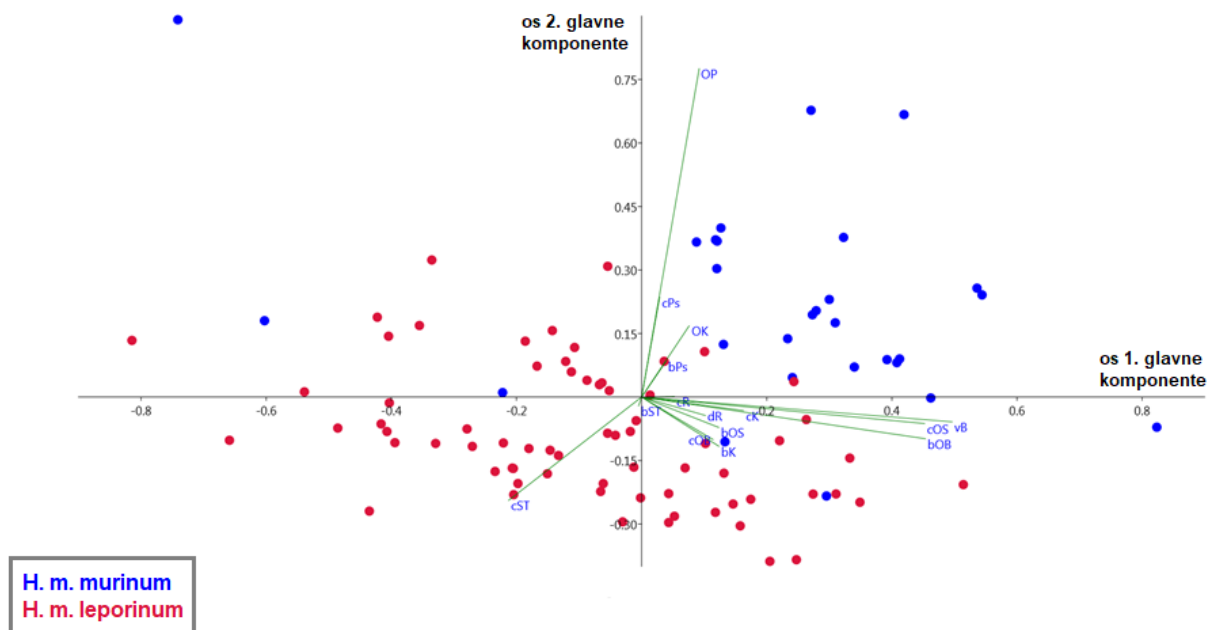
**Tablica 4.** Svojtvene vrijednosti i postoci protumačene varijabilnosti morfoloških značajki na temelju analizom dobivenih osi glavnih komponenti. Izdvojene prve dvije osi tumače najveću varijabilnost uzorka i uključene su u grafički prikaz na Slici 19.

Os glavne komponente	Svojtvena vrijednost	% od varijacije
1	0,0933	46,55
2	0,0540	26,93
3	0,0171	8,53
4	0,0121	6,06
5	0,0084	4,21
6	0,0060	3,03
7	0,0034	1,68
8	0,0026	1,30
9	0,0013	0,66
10	0,0008	0,39
11	0,0007	0,34
12	0,0006	0,30
13	$3,11 \times 10^{-4}$	0,02
14	$8,03 \times 10^{-10}$	$4 \times 10^{-3}$
15	$2,32 \times 10^{-25}$	$1,16 \times 10^{-23}$

Grafički prikaz rezultata PCA analize (**Slika 19**) predstavlja svojevrsni koordinatni sustav ukupne morfološke varijabilnosti iz kojeg je vidljivo da je ona velika među zastupljenim uzorcima. Varijabilnost je najveća u visini biljke (vB), duljini središnjih osati (cOS), širini bočnog obućenca (bOB), omjeru pljeva (OP) i duljini središnje stapke (cST). Označe li se Hmm i Hml uzorci različitom bojom, jasno je izraženo odvajanje podvrsta duž osi glavnih komponenti te koncentracija Hmm uzoraka u prvom kvadrantu.



**Slika 18.** Utjecaj pojedine morfološke značajke u formiranju prve PC osi (os 1. glavne komponente) (A) i druge PC osi (os 2. glavne komponente) (B). vB-visina biljke, dR-duljina rahisa, cST-duljina središnje stapke, cR-duljina središnje rahile, cK-duljina središnje košuljice, cOB-širina središnjeg obuvenca, cOS-duljina središnjih osati, bST-duljina bočne stapke, bK-duljina bočne košuljice, bOB-širina bočnog obuvenca, bOS-duljina bočnih osati, cPs-širina pljeve središnjeg klasića, bPs-širina unutarnje pljeve bočnog klasića, OP-omjer pljeva, OK-omjer košuljica.



**Slika 19.** PCA graf za agregat *Hordeum murinum* na temelju mjerenih morfometrijskih značajki: vB-visina biljke, dR-duljina rahisa, cST-duljina središnje stapke, cR-duljina središnje rahile, cK-duljina središnje košuljice, cOB-širina središnjeg obuvenca, cOS-duljina središnjih osati, bST-duljina bočne stapke, bK-duljina bočne košuljice, bOB-širina bočnog obuvenca, bOS-duljina bočnih osati, cPs-širina pljeve središnjeg klasića, bPs-širina unutarnje pljeve bočnog klasića, OP-omjer pljeva, OK-omjer košuljica.

Doprinos pojedine morfometrijske značajke u formiranju osi glavnih komponenti vizualiziran je zelenim vektorom koji pokazuje smjer i količinu korelacije s osima, a što se u konačnici može interpretirati i kao važnost određene značajke u razlikovanju podvrsta. S grafa se stoga može iščitati da se kao važna razlikovna značajka izdvaja duljina središnje stapke (cST) zbog obrnute projekcije cST vektora u odnosu na položaj glavnine Hmm uzoraka, što znači da u ukupnoj varijabilnosti te značajke Hmm ima manje vrijednosti od Hml. S druge strane OK vektor ukazuje da je omjer košuljica veći u polju prvog kvadranta gdje dominiraju Hmm uzorci. X-os je najviše pod utjecajem značajki visine biljke (vB), duljine središnjih osati (cOS) i širine bočnog obućenca (bOB) pa su na desnoj strani osi smješteni uzorci s većim vrijednostima navedenih varijabli, što govori da Hml ima tendenciju imati manje vrijednosti ovih značajki zbog čega se velik broj Hml uzoraka nalazi s lijeve strane osi. Na raspodjelu uzoraka duž y-osi najveći utjecaj ima omjer pljeva (OP), iz čega proizlazi da Hmm ima veće vrijednosti a manju varijabilnost te značajke. Međutim, kako je ukupna distribucija uzoraka po kvadrantima prilično razbacana što ukazuje na veliku morfološku varijabilnost agregata, time se ujedno dočarava i težina razlikovanja podvrsta duž jedne osi, odnosno na temelju samo jedne makar i istaknute morfološke značajke.

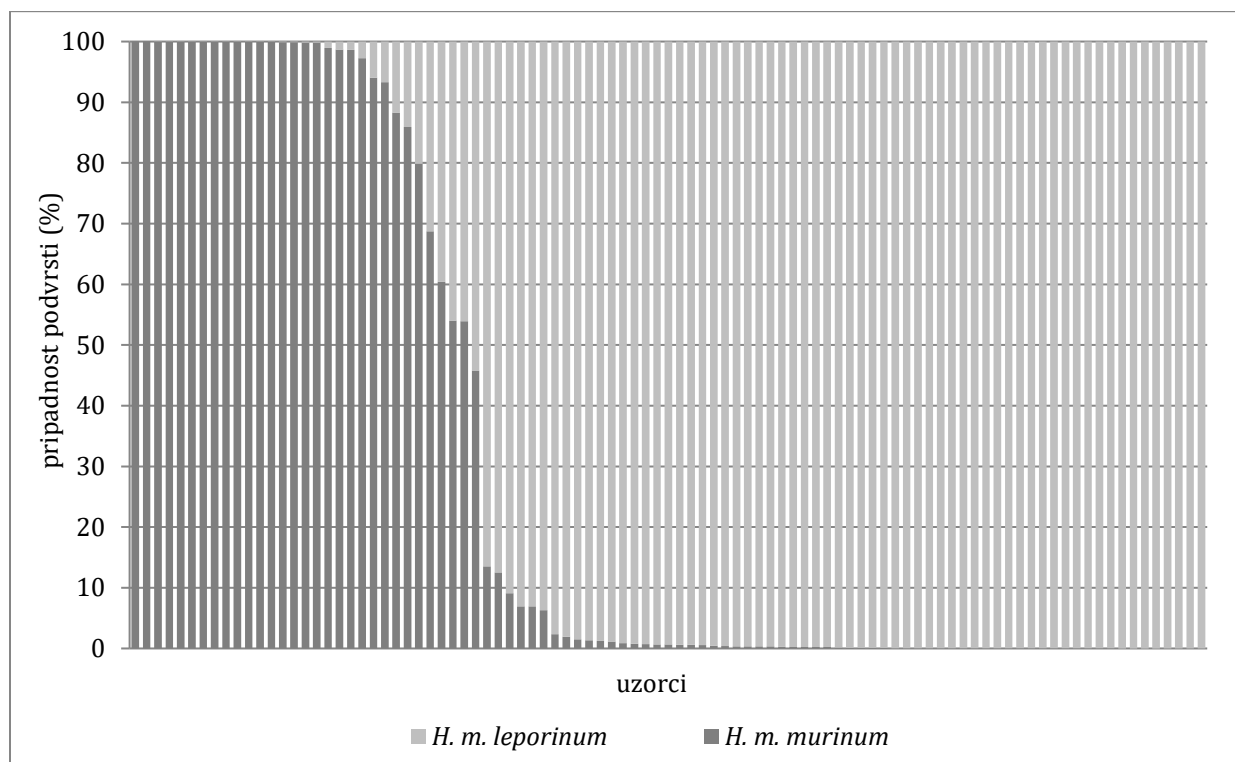
### ***Diskriminantna analiza (DA)***

Za razliku od PCA, u ovoj metodi morfometrijske značajke su analizirane kao podijeljene u dvije *a priori* postavljene grupe, na temelju čega je izračunata diskriminantna funkcija te određene one značajke koje najviše pridonose odvajanju podvrsta (**Tablica 5**). Najznačajnima su se pokazale duljina središnje stapke (cST), omjer košuljica (OK) i omjer pljeva (OP).

Kao rezultat diskriminantne analize dobivena je vjerojatnost kojom uzorci pripadaju jednoj od podvrsta, što je grafički prikazano stupčastim dijagramom na **Slici 20**. 87 uzoraka (90%) ima pripadnost jednoj podvrsti iznad 90%, četiri uzorka (1 Hmm i 3 Hml) se nalaze u sredini skale sa vjerojatnošću između 45-60%, dok dva uzorka imaju vrlo nisku pripadnost svojoj podvrsti (Hmm sa 7% i Hml sa 20%) te su usporedbom ostalih rezultata naposljetku redeterminirani.

**Tablica 5.** Korelacije morfometrijskih značajki mišjeg ječma *Hordeum murinum* s.l. s diskriminantnom funkcijom.

Morfološke značajke	Funkcija
	1
log_cST	0,585
log_OK	-0,568
log_OP	-0,406
log_cOS	-0,271
log_bPs	0,222
log_cK	-0,213
log_bOS	-0,213
log_vB	-0,209
log_bOB	0,199
log_cR	-0,113
log_dR	-0,107
log_bK	0,082
log_bST	0,081
log_cOB	-0,025
log_cPs	0,002



**Slika 20.** Vjerojatnost pripadnosti pojedinog uzorka *H. murinum* subsp. *murinum* ili *H. murinum* subsp. *leporinum* podvrsti na temelju diskriminantnih funkcija.

### 3.5. Determinacijski ključ

Za izradu ključa korištene su značajke koje su analize izdvojile kao statistički značajne i korisne za razlikovanje podvrsta. Njihove mjere priložene su u **Tablici 6** gdje raspon označava vrijednost između donjeg i gornjeg kvartila a u zagradama su minimalne i maksimalne vrijednosti (*outlieri* označeni zvjezdicom nisu uvršteni u ključ). Dvije merističke značajke uključene su kao postotak koji izražava vjerojatnost da data struktura cvata ima određeni tip dlakavosti.

**Tablica 6.** Dijagnostički korisne značajke i njihove vrijednosti za razlikovanje podvrsta mišjeg ječma *H. murinum* subsp. *murinum* i *H. murinum* subsp. *leporinum*.

	<i>H. murinum</i> subsp. <i>murinum</i>	<i>H. murinum</i> subsp. <i>leporinum</i>
Visina biljke (cm)	(9) 30-48 (80)	(6) 20-33 (68)
Duljine: središnja stapka (mm)	(0,4) 0,6-0,9 (1,3)	(0,8) 1-1,5 (2,2)
središnja osat (cm)	(0,8) 2,8-4,3 (5,9)	(1,1) 1,9-2,9 (5,3)
bočna osat (cm)	(0,8) 2,6-4 (6,4)	(1,1) 1,9-3 (5)
središnja košuljica (mm)	(5,7) 9-10,5 (12,5)	(6,5) 7,9-9,5 (10,9)
Širina bočnog obuvenca (mm)	(0,6) 1,2-1,6 (1,8)	(0,9) 1,4-1,9 (2,4)
Omjer košuljica <sup>1</sup>	(0,82) 0,85-0,95 (1,14)	(0,69) 0,75-0,81 (0,9)
Omjer pljeva <sup>2</sup>	(1,17) 1,35-1,67 (2)	(1) 1,18-1,4 (1,67)
Unutarnja pljeva bočnog klasića*	jedan rub dlakav (~70%)	oba ruba dlakava (~90%)
Bočna košuljica* <sup>3</sup>	bez dlaka (~55%)	prisutne dlačice (~85%)

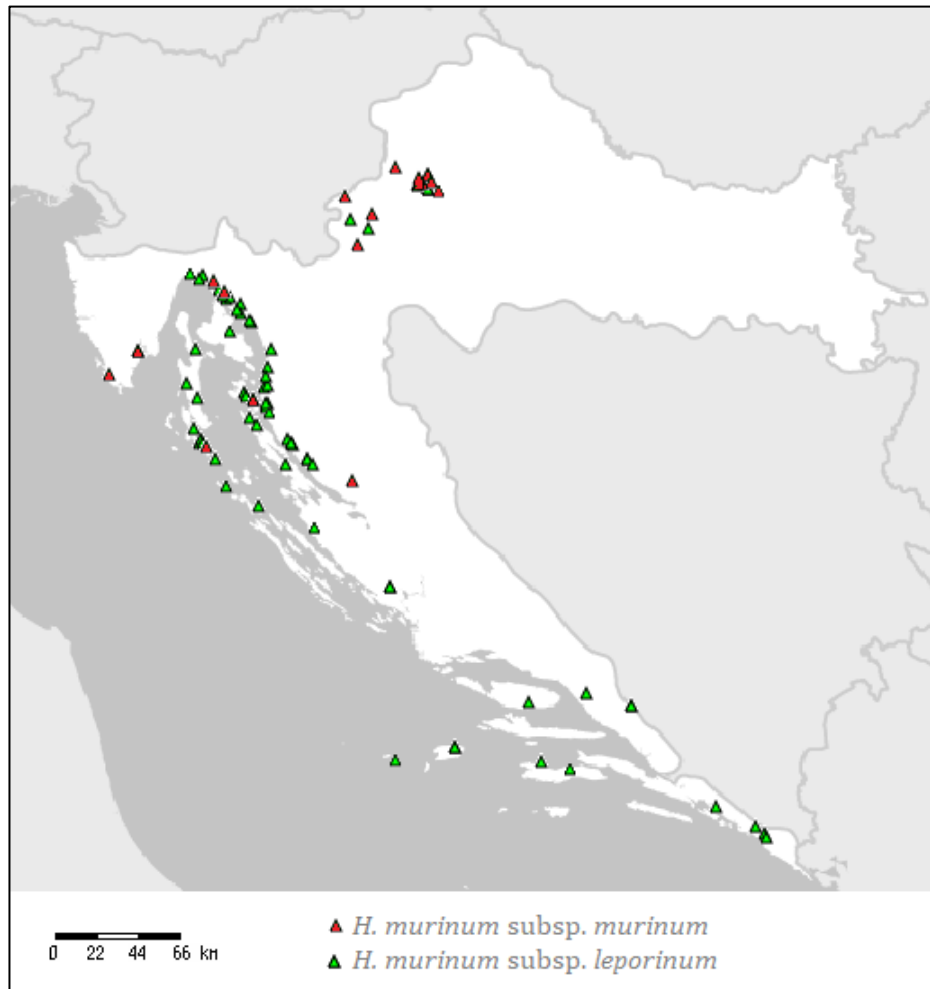
<sup>1</sup> duljina košuljice središnjeg klasića/duljina košuljica bočnog klasića  
<sup>2</sup> širina pljeve središnje klasića/širina unutarnje pljeve bočnog klasića  
<sup>3</sup> odnosi se na abaksijalnu stranu, karakteristika "prisutne dlačice" predstavlja oba zabilježena tipa dlakavosti (po žilama i po većoj površini košuljice)  
\* kolika je vjerojatnost za određeni tip dlakavosti

### 3.6. Karta rasprostranjenosti

Nakon cjelokupne statističke obrade posebno su razmotreni *outlieri* usporedbom svih rezultata te zaključen konačan broj primjeraka koji broji 28 Hmm i 69 Hml, a geografska rasprostranjenost njih 88 (koji imaju podatak o lokalitetu sabiranja) prikazana je na **Slici 21**.

Nažalost, samo mali broj uzoraka je prikupljen na području kontinentalne Hrvatske i to sa koncentracijom u Zagrebu, Zagrebačkoj i Karlovačkoj županiji, no unatoč tome odmah je vidljivo da je tamo zastupljeniji Hmm dok Hml dominira u mediteranskom dijelu. Iako se i Hmm javlja u priobalju pa si se naoko moglo zaključiti da je jednako zastupljen i u kontinentalnom i u primorskom dijelu, ne treba zanemariti činjenicu da je od 9 uzoraka koji nedostaju na karti čak

sedam Hmm, što u odnosu na ionako već mali broj Hmm primjeraka predstavlja znatan gubitak informacije o rasprostranjenosti.



**Slika 21.** Rasprostranjenost podvrsta mišjeg ječma *H. murinum* subsp. *murinum* i *H. murinum* subsp. *leporinum* na području Hrvatske utvrđena na temelju herbarskog materijala (prema <https://hirc.botanic.hr/fcd/>) (prilagodila: M. Bešenić).

## 4. RASPRAVA

Istraživanjem agregata *Hordeum murinum* utvrđeno je da dvije obuhvaćene podvrste pokazuju veliku varijabilnost morfoloških značajki ali i često preklapanje istih, zbog čega podvrste nerijetko nije jednostavno jasno raspoznati.

Već je prva mjerena varijabla, visina biljke (vB), polučila neobičan i diskutabilan rezultat koji ukazuje da je Hmm viša biljka od Hml, iako se Hml navodi kao viša svojta (Jacobsen i Bothmer 1995, Jogan 2017). Kod interpretiranja ovog, pa i svih rezultata uostalom, treba uvijek imati na umu ne samo neravnomjeran omjer uzoraka jedne i druge podvrste (Hml ima gotovo 2,5 puta više od Hmm) nego i relativno mali broj Hmm uzoraka (N=28). Povrh toga, od 13 uzoraka koji nisu imali korijen i gdje je nepoznato koliki dio stabljike nedostaje odnosno koliko je visine „izgubljeno“, čak 10 pripada Hmm što znači da je, statistički gledano, visina Hmm zapravo i manja nego bi realno bila da su svi uzorci herbarizirani s korijenom. Naravno isto vrijedi i za Hml, no u tom slučaju riječ je o 5 uzoraka (tri bez korijena i dva sa otkinutim klasovima bez vrijednosti visine) koji vjerojatno ne bi imali velik utjecaj na rezultate Hml. U skladu s time, rezultat da je prosječna visina Hmm za čak 10 cm veća od prosječne visine Hml jasno govori koja je od istraživanih svojti generalno viša.

Neminovno je da će između populacija varirati visina biljaka jer ona ovisi o interakciji raznih okolišnih faktora i genetica odvojenih populacija (Giles i Edwards 1983, Giles i Lefkovitch 1986). S citogenetskog stajališta poznato je da su poliploidi veći od diploidnih predaka što je najbolje vidljivo na primjeru žitarica, ali to se ovdje može isključiti budući da su obje svojte tetraploidi tako da se razlika u njihovoj visini pripisuje različitim ekološkim uvjetima staništa i genetskoj osnovi. Zbog navedenog teško je visinu biljke smatrati objektivnim determinacijskim svojstvom, ali kako se ovdje pokazala značajnom razlikom između svojti uvrštena je u determinacijski ključ. Mnoge su varijable u pozitivnoj korelaciji s visinom biljke (**Prilog 6**) pa je ona korisna u kontekstu interpretacije drugih rezultata, primjerice duljine osati ili košuljica.

Uvriježeno pravilo za raspoznavanje podvrsta je karakterističan odnos veličina unutar istog tripleta gdje bi kod Hmm središnji klasić trebao biti veći od bočnih dok za Hml vrijedi obrnuto (Jacobsen i Bothmer 1995). Računanjem duljine klasića (zbrojem stapke, košuljice i osati) dobio je rezultat da kod Hml bočni klasići doista jesu gotovo uvijek veći od središnjih (**Prilog 5**)

što je u suglasju s navedenim, no s druge strane manje od trećine Hmm uzoraka ima središnji klasić veći od bočnog, pa tako to pravilo kod Hmm nije potvrđeno. Sličnu je ovakvu nedosljednost u odnosu duljina klasića zabilježio i Jogan (2017) u Sloveniji, ali uz zanimljiv obrat situacije gdje pravilo veličine klasića potvrđuje većina Hmm a manji broj Hml.

U Poljskoj gdje Hml ne dolazi, Mizianty (2006) susreće samo primjerke gdje su središnji i bočni klasić (osat) naoko jednake duljine pa to uzima kao karakteristično Hmm svojstvo, a isto potvrđuju i Baum i Bailey (1985). Međutim u ovom istraživanju to je svojstvo zabilježeno kod obje podvrste i to u istom omjeru, pa tako i trećina Hmm i trećina Hml uzoraka ima središnji i bočni klasić jednake duljine. Zbog toga naoki izgled tripleta u većini istraživanih slučajeva gdje nema (velike) razlike u duljini klasića/osati nije siguran pokazatelj o kojoj podvrsti je riječ.

Kod istraživanih Hmm središnje košuljice (cK) su uglavnom kraće od bočnih (što je logično jer su i središnji klasići kraći), ali je razlika između njih manja nego kod Hml gdje su središnje košuljice još kraće pa je razlika naspram bočnih košuljica veća. Tu je razliku veličina najbolje prikazati omjerom (duljina središnje košuljice/duljina bočne košuljice) koji jasno govori o odnosu duljina košuljica i njihovom trendu kod pojedine svojte. Zbog toga je omjer vjerojatno pouzdanije determinacijsko svojstvo naspram samih duljina košuljica čije se vrijednosti kreću u širokom rangu i uvelike preklapaju između podvrsta.

Omjer košuljica prvi spominje Covas (1949) navodeći raspon od 1-1,4 za Hmm i raspon od 0,7-0,9 za Hml, a isto u svom ključu izražava i Humphries (1980) („*košuljica središnjeg klasića 1-1,4 duljine košuljice bočnih klasića ... košuljica središnjeg klasića 0,7-0,9 duljine košuljice bočnog klasića*“) što implicira kako Hmm određuje središnja košuljica striktno dulja od bočne. To definitivno nije slučaj kod hrvatskih primjeraka gdje se omjer košuljica (OK) za Hmm kreće od 0,82-1,14. Gotovo isti takav raspon bilježe Booth i Richards (1976), a i Morrison (1958) istraživanjem nizozemskih populacija također susreće Hmm primjerke s omjerom košuljica 0,8.

Istraživanjem širine pljeva (cPs, bPs) otkrivene su razlike između podvrsta gdje Hml ima tendenciju imati šire bočne pljeve. Morrison (1958) smatra kako se podvrste ne mogu razlikovati na osnovi širine pljeva, no kao i s košuljicama i ovdje je omjer (širina pljeve središnjeg klasića/širina unutarnje pljeve bočnog klasića) od veće koristi za razlikovanje svojti nego zasebna širina pljeve. Raspon omjera pljeva (OP) ne poklapa se u potpunosti s rezultatima drugih istraživača



(Booth i Richards 1976, Covas 1949), ali ono u čemu se rezultati slažu jest da dotične pljeve mogu biti jednake širine kod Hml (minimalni omjer 1), odnosno da središnja može biti dvostruko šira od bočne kod Hmm (maksimalni omjer 2).

Ipak, iako statistički relevantno razlikovno svojstvo, u obzir treba uzeti nepraktičnost upotrebe navedenih omjera u vidu dostupnosti podataka. Za dobivanje omjera, strukture je cvata potrebno izmjeriti pod lupom pomoću okularnog mikrometra, koji bi k tome za izmjeru širine pljeve idealno trebao biti baždaren na 0,01 mm, što korištenje omjera u determinaciji na terenu čini malo vjerojatnim. Pored toga oba omjera imaju relativno široke raspone vrijednosti, koji se u slučaju pljeva i prilično preklapaju između podvrsta, tako da i poznat omjer nije garancija jasnog raspoznavanja. Krajnje vrijednosti omjera mogu biti vrlo siguran pokazatelj o kojoj podvrsti je riječ, no realno, u trenutku kad je primjerice bočna pljeva toliko naočigled široka (ili uska) da se odokativno može procijeniti omjer pljeva (minimalni ili maksimalni) vrlo je vjerojatno da će i druge značajke snažno ukazivati na određenu podvrstu.

Duljina rahisa (dR) nije se pokazala značajnom razlikom između podvrsta zbog presličnih srednjih vrijednosti i raspona duljine, iako je rahis kod Hmm nešto dulji u odnosu na Hml. Isto bilježe i Booth i Richards (1976), no oni rahis nazivaju rahilom pa treba pripaziti da ne dođe do brkanja ovih struktura zbog sličnih naziva, kako napominju Scholz i Raus (1997).

Duljina rahile središnjeg klasića (cR) statistički se značajno razlikuje između podvrsta, no opet se postavlja pitanje upotrebljivosti ove značajke zbog odveć sličnog raspona i podatka da se duljine središnjih rahila razlikuju svega 0,2 mm između podvrsta. Boja rahile (RŽ) je žuta u svim istraživanim uzorcima, ali treba uzeti u obzir da ta osobina ovisi o stanju materijala (svjež ili herbariziran). Nadalje, duljina rahile bočnog klasića nije mjerena zbog čega nemamo informaciju u kakvom su odnosu dvije rahile, za što je već rečeno da je važnije utvrditi od same duljine. Treba reći i da je rahila neuočljiva i krhka struktura čiju je duljinu apsolutno nemoguće izmjeriti bez upotrebe lupe i okularnog mikrometra, a između ostalog njena se morfologija (duljina, boja, izgled) ionako navodi kao razlikovna značajka između Hml i Hmg (Covas 1949, Humphries 1980, Conert 1997) i to upitne pouzdanosti (Morrison 1958). Zbog sveg navedenog, duljina središnje rahile nije uključena u determinacijski ključ.

Još jedna varijabla koja se pokazala značajnom razlikom među svojcima i kao takva imala vrlo jak utjecaj na PCA analizu, je širina obuvenca bočnog cvijeta (bOB). Jedna od karakteristika kojom se Hml zna opisivati jest da ima širi i bujniji klas zbog debljih bočnih klasića (Jacobsen i Bothmer 1995) što podrazumjeva šire bočne obuvence. Bočni obuvenci doista jesu širi kod Hml nego kod Hmm pa je to u skladu s navodom, međutim cjelokupni rezultat ove značajke je diskutabilnog kredibiliteta iz jednog očitog razloga, a taj je što je korišten sprešani materijal.

Naime obuvenac je listić koji otvoreno obavija cvijet i da bi se izmjerila njegova točna širina on se treba rastvoriti i izravnati. To je kod herbariziranog materijala izvedivo jedino uz posebnu pripremu i višesatno namakanje klasića, što iz logističkih razloga nije rađeno. Ovisno o sprešanosti materijala katkada je obuvenac i bio u potpunosti rastvoren, pa mjere s takvih uzoraka predstavljaju maksimalne vrijednosti iako to možda stvarno nisu, no češće je obuvenac bio stisnut i jasno je da mjera uzeta u takvom slučaju nije realna vrijednost širine. Iz tog razloga ova značajka je pomalo upitne vjerodostojnosti ali ipak uvrštena u determinacijski ključ zbog rezultata analiza, kao i činjenice da Jogan (2017) navodi iste rezultate širine bočnog obuvenca u svom ključu, a istraživanje je također proveo na herbariziranom materijalu.

Praćenjem dlakavost košuljice (bKd) i unutarnje pljeve bočnog klasića (UP) utvrđeno je da je Hml „dlakavija“ svojta od dvije sa puno većim udjelom dlakavih košuljica i obostrano dlakavih pljeva. Tek 14% Hml uzoraka nema dlačica po košuljici za razliku od Hmm gdje udio takvih košuljica iznosi 54%.

Dlakavost košuljice je zanimljiva osobina zbog varijabilne pokrivenosti dlačicama koju je katkad nejasno definirati. Binarno poimanje ove značajke („košuljica bez dlaka“ i „košuljica dlakava“) u istraživanju je prošireno na trinarno gdje je dlakavost košuljice kod trećine uzoraka opisana kao posebna kategorija – „dlačice po žilama“. Ta je dodatna „međukategorija“ uvedena kako bi inicijalne kategorije dobile veću vjerodostojnost i dosljednost, jer iako su i dlačice samo po žilama znak dlakavosti budući da na košuljici očigledno postoje izražene dlake, svrstati takve primjerke u kategoriju „košuljica dlakava“ bilo bi jednako kao i svrstati ih u suprotnu kategoriju uz argument da, izuzev dvije tanke žile, sama površina košuljice nije pokrivena dlakama. Gubitak te međukategorije uvelike bi utjecao na rezultat (**Slika 14**) jer bi se 25% Hmm uzoraka i 40% Hml uzoraka pripojilo jednoj od inicijalnih kategorija, čime se u konačnici gubi ne samo

uvid u razliku među podvrstama i morfološku varijabilnost unutar podvrste, već i uvid u varijabilnost same značajke.

S obzirom na podjelu u tri kategorije, zanimljivo je da je kod obje podvrste broj dlakavih košuljica i onih s dlakama samo po žilama otprilike jednak. To daje naslutiti da je za slučaj binarne interpretacije ove značajke, navedenu međukategoriju možda bolje svrstati i razmatrati kao dlakavu košuljicu. Takvom zaključku ide u prilog to što je kod trinarnog sistema teže odrediti granicu i odlučiti se između kategorija „dlakava“ i „dlačice samo po žilama“, nego između potonje kategorije i one bez dlaka. Pored toga, kod moguća tri naspram dva izbora, veća je sloboda interpretacije neke osobine koja između ostalog ovisi i o uvjetima pri kojima se ista određuje (osvjetljenje i/ili povećanje lupe, zamor oka i općenito subjektivan doživljaj promatrača). Morrison (1958) također primjećuje sporadičnu pojavu dlačica po rubovima žila košuljice kod Hmm i isto takvu nedefiniranu dlakavost kod Hml što, u odnosu na jako izraženu dlakavost košuljice kod Hmg, ne može nazvati dlakavom košuljicom te zaključuje da dlakavost bočne košuljice nije svojstvo korisno za razlikovanje Hmm i Hml. No treba uzeti u obzir da je taj zaključak izveden na temelju istraživanja koje je uključilo svega 4 Hml uzorka, dok s druge strane Booth i Richards (1976) za Hmm iskazuju da je košuljica gola a kod Hml polovično dlakava. Jacobsen i Bothmer (1995) pak navode kako je kod Hmm košuljica „*skoro gola*“ a kod Hml dlakava. Iako je taj termin nedefiniran i nejasan, mogao bi se interpretirati kao izdvojeni oblik dlakavosti gdje su dlačice prisutne samo po žilama, a što autori ne mogu poistovjetiti sa izraženo dlakavom košuljicom i odrediti je kao takvu.

U konačnici, istraživanjem je između svojti primijećena neosporiva razlika po pitanju dlakavosti košuljice cvijeta bočnog klasića (bKd) koja može poslužiti kao determinacijski orijentir. Zbog praktičnosti primjene te značajke i iznesenih argumenata, u determinacijski ključ uvrštene su dvije kategorije – „košuljica bez dlaka“ i „košuljica sa prisutnim dlačicama“ čime su dva nasuprotna oblika dlakavosti jasno odvojena, dok druga kategorija uključuje svaku prisutnost dlaka bez impliciranja o pokrovnosti istima.

Po pitanju dlakavosti pljeva promatrano je jesu li duge trepavičave dlake prisutne samo po jednom rubu ili po oba ruba unutarnje pljeve bočnog klasića, te je za Hml utvrđeno dominantno obilježje obostrane dlakavosti (88% slučajeva) dok za Hmm vrijedi obrnuto s većom učestalošću

jednostrane dlakavosti (68%). Kudrna (1980) primjećuje isto za dotičnu pljevu ističući kako je to vrlo pouzdano determinacijsko svojstvo, što potvrđuju Amer i sur. (2013) kod egipatskih Hml.

Međutim neobično je da Kudrna (1980), koja je istraživanje također provela na primjercima iz Hrvatske, spominje da je kod Hml i vanjska pljeva bočnog klasića (VP) trepavičavo dlakava što ovim istraživanjem nije potvrđeno. Zabilježen je samo jedan uzorak (Hml) sa dlakavom vanjskom pljevom i ta je pljeva tada izgledala kao unutarnja, dakle podjednake širine i lancetastog oblika s izraženim trepavičavim dlakama (samo po jednom rubu), dok je kod svih drugih uzoraka vanjska pljeva vrlo uska četinastog oblika i bez dlaka. S obzirom na izraženiju dlakavost jedne svoje i zapažanja Kudrne, može se pretpostaviti da je u slučaju nalaza primjerka s dlakavom vanjskom pljevom najvjerojatnije riječ o Hml.

Dlakavost pljeva je u odnosu na dlakavost košuljice zahvalnija determinacijska značajka zbog čisto binarnog karaktera, a k tome je i praktičnija za promatranje jer je relativno velike i dobro izražene rubne dlake moguće vidjeti slabijim povećalom a i golim okom.

U odnosu na morfometrijske (kvantitativne) značajke pokazano je i da meristička (kvalitativna) obilježja dlakavosti mogu biti vrijedan determinacijski alat, no naposljetku apsolutno najvažnija za razlikovanje podvrsta ipak se pokazala duljina središnje stapke (cST), značajka koja je bez iznimke neizostavan element svih determinacijskih ključeva (**Tablica 1**).

Sagledaju li se ukupno svi rezultati svih varijabli može se uočiti da se središnja stapka izdvaja kao značajna u svakom segmentu statističke obrade. U PCA analizi ima utjecaj na formiranje obje osi glavnih komponenti, za klastersku analizu pokazala se vrlo važnim prediktorom u formiranju grupa, a od kolike je važnosti za odvajanje i definiranje svojti istakla je diskriminantna analiza. Pored toga, poslije omjera košuljice rasponi ove varijable se najmanje preklapaju što ujedno znači i relativno veliku razliku između dva medijana.

Zabilježene vrijednosti središnje stapke kod Hml su doduše nešto veće i ne slažu se u potpunosti s čestim navodima koji središnji klasić opisuju kao sesilni ili polusesilni sa vrlo kratkom stapkom maksimalne duljine 0,6 mm (Covas 1949, Cocks i sur. 1976, Humphries 1980, Conert 1997). No sagleda li se relativan odnos stapki u tripletu kao što sugeriraju Jacobsen i Bothmer (1995), primjećuje se da je središnja stapka mnogo kraća od bočne, što je uz središnji klasić (osat) dulji od bočnog upravo ono što prema svim autorima definira Hml. Tome u prilog ide i

visoka negativna koreliranost središnje stapke (cST) sa središnjom osati (cOS), vidljiva iz tablice korelacija u **Prilogu 6**.

Duljina bočnih stapki (bST) je otprilike jednaka kod obje podvrste (prosječna razlika 0,06 mm) te one same za sebe bez usporedbe sa središnjom stapkom nisu determinacijski relevantne. Kod Hml središnja stapka je relativno velika u odnosu na bočne (ali uvijek kraća od njih) pa razlika među njima nije tako izražajna kao kod Hmm, a pored toga su i bočni klasići dulji od središnjeg, o čemu je bilo riječi.

U klusterskoj analizi najvažnija značajka za odvajanje je omjer košuljica (OK) sa apsolutnom važnošću od 100%. S druge strane važnost središnje stapke (cST) i središnjih pljeva (cOS) je zamjetno manja (81% i 74%) što djeluje neobično s obzirom na njihov prethodno iznesen determinacijski značaj. Razlog tome vjerojatno je taj što je od tri značajke raspon vrijednosti OK najsvojstveniji jednoj svojti, odnosno jednostavno rečeno rasponi OK se najmanje preklapaju između Hmm i Hml. S obzirom da se stapka, osat i košuljica stalno navode u ključevima, ali uz činjenicu da je OK omjer (znači prikazuje odnos veličina u tripletu), a cST i cOS mjere koje ne govore ništa o relativnom odnosu s bočnim klasićima, rezultat klusterske analize je dodatna potvrda kako je za razlikovanje podvrsta važniji odnos relativnih veličina naspram upotrebe samih mjera.

Savršen primjer kako se determinacija ne bi smjela temeljiti isključivo na mjerama je determinacijski ključ od Giles i Lefkovitch (1986) koji funkcionira na način da duljine tri gore navedene značajke množi, zbraja i oduzima s poznatim koeficijentom i međusobno pa vrijednost dobivene sume određuje o kojoj je svojti riječ. Testiranjem tog ključa na našim uzorcima dobiven je 31 Hmg (dakle trećina uzoraka), rezultat koji nije nevjerojatan samo po tome što Hmg nikad nije zabilježen u Hrvatskoj, već i zbog toga što dolazi samo u vrlo toplim i suhim područjima areala agregata (Giles i Lefkovitch 1986) a primjerice jedan od uzoraka određen kao Hmg potječe s Velebita. Iako autori ključa potvrđuju njegovu 100%-tnu točnost, treba uzeti u obzir da je ključ testiran na biljkama iz istih populacija odakle potječu one na temelju čije je morfometrije ključ i sastavljen.

Po pitanju determinacije treba istaći da su rezultat klusterske analize dva klastera koji, po vrlo sličnim ili čak identičnim srednjim vrijednostima i kategorijskim udjelima dlakavih značajki, gotovo u potpunosti odgovaraju određenim Hmm i Hml. Doduše klusterskom analizom je 7

uzoraka smješteno u klaster koji ne odgovara određenoj podvrsti, što na ukupni broj uzoraka znači da se revizija i „klasterska determinacija“ podudaraju 93% na temelju istih značajki. Mogući razlog zašto je 7 Hml pripalo u murinum-klaster je pridavanje veće težine duljini središnje stapke (cST) prilikom revizije, ili pak fakultativno uključivanje drugih značajki (evaluacijskih u klaster analizi) ako je na temelju glavne tri bilo nejasno o kojoj podvrsti je riječ pa je odluka tada donesena na temelju prevage *više murinum* ili *više leporinum* značajki. S istim se problemom susreće i Kudrna (1980) pa primjerke miješanih morfoloških karakteristika referira kao zasebnu svojtu *Hordeum intermedium*. Booth i Richards (1976) i Cocks i sur. (1976) također nailaze na nedefinirane „*intermediate*“ primjerke, kao i Jogan (2017) koji takve slučajeve navodi samo kao *H. murinum* s.l. ne zalazeći na nivo podvrste.

Grafički prikaz rezultata diskriminantne analize (**Slika 20**) na jednostavan način pojašnjava ovu problematiku miješanih morfoloških osobina, ali istovremeno i ukazuje da je svega samo nekoliko slučajeva ozbiljno graničnih, za koje je utvrđeno da su *outlieri* za ključne determinacijske značajke. Najveći dio uzoraka ima snažnu pripadnost jednoj svojti što govori da su grupe prethodno dobro postavljene odnosno primjerci ispravno determinirani, a to u konačnici znači da su istaknuti determinacijski kriteriji opravdanog značaja za razlikovanje podvrsta. Ipak, treba napomenuti kako su istaknute značajke za determinaciju pouzdane kada se upotrebljavaju kombinirane zajedno. Budući da su značajke varijabilne i njihovi se rasponi često (i) jako preklapaju među svojtima, u principu ne postoji jed(i)na značajka zasebno dovoljno dijagnostički sigurna (Booth i Richards 1976, Baum i Bailey 1984b).

Konačno, stavka koju također treba imati na umu kod razlikovanju podvrsta, a koja utječe i na morfološku varijabilnost same jedinice, je geografska rasprostranjenost i ekološke prilike staništa. S karte rasprostranjenosti (**Slika 21**) jasno je vidljivo da je Hml prvenstveno rasprostranjen u primorskim krajevima dok je Hmm zastupljeniji u kontinentalnom dijelu. Taj obrazac distribucije je u suglasju s informacijama kako je Hml svojta sredozemnog karaktera a Hmm svojstven za umjerena područja (Davison 1971, Booth i Richards 1976, Giles i Lefkovitch 1986). Pojava svojti izvan okvira njima tipične ekogeografske distribucije nije novost u Hrvatskoj (Kudrna 1980) a isto je slučaj i u Sloveniji (Jogan 2017).

Zbog primijećene velike varijabilnosti morfoloških značajki, veće i negoli se navodi za pojedinu svojtu, nije isključena mogućnost međusobne hibridizacije Hm i Hml na prostoru preklapanja njihovih areala, a koji za globalnu rasprostranjenost agregata naposljetku predstavlja cijela Hrvatska. Za svojte je ekperimentalno već dokazana vrlo uspješna mogućnost križanja gdje nastali hibridi pokazuju miješane morfološke karakteristike roditelja (Rajhathy i Morrison 1962), međutim nepoznato je dolazi li i na koji način do hibridizacije u prirodi budući da nisu primijećene miješane populacije dvije podvrste. Između ostalog podvrste i ne cvjetaju u isto vrijeme (Giles 1984, Giles i Lefkovitch 1986), a pored toga središnji je cvijet zatvoren i samooprašujuć. Bočni su cvijetovi otvoreni i izbačenih prašnika, ali oni nisu dvospolni već samo muški ili čak sterilni (Johansen i Bothmer 1994) pa stoga nisu plodonosni, zbog čega pitanje prirodne hibridizacije postaje tim više nejasno.

Za kraj, možda bi sama rasprostranjenost istraživanih uzoraka mogla i dati objašnjenje neobičnog rezultata za visinu biljke (vB) gdje je Hml ispaao niža svojta. Kao primjer može poslužiti spomenuti slučaj gdje je Hm s Velebita određen kao Hmg na osnovi upotrebe ključa koji koristi samo vrijednosti duljine. Naime Hmg karakterizira generalno niži rast (Jacobsen i Bothmer 1995) zbog čega su i ostale duljine cvata relativno manje, a nizak rast je vjerojatno posljedica suhoće staništa na kojem svojta dolazi. Međutim to ne podrazumijeva i da je svaki primjerak manjih dimenzija zbog toga Hmg, jer je ta mala veličina vjerojatno rezultat navedenog razloga – manje povoljnih ekoloških uvjeta.

Stoga sagledamo li iz te perspektive Hml uzorke, možemo primjetiti da oni dolaze iz podneblja koje je suše i gdje je sama zemlja općenito slabije kvalitete, što znači nepovoljnije životne uvjete i potencijalno uvjetno slabiji rast i razvitak jedinke. Usporedbom visine biljke i lokacije sabiranja to je doista i potvrđeno; najmanji su uzorci sabrani na otocima i primorskim mjestima uz opise staništa poput „uz put“, „na zidu“, „na mjestima gdje se gazi“, „kamenjarski pašnjak“; dok najviše biljke potječu uglavnom iz kontinentalnog dijela sa bogatijih tala („ruderalno mjesto uz prugu“ ili „na nasipu odvodnog kanala“). U grupi najmanjih su i tri gorska primjerka sa Žumberka, Velebita i Biokova, što u skladu s primijećenom povezanošću ekoloških čimbenika i razvijenosti biljaka (Davison 1971, 1977) ujedno podržava i navod da je mišji ječam trava nizijskih područja (Davison 1970).

## 5. ZAKLJUČAK

Istraživanje *Hordeum murinum* agregata provedeno na herbarskom materijalu iz Hrvatske dalo je uvid u morfološku varijabilnost cvata i ukazalo na razlike istog između *H. murinum* subsp. *murinum* i *H. murinum* subsp. *leporinum*.

- Istraživane značajke su relativno širokog raspona vrijednosti što ukazuje na veliku varijabilnost unutar pojedine podvrste. Zbog toga dvije se podvrste međusobno jako preklapaju u morfometrijskim i merističkim karakteristikama, pa je za njihovo raspoznavanje potrebno koristiti par značajki cvata.
- Kao najznačajnije značajke za razlikovanje podvrsta istaknule su se duljina stapke središnjeg klasića (cST), omjer košuljica (OK), duljina osati središnjeg klasića (cOS), dlakavost ruba unutarnje pljeve bočnog klasića (UP) te dlakavost košuljice bočnog klasića (bKd).
- Na osnovi utemeljenih i relevantnih morfoloških razlika sastavljen je determinacijski ključ. Prilikom determinacije važno je obratiti pozornost na relativan odnos veličina između središnjeg i bočnog klasića iste skupine klasića (tripleta).
- Na temelju istraživanih primjeraka ustanovljena je rasprostranjenost podvrsta u Hrvatskoj koja potvrđuje *H. murinum* subsp. *leporinum* kao dominantno sredozemnu svojtu, a *H. murinum* subsp. *murinum* kao svojtu više kontinentalnog karaktera.

Dodatno, ovim istraživanjem zabilježeno je da je subsp. *murinum* morfološki viša podvrsta što ne nalazi uporište u literaturi, a kao moguće objašnjenje tog rezultata navedena je povezanost kvalitete životnih uvjeta s lokacijom sabiranja biljaka. Također, primijećeni su slučajevi izrazite morfološke raznolikosti koji predstavljaju pomiješana *murinum* i *leporinum* obilježja, što se dovodi u vezu s mogućom hibridizacijom svojti.



## 6. LITERATURA

- Amer W. M., Hegazy A. K., Azer S. A. (2013): Taxonomic revision of genus *Hordeum* L. (Gramineae) in Egypt. *International Journal of Biodiversity and Conservation* **5**: 198-208.
- Amirouche R., Misset M. T. (2003): Hordein polymorphism in diploid and tetraploid Mediterranean populations of the *Hordeum murinum* L. complex. *Plant Systematics and Evolution* **242**: 83-99.
- Baum B. R., Bailey L. G. (1984a): Taxonomic studies in wall barley (*Hordeum murinum*) and sea barley (*Hordeum marinum*). 1. Character investigation: assessment of new and traditional characters. *Canadian Journal of Botany* **62**: 753-762.
- Baum B. R., Bailey L. G. (1984b): Taxonomic studies in wall barley (*Hordeum murinum sensu lato*) and sea barley (*Hordeum marinum sensu lato*). 2. Multivariate morphometrics. *Canadian Journal of Botany* **62**: 2754-2764.
- Baum B. R., Bailey L. G. (1985): Distinctions between *Hordeum bulbosum* and *H. murinum* s.l. in seed and herbarium collections. *Plant Systematics and Evolution* **149**: 205-210.
- Baum B. R., Jarvis C. E. (1985): The typification of three Linnaean species of *Hordeum* (Poaceae). *Taxon* **34**: 528-532.
- Baum B. R., Bailey L. G. (1990): Key and synopsis of North American *Hordeum* species. *Canadian Journal of Botany* **68**: 2433-2442.
- Blattner F. R. (2009): Progress in phylogenetic analysis and a new infrageneric classification of the barley genus *Hordeum* (Poaceae: Triticeae). *Breeding Science* **59**: 471-480.
- Booth T. A., Richards A. J. (1976): Studies in the *Hordeum murinum* aggregate. 1. Morphology. *Botanical Journal of the Linnean Society* **72**: 149-159.
- Booth T. A., Richards A. J. (1978): Studies in the *Hordeum murinum* aggregate: disc electrophoresis of seed proteins. *Botanical Journal of the Linnean Society* **76**: 115-125.
- Bothmer R. von (1996): Distribution and habitat preferences in the genus *Hordeum* in Iran and Turkey. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien* **98**: 107-116.
- Bustos A. de, Cuadrado A., Soler C., Jouve N. (1996): Physical mapping of repetitive DNA sequences and 5S and 18S-26S rDNA in five wild species of the genus *Hordeum*. *Chromosome Research* **4**: 491-499.

- Bustos A. de, Casanova C., Soler C., Jouve N. (1998): RAPD variation in wild populations of four species of the genus *Hordeum* (Poaceae). *Theoretical and Applied Genetics* **96**: 101-111.
- Cocks P. S., Boyce K. G., Kloot P. M. (1976): The *Hordeum murinum* complex in Australia. *Australian Journal of Botany* **24**: 651-662.
- Conert H. J. (1997): Gramineae; Band I Teil 3. U: Conert H. J., Jäger E. J., Kadereit J. W., Schultze-Motel W., Wagenitz G., Weber H. E. (ur.) Hegi – Illustrierte Flora von Mitteleuropa. Berlin, Parey Buchverlag, str. 737-844.
- Covas G. (1949): Taxonomic observations on the North American species of *Hordeum*. *Madroño* **9**: 233-264.
- Cuadrado A., Carmona A., Jouve N. (2013): Chromosomal characterization of the three subgenomes in the polyploids of *Hordeum murinum* L.: New insight into the evolution of this complex. *PloS ONE* 8(12): e81385. doi:10/1371/journal.pone.0081385.
- Davison A. W. (1970): The ecology of *Hordeum murinum* L. I. Analysis of the distribution in Britain. *Journal of Ecology* **58**: 453-466.
- Davison A. W. (1971): The ecology of *Hordeum murinum* L. II. The ruderal habit. *Journal of Ecology* **59**: 493-506.
- Davison A. W. (1977): The ecology of *Hodeum murinum* L. III. Some effects of adverse climate. *Journal of Ecology* **65**: 523-530.
- El-Rabey H. A., Badr A., Schäfer-Pregl R., Martin W., Salamini F. (2002): Speciation and species separation in *Hordeum* L. (Poaceae) resolved by discontinuous molecular markers. *Plant Biology* **4**: 567-575.
- El-Shatnawi M. K. J., Ghosheh H. Z., Shannag H. K., Ereifej K. I. (1999): Defoliation time and intensity of wall barley in the Mediterranean rangeland. *Journal of Range Management* **52**: 258-262.
- El-Shatnawi M. K. J., Turk M., Saoub H. M. (2003): Effects of sowing rate on growth and protein contents of wall barley (*Hordeum murinum* L.) grown under Mediterranean conditions. *African Journal of Range & Forage Science* **20**: 53-57.
- Eliáš P. (1979): Über die Verbreitung und Variabilität des *Hordeetum murini* in der Westslovakie. *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica* **14**: 337-353.
- Fröst S., Asker S. (1977): Flavonoid patterns and polymorphisms in wild *Hordeum* species. *Hereditas* **85**: 145-150.

- Giles B. E., Edwards K. J. R. (1983): Quantitative variation within and between populations of the wild barley, *Hordeum murinum*. *Heredity* **51**: 325-333.
- Giles B. E. (1984): A comparison between quantitative and biochemical variation in the wild barley *Hordeum murinum*. *Evolution* **38**: 34-41.
- Giles B. E., Lefkovitch L. P. (1986): A Taxonomic Investigation of the *Hordeum murinum* Complex (*Poaceae*). *Plant Systematics and Evolution* **153**: 181-197.
- Hand R. (2000): Contributions to the flora of Cyprus I. *Willdenowia* **30**: 53-65.
- Humphries C. J. (1980): *Hordeum* L. U: Tutin T. G., Heywood V. H., Burges N. A., Moore D. M., Valentine D. H., Walters S. M. (ur.) *Flora Europaea* 5. Cambridge Univ. Press, Cambridge, str. 204-205.
- Jacobsen N., Bothmer R. von (1995): Taxonomy in the *Hordeum murinum* complex (*Poaceae*). *Nordic Journal of Botany* **15**: 449-458.
- Jakob S. S., Blattner F. R. (2010): Two extinct diploid progenitors were involved in allopolyploid formation in the *Hordeum murinum* (*Poaceae*: *Triticeae*) taxon complex. *Molecular Phylogenetics and Evolution* **55**: 650-659.
- Jogan N. (2017): Morphometric recognition of *Hordeum murinum* L. subspecies in Slovenia. *Biologica Nyssana* **8**: 23-30.
- Johansen B., Bothmer R. von (1994): Pollen size in *Hordeum* L.: correlation between size, ploidy level, and breeding system. *Sexual Plant Reproduction* **7**: 259-263.
- Komatsuda T., Tanno K., Salomon B., Bryngelsson T., Bothmer R. von (1999): Phylogeny in the genus *Hordeum* based on nucleotide sequences closely linked to the *vrs1* locus (row number of spikelets). *Genome* **42**: 973-981.
- Konishi T. (1989): Biosystematic studies on the *Hordeum murinum* aggregate. *Berichte des Ohara Instituts für Landwirtschaftliche Biologie, Okayama Universität* **20**: 189-198.
- Kudrna V. (1980): Varijabilnost klasića mišjeg ječma (*Hordeum murinum* L.) na području Hrvatske. Diplomski rad. Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet.
- Ljubičić I., Britvec M., Mioč B., Prpić Z., Pavić V., Vnučec I. (2012): Florni sastav ovčarskih pašnjaka otoka Paga. *Mljekarstvo* **62**: 269-277.
- Marković-Gospodarić Lj. (1965): Prilog poznavanju ruderalne vegetacije kontinentalnih dijelova Hrvatske. *Acta Botanica Croatica* **XXIV**: 91-136.

- Mizianty M. (2006): Variability and structure of natural populations of *Hordeum murinum* L. based on morphology. *Plant Systematics and Evolution* **261**: 139-150.
- Morrison J. W. (1958): *Hordeum murinum* in Holland. *Acta Botanica Neerlandica* **7**: 654-664.
- Nikolić T. (2013): *Sistematska botanika; raznolikost i evolucija biljnog svijeta*. ALFA d.d., Zagreb.
- Nikolić T. (2015): *Flora Croatica baza podataka / Flora Croatica Database (FCD) On-Line URL: <http://hirc.botanic.hr/fcd/> Botanički zavod, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu.*
- Nikolić T. (2017): *Morfologija biljaka*. ALFA d.d., Zagreb.
- Ourari M., Ainouche A., Coriton O., Huteau V., Brown S., Misset M. T., Ainouche M., Amirouche R. (2011): Diversity and evolution of the *Hordeum murinum* polyploid complex in Algeria. *Genome* **54**: 639-654.
- Rajhathy T., Morrison J. W. (1962): Cytogenetic studies in the genus *Hordeum*. VI. The *murinum*-complex. *Canadian Journal of Genetics and Cytology* **4**: 240-247.
- Scholz H., Raus T. (1997): Zwei neue Unterarten des *Hordeum murinum* (Gramineae) aus Griechenland und Spanien. *Feddes Repertorium* **108**: 527-531.
- Sharifi-Rigi P., Saeidi H., Rahiminejad M. R. (2014): Genetic diversity and geographic distribution of variation of *Hordeum murinum* as revealed by retroelement insertional polymorphisms in Iran. *Biologia* **69**: 469-477.

## 7. ŽIVOTOPIS

Martina Bešenić, rođena 10. studenoga 1988. u Zagrebu, poslije osnovne škole pohađam srednju Veterinarsku školu u Zagrebu gdje 2007. godine maturiram stjecanjem zvanja veterinarskog tehničara. Iste godine upisujem preddiplomski studij biologije na Biološkom odsjeku PMF-a, kojeg na vlastiti zahtjev ispisujem 2011. godine s ostvarena 133 ECTS boda. Narednih par godina radim u struci (2011. Veterinarska ambulanta Fido d.o.o., 2012. Hrvatski veterinarski institut, 2013.-2014. Ekosanitacija d.o.o. Veterinarska ambulanta i ljekarna Odra), nakon čega 2014. godine nastavljam školovanje upisom u 3. semestar preddiplomskog studija biologije na Odjelu za biologiju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. Završavam 2016. godine (naslov završnog rada „Zaštita i očuvanje europskog bizona *Bison bonasus* Linne 1758“) te potom upisujem diplomski studij Ekologija i zaštita prirode modul Kopno na Biološkom odsjeku PMF-a. Tijekom studija radim razne poslove preko Student servisa (za Medilab d.o.o., Rox d.o.o., Target d.o.o., Toi Toi d.o.o.) a za izvrstan uspjeh na diplomskom studiju dobivam pohvalnicu Fakulteta.

## 8. PRILOZI

Prilog 1. Deskriptivni statistički parametri za podvrste *H. murinum* agregata.

Prilog 2. Rezultati Kolmogorov-Smirnov testa normalnosti distribucije morfometrijskih značajki kod podvrsta *H. murinum* agregata.

Prilog 3. Rezultati Mann-Whitney testa za morfometrijske značajke *H. murinum* agregata.

Prilog 4. Rezultati medijan testa za morfometrijske značajke *H. murinum* agregata.

Prilog 5. Grafički prikaz duljine klasića istog tripleta kod podvrsta *H. murinum* agregata.

Prilog 6. Tablica korelacija morfometrijskih varijabli *H. murinum* agregata.

**Prilog 1.** Deskriptivni statistički parametri za podvrste *H. murinum* agregata.

podvrsta		vB	dR	cST	cR	cK	cOB	cOS	bST	bK	bOB	bOS	cPs	bPs	OP	OK		
subsp. <i>murinum</i>	Brojnost	Vrijednost	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28		
		Nedostaje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		Srednja vrijednost	38,2607	2,7286	0,7750	4,9357	9,7179	1,3036	3,4357	2,2500	10,7750	1,3857	3,2821	0,6571	0,4357	1,5411	0,9081	
		Medijan	36,0000	2,7000	0,7000	5,0500	9,9000	1,2500	3,3000	2,2000	10,7500	1,5000	3,0500	0,6000	0,4000	1,5000	0,8831	
		Raspon	71,20	1,70	0,90	2,60	6,80	1,40	5,10	0,90	8,20	1,20	5,60	0,50	0,40	0,83	0,32	
		Minimum	9,20	2,00	0,40	3,50	5,70	0,80	0,80	1,80	6,00	0,60	0,80	0,40	0,20	1,17	0,82	
		Maksimum	80,40	3,70	1,30	6,10	12,50	2,20	5,90	2,70	14,20	1,80	6,40	0,90	0,60	2,00	1,14	
		Percentil	25%	29,8000	2,5000	0,6000	4,8000	9,0250	1,1000	2,8000	2,1000	10,1000	1,2250	2,6250	0,5250	0,3000	1,3500	0,8488
			50%	36,0000	2,7000	0,7000	5,0500	9,9000	1,2500	3,3000	2,2000	10,7500	1,5000	3,0500	0,6000	0,4000	1,5000	0,8831
		75%	48,2500	2,9750	0,9000	5,2000	10,4750	1,5000	4,2500	2,4000	12,0000	1,6000	3,9750	0,8000	0,5750	1,6667	0,9500	
subsp. <i>leporinum</i>	Brojnost	Vrijednost	67	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69		
		Nedostaje	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		Srednja vrijednost	27,1209	2,5971	1,2812	4,6957	8,7812	1,2710	2,4609	2,3145	11,2290	1,6188	2,4942	0,6478	0,5138	1,2771	0,7845	
		Medijan	24,7000	2,6000	1,3000	4,7000	8,8000	1,2000	2,3000	2,3000	11,3000	1,6000	2,5000	0,6000	0,5000	1,2500	0,7810	
		Raspon	61,20	1,10	1,40	3,60	4,40	1,10	4,20	1,30	6,60	1,50	3,90	0,40	0,40	0,67	0,34	
		Minimum	6,30	2,00	0,80	2,00	6,50	0,80	1,10	1,60	7,70	0,90	1,10	0,50	0,30	1,00	0,69	
		Maksimum	67,50	3,10	2,20	5,60	10,90	1,90	5,30	2,90	14,30	2,40	5,00	0,90	0,70	1,67	1,02	
		Percentil	25%	19,8000	2,4000	1,0000	4,5000	7,9000	1,0000	1,8500	2,2000	10,1000	1,4000	1,8500	0,6000	0,4500	1,1833	0,7500
			50%	24,7000	2,6000	1,3000	4,7000	8,8000	1,2000	2,3000	2,3000	11,3000	1,6000	2,5000	0,6000	0,5000	1,2500	0,7810
		75%	32,6000	2,8000	1,4500	5,1000	9,5500	1,5000	2,9000	2,4500	12,3000	1,8500	2,9500	0,7000	0,6000	1,4000	0,8145	

**Prilog 2.** Rezultati Kolmogorov-Smirnov testa normalnosti distribucije morfometrijskih značajki kod podvrsta *H. murinum* agregata.

Zatamnjeni su rezultati sa  $p > 0,05$  što znači da varijabla nema normalnu distribuciju.

podvrsta		vB	dR	cST	cR	cK	cOB	cOS	bST	bK	bOB	bOS	cPs	bPs	OP	OK	
subsp. <i>murinum</i>	Brojnost	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	
	Srednja vrijednost Standardna devijacija	38,2607	2,7286	0,7750	4,9357	9,7179	1,3036	3,4357	2,2500	10,7750	1,3857	3,2821	0,6571	0,4357	1,5411	0,9081	
		15,58046	0,3838	0,2102	0,5908	1,4568	0,3394	1,1646	0,2134	1,8448	0,3003	1,1538	0,1574	0,1224	0,2216	0,0770	
	Najveća odstupanja	Apsolutno	0,099	0,153	0,175	0,195	0,157	0,120	0,121	0,164	0,159	0,184	0,134	0,177	0,186	0,181	0,159
		Pozitivno	0,099	0,153	0,175	0,126	0,094	0,120	0,113	0,164	0,068	0,084	0,102	0,177	0,186	0,181	0,159
		Negativno	-0,071	-0,065	-0,095	-0,195	-0,157	-0,071	-0,121	-0,086	-0,159	-0,184	-0,134	-0,139	-0,160	-0,141	-0,117
Statistički test	0,099	0,153	0,175	0,195	0,157	0,120	0,121	0,164	0,159	0,184	0,134	0,177	0,186	0,181	0,159		
Asimptotska signifikantnost	<b>0,200</b>	<b>0,093</b>	0,028	0,008	<b>0,074</b>	<b>0,200</b>	<b>0,200</b>	<b>0,052</b>	<b>0,069</b>	0,016	<b>0,200</b>	0,024	0,014	0,020	<b>0,069</b>		
subsp. <i>leporinum</i>	Brojnost	67	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	
	Srednja vrijednost Standardna devijacija	27,1209	2,5971	1,2812	4,6957	8,7812	1,2710	2,4609	2,3145	11,2290	1,6188	2,4942	0,6478	0,5138	1,2771	0,7845	
		10,6647	0,2905	0,3040	0,5309	1,0363	0,2901	0,8245	0,2271	1,3960	0,3117	0,8349	0,0994	0,0954	0,1478	0,0531	
	Najveća odstupanja	Apsolutno	0,116	0,102	0,102	0,139	0,063	0,133	0,111	0,142	0,057	0,085	0,102	0,235	0,224	0,192	0,086
		Pozitivno	0,116	0,074	0,102	0,103	0,063	0,133	0,111	0,142	0,057	0,078	0,102	0,235	0,224	0,192	0,086
		Negativno	-0,082	-0,102	-0,061	-0,139	-0,043	-0,118	-0,070	-0,104	-0,054	-0,085	-0,047	-0,170	-0,196	-0,126	-0,051
Statistički test	0,116	0,102	0,102	0,139	0,063	0,133	0,111	0,142	0,057	0,085	0,102	0,235	0,224	0,192	0,086		
Asimptotska signifikantnost	0,025	<b>0,071</b>	<b>0,075</b>	0,002	<b>0,200</b>	0,004	0,036	0,001	<b>0,200</b>	<b>0,200</b>	<b>0,074</b>	0,000	0,000	0,000	<b>0,200</b>		



**Prilog 3.** Rezultati Mann-Whitney testa za morfolometrijske značajke *H. murinum* agregata.

Zatamnjeni su rezultati sa  $p < 0,05$  što znači da je razlika između dvije podvrste u toj značajci statistički značajna.

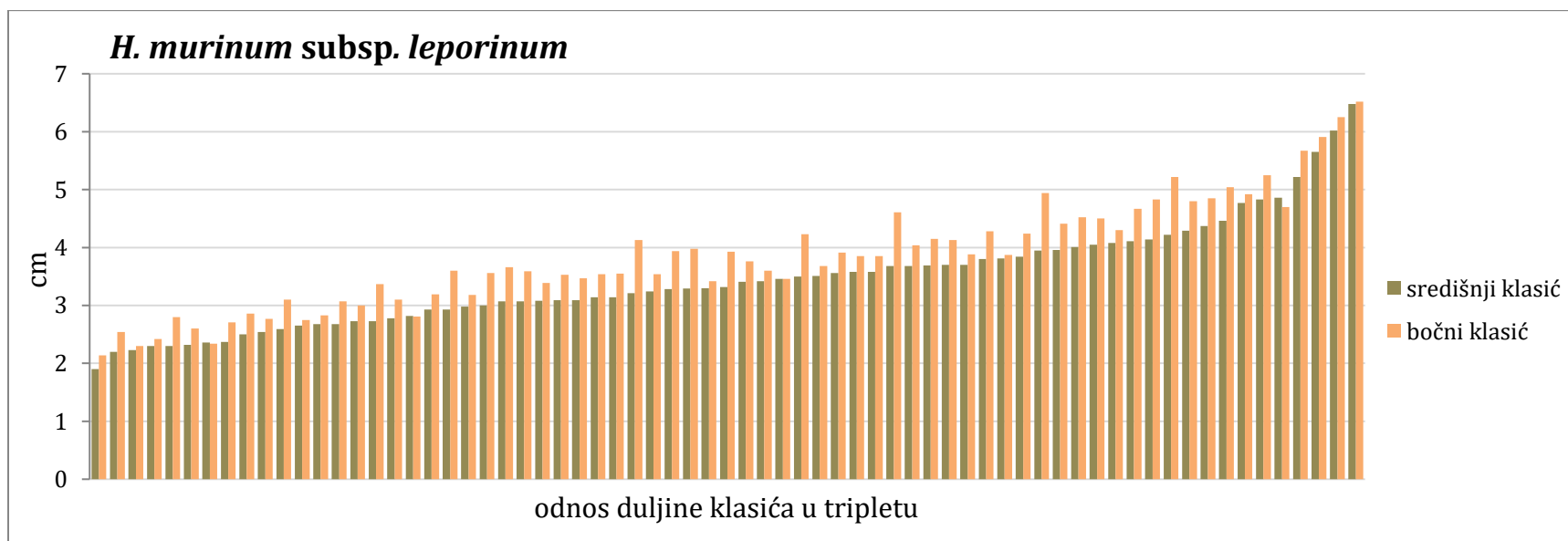
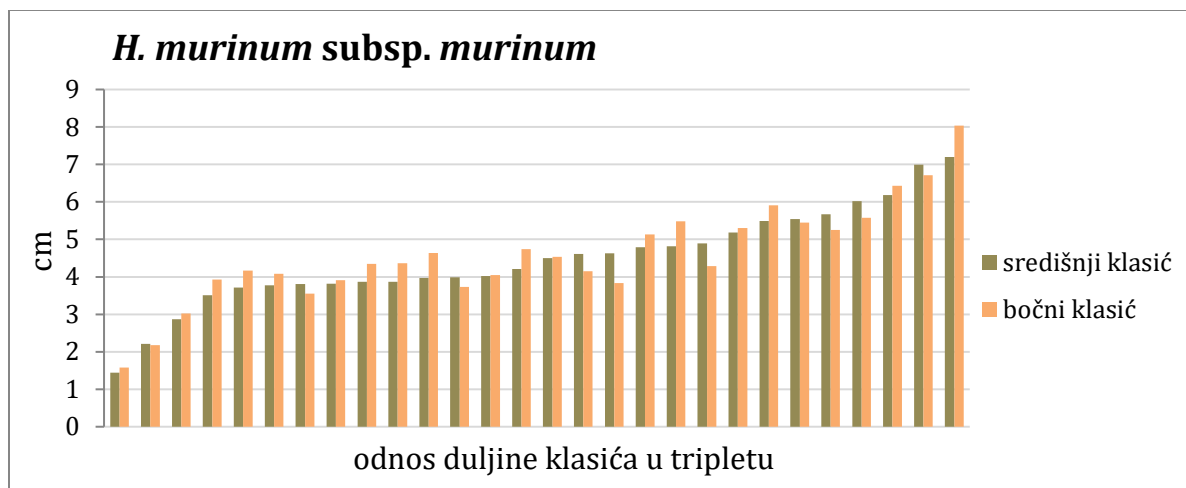
	vB	dR	cST	cR	cK	cOB	cOS	bST	bK	bOB	bOS	cPs	bPs	OP	OK
Mann-Whitney U	495,000	799,500	146,500	668,500	506,000	933,000	429,500	803,500	843,500	585,000	511,500	939,000	625,500	302,500	102,000
Wilcoxon W	2773,000	3214,500	552,500	3083,500	2921,000	3348,000	2844,500	1209,500	1249,500	991,000	2926,500	3354,000	1031,500	2717,500	2517,000
Z	-3,616	-1,333	-6,548	-2,374	-3,664	-0,264	-4,275	-1,310	-0,976	-3,050	-3,623	-0,224	-2,812	-5,326	-6,879
Asimptotska signifikantnost	<b>0,000</b>	0,183	<b>0,000</b>	<b>0,018</b>	<b>0,000</b>	0,792	<b>0,000</b>	0,190	0,329	<b>0,002</b>	<b>0,000</b>	0,823	<b>0,005</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>

**Prilog 4.** Rezultati medijan testa za morfolometrijske značajke *H. murinum* agregata.

Zatamnjeni su rezultati sa  $p < 0,05$  što znači se između podvrsta medijani te značajke statistički značajno razlikuju.

	vB	dR	cST	cR	cK	cOB	cOS	bST	bK	bOB	bOS	cPs	bPs	OP	OK
medijan test															
Asimptotska signifikantnost	<b>0,000</b>	0,676	<b>0,000</b>	<b>0,001</b>	<b>0,003</b>	0,921	<b>0,000</b>	0,679	0,632	<b>0,023</b>	<b>0,001</b>	0,928	0,574	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>

**Prilog 5.** Grafički prikaz duljine klasića istog tripleta kod podvrsta *H. murinum* agregata.



**Prilog 6.** Tablica korelacija morfometrijskih varijabli *H. murinum* agregata.

		vB	dR	cST	cR	cK	cOB	cOS	bST	bK	bOB	bOS	cPs	bPs	OP	OK
vB	Pearsonova korelacija Signifikantnost N	1 0,000 95	0,369** 0,000 95	-0,355** 0,000 95	0,220* 0,032 95	0,720** 0,000 95	0,379** 0,000 95	0,685** 0,000 95	-0,017 0,869 95	0,473** 0,000 95	0,058 0,580 95	0,711** 0,000 95	0,325** 0,001 95	0,226* 0,028 95	0,080 0,442 95	0,302** 0,003 95
dR	Pearsonova korelacija Signifikantnost N	0,369** 0,000 95	1 0,267 97	-0,114 0,267 97	0,202* 0,047 97	0,672** 0,000 97	0,211* 0,038 97	0,672** 0,000 97	0,126 0,221 97	0,583** 0,000 97	0,031 0,762 97	0,703** 0,000 97	0,574** 0,000 97	0,457** 0,000 97	-0,064 0,533 97	0,098 0,339 97
cST	Pearsonova korelacija Signifikantnost N	-0,355** 0,000 95	-0,114 0,267 97	1 0,024 97	-0,229* 0,024 97	-0,372** 0,000 97	-0,134 0,191 97	-0,425** 0,000 97	0,577** 0,000 97	-0,013 0,900 97	0,109 0,286 97	-0,342** 0,001 97	-0,069 0,505 97	0,120 0,242 97	-0,301** 0,003 97	-0,479** 0,000 97
cR	Pearsonova korelacija Signifikantnost N	0,220* 0,032 95	0,202* 0,047 97	-0,229* 0,024 97	1 0,024 97	0,483** 0,000 97	0,009 0,932 97	0,326** 0,001 97	0,027 0,791 97	0,359** 0,000 97	0,167 0,102 97	0,279** 0,006 97	0,170 0,097 97	0,090 0,381 97	0,059 0,566 97	0,110 0,282 97
cK	Pearsonova korelacija Signifikantnost N	0,720** 0,000 95	0,672** 0,000 97	-0,372** 0,000 97	0,483** 0,000 97	1 0,000 97	0,358** 0,000 97	0,865** 0,000 97	-0,007 0,945 97	0,762** 0,000 97	0,205* 0,044 97	0,876** 0,000 97	0,555** 0,000 97	0,424** 0,000 97	0,032 0,758 97	0,282** 0,005 97
cOB	Pearsonova korelacija Signifikantnost N	0,379** 0,000 95	0,211* 0,038 97	-0,134 0,191 97	0,009 0,932 97	0,358** 0,000 97	1 0,000 97	0,252* 0,013 97	0,040 0,696 97	0,311** 0,002 97	0,142 0,164 97	0,324** 0,001 97	0,106 0,301 97	0,182 0,075 97	-0,155 0,130 97	0,062 0,547 97
cOS	Pearsonova korelacija Signifikantnost N	0,685** 0,000 95	0,672** 0,000 97	-0,425** 0,000 97	0,326** 0,001 97	0,865** 0,000 97	0,252* 0,013 97	1 0,000 97	-0,116 0,259 97	0,624** 0,000 97	0,107 0,295 97	0,961** 0,000 97	0,591** 0,000 97	0,405** 0,000 97	0,085 0,409 97	0,281** 0,005 97
bST	Pearsonova korelacija Signifikantnost N	-0,017 0,869 95	0,126 0,221 97	0,577** 0,000 97	0,027 0,791 97	-0,007 0,945 97	0,040 0,696 97	-0,116 0,259 97	1 0,259 97	0,043 0,675 97	0,023 0,823 97	-0,064 0,534 97	-0,102 0,319 97	-0,076 0,459 97	-0,018 0,864 97	-0,050 0,628 97
bK	Pearsonova korelacija Signifikantnost N	0,473** 0,000 95	0,583** 0,000 97	-0,013 0,900 97	0,359** 0,000 97	0,762** 0,000 97	0,311** 0,002 97	0,624** 0,000 97	0,043 0,675 97	1 0,000 97	0,534** 0,000 97	0,707** 0,000 97	0,645** 0,000 97	0,657** 0,000 97	-0,263** 0,009 97	-0,399** 0,000 97
bOB	Pearsonova korelacija Signifikantnost N	0,058 0,580 95	0,031 0,762 97	0,109 0,286 97	0,167 0,102 97	0,205* 0,044 97	0,142 0,164 97	0,107 0,295 97	0,023 0,823 97	0,534** 0,000 97	1 0,000 97	0,169 0,097 97	0,238* 0,019 97	0,370** 0,000 97	-0,320** 0,001 97	-0,498** 0,000 97
bOS	Pearsonova korelacija Signifikantnost N	0,711** 0,000 95	0,703** 0,000 97	-0,342** 0,001 97	0,279** 0,006 97	0,876** 0,000 97	0,324** 0,001 97	0,961** 0,000 97	-0,064 0,534 97	0,707** 0,000 97	0,169 0,097 97	1 0,000 97	0,647** 0,000 97	0,477** 0,000 97	0,047 0,646 97	0,182 0,074 97
cPs	Pearsonova korelacija Signifikantnost N	0,325** 0,001 95	0,574** 0,000 97	-0,069 0,505 97	0,170 0,097 97	0,555** 0,000 97	0,106 0,301 97	0,591** 0,000 97	-0,102 0,319 97	0,645** 0,000 97	0,238* 0,019 97	0,647** 0,000 97	1 0,000 97	0,785** 0,000 97	-0,046 0,652 97	-0,173 0,091 97
bPs	Pearsonova korelacija Signifikantnost N	0,226* 0,028 95	0,457** 0,000 97	0,120 0,242 97	0,090 0,381 97	0,424** 0,000 97	0,182 0,075 97	0,405** 0,000 97	-0,076 0,459 97	0,657** 0,000 97	0,370** 0,000 97	0,477** 0,000 97	0,785** 0,000 97	1 0,000 97	-0,631** 0,000 97	-0,373** 0,000 97
OP	Pearsonova korelacija Signifikantnost N	0,080 0,422 95	-0,064 0,533 97	-0,301** 0,003 97	0,059 0,566 97	0,032 0,758 97	-0,155 0,130 97	0,085 0,409 97	-0,018 0,864 97	-0,263** 0,009 97	-0,320** 0,001 97	0,047 0,646 97	-0,046 0,652 97	-0,631** 0,000 97	1 0,000 97	0,442** 0,000 97
OK	Pearsonova korelacija Signifikantnost N	0,302** 0,003 95	0,098 0,339 97	-0,479** 0,000 97	0,110 0,282 97	0,282** 0,005 97	0,062 0,547 97	0,281** 0,005 97	-0,050 0,628 97	-0,399** 0,000 97	-0,498** 0,000 97	0,182 0,074 97	-0,173 0,091 97	-0,373** 0,000 97	0,442** 0,000 97	1 0,000 97

Napomena: \* p<0,05; \*\* p<0,01