

# Statistička procjena utjecaja sisne gume na vakuum u njenom vršnom dijelu

---

**Stevanović, Rahela**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2022**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:517785>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-14**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET**

**STATISTIČKA PROCJENA UTJECAJA SISNE  
GUME NA VAKUUM U NJENOM VRŠNOM  
DIJELU**

**DIPLOMSKI RAD**

Rahela Stevanović

Zagreb, rujan, 2022.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET**

Diplomski studij:

Genetika i oplemenjivanje životinja

**STATISTIČKA PROCJENA UTJECAJA SISNE  
GUME NA VAKUUM U NJENOM VRŠNOM  
DIJELU**

DIPLOMSKI RAD

Rahela Stevanović

Mentor:

Prof. dr. sc. Alen Džidić

Zagreb, rujan, 2022.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZJAVA STUDENTA  
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

Ja, **Rahela Stevanović**, JMBAG 0178111245, rođen/a 29.01.1997 u Zagrebu, izjavljujem da sam samostalno izradila/izradio diplomski rad pod naslovom:

**STATISTIČKA PROCJENA UTJECAJA SISNE GUME NA VAKUUM U NJENOM  
VRŠNOM DIJELU**

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
*Potpis studenta / studentice*

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZVJEŠĆE  
O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA**

Diplomski rad studenta/ice **Rahela Stevanović**, JMBAG 0178111245, naslova

**STATISTIČKA PROCJENA UTJECAJA SISNE GUME NA VAKUUM U NJENOM  
VRŠNOM DIJELU**

obranjen je i ocijenjen ocjenom \_\_\_\_\_, dana \_\_\_\_\_.

Povjerenstvo:

potpisi:

- |    |                                    |        |       |
|----|------------------------------------|--------|-------|
| 1. | Prof. dr. sc. Alen Džidić          | mentor | _____ |
| 2. | Izv. prof. dr. sc. Dragica Šalamon | član   | _____ |
| 3. | Doc. dr. sc. Bruna Tariba          | član   | _____ |



## Sadržaj

1. Uvod .....	1
2. Strojna mužnja.....	2
3. Sisne gume i vakuum .....	6
3.1. Odabir sisnih guma.....	6
3.2. Građa sisnih guma.....	7
3.3. Vakuum .....	9
3.4. Cilj rada .....	11
4. Materijali i metode .....	12
5. Rezultati.....	13
6. Rasprava .....	15
7. Zaključak .....	17
8. Popis literature.....	18
Životopis.....	19

## **Sažetak**

Diplomskog rada studenta/ice **Rahela Stevanović**, naslova

### **STATISTIČKA PROCJENA UTJECAJA SISNE GUME NA VAKUUM U NJENOM VRŠNOM DIJELU**

Uspješna mužnja podrazumijeva sekreciju maksimalne količine mlijeka u što kraćem roku bez negativnih posljedica na zdravlje samih životinja. Na mužnju utječe niz faktora među kojima se kao najznačajniji ističu vrsta sisne gume te vakuum koji se javlja u njenom vršnom dijelu. Odabir neadekvatnih sisnih guma direktno utječe na tkivo sise, a indirektno posljedice su vidljive u obliku nepoželjnih razina vakuuma koje se stvaraju prilikom mužnje. Visoke razine vakuuma povećavaju rizik od pojave bolesti, a jedan od načina regulacije razina vakuuma tijekom mužnje je ventilacija sisnih guma. Ovo istraživanje se provodilo na muznim kravama pasmine Holstein-Friesian pri čemu su se pratili vakuum u vršnom dijelu sisne gume te kretanje sisne gume. Statistički značajni efekti modela su vrsta sisne gume, ventilacija sisne gume te interakcija između vrste sisnih guma te ventilacije.

**Ključne riječi:** mužnja, vakuum, sisna guma



## **Summary**

Of the master's thesis – student **Rahela Stevanović**, entitled

### **STATISTICAL ANALYSIS OF THE LINER EFFECT ON THE VACUUM IN THE MOUTHPIECE CHAMBER**

Successful milking implies the secretion of the maximum amount of milk in the shortest possible time without negative consequences for the health of the animals themselves. Milking is affected by a number of factors, among which the type of teat rubber and the vacuum that occurs in its peak stand out as the most important. Choosing inadequate liners directly affects the teat tissue, and indirect consequences are visible in the form of undesirable vacuum levels that are created during milking. High vacuum levels increase the risk of disease, and one way to regulate vacuum levels during milking is to ventilate the liners. This research was conducted on dairy cows of the Holstein-Friesian breed, where the vacuum in the mouthpiece chamber and the movement of the liners were monitored. Statistically significant effects of the model are the type of liners, ventilation of the liners and the interaction between the type of liners and ventilation.

**Keywords:** milking, vacuum, liner

## 1. Uvod

Cilj svakog proizvođača je provesti mužnju koja će u što kraćem roku rezultirati najvećom mogućom količinom mlijeka odgovarajuće kvalitete. Nepravilno provedena mužnja dovodi do lošeg zdravlja vimena (koje može biti vidljivo u obliku diskoloracije sisa ili njihove neuobičajene tvrdoće) što se loše odražava na ekonomski aspekt uzgoja budući da se smanjuje intenzitet same proizvodnje.

Kako bi se mužnja provela što efikasnije, potrebno je paziti na veliki broj čimbenika među koje se ubrajaju vrsta sisne gume te razina vakuuma koji se stvara u njenom vršnom dijelu. Kao jedini dio muzne jedinice koji dolazi u direktan kontakt sa sisama, sisna guma igra veliku ulogu u očuvanju zdravlja vimena.

Budući da se tijekom mužnje mijenja intenzitet protoka mlijeka tako dolazi i do promjene u razinama vakuuma. Tijekom faze najvećeg protoka mlijeka vakuum je relativno ujednačen dok pri kraju mužnje, kada se protok mlijeka smanjuje, dolazi do povećanja vakuuma. Visoke razine vakuuma povećavaju rizik od pojave mastitisa, a također je zabilježeno kako može doći do nakupljanja krvi i limfe u tkivu sise što dovodi do smanjenog intenziteta mužnje te do uznemirenosti kod samih životinja. Smanjenje vakuuma je moguće postići ventiliranjem sisnog sklopa tijekom mužnje.

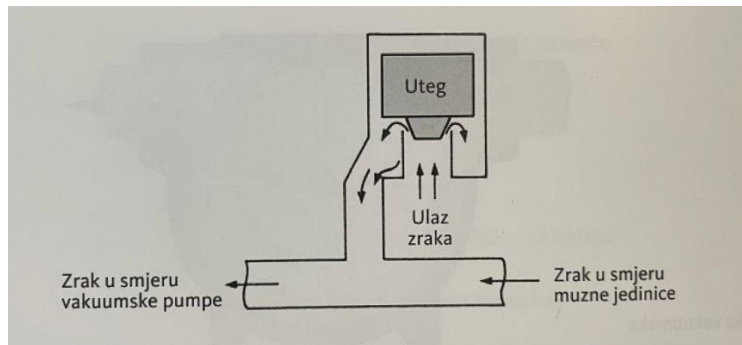
## 2. Strojna mužnja

Riječ je o načinu mužnje koji je svoju primjenu pronašao prvenstveno na velikim farmama. Iako primjena stroja za mužnju ne uklanja u potpunosti potrebu za ljudskim radom, ta potreba se smanjuje budući da svaka krava ne treba biti pomuzena ručno. Isto tako ubrzava se i proces same mužnje budući da strojna mužnja omogućava mužnju 80-90% mlijeka u samo nekoliko minuta.

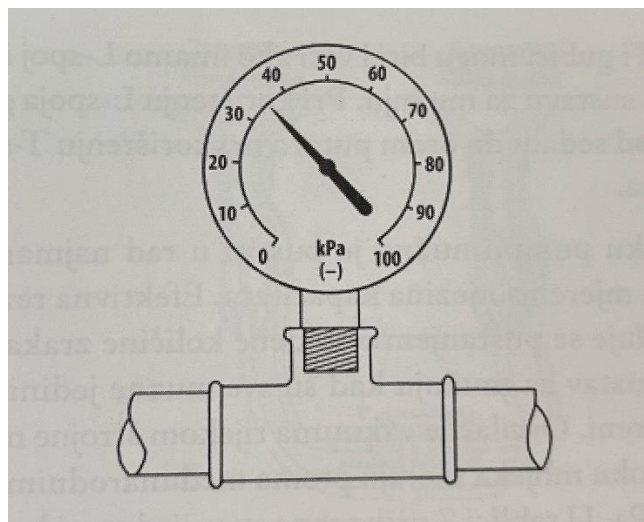
Prije provedbe strojne mužnje potrebno je dobro pripremiti vime. Priprema se sastoji od izmuzivanja prvih mlazova te pregleda i čišćenja samog vimena. Izmuzivanje prvih mlazova se provodi ručno kako ne bi došlo do kontaminacije muzne jedinice te ostatka mlijeka s obzirom na to da prvi mlazovi sadržavaju najveće količine mikroorganizama. U ovoj fazi je važno ukloniti te mlazove iz prostorije u kojoj se obavlja mužnja te paziti kako se izmuzivanje ne bi provodilo u ruku samog mužača. Tako se smanjuje opasnost od kroskontaminacije (prijenos mikroorganizama s krave na kravu ili sise na sisu). Sljedeći korak je pranje vimena dezinfekcijskom otopinom ili toplom vodom, a prije stavljanja muzne jedinice potrebno je sise dobro obrisati. Uklanjanje ostataka tekućine s vimena smanjuje količinu kemijskih ostataka u mlijeku te se smanjuje mogućnost ulaska patogena zajedno s vodom u muznu jedinicu (Džidić 2013.).

Svaki stroj za mužnju sastoji se od nekoliko osnovnih dijelova, a to su: sustav za proizvodnju vakuuma, pulsator, muzna jedinica te sustav za prijenos mlijeka.

Sustav za proizvodnju vakuuma je dio stroja za mužnju koji se sastoji od vakuumske pumpe, regulatora vakuuma i vakuumetra. Vakuumska pumpa je uređaj koji stvara vakuum tako da uklanja zrak iz muznog sustava pri čemu se omogućuje kretanje mlijeka te sredstva za čišćenje unutar stroja za mužnju. Najčešće razine vakuuma kojeg stvara pumpa kreću se u rasponu između 40 i 50 kPa. Prilikom postavljanja samih vakuumskih pumpi treba odabrati odgovarajući prostor koji će biti prozračan (kako bi se smanjila mogućnost pregrijavanja uređaja) te koji će ujedno biti odvojen od prostora za mužnju budući da pumpa stvara veliku buku što se negativno može odraziti na samu proizvodnju (životinje pod stresom daju manje količine mlijeka). Regulator vakuuma (slika 2.1.) služi za kontrolu razine vakuuma tako da pušta zrak unutar samog sustava za mužnju kada je to potrebno. Na taj način se održava stabilna razina vakuuma odnosno izjednačuje se količina zraka koja uđe u sustav s količinom zraka koja se izbacuje iz sustava. Nepoželjni ulazak zraka odvija se tijekom stavljanja i skidanja muzne jedinice, međutim varijacije u razinama vakuuma trebaju biti svedene na minimum stoga što se promjene vakuuma negativno odražavaju na zdravlje tkiva sise. Najčešće se koriste 2 vakuumetra (slika 2.2.), jedan koji je vidljiv s mjesta za mužnju, a drugi koji je vidljiv s mjesta gdje se nalazi regulator vakuuma (Džidić 2013.).

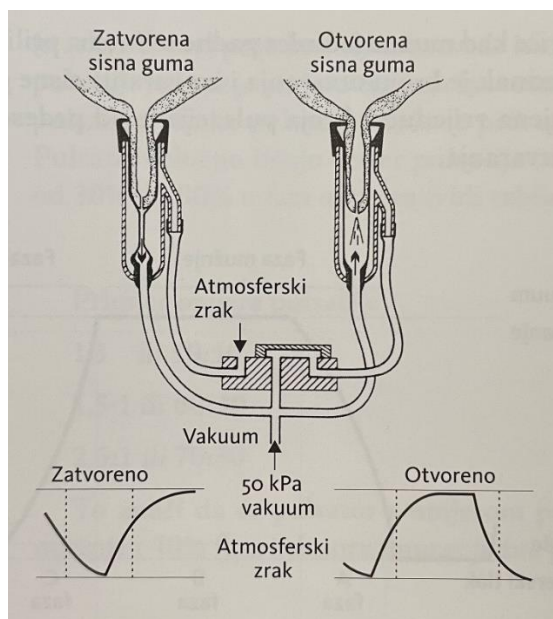


Slika 2.1. Prikaz regulatora vakuuma  
Izvor: Džidić 2013., prema Akam i sur., 1989.



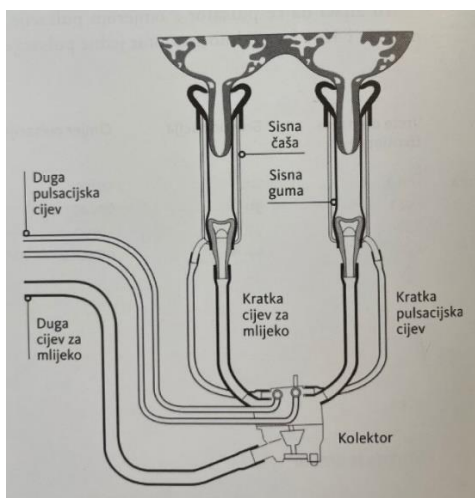
Slika 2.2. Prikaz vakuummetra  
Izvor: Džidić 2013., prema Akam i sur., 1989.

Pulsator (slika 2.3.) je zračni ventil koji stvara pulsacije zahvaljujući kojima se odvija protok mlijeka, a one nastaju kao rezultat naizmjeničnog puštanja vakuuma i atmosferskog zraka u pulsacijsku komoru. Pulsacijska komora je otvor koji se nalazi između sisne čaše i sisne gume. Postoje konstantni pulsatori kod kojih su sve četiri pulsacijske komore ispunjene ili vakuumom ili atmosferskim zrakom te naizmjenični pulsatori kod kojeg su dvije komore ispunjene vakuumom, a dvije komore atmosferskim zrakom. Puštanjem vakuuma u pulsacijsku komoru dolazi do otvaranja sisne gume odnosno dolazi do sekrecije mlijeka iz sise, a puštanje atmosferskog tlaka u komoru rezultira zatvaranjem sisne gume pri čemu nema protoka mlijeka (Džidić 2013.).



Slika 2.3. Prikaz pulsatora i pulsacijske krivulje  
Izvor: Džidić 2013., prema Akam i sur., 1989.

Muzna jedinica (slika 2.4.) se sastoji od kolektora, sisnih čaša s njihovim pripadajućim gumama, duge cijevi za mlijeko, duge pulsacijske cijevi te ponekad pulsatora. Jedan od glavnih dijelova muzne jedinice čine upravo sisne gume budući da su one jedini dio cijelog muznog stroja koji dolazi u direktan kontakt sa sisama. Upravo je iz tog razloga važno odabrati odgovarajuće gume za mužnju kako bi se smanjio rizik od negativnog utjecaja na zdravlje vimena. Jedan od kriterija za odabir guma je veličina promjera odnosno unutarnji promjer samih guma mora biti manji u odnosu na prosječni promjer sisa koji je izmjereno unutar stada. Unutar sisnih guma prisutan je vakuum čija je funkcija mužnja mlijeka iz sisa te zadržavanje muzne jedinice na samom vimenu. Kolektor je dio uređaja koji spaja kratku pulsacijsku cijev i kratku cijev za mlijeko s dugom pulsacijskom cijevi i dugom cijevi za mlijeko. Težina cijele muzne jedinice ne smije prelaziti 3,5 kg. (Džidić 2013.)



Slika 2.4. Prikaz muzne jedinice  
Izvor: Džidić 2013., prema Krömker, 2007.

Sustav za prijenos mlijeka je dio stroja za mužnju koji sastoji se od mljekovoda, međuspremnika i spremnika. Mlijeko se kroz mljekovod kreće prema međuspremniku, a iz njega se pomoću pumpe kreće u spremnik. Između međuspremnika i spremnika postoji filter koji pročišćava mlijeko, a također je poželjno da se međuspremnik i spremnik ne nalaze u istoj prostoriji budući da se tako povećava put kojeg mlijeko mora prijeći od izmuzišta do samog međuspremnika (Džidić 2013.).

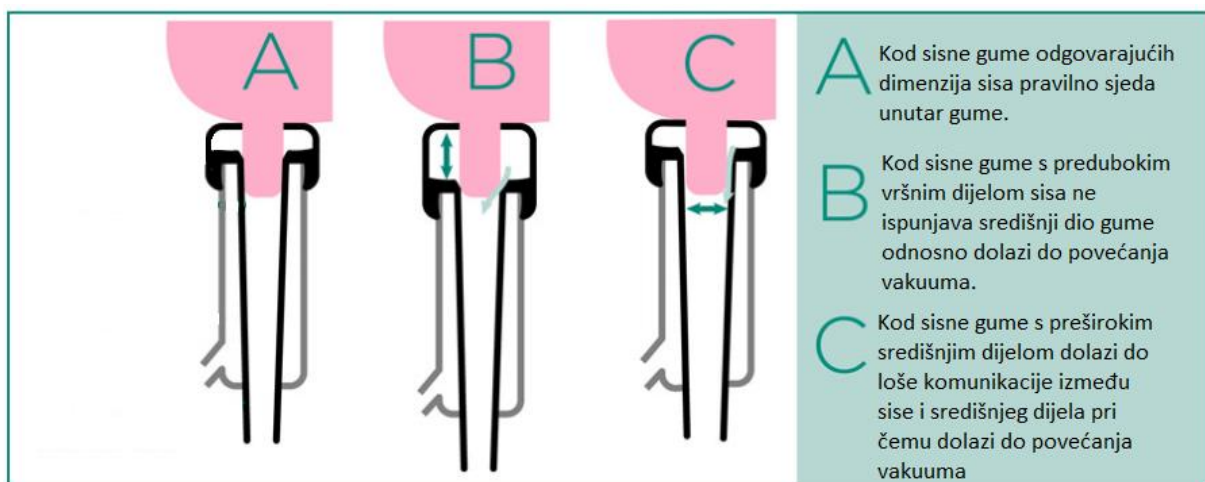
### 3. Sisne gume i vakuum

#### 3.1. Odabir sisnih guma

U radu je prethodno spomenuto kako je odabir adekvatnih sisnih guma od ključne važnosti za zdravlje vimena. Međutim genetske karakteristike krava uzrokovale su razlike u veličini i teksturi sisa pri čemu je nemoguće odabrati sisne gume koje će idealno pristajati svakoj životinji. Zato danas postoji više različitih vrsta sisnih guma što olakšava uzgajivaču pronalazak gume koja će najbolje pristajati većini njegovog stada. U manjim stadima (stada koja bilježe < 100 muznih krava) poželjno je izmjeriti veličinu sisa svih krava dok je u većim stadima poželjno izmjeriti barem 20% sisa muznih krava u uzgoju. Grupa krava odabranih za provođenje mjerenja treba obuhvaćati jedinke u svim stadijima laktacije (ADF Milking 2022.; Petzer i Swan 2019.).

Neodgovarajuća veličina sisnih guma dovodi do niza problema. Povećanje vakuuma u njenom vršnom dijelu uzrokuje oteknuće same sise zbog čega dolazi do smanjenja sekrecije mlijeka. To znači da će se produljiti vrijeme trajanja mužnje odnosno sise će duži vremenski period biti pod utjecajem vakuuma što će se loše odraziti na zdravlje vimena. Isto tako može doći do pojave edema odnosno nakupljanja viška tjelesne tekućine u sisi, a vanjski pokazatelji edema su promjene u boji te zadebljanje same sise. Zbog smanjenog protoka mlijeka dolazi do prekomjerne mužnje što može uzrokovati hiperkeratozu. Ona je vidljiva u obliku zadebljanja i grubosti kože oko sisnog otvora, a time se ujedno povećava rizik od pojave mastitisa. (Greenham 2018.; ADF Milking 2022.).

Prosječna veličina sisa u stadu uvjetuje koja veličina sisnih guma će se odabrati za mužnju. Prilikom odabira pozornost se obraća na dubinu vršnog dijela te na sami promjer sisne gume pri čemu bi oni trebali biti takvi da guma dobro prijanja uz sisu. Ako je dubina vršnog dijela prevelika ili ako je guma preširoka dolazi do povećanja vakuuma do štetnih razina (slika 3.1.1.).



Slika 3.1.1. Prikaz interakcije između sise i sisne gume s obzirom na karakteristike sisne gume

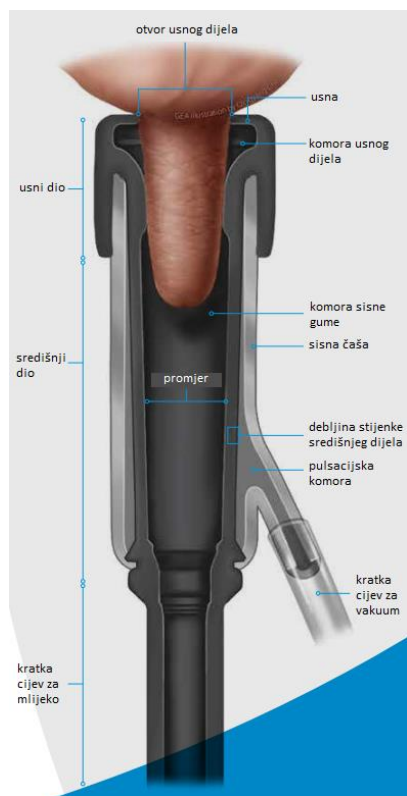
Izvor: <https://www.fwi.co.uk/livestock/dairy/5-things-to-consider-when-choosing-your-milking-liners> - pristup23

Primjena sisnih guma s predubokim vršnim dijelom na sise s manjom prosječnom dužinom onemogućava pravilno sjedanje muzne jedinice na vime. U tim slučajevima sisna guma ne može stvarati odgovarajući pritisak na tkivo sise što se negativno odražava na sekreciju mlijeka. Neodgovarajuća veličina sisnih guma uzrokuje lošu mužnju s nižim prinosima mlijeka, loše zdravlje vimena (pojava hiperkeratoze ili mastitisa), stres kod same životinje, a isto tako može doći i do ispadanja muzne jedinice s vimena pri čemu se povećava rizik od pojave infekcija. (Greenham 2018.; ADF Milking 2022.; Petzer i Swan 2019.)

### **3.2. Građa sisnih guma**

Sisna guma se sastoji od 3 glavna dijela, a to su: usni dio, središnji dio, te kratka cijev za mlijeko (slika 3.2.1.). Glavni čimbenici koji utječu na funkcionalnost sisnih guma su: promjer i veličina središnjeg dijela, oblik središnjeg dijela te materijal od kojeg su proizvedene sisne gume. S obzirom na promjer središnjeg dijela razlikujemo sužene sisne gume čiji je promjer <21 mm te proširene sisne gume čiji je promjer >24 mm. Podjela sisnih guma prema obliku temelji se na izgledu poprečnog presjeka središnjeg dijela u otvorenom stanju gume, a ovdje razlikujemo okrugle, trokutaste te kockaste sisne gume (slika 3.2.2.). Isto tako središnji dio može biti cilindričan (ravni) ili konusan (suženi). Oblik središnjeg dijela gume uvjetuje kako će se sisna guma zatvarati oko sise što ima direktan utjecaj na zdravlje vimena. Istraživanje provedeno od strane Holst i sur. (2021) je pokazalo kako je veći protok mlijeka, a samim time i brža mužnja, postignut uporabom okruglih sisnih guma. Također su zabilježili kako je vakuum u vršnom dijelu sisne gume bio manji kod okruglih nego kod trokutastih sisnih guma što oni pripisuju većem prodoru zraka između sise i sisne gume koji se javio kod guma trokutastog oblika. Suprotno tome, Kochman i Laney (2009) tvrde kako trokutaste sisne gume osiguravaju bolji kontakt između sise i same gume budući da se oko sise zatvaraju s tri strane, za razliku od okruglih sisnih guma koje pritisak na sisu vrše s dvije strane. Na taj način postoji manja šansa od padanja muzne jedinice s vimena kod trokutastih sisnih guma. Bez obzira na njihov oblik, pred kraj mužnje došlo je do povećanja vakuuma u vršnom dijelu sisnih guma, pri čemu se ventiliranje pokazalo kao dobra metoda smanjivanja razine vakuuma kod oba tipa guma (GEA 2020., Petzer i Swan 2019.).





Slika 3.2.1. Prikaz građe sisne gume

Izvor: [https://www.gea.com/en/binaries/gea-liner-silicon-liner-en\\_tcm11-83665.pdf](https://www.gea.com/en/binaries/gea-liner-silicon-liner-en_tcm11-83665.pdf) - pristup 27.06.2022.



Slika 3.2.2. Prikaz oblika središnjeg dijela sisne gume u otvorenom i zatvorenom stanju

Izvor: [https://www.gea.com/en/binaries/gea-liner-silicon-liner-en\\_tcm11-83665.pdf](https://www.gea.com/en/binaries/gea-liner-silicon-liner-en_tcm11-83665.pdf) - pristup 27.06.2022.

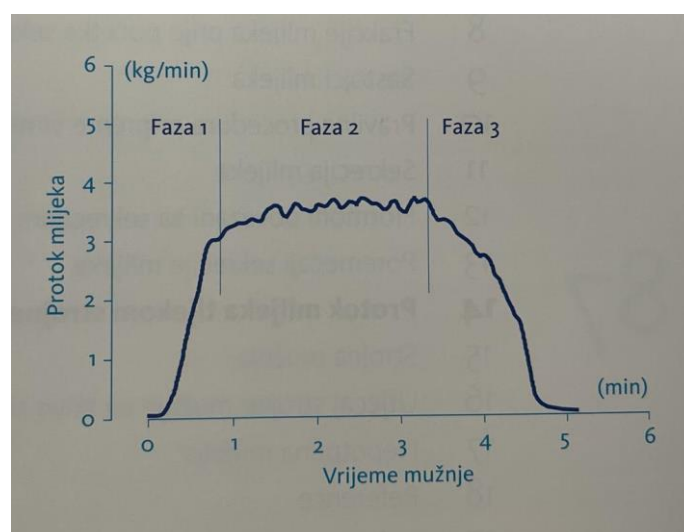
Sisne gume se proizvode od silikona ili gume, a glavna razlika između ta dva materijala je u njihovoj dužini trajanja. Silikonske gume traju duže (ne pucaju lako i ne postaju lako porozne) pa su češće korištene od strane intenzivnih proizvođača budući da smanjuju troškove zamjene guma. Osim njihovog roka trajanja, ostale prednosti silikonskih guma su: mekoća, elastičnost,

dobra prilagodba različitim oblicima sisa te nisu osjetljive na vanjske uvjete (npr.temperatura) što pridonosi stabilnosti mužnje. Što se tiče sisnih guma proizvedenih od gume, njihova prednost leži u činjenici da je guma izdržljiv materijal koji ima veliku otpornost na pucanje te su jeftinije od silikonskih guma. Iako se silikonske gume često koriste za nježniju mužnju, a sisne gume proizvedene od gume koriste za brzu mužnju, mijenjanjem postavki samog stroja za mužnju može se korigirati intenzitet mužnje odnosno gumene sisne gume mogu dati nježniju, a silikonske gume čvršću i bržu mužnju (Greenham 2018.; GEA 2020.; Agromasters 2021.).

Osim što je za dobru mužnju potrebno odabrati odgovarajuće sisne gume, također je potrebno te gume zamijeniti u odgovarajuće vrijeme. Sisne gume se tijekom mužnje „troše“ što znači da više neće davati isti efekt odnosno smanjit će se kvaliteta samog procesa mužnje. Na sisnim gumama se mogu pojaviti mikroskopske ili čak oku vidljive pukotine koje postaju idealno mjesto za razvoj patogena. Pravilno održavanje muzne jedinice i njenih dijelova pridonosi dugovječnosti sisnih guma te boljim performansama. (GEA 2020.)

### 3.3. Vakuum

Tijekom strojne mužnje dolazi do promjene u intenzitetu protoka mlijeka pa je stoga moguće uočiti tri faze: faza rastućeg protoka, faza maksimalnog protoka te faza smanjenog protoka mlijeka (slika 3.3.1.). Osim karakteristika krava, utjecaj na ove faze također imaju i karakteristike samog stroja za mužnju kao što su vrsta sisnih guma, razina vakuuma, broj i omjer pulsacija itd. Povećanjem broja i omjera pulsacija te povećanjem vakuuma može se postići veća brzina mužnje, međutim treba imati na umu kako prevelike količine vakuuma negativno utječu na tkivo sise odnosno mogu dovesti do oštećenja vimena te pojave mastitisa (Džidić 2013.).



Slika 3.3.1. Prikaz faza protoka mlijeka u odnosu na vrijeme mužnje  
Izvor: Džidić 2013.

Na početku mužnje, prije nastupa faze maksimalnog protoka mlijeka, sise su pod utjecajem velikih razina vakuuma u vršnom dijelu sisne gume. Nastupom faze maksimalnog protoka vakuum se smanji te se održava u relativno stabilnim razinama, dok ulazak u fazu smanjenog protoka mlijeka uzrokuje ponovno povećanje vakuuma. Faza smanjenog protoka mlijeka igra veliku ulogu u očuvanju zdravlja vimena, a nastupa kada u cisterni jedne od sisa više nema mlijeka. Pojava ove faze različita je za svaku sisu pa je stoga potrebno odrediti pravilno vrijeme uklanjanja muzne jedinice s vimena. Iako će neke sise ostati potpuno prazne, dok druge sise neće, pravovremenim prekidom mužnje smanjuje se rizik od pojave tzv. „slijepe mužnje“ koja se loše odražava na zdravlje vimena. Odabir krava s većim prosječnim protokom mlijeka smanjuje negativni utjecaj vakuuma na tkivo sise u trećoj fazi. Pred kraj mužnje, kada se smanjuje protok mlijeka, ujedno dolazi i do smanjenja trenja između sise i sisne gume pri čemu se vakuum u vršnom dijelu povećava te se javljaju veće šanse od „penjanja“ muzne jedinice. Kako bi se spriječilo „penjanje“ (prekomjerno uvlačenje sise unutar muzne jedinice tijekom mužnje) potrebno je uspostaviti ravnotežu između određenih sila, a to su trenje između sisne gume i sise, vakuum u vršnom dijelu sisne gume te gravitacija (Džidić 2013.; ADF Milking 2022.).

Prilikom strojne mužnje odvija se naizmjenično otvaranje i zatvaranje sisne gume pri frekvenciji od oko 1 Hz što dovodi do otpuštanja mlijeka kada je guma otvorena te do masiranja vršnog dijela sise kada je guma zatvorena. Mehaničke sile koje se prenose sa sisne gume na sisu nastaju kao posljedica vakuuma, u trenutku kada je guma otvorena, te kompresije sisne gume na sisu kada je zatvorena. Sisa se neće rastezati (povećati svoj promjer) unutar sisne gume tijekom mužnje ako vakuum u vršnom dijelu sisne gume ostane ispod 20 kPa ili je barem za 9 kPa manji od vakuuma u kratkoj cijevi za mlijeko. Vakuum koji je veći od navedenog dovodi do rastezanja sise što uzrokuje nemir kod životinja za vrijeme mužnje, padanja muzne jedinice te do pojave koncentričnih krugova na tkivu sise (Holst i sur. 2021.).

Ventilacija sisnog sklopa postavlja se kao jedna od opcija regulacije razine vakuuma tijekom mužnje. Ona omogućava ulazak atmosferskog zraka odnosno vakuum se održava na odgovarajućoj razini koja osigurava dobar protok mlijeka bez opasnosti od negativnih posljedica na tkivo vimena. Uz ventilaciju, na razine vakuuma je moguće utjecati i odabirom sisnih guma. Prema nekim istraživanjima okrugle sisne gume se pokazuju kao bolje za razliku od trokutastih zbog bolje kompresije gume, boljeg trenja te boljeg prijanjanja između sise i gume (Holst i sur. 2021.; ADF Milking 2022.).

### **3.4. Cilj rada**

Cilj ovog rada je statistički procijeniti kako vrsta sisne gume te način ventiliranja sisnog sklopa utječu na razinu vakuuma koji se stvara u vršnom dijelu sisne gume. Također će se istražiti kretanje same sisne gume tijekom strojne mužnje kao i njena interakcija s vakuumom koji nastaje u njenom vršnom dijelu.

## 4. Materijali i metode

Istraživanje se provodilo na dvanaest muznih krava pasmine Holstein-Friesian na farmi Sveučilišta u Wisconsinu, USA. Eksperimentalni dizajn je postavljen u obliku dvostrukog latinskog kvadrata 6 x 6. Mužnja se provodila u jutarnjim i popodnevnim satima u periodu od 6 dana, a za mužnju se koristilo 6 sisnih guma (Milk-Rite 01AULT, Impluse IP4-LM, Conewango IW-240, Impulse IP15, Impulse IP4-LM ventilirana, Impulse IP15 ventilirana). Za mjerenje vakuuma u vršnom dijelu sisne gume te u kratkoj pulzacijskoj i mliječnoj cijevi koristio se uređaj Vadia (Biocontrol, Norveška), a kretanje sisne gume se pratilo pomoću digitalne kamere GoPro Hero 5. Zavisna varijabla korištena u linearnom modelu je dužina sise u sisnoj gumi tijekom mužnje, dok su nezavisne variable bile: dio mužnje (rani, srednji, te kasni), vrsta sisne gume (sužena i proširena), te jel sisna guma ventilirana (da i ne), te interakcija zadnje dvije navedene varijable. Sva analiza je napravljena procedurom GLM u SAS statističkom programu, a analiza interakcije provjerena je Tukey-evom provjerom.

## 5. Rezultati

U tablici 5.1. prikazane su 4 vrste sisnih guma sa svojim karakteristikama. Dvije vrste IP4 i IP15 su imale varijantu sa i bez ventiliranja u vršnom dijelu sisne gume, tako da je ukupni broj sisnih guma u eksperimentu bio šest.

Tablica 5.1. Karakteristike sisnih guma

Broj sisne gume	1	2	3	4
Sisna guma	Conawango	IP4	IP15	01AULT
Model	IW-240 - RJJ125 - New Zeland	IP4-LM	IP15-HV	
Materijal	Guma	Guma	Guma	Guma
Oblik	Okrugli	Trokutasti	Trokutasti	Okrugli
Ukupna dužina postavljene sisne gume na čašu (cm)	32,2	28,6	32,2	29,2
Promjer vršnog dijela sisne gume (cm)	2,3	2,16	2,28	2,03
Promjer središnjeg dijela (cm)	2,72	2,25	2,61	2,25
Promjer kratke cijevi za mlijeko (cm)	0,95	1,05	1,04	0,95
Dužina od vrha sisne gume do kraja čaše (cm)	15,8	14,1	15,1	14,5
Dužina gume vršnog dijela (cm)	4,2	3,3	4	3
Dubina vršnog dijela pri 40 kPa	3,7	3,2	3,6	3,2
Dužina od vrha gume do metalnog dijela (cm)	11,8	9,3	10,8	10

Tablica 5.2. prikazuje varijable koje su se koristile u modelu kao i njihove pripadajuće P-vrijednosti. Prema rezultatima ANOVA tablice prikazanih u tablici 5.2. vidljivo je kako statistički značajan utjecaj na dužinu sise unutar sisne gume imaju vrsta sisne gume, dio mužnje te interakcija vrste sisne gume sa ventilacijom sisne gume ( $P < 0,05$ ). Jedina varijabla modela koji nema statistički značajan utjecaj na dužinu sise unutar sisne gume tijekom mužnje predstavlja sama ventilacija sisne gume ( $P > 0,05$ ). Prema prikazanim rezultatima, dio mužnje ima statistički najveći utjecaj u modelu (najmanja P-vrijednost). Riječ je o varijabli čije vrijednosti predstavljaju 3 različite faze mužnje (početak, vrhunac i kraj).

Tablica 5.2. Prikaz varijabli korištenih u modelu

Varijable	Num DF	Den DF	F vrijednost	P vrijednost
Vrsta sisne gume	1	206	5,39	0,02
Ventilacija sisne gume	1	206	0,18	0,67
Dio mužnje	2	206	45,74	<0,0001
Vrsta sisne gume*	1	206	10,89	0,001
Ventilacija sisne gume				

Tablica 5.3. prikazuje prosjek najmanjih kvadrata i standardne greške za interakciju između vrste sisne gume i ventilacije sisne gume prilikom mužnje. S obzirom na pripadajuće P-vrijednosti, interakcija između ventilacije i vrste sisnih guma statistički je značajna ( $P < 0,05$ ). Podaci iz tablice prikazuju kako je najveća vrijednost odnosno najveća dužina sise unutar sisne gume tijekom mužnje zabilježena kod proširenih sisnih guma kod kojih se primjenjivala ventilacija ( $7,32 \pm 0,16$ ) dok je najmanja vrijednost zabilježena kod suženih sisnih guma uz primjenu ventilacije ( $6,56 \pm 0,11$ ). Prema dobivenim rezultatima može se zaključiti kako je najmanji utjecaj vakuuma u vršnom dijelu sisne gume bio prisutan kod ventiliranih suženih sisnih guma. Manji utjecaj vakuuma je rezultat dobrog kontakta između sisne gume i sise, a ventilacija sisne gume je omogućila dodatnu kontrolu razine vakuuma. Veće izduženje sise unutar sisne gume, zabilježeno kod proširenih sisnih guma s ventilacijom, može se pripisati lošem prijanjanju gume uz sisu, a primjena ventilacije je povećala ulazak zraka pri čemu se kontakt između sise i sisne gume dodatno smanjio.

Tablica 5.3. Prosjek najmanjih kvadrata i standardne greške interakcije vrste sisne gume i ventilacije sisne gume

Vrsta sisne gume	Ventilacija sisne gume	Prosjek najmanjih kvadrata $\pm$ standardna greška
Proširena	DA	$7,32 \pm 0,16^a$
Sužena	NE	$7,07 \pm 0,15^a$
Proširena	NE	$6,93 \pm 0,11^{ab}$
Sužena	DA	$6,56 \pm 0,11^b$

<sup>a,b</sup> statistički značajne razlike između interakcija prema Tukey-evom testu

## 6. Rasprava

O'Callaghan (2001.) je radio istraživanje na muznim kravama pasmine Holstein-Friesian kod kojih je proučavao interakciju između sise i sisne gume tijekom mužnje u 2 različita eksperimenta. Oba eksperimenta su pokazala kako su visoke razine vakuuma zabilježene kod proširenih sisnih guma pri čemu se povećalo trenje između sise i stijenke sisne gume. Dužina sise unutar sisne gume povećala se kako se smanjivao protok mlijeka odnosno kako je odmicala mužnja međutim nisu uočene velike razlike u dužini sisa unutar sisnih guma ovisno o vrsti sisnih guma (proširene u odnosu na sužene). U ovom istraživanju razlike između dužine sisa unutar sisnih guma su najveće između proširenih i suženih sisnih guma kod kojih je prisutna ventilacija ( $7,32 \pm 0,16$  prema  $6,56 \pm 0,11$ ).

Rønningen i Reitan (1990.) provodili su istraživanje na 90 muznih krava pasmine Norwegian Red kod kojih su promatrali dužinu sisa prilikom mužnje. Položaj sisa i njihova dužina unutar sisne gume utječu na efektivnost pulsacije odnosno sise smještene preduboko unutar sisne gume onemogućuju odgovarajuću masažu tkiva pri čemu se javlja slabija sekrecija mlijeka. Uočeno je kako je prva minuta mužnje, koja je u njihovom eksperimentu predstavljala fazu maksimalnog protoka mlijeka, uzrokovala prosječno izduženje sisa unutar sisne gume za 66-67%. Smanjenje protoka mlijeka odnosno približavanje trećoj fazi mužnje dovodi do povećanja vakuuma i dubljeg prodiranja sise unutar sisne gume pa je uočeno kako je pri kraju mužnje prosječno izduženje sisa iznosilo 93-94%. U ovom istraživanju također je uočeno kako faze mužnje utječu na dužinu sisa unutar sisnih guma. To je vidljivo u rezultatima ANOVA tablice (tablica 5.2.) gdje varijabla modela dio mužnje ima statistički značajan utjecaj ( $P < 0,05$ ) na dužinu sise unutar sisne gume.

Istraživanje provedeno od strane Holst i sur. (2021.) proučavalo je kako oblik sisne gume (okrugli prema trokutastom obliku) te način ventilacije sisnog sklopa utječu na vakuum u vršnom dijelu sisne gume te na sami proces mužnje. Istraživanje se provodilo na 6 Holstein-Friesian krava. Kao i u prethodno spomenutim istraživanjima, Holst i sur. (2021.) su također uočili da je razina vakuuma u vršnom dijelu sisne gume rasla kako je odmicala mužnja. Ventilacija sisnih guma dovela je do smanjenja razina vakuuma kod obje vrste sisnih guma (okrugle i trokutaste) što je potvrđeno i u ovom istraživanju gdje je zabilježen statistički značajan utjecaj ventilacije ( $P < 0,05$ ).

Newman i sur. (1991.) provodili su istraživanje na 6 muznih krava Holstein-Friesian pasmine kod kojih su primjenjivali 3 vrste sisnih guma tijekom mužnje (sužena, proširena i proširena šiljastog oblika). Razine vakuuma prisutne u vršnom dijelu sisne gume doživjele su iste promjene kao i u prethodnim istraživanjima (relativno stabilan vakuum u vršnom dijelu je bio prisutan tijekom faze maksimalnog protoka dok su oscilacije u razinama vakuuma primijećene u početnoj fazi te u zadnjoj fazi mužnje). Najveće razine vakuuma uočene su prilikom uporabe proširenih sisnih guma šiljastog oblika ( $29,4 \pm 2,23$ ) za razliku od suženih sisnih guma koje su rezultirale najmanjom razinom vakuuma u vršnom dijelu tijekom mužnje ( $16,5 \pm 1,96$ ). U ovom provedenom istraživanju najmanje vrijednosti također su uočene prilikom korištenja suženih



sisnih guma uz prisutnost ventilacije ( $6,56 \pm 0,11$ ) dok su najveće vrijednosti zabilježene kod proširenih sisnih guma koje su bile ventilirane ( $7,32 \pm 0,16$ ).

Borkhus i Rønningen (2003.) su u svojem istraživanju pratili vakuum u vršnom dijelu sisne gume, dužinu i promjer sisa prije i poslije mužnje, te dužinu sisa unutar sisne gume. U eksperimentu su koristili dvije vrste sisnih guma različitih promjera. Uporaba sisne gume manjeg promjera rezultirala je nižom razinom vakuuma u njenom vršnom dijelu. Kako navode u radu, manje razine vakuuma su posljedica boljeg prijanjanja sisne gume uz tkivo sise. Slični rezultati su dobiveni i ovim istraživanjem gdje je zabilježeno kako je sisna guma manjeg promjera imala manje razine vakuuma, a ventilacija same sisne gume dodatno je smanjila njegov utjecaj. To je vidljivo iz rezultata analize koji pokazuju kako je u tom slučaju izduženje sise unutar sisne gume bilo najmanje ( $6,56 \pm 0,11$ ) u odnosu na druge gume korištene u istraživanju.

Rasmussen i sur. (1998.) radili su istraživanje na muznim kravama pasmine Danish Holstein. Krave su bile podijeljene u dvije skupine kod kojih su se primjenjivale sisne gume različitih promjera. Kod grupe s većim promjerom zabilježene su značajne promjene u boji sisa nakon mužnje što oni pripisuju neadekvatnom kontaktu između sise i sisne gume prilikom mužnje. Osim promjene u boji, uporaba sisnih guma većeg promjera dovela je do većeg izduženja sise unutar same sisne gume. Takvi rezultati su zabilježeni i u ovom istraživanju gdje je korištenje proširenih sisnih guma u kombinaciji s ventilacijom dovelo do veće dužine sise unutar sisne gume tijekom mužnje.

## **7. Zaključak**

Karakteristike sisnih guma koje se koriste na farmama od velike su važnosti za uspješno provođenje procesa mužnje. Kao jedini dio muzne opreme koji dolazi u direktan kontakt s tkivom sise, predstavlja ključni dio koji može pozitivno ili negativno utjecati na proizvodnju mlijeka.

U provedenom istraživanju dokazano je da interakcija vrste sisne gume i njene ventilacije značajno utječe na dužinu sise unutar sisne gume. Nadalje utvrđeno je da na dužinu sise unutar sisne gume utječe i dio mužnje, tj. jel se radi o ranom, srednjem ili kasnom stadiju mužnje.

## 8. Popis literature

1. ADF Milking. Intelligent venting. <https://adfmilking.com/intelligent-venting-from-adf-milking/> - pristup 17.07.2022.
2. Agromasters (2021). Milking liners. <https://www.agromasters.gr/en/milking-liners/> - pristup 17.07.2022.
3. Akam D.N., Dodd F.H., Quick A.J. (1989). Milking, milk production hygiene and udder health. FAO Animal Production and health Paper 78. FAO, Rome, Italija
4. Borkhus M., Rønningen O. (2003). Factors affecting mouthpiece chamber vacuum in machine milking. Journal of Dairy Research, 70, 283-288
5. Džidić A. (2013). Laktacija i strojna mužnja. Hrvatska mljekarska udruga. Zagreb
6. GEA (2020). GEA Farm Technologies GmbH [https://www.gea.com/en/binaries/gea-liner-silicon-liner-en\\_tcm11-83665.pdf](https://www.gea.com/en/binaries/gea-liner-silicon-liner-en_tcm11-83665.pdf) - pristup 27.06.2022.
7. Greenham T. 2018. 5 things to consider when choosing your milking liners. Farmers weekly. <https://www.fwi.co.uk/livestock/dairy/5-things-to-consider-when-choosing-your-milking-liners> - pristup 23.07.2022.
8. Holst G.E., Adrion F., Umstätter C., Bruckmaier R.M. (2021). Type of teat cup liner and cluster ventilation affect vacuum conditions in the liner and milking performance in dairy cows. American Dairy Science Association
9. Kochman A.K., Laney C. (2009). The effect of liner barrel shape on teat end condition. Lauren AgriSystems, Ltd., New Philadelphia, Ohio. <https://laurenagrisystems.com/wp-content/uploads/2019/08/9.-Effect-of-Liner-Barrel.pdf> - pristup 18.07.2022.
10. Krömker V. (2007). Kurzes Lehrbuch Milchkunde und Milchhygiene. Parey, MVC Medizinverlage Stuttgart GMBH & Co, Njemačka
11. Newman J.A., Grindal R.J., Butler M.C. (1991). Influence of liner design on mouthpiece chamber vacuum during milking. Journal of Dairy Research, 58, 21-27
12. O'Callaghan E.J. (2001). Influence of Liner Design on Interactions of the Teat and Liner. Vol. 40, No. 2, 169-176
13. Petzer I.-M., Swan A.C. (2019). The importance of teat liners in preserving teat integrity and udder health. Faculty of Veterinary Science, University of Pretoria. Vol. 23, 16-19
14. Rasmussen M.D., Frimer E.S., Kaartinen L., Jensen N.E. (1998). Milking performance and udder health of cows milked with two different liners. Journal of Dairy Research, 65, 353-363
15. Rønningen O., Reitan A.D. (1990). Teat length and penetration into teatcup during milking in Norwegian Red Cattle. Journal of Dairy Research, 57, 165-170

## **Životopis**

Rahela Stevanović je rođena 29. siječnja 1997. godine u Zagrebu, Republici Hrvatskoj. Od 2003. do 2011. godine pohađala je Osnovnu školu Matije Gupca u Zagrebu, a od 2011. do 2015. godine svoje obrazovanje nastavlja u Gornjogradskoj gimnaziji u Zagrebu. 2016. godine upisuje preddiplomski studij Hortikultura na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Završila je preddiplomski studij 2019. godine s radom Alternativne metode dozrijevanja vinjaka, a iste godine upisuje diplomski studij Genetika i oplemenjivanje životinja. Studij završava 2022. godine s radom Statistička procjena utjecaja sisne gume na vakuum u vršnom dijelu sisne gume.