

# Adsorpcijski kapacitet otpadne vune

---

**Rosan, Ana**

**Master's thesis / Diplomski rad**

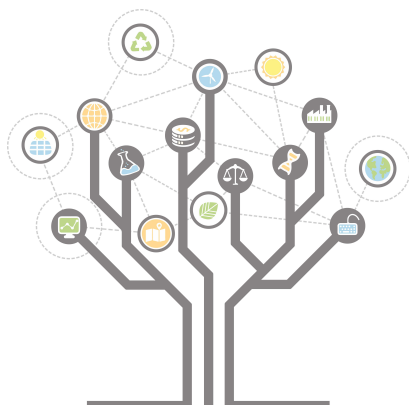
**2019**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:130:593228>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-04-20**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Geotechnical Engineering -  
Theses and Dissertations](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GEOTEHNIČKI FAKULTET

ANA ROSAN

ADSORPCIJSKI KAPACITET OTPADNE VUNE

DIPLOMSKI RAD

VARAŽDIN, 2019.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GEOTEHNIČKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

ADSORPCIJSKI KAPACITET OTPADNE VUNE

KANDIDAT:  
ANA ROSAN

MENTOR:  
izv. prof. dr. sc. ALEKSANDRA ANIĆ VUČINIĆ

VARAŽDIN, 2019.

## ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

## **IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je diplomski rad pod naslovom

### **ADSORPCIJSKI KAPACITET OTPADNE VUNE**

rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom **izv.prof.dr.sc. Aleksandre Anić Vučinić.**

Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

## **Sažetak**

**Ime i prezime:** Ana Rosan

**Naslov rada:** Adsorpcijski kapacitet otpadne vune

Vuna je nekada bila najvažniji proizvod ovaca, neizostavan u svakom domaćinstvu i tekstilnoj industriji, ali u posljednjih nekoliko desetljeća je smanjen interes za vunom osobito lošije kvalitete koje u Hrvatskoj ima najviše. U ovom diplomskom radu prikazana su svojstva vune te načini na koje se sve vuna može iskoristiti kao potencijalni adsorbens plavog dizela. Ispitani su adsorpcijski kapacitet ovčje vune na plavi dizel u različitim medijima poput vodovodne vode i morske vode pomiješane s plavim dizelom. Dobiveni adsorpcijski kapacitet ovčje vune u svrhu uklanjanja plavog dizela iznosi 15 ml/g. Za što veću učinkovitost adsorpcije dobiveni najbolji omjer plavog dizela i vode u kojoj se nalazi iznosi 1:10. Upotrebom ovčje vune opranom sapunom u navedenom omjeru ukloni se ukupno 90,82% plavog dizela iz morske vode, a sa upotrebom ovčje vune opranom praškom za rublje uklonili se ukupno 91,07% plavog dizela iz vodovodne vode. Iako su eksperimenti sa sirovom vunom pokazali dobre rezultate učinkovitosti adsorpcije plavog dizela, zbog različitih vrsta nečistoća u vuni, preporučuje se koristiti opranu ovčju vunu.

**Ključne riječi:** ovčja vuna, adsorpcijski kapacitet, gospodarenje otpadom, onečišćenje

## Sadržaj

|       |                                                          |    |
|-------|----------------------------------------------------------|----|
| 1     | UVOD.....                                                | 1  |
| 2     | OVČJA VUNA .....                                         | 2  |
| 2.1   | Porijeklo vune .....                                     | 2  |
| 2.2   | Građa i svojstva vune.....                               | 3  |
| 3     | PROBLEMATIKA ZBRINJAVANJA OTPADNE OVČJE VUNE.....        | 6  |
| 3.1   | Ovčarstvo u Republici Hrvatskoj .....                    | 6  |
| 3.2   | Pranje vune .....                                        | 9  |
| 3.3   | Otpadne vode nastale pročišćavanjem vune .....           | 12 |
| 3.4   | Zbrinjavanje ovčje vune .....                            | 13 |
| 4     | MOGUĆNOSTI ISKORIŠTAVANJA OTPADNE VUNE .....             | 16 |
| 4.1   | Upotreba ovčje vune u građevinskoj industriji .....      | 16 |
| 4.2   | Upotreba ovčje vune u poljoprivredi .....                | 17 |
| 4.3   | Upotreba ovčje vune za čišćenje naftnih mrlja .....      | 19 |
| 5     | ISPITIVANJE ADSORPCIJSKOG KAPACITETA OVČJE VUNE.....     | 21 |
| 5.1   | Opis istraživanja.....                                   | 21 |
| 5.2   | Aparatura .....                                          | 22 |
| 5.2.1 | Analitička vaga .....                                    | 22 |
| 5.2.2 | Magnetska miješalica .....                               | 23 |
| 5.2.3 | Više-parametarski mjerni instrument za vodu.....         | 24 |
| 5.3   | Način provedbe eksperimenta .....                        | 25 |
| 6     | REZULTATI I RASPRAVA .....                               | 29 |
| 6.1   | Parametri vode.....                                      | 29 |
| 6.2   | Adsorpcijski kapacitet ovčje vune .....                  | 30 |
| 6.3   | Učinkovitost adsorpcije plavog dizela ovčjom vunom ..... | 31 |
| 7     | ZAKLJUČAK .....                                          | 38 |
| 8     | LITERATURA.....                                          | 39 |
| 9     | POPIS SLIKA.....                                         | 44 |
| 10    | POPIS TABLICA .....                                      | 46 |

## 1 UVOD

Ovce su po vuni jedinstvene, na prvi pogled prepoznatljive i različite od drugih vrsta domaćih životinja. Jedna su od proizvodno najsvestranijih vrsta domaćih životinja od koje osim mesa i mliječnih proizvoda dobivamo i vunu. Vuna kao specifičan ovčji proizvod ima različitu gospodarsku važnost u pojedinim zemljama svijeta. Tako je u nekim zemljama vuna najznačajniji proizvod ovaca (Australija) kojim se osigurava najveći dio dohotka, dok se u drugim tretira kao otpad. U Hrvatskoj proizvodnja vune gotovo da nema nikakvu gospodarsku važnost te ovčari najčešće ovce strižu radi dobrobiti ovaca, a ne radi vune. Ovce se moraju minimalno jednom godišnje ošišati, a ne postoji organizirani način skupljanja otpadne ovčje vune. Stoga se nerijetko hrpe odbačene vune mogu vidjeti na livadama i pašnjacima, na ogradama i zidovima, rijekama, potocima i moru. Takav način gospodarenja vunom, koja je nekada bila važan ovčji proizvod, predstavlja ekološki problem. Da se ovčju vunu i dalje ne bi nekontrolirano odlagalo u okoliš potrebno je pronaći održivo rješenje za njeno zbrinjavanje. [1]

U trendu je povećanje razine ljudske svijesti o potrebi zaštite prirode i očuvanja okoliša sve je više aktivnosti usmjereno ka smanjenju štetnih utjecaja na okoliš, kao što su smanjenje emisije štetnih plinova, sortiranje i recikliranje otpada, korištenje obnovljivih izvora energije i dr. Stoga je potrebno za velike količine vune slabije kvalitete, koja zbog ne zadovoljavanja uvjeta tekstilne industrije često postaje otpad te se odlaže na neodgovarajući način, pronaći način njenog iskorištenja kojim bi ona postala vrijedna sirovina. Za otpadnu vunu, kao obnovljivu sirovinu, postoji više mogućnosti njezine upotrebe. Zbog svojih dobrih izolacijskih svojstava, otpadnu vunu moguće je upotrijebiti u građevinskoj industriji kao toplinski i zvučni izolator. [2] Također, postoji mogućnost upotrebe otpadne vune koja bi u poljodjelstvu pomogla u sprječavanju rasta korova, zadržavala vlagu u tlu te ispuštala hranjive tvari u tlo koje bi biljke koristile za svoj rast. [3]

Ovim radom želi se ispitati adsorpcijska svojstva otpadne vune kako bi se ona mogla koristiti u situacijama kada dođe do izlivanja naftnih derivata u vodu.



## **2 OVČJA VUNA**

Poznata su svojstva ovčje vune kao cijenjene sirovine za tekstilne proizvode. Također je poznato da se neka svojstva vunениh vlakana znatno razlikuju u ovisnosti o mnogim čimbenicima: pasmini, uvjetima uzgoja, starosti ovce, dijelu tijela ovce i dr. Sustav određivanja kvalitete vunenog vlakna je kompleksan i razrađen je tijekom razvoja industrijske prerade vune. Ovce se uzgajaju u gotovo svim zemljama svijeta pa tako i u Hrvatskoj, ali nažalost za nastalu vunu više gotovo ne postoji industrijska prerada niti njeno sustavno prikupljanje u Hrvatskoj. Bez obzira na nepostojanje sustavnog prikupljanja, sortiranja i vrednovanja vune, domaća vuna ima svojstva koja bi se mogla iskoristiti za razne proizvode i područja upotrebe. [4]

### **2.1 Porijeklo vune**

Ovce su bile jedne od prvih životinja koje su pripitomljenje u poljoprivredne svrhe. Smatra se da je divlja pasmina ovaca, koja se naziva muflon, primarni predak ovce kakvu danas poznajemo. Prve ovce nisu imale vunu, već su imale dlaku različitih dužina, neprikladne za pređenje i filcanje. Priča o ovcima i vuni počinje u Aziji 10.000 godina pr.Kr. za vrijeme kamenog doba. Tadašnji ljudi koji su živjeli u Mezopotamiji prvenstveno su uzgajali ovce za njihovo meso, mlijeko i kožu. Sve do 6.000 god. pr. Kr., ovce su se selektivno uzgajale kako bi se proizvela vuna bolje kvalitete. Uzgoj ovaca za proizvodnju vune bio je jedna od najranijih industrija u drevnom svijetu. [5] [6]

U antičkom Rimu ovce su bile znak bogatstva i moći te su se mogle koristiti kao platežno sredstvo. Vuna je odigrala važnu ulogu u razvoju nacija i otkrivanju novih svjetova, a 1000-tih godina Engleska i Španjolska su bila glavna središta proizvodnje vune. U Engleskoj, za vrijeme vladavine Elizabete I. (1533-1603), ovce i vuna bile su primarni izvor poreznih prihoda za englesko kraljevstvo. U 12. stoljeću Španjolska je razvila merino pasminu ovaca koja je poznata po svom

posebno mekanom i finom runu. Kako bi sačuvali uzgoj merino ovaca na području Španjolske, zabranili su izvoz ovaca te se izvoz samo jedne merino ovce kažnjavao smrtnom kaznom. To je trajalo sve do Napoleonove invazije na Španjolsku 1786. te su tada i drugi narodi mogli uzgajati merino ovce. [6]

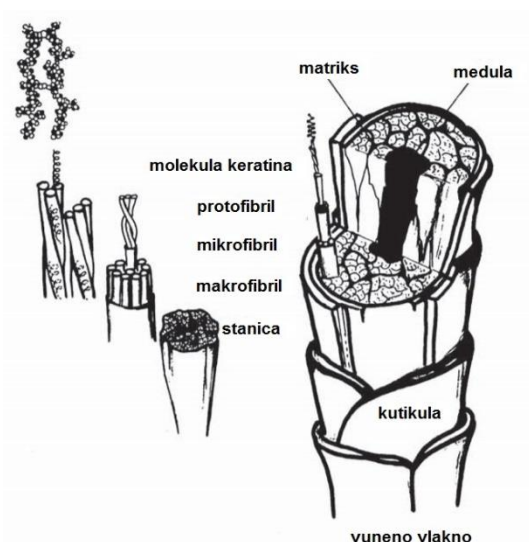
Istraživanjem Novog svijeta, ovce su se brodovima prevezle na nove kontinente (Sjevernu i Južnu Ameriku, Južnu Afriku te Australiju) na kojima su se zatim ubrzo počele uzgajati ovce u svrhu proizvodnje vune. Španjolci su na području današnjeg Meksika porobili autohtone Pueblo Indijance, koji su znali tkati pamuk, kako bi uzgajali ovce i tkali vunu. [6]

Danas postoji više od 200 pasmina ovaca. Svaka pasmina posebno je prikladna za vunu, meso, kožu ili mlijeko ili za kombinaciju. Ovčja vuna je i dalje najčešće korištena od bilo koje životinje. Iako ovce i dalje igraju važnu ulogu u globalnoj poljoprivrednoj ekonomiji, njihova je uloga smanjena zbog veće upotrebe sintetičkih vlakana u tekstilnoj industriji i zbog većeg uzgoja pilića, svinja i krava. Ovce se i dalje smatraju vrlo učinkovitim i najmanje zahtjevnim od svih domaćih životinja. S obzirom na činjenicu da se ovce hrane različitim, ostalim domaćim životinjama neprobavljivim hranidbenim tvarima, ovce pretvaraju u proteine veliki spektar prirodnih sirovina koje bi inače bile neiskorištene i/ili otpad. [5] [6]

## **2.2 Građa i svojstva vune**

Vuna je proizvod kože i predstavlja skup vunениh niti, specifične strukture i fizikalnih osobina koje omogućuju pređenje vune. Sve vunske niti rastu iz posebnih tvorevina kože ili folikula koje okružuju znojne i lojne žlijezde. Vunsko vlakno je osnovna jedinica vune, odnosno dio niti koji se nalazi iznad površine kože i koji se koristi za proizvodnju tkanine ili dr. Sva vlakna nisu jednaka po kemijskom sastavu, histološkoj građi, niti po tehnološkim odlikama. [7]

Vuneno vlakno je po svojoj građi vrlo složeno i raznoliko. Kemijski se sastoji od: 80% keratina, 17% nekeratinskih proteina, 1,5% ostalih tvari (polisaharidi, nukleinske kiseline) i oko 1,5% nižih molekularnih tvari (lipidi i anorganske kiseline). Kod vunenog vlakna razlikujemo tri glavna elementa građe: kutikula (ljuskav pokrov), korteks (jezgra vlakna) i medula (srž). Kutikula je vanjski sloj i sastoji se od pločastih i prstenastih ljuski koje su jednim svojim dijelom polegle jedna na drugu kao ljuske kod riba. Osim toga, ljuske se kod raznih vlakana razlikuju po obliku i gustoći. Kutikula uvjetuje mnoga temeljna svojstva vune: opip, izgled, kvasivost te kinetiku reakcija s kemijskim reagensima i bojilima. Korteks se sastoji od velikog broja izduljenih vretenastih stanica. Unutar stanice drugi polipeptidni lanci organizirani su u protofibrile, zatim u mikrofibrile pa u makrofibrile. Među ovima organiziranim strukturnim elementima nalaze se manje organizirani dijelovi, nazvani matriks. Stanice korteksa nisu sve iste. Razlikuju se: stanice orto- i para- korteksa, odnosno bazofilne i acidofilne, koje su različite gustoće (zbijenosti). Njihova asimetrična raspodjela duž vlakna uzrokuje pojavu prirodne uvijenosti (kovrčavosti) vune. Korteks određuje kemijska svojstva vune, ali također utječe i na mehanička svojstva vunenog vlakna. Medula se nalazi u središtu vlakna duž njegove osi (u pravilu kod grubljih vlakana), a dodatno utječe na mehanička i kemijska svojstva vunenog vlakna. [8] Prikaz građe vunenog vlakna nalazi se na Slika 1.



Slika 1 Građa vunenog vlakna [8]

Promjer vlakana je najvažnija mjera koja najbolje izražava različitost u svojstvima fine i grube vune. Kod fine merino vune, prosječni promjera vlakana je pretežno od 18 do 21  $\mu\text{m}$ , a prosječni promjer vlakana vune raznih pasmina varira između 12 i 70  $\mu\text{m}$ . Svojstva vune vezana su uz njenu kompleksnu kemijsku građu, strukturu i morfologiju. Osim prirodnosti, obnovljivosti i biorazgradivosti te dobrobiti za kožu, prirodne otpornosti na stvaranje neugodnog mirisa i prozračnosti, svojstva koja se ističu i vežu uz vunu su:

- svojstvo pustenja (zamrsivanja),
- elastičnost,
- apsorptivnost – upijanje i zadržavanje vlage i vode,
- kovrčavost,
- termoregulacija, izolacija,
- otpornost na gorenje – nepodržavanje gorenja,
- amfoternost, antistatičnost i dr. [4]

Pri preradi vune, bez obzira o kojem stupnju prerade se radi, treba imati na umu činjenicu da je vuna kao sirovina izložena djelovanju različitih mehaničkih, termičkih i kemijskih čimbenika. Kakva će biti kvaliteta proizvoda, ponajviše ovisi o tehnološkim osobinama vune. [7]

### 3 PROBLEMATIKA ZBRINJAVANJA OTPADNE OVČJE VUNE

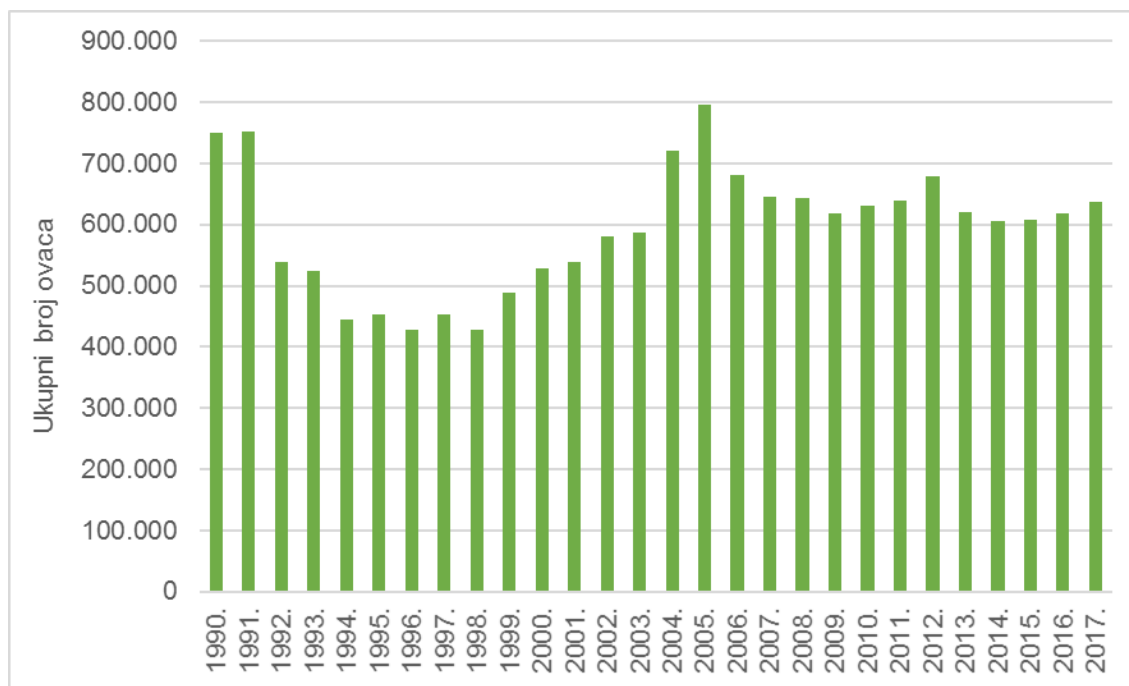
Posljednjih nekoliko desetljeća smanjen je interes za vunom, osobito onom lošije kvalitete koje u Hrvatskoj ima najviše te se najčešće događa da vuna ne bude otkupljena i prerađena nego završi nekontrolirano bačena u prirodi, kao otpad. Nije rijetkost da uzgajivači vunu odbace u prirodu: na livade, pokraj šume, uz more, odvodne kanale, bare, zakopaju u zemlju i spaljuju.

#### 3.1 Ovčarstvo u Republici Hrvatskoj

U Hrvatskoj uzgoj ovaca ima dugu povijest, a kao potvrda njihove višestoljetne nazočnosti na našim prostorima su ovčje kosti pronađene na otocima Hvaru i Svetom Andriji iz vremena 7.000 godina pr. Kr. Svi južni Slaveni bili su ovčari, osobito oni u Dalmaciji. Sam naziv Dalmatia ili Delmatia spominje se još 167. godine pr. Kr. u južnim ilirskim pokrajinama, a povezuje se sa staroalbanskom riječju *delminium* koja u prijevodu označava pašnjake za ovce. Prema prvoj sustavnoj procjeni broja stoke u Dalmaciji, 1808. godine uzgajano je 1.105.078 ovaca što je tada, u odnosu na broj stanovnika, bilo najviše u Europi. Na tim su prostorima ovce čovjeku uvijek osiguravale važne namirnice (meso, mlijeko), a od vune i kože izrađivani su različiti odjevni predmeti. [9]

Krajem 20. stoljeća broj ovaca na području Republike Hrvatske se smanjivao. Na smanjenje su utjecali brojni razlozi. Vunu su zamijenili jeftiniji umetni materijali te je osnovni razlog uzgoja ovaca bilo meso, a vuna postala sporedni proizvod – danas i otpad. Prije početka Domovinskog rata na području Republike Hrvatske bilo je oko 750.000 ovaca, a taj broj se broj naglo smanjio tokom Domovinskog rata. Najmanji broj ovaca bio je 1996. godine, samo godinu dana nakon završetka Domovinskog rata, a iznosio je samo 427.000 ovaca. Uzgoj ovaca se postepeno povećavao te je 2005. godine dosegao najveći broj ovaca u iznosu od 796.000 za razbolje od 1990. do 2017. godine. Nakon toga broj ovaca se malo smanjio te gotovo ustalio, za razbolje od 2006. do 2017. godine prosječan broj ovaca iznosi

oko 635.000. [9] [10] Na Slika 2 prikazani su statistički podaci o broju ovaca za razdoblje od 1990. do 2017. godine.

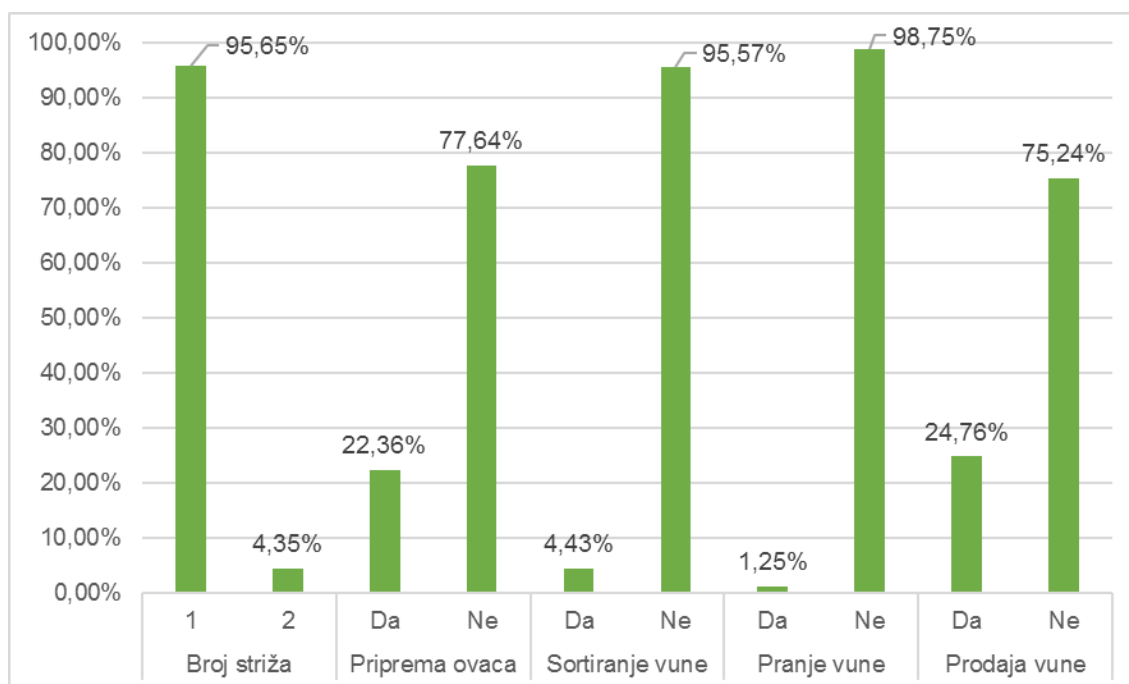


Slika 2 Broj ovaca u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 1990. do 2017. godine [10]

Prosječna godišnja proizvodnja sirove vune u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2013. do 2017. godine iznosila je oko 1.030 tona, odnosno prosječno 1,67 kg sirove vune po ovci. [10] Po količini proizvedene vune kao i po njenoj kvaliteti, nalazimo se pri samom dnu svjetske ljestvice. Proizvodnju vune većine ovaca uzgajanih u Hrvatskoj karakterizira:

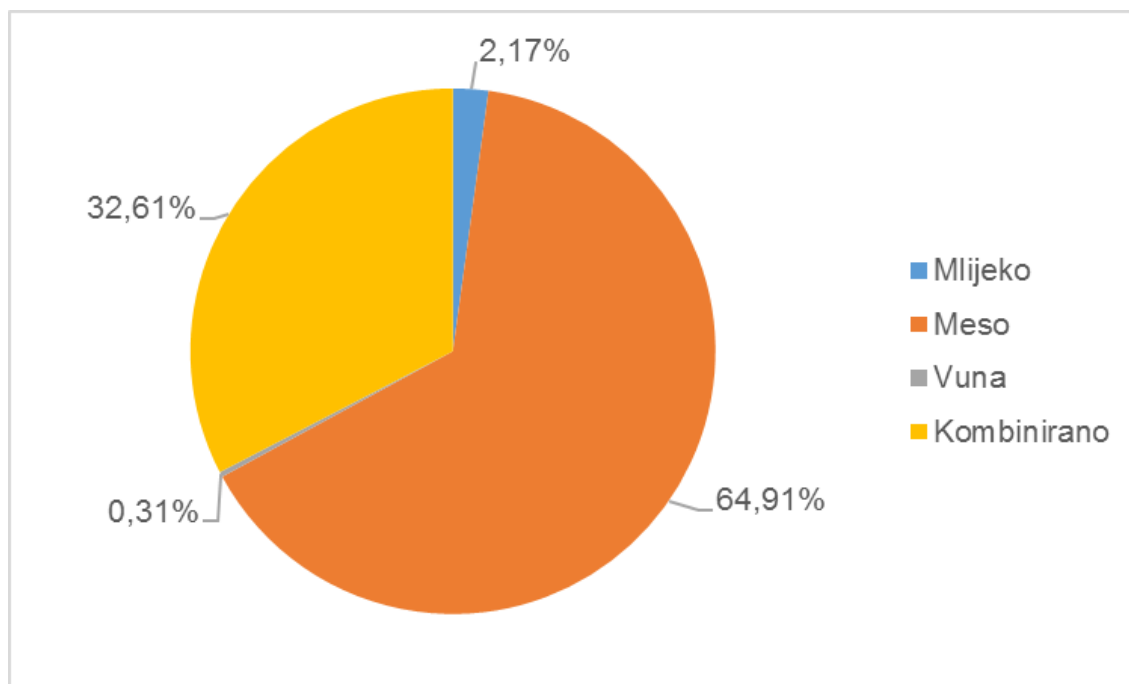
- mali nastrig vune po ovci (1 - 2 kg);
- runo otvoreno do poluotvoreno, sastavljeno od dugačkih i šiljastih pramenova;
- gruba i debela vlakna (oko 30 - 40 mikrometara, pa i više), slabe elastičnosti i valovitosti. [7]

Rezultati iz ankete o proizvodnji i postupcima s vunom na području Republike Hrvatske, koja je provedena u razdoblju od 01. listopada 2016. do 30. svibnja 2017. godine navode da se na anketiranim gospodarstvima ovce uglavnom strižu jednom godišnje (95,65%), dok se samo na 4,35% gospodarstava provode dvije striže godišnje, što ponajviše ovisi o pasmini ovce. Određeni oblik pripreme ovaca prije striže provodi samo 22,36% uzgajivača, a određeni oblik sortiranja vune nakon striže provodi samo 4,43% uzgajivača i to uglavnom na osnovu boje, pasmine, čistoće i/ili kvalitete. Još je manji udio uzgajivača koji obavljaju pranje vune nakon striže (1,25%). Iako je vrlo mali udio uzgajivača koji provode sortiranje vune, a još manje onih koji vunu peru, gotovo 25% uzgajivača uspije prodati vunu i to uglavnom kupcima koje sami pronađu. Uzgajivači koji ne uspiju prodati vunu (75,24%) nakon striže ovaca, zbrinjavaju ju na različite načine. Nažalost, u najvećoj mjeri vunu spaljuju (29,62%) nesvjesni njenog velikog potencijala za koji u Hrvatskoj još uvijek nije pronađeno odgovarajuće rješenje. [1] Grafički prikaz rezultata provedene ankete o postupanju s ovčjom vunom nalazi se na Slika 3.



Slika 3 Striža ovaca i postupci s vunom (1 – jedna striža/god.; 2 – dvije striže/god.) [1]

Poznato je da se najveći broj ovaca u Hrvatskoj primarno uzgaja radi proizvodnje mesa. Naime, 64,91% uzgajivača navodi da ovce uzgaja radi proizvodnje mesa, dok je kod 32,61% uzgajivača temeljna namjena uzgoja ovaca uz proizvodnju mesa, proizvodnja mlijeka i/ili vune. U samo u 2,17% stada temeljni cilj uzgoja ovaca je proizvodnja mlijeka, a u njih 0,31% proizvodnja vune. Grafički prikaz rezultata primarne namjene ovaca nalazi se na Slika 4. [1]



Slika 4 Proizvodna namjena ovaca [1]

### 3.2 Pranje vune

Tijekom razvoja i rasta vune, ovce izlučuju masnoće i znoj koji se nakupljaju na vlaknima. Takva znojno-masna dlaka na ovci nakuplja razne nečistoće poput zemlje, lišća, grančica, čičaka koji prljaju i zamršuju runo. Nekad su se ovce prije striženja prale, ali se pokazalo da pranje nepovoljno utječe na kvalitetu vune. Ukoliko se ovce peru, preporučuje se da to bude 4 - 5 dana prije striže i to za vrijeme toplih dana kada noćne temperature zraka nisu ispod 12 °C. Pritom



temperatura vode ne smije biti ispod 17 °C kako se ovce ne bi prehladile. Nakon kupanja ovce se moraju dobro osušiti, a tek nakon toga strići. [4] [7]

U vuni ovce nalaze se nečistoće ili primjese koje mogu biti biološke (znoj i masnoća lojnih žlijezda kao sjera, urin i fekalije), stečene (pijesak, zemlja, biljne nečistoće) i primijenjene (pesticidi, insekticidi, boja za označavanje i sl.). Primjese mogu činiti i do oko 50% u odnosu na masu sirove vune, a količina ovih primjesa ovisi o pasmini i starosti ovce, kovrčavosti vune, uvjetima uzgoja i čuvanja ovaca, sastavu zemljišta, kvaliteti i stanju pašnjaka te klimatskim uvjetima. [5]

U prosječnom sastavu runa merino ovce, koja je poznata po svojoj kvalitetnoj vuni, sadrži 49% vunениh vlakana, a kod križanih pasmina ovaca 61%, dok ostatak čine masnoća, znoj, nečistoće i voda. [11] Detaljniji prikaz prosječnog sastava runa merino ovaca i križanih pasmina ovaca nalazi se u Tablica 1.

Tablica 1 Prosječni sastav runa nekih pasmina ovaca [11]

| Pasmina  | Vuneno vlakno w [%] | Masnoća w [%] | Znoj w [%] | Nečistoće w [%] | Voda w [%] |
|----------|---------------------|---------------|------------|-----------------|------------|
| Merino   | 49                  | 16            | 6          | 19              | 10         |
| Križanci | 61                  | 11            | 8          | 8               | 12         |

Osnovni cilj pranja vune jest ukloniti sva onečišćenja koja se u njoj nalaze s maksimalnom učinkovitošću, učinkovitim iskorištenjem energije i minimalnim utjecajem na okoliš. Kvalitetno oprana vuna je ona kojoj se nakon pranja nije promijenila boja, nije došlo do zaplitanja vune te koja ima točno određenu vlažnost nakon učinkovitog sušenja. [12] Tijekom vremena razvijeni su različiti postupci čišćenja (pranja) sirove (masne) vune i to:

- smrzavanje vune na -30°C;
- pranje vune u organskim otapalima (diklor-metan, tetraklor-ugljik, benzin);

- pranje vune u vodenim otopinama - razlikuje se dispergirajuće (pranje u sjeri) ili emulgirajuće pranje (otopina za pranje osim sjere sadrži još i sapun, obično natrij-oleat (2-4%) te natrij-karbonat (2%)). [5]

Najučinkovitiji i najekonomičniji način izdvajanja primjesa iz vune je pranje u vodenim otopinama. Iako je to učinkovit način uklanjanja nečistoća sa sirove vune i očuvanja kvalitete vlakana, troše se znatne količine vode za pranje (20-30 l/kg sirove vune) te rezultiraju velikim količinama otpadne vode koje predstavljaju potencijal ozbiljnog onečišćenja vodotoka zbog znatnih količina onečišćujućih tvari. [5]

U vuni se mogu nalaziti velike količine biljnih primjesa koje se ne mogu u potpunosti mehanički ukloniti. Kako bi se biljne primjese mogle izdvojiti iz vune, potrebno je provesti proces karbonizacije te ih onda mehaničkim postupkom izdvojiti. Postupak karbonizacije obuhvaća niz kemijskih i fizikalnih procesa (sumporna kiselina, visoke temperature, mehanički postupci s vunom) koje se moraju međusobno uskladiti, kako bi se dobila vuna prihvatljive kvalitete. Cilj kvalitetne karbonizacije dobiti vunu u kojoj su se maksimalno uklonile biljne primjese, sa minimalnim oštećenjem vunenih vlakana (boja, čvrstoća i isprepletenost) i minimalnim gubitkom vunenih vlakana. [13]

Vuna se u postupku karboniziranja prvenstveno uranja u jednu ili više posuda koje su napunjene 7% sumpornom kiselinom. Zatim se vuna brzo suši u bubnju ili transportnoj sušilici na temperaturama ispod 70°C. Takva suha vuna prelazi u pećnicu, gdje se peče na temperaturama oko 120 – 130°C, pri tim temperaturama biljne primjese pougljene (karboniziraju) i postanu lomljive. Vuna nakon pećnice prolazi kroz niz valjaka koji drobe karbonizirane biljne primjese te se ujedno i uklanja nastala prašina. Valjci djeluju sa velikom snagom te je potrebno paziti da se ograniči oštećenje vlakana. Nakon što se vuna potpuno očisti od biljnih primjesa, ona se uranja u niz posuda kako bi se neutralizirala. Neutralizacija sumporne kiseline se ostvaruje uranjanjem vune u vodenu otopinu natrijeva karbonata, nakon toga vuna se još ispire u običnoj vodi. Cijeli postupak

karbonizacije slabi vlakna vune te se iz tog razloga miješa s vunom bolje kvalitete ukoliko se koristi u tekstilnoj industriji. [13]

### **3.3 Otpadne vode nastale pročišćavanjem vune**

Voda se u tekstilnoj industriji koristi u velikim količinama, jer se većina tehnoloških postupaka odvija u vodenom mediju, a tijekom tih postupaka dolazi do otpuštanja različitih kemijskih spojeva u efluent. Tijekom postupka pranja sirove vune, troše se velike količine vode koje su poslije kontaminirane (onečišćenje) s različitim organskim i anorganskim onečišćivačima. Osim što se u vuni nalaze masnoće, znoj, čestice kože, prljavštine, biljne primjese, urin i različiti mikroorganizmi, ona često sadrži još i elemente u tragovima; željezo, kalcij, magnezij, fosfor, aluminij, bakar, cink, mangan i silicij. [14]

Otpadna voda nakon pranja vune prema masenom udjelu sadrži oko 10-30% masnoća iz vune, 10% znoja te 60-80% ostalih nečistoća. Masnoća iz vune sadrži lipide, visoko masne kiseline, njihove estere i etere, alkoholi, steroli i lanoline. Vuneni znoj sadrži amonijeve soli, ureu, različite amino kiseline, kalij, magnezij, kalcij, željezo, bakar, cink, mangan, sulfate, oksalate i fosfate. Od svih navedenih tvari samo je lanolin našao važnu primjenu u farmaceutskoj industriji. [14]

Otpadne vode od pranja vune mogu se općenito pročistiti biološkim procesima (aerobnim, anaerobnim ili njihovom kombinacijom), kemijskim putem (dodavanjem kemijskih sredstava za taloženje nečistoća koje se naknadno sedimentacijom, centrifugiranjem, filtracijom ili aeroflotacijom odvajaju) ili fizičkim odvajanjem (ultracentrifugiranjem, mikrofiltriranjem ili reverznom osmozom). Masena koncentracija polutanata u nepročišćenoj otpadnoj vodi od pranja vune prikazana je u Tablica 2. Pročišćavanjem otpadne vode nastale pranjem vune, osim lanolina, nastaje još i otpadni mulj, koji se daljnjom obradom može koristiti za gnojdbu i pijesak koji se može iskoristiti u građevinskoj industriji. [5] [11]

Tablica 2 Masena koncentracija polutanata u nepročišćenoj otpadnoj vodi od pranja vune [11]

|                                                 |                      |
|-------------------------------------------------|----------------------|
| KPK (kemijska potrošnja kisika)                 | 30.000 – 60.000 mg/L |
| BPK <sub>5</sub> (biokemijska potrošnja kisika) | 2.000 – 40.000 mg/L  |
| Dušik (amonij, nitrati, nitriti)                | 1.000 – 1.500 mg/L   |
| Fosfati                                         | 20 – 30 mg/L         |
| Pesticidi                                       | 0,4 – 1,0 mg/L       |

### 3.4 Zbrinjavanje ovčje vune

Sirova (neobrađena) vuna se u svim državama članicama Europske unije, a tako i u Republici Hrvatskoj opisuje prema Uredbi (EZ) br. 1069/2009 Europskog parlamenta i vijeća o utvrđivanju zdravstvenih pravila za nusproizvode životinjskog podrijetla i od njih dobivene proizvode koji nisu namijenjeni prehrani ljudi. Neobrađena vuna spada pod materijal kategorije 3., odnosno krv, placentu, vunu, perje, dlaku, rogove, obreske kopita i sirovo mlijeko koje potječe od živih životinja, koje nisu pokazivale nikakve znakove bolesti koje se mogu prenijeti na ljude ili životinje i kože, kopita, perje, vunu, rogove, dlaku i krzno koje potječe od uginulih životinja, koje nisu pokazivale nikakve znakove bolesti koje se mogu putem tih proizvoda prenijeti na ljude ili životinje. Neobrađena vuna pri transportu mora biti sigurno zatvorena u pakiranju i suha te poslana izravno u pogon koji proizvodi dobivene proizvode za uporabu izvan lanca hranidbe životinja ili pogon koji obavlja među radnje i to pod uvjetima kojima se sprječava širenje patogenih organizama. [15] [16]

Zbrinjavanjem otpadne vune ostvaruje se dobit i smanjuje deficit na tržištu vune kao sirovine. Današnje tržište teži za ekološki prihvatljivim materijalima, što

opisuje vunu kao materijal, takav potencijal je potrebno uočiti i naučiti pravilno iskorištavati. Vuna je materijal koji se može u potpunosti iskoristiti, a tako i nusproizvod – lanolin, koji nastaje prilikom pranja vune te se koristi u kemijskoj i kozmetičkoj industriji. [17]

Uzgajivači ovaca u Republici Hrvatskoj su dugi niz godina ovčju vunu zbrinjavali na neodgovarajući način; spaljivanjem, zakapanjem, odlaganjem u okoliš, prikaz na Slika 5. Situacija sa zbrinjavanjem ovčje vune u Republici Hrvatskoj se polako počela popravljati 2011. godine kada se na otoku Krku osnovala tvrtka Kristan Nautika d.o.o. koja se bavila otkupom i zbrinjavanjem ovčje vune. Tvrtka Kristan Nautika d.o.o. je uzgajivačima plaćala 1,50 kn/kg sirove vune pod uvjetom da vuna mora biti suha, bez balega i ispravno skladištena (stavljena na suho mjesto u zatvorenom prostoru i po mogućnosti stavljena u prozirne vreće). Pojedine lokalne zajednice su sufinancirale otkup ovčje vune te su tako pojedini uzgajivači dobili više od 1,50 kn/kg sirove vune. Tvrtka je imala u planu izgraditi 17 sabirnih centara u 17 županija te u svakom centru zaposliti od jednog do tri radnika, koji bi kombijem prikupljali vunu. Prve godine svog poslovanja, 2012. godine prikupili su 100 tona sirove vune te su sve izvezli u Italiju. [18] Pretraživanjem interneta nema nikakvih zabilježenih novih informacija nakon 2012. godine o tvrtki Kristan Nautika d.o.o.



Slika 5 Ovčja vuna odbačena u okoliš [19]

Zatim se 2012. godine osnovala tvrtka Monole d.o.o., koja se također bavi otkupom, zbrinjavanjem i skladištenjem neprerađene ovčje vune. Tvrtka uzgajivačima plaća 1 kn/kg sirove vune, dok za crnu i nečistu vunu ne plaća, ali vrši uslugu zbrinjavanja. Sabiralište tvrtke je smješteno u Končanici kod Daruvara, gdje se ovčja vuna doprema, čisti, sortira, svrstava po kategorijama i pakira za krajnjeg kupca. Tvrtka je 2015. godine prikupila 600 tona sirove vune te se sve izvezlo u Indiju. Direktor tvrtke navodi kako jedan dio ovčje vune iz Republike Hrvatske koja se otkupi od ilegalnih otkupljivača odlazi preko crnog tržišta u susjedne države Mađarsku i Srbiju. Više od 70% prikupljene vune zauzima gruba vuna, koja je jako jeftina na svjetskom tržištu i postiže malu otkupnu cijenu, a zbog svojih svojstava koristi se za proizvodnju tepiha. Prema riječima direktora tvrtke prošle godine prikupljeno je 1.100 tona sirove vune. Iako postoji tvrtka koja se bavi otkupljivanjem i zbrinjavanjem vune, pojedini uzgajivači ovaca ne pristaju na suradnju, što uzrokuje da se jedan dio vune i dalje zbrinjava na neodgovarajući način. [20] [21] [22]

## **4 MOGUĆNOSTI ISKORIŠTAVANJA OTPADNE VUNE**

Loša kvaliteta vune proizvedene u Hrvatskoj koja potječe od autohtonih pasmina smatra se neprikladnom za tekstilnu industriju, ali se može iskorištavati u proizvodnji drugih proizvoda od vune. S takvim ciljem iskorištavanja i pravilnom edukacijom današnjih ovčara te novom svrhom ulaganja, postoji mogućnost smanjenja ekološkog problema Republike Hrvatske. Svaka stručna priprema i striža ovaca bez obzira na njenu pasminu ili kvalitetu vune može predstavljati koristan proizvod, ali nikako otpad kako je danas tretiraju hrvatski ovčari. [7]

Vuna osim što se može koristiti u tekstilnoj industriji može se primjenjivati i u druge svrhe poput građevinske industrije, poljoprivrede i kao adsorbent u ekološkim katastrofama izlivanja nafte na vodenim površinama.

### **4.1 Upotreba ovčje vune u građevinskoj industriji**

Ovčja je vuna prirodan, siguran, obnovljiv, lako reciklirajući i ekološki prihvatljiv izvor sirovine za proizvodnju izolacijskih materijala. Temeljne odlike vune jesu čvrstoća, hidrofobnost i hidrofilnost. Vuna je dobar izolator topline, ima prirodnu mogućnost regulacije temperature te ima višu razinu otpornosti prema gorenju u odnosu na izolacijske materijale proizvedene od celuloze i celularne plastike. Sa zdravstvenog gledišta, vuna ne uzrokuje iritaciju očiju, kože i pluća. Ovčja vuna je prema vrijednosti toplinske provodljivosti ( $0,037 \text{ W/mK}$ ) podjednaka s razinom toplinske provodljivosti staklene vune ( $0,032\text{--}0,04 \text{ W/mK}$ ) i polistirenske pjene ( $0,033\text{--}0,035 \text{ W/mK}$ ), što je svrstava u kategoriju dobrih toplinskih izolatora. Izolacija od ovčje vune se jako brzo prilagođava vlažnosti zraka okoline i apsorbira vlagu, kada je vlažnost u prostoriji veća od vlažnosti vune. Kada je zrak u prostoriji suh, vuna ima sposobnost da oslobodi vezanu vlagu, što omogućava regulaciju vlage u prostoriji i osigurava dobre uvjete za život. Također, ovčju vunu odlikuje i visoka vrijednost koeficijenta apsorpcije zvuka ( $0,77$ ) pri debljini izolacije od 60 mm što je jamstvo dobre zvučne izolacije.

Najbolja zvučna izolacija postiže se debljinom od 170 mm te se daljnjim povećanjem debljine ne rezultira povećanim vrijednostima apsorpcije zvuka. [2]

Kako bi se izradio kvalitetni izolacijski materijal od ovčje vune potrebno je provesti postupak pranja sirove vune. Nakon što se dobije čista vuna, ona se dodatno tretira otopinom boraksa kako bi vuna bila otporna na kukce. Takva vuna se filca i preša, da se dobije materijal što veće gustoće. Izolacija od vune se najčešće prodaje u rolama po cijeni od 130-180 kn/m<sup>2</sup>. Ona se preporučuje za toplinsku izolaciju tavana, potkrovlja, drvenih zidova i podova. Lako se može rezati oštrim nožem ili škarama i ne zahtijeva nikakvu zaštitnu opremu za instalaciju jer vuna ne uzrokuje iritaciju kože, očiju ili dišnih putova. Prikaz izolacije od ovčje vune nalazi se na Slika 6. [2]



Slika 6 Izolacija od ovčje vune [23]

#### **4.2 Upotreba ovčje vune u poljoprivredi**

Najjednostavniji i najjeftiniji način uporabe sirove ovčje vune je korištenje vune u izvornom obliku, bez pranja i prerade u blizini mjesta striže. Ovčja vuna se



koristi u biljnoj proizvodnji za prekrivanje gredica odnosno za malč. Takav način upotrebe vune započeli su koristiti vrtlari i ekološki proizvođači povrća i voća, koji su runo usitnjavali i stavljali na dno povišenih gredica ili njime prekrivali prethodnu kultiviranu i zalivenu površinu oko biljaka, prikaz na Slika 7. Vuna korištena za malč dobro prekriva gredicu i učinkovito sprječava rast korova, umanjuje evaporaciju te time smanjuje potrebnu količinu vode za navodnjavanje, sprječava stvaranje pokorice, umanjuje temperaturne oscilacije u površinskom sloju tla i osigurava povoljniju temperaturu za rast biljaka, djeluje repelentno na divljač, a razgradnjom otpušta hranjive tvari. Nakon upotrebe malč od vune se može zaorati u tlo koje onda tlo obogaćuje dušikom, pomaže u prozračivanju, sprječava zbijanje te je biorazgradiv. [3]



Slika 7 Upotreba ovčje vune u poljoprivredi [24]

Intenzivna poljoprivredna proizvodnja jedan je od najvećih onečišćivala okoliša, ponajprije tla i podzemnih voda zbog prekomjerne upotrebe anorganskih, ali i organskih gnojiva. Sirova i nečista vuna bogata je hranjivim tvarima, koje postupno otpušta u tlo dok ih biljka koristi za svoj rast. U vuni je najviše ugljika oko 50%, zatim dušika 16-17% i sumpora 3-4% koji imaju važnu ulogu u ishrani biljaka. Ovčju vunu odlikuje dobar kapacitet apsorpcije i zadržavanje vode, što sprječava isušivanje tla te se time umanjuje mogućnost erozije. [3]

Osim što se vuna može koristiti kao malč i gnojivo mogu se koristiti i peleti od ovčje vune, koji predstavljaju zaštitu od glodavaca. Peleti od vune rasipaju se oko biljaka u obliku malča ili samo kao barijere oko gredica. Peletirana vuna ima određene prednosti: peletira se prljava vuna bez pranja, čvrste i stabilne pelete jednostavne su za transport i rasipanje postojećom mehanizacijom, uvijek dostupne na tržištu, nemaju neugodan miris, poboljšavaju tlo te djeluju pozitivno na razvoj korijena čime se postiže brži rast biljke. Osim prednosti peletirana vuna ima i svoje nedostatke. među kojima su navedeni troškovi prikupljanja sirovine i transport na mjesto prerade, nedovoljna infrastruktura, prostorna raširenost uzgajivača ovaca i mala stada, što rezultira visokom cijenom proizvoda, nepovjerenje za primjenu novih vrsta ekoloških gnojiva i dr. [3]

#### **4.3 Upotreba ovčje vune za čišćenje naftnih mrlja**

Transport nafte i naftnih derivata te crpljenje nafte iz podmorja uzrokuje svakodnevne rizike za moguća onečišćenja mora, prikaz na Slika 8. Najveću opasnost uzrokuju manji i gotovo svakodnevni izljevi pri ukrcavanjima i iskrcavanjima. Pri većim izljevima nafte važno je unaprijed imati pripremljen plan saniranja te uspostaviti međusobnu suradnju vlasti i industrije radi učinkovitog čišćenja, a ta je suradnja nužna i vježbama radi provjere opreme i osposobljenosti osoblja. Kada nafta dospije na obalu, potrebno ju je odmah očistiti. Kemikalije (disperzanti) rabe se kada je iznimno važno ubrzati proces razgradnje, ali valja voditi računa o njihovoj štetnosti za morske organizme. Najčešći je odgovor kombinacija svih dostupnih metoda (brana, sakupljača, adsorbenata, disperzanata, itd.). [25]



Slika 8 Izlijevanje nafte u Meksičkom zaljevu 2016. godine [26]

Adsorbenti se primjenjuju kao poželjno rješenje za uklanjanje naftnih mrlja zbog svoje brzine i učinkovitosti kojom smanjuju štetu u okolišu u vrlo kratkom vremenu. Najčešće se koriste za uklanjanje onečišćenja na malim područjima i kada je uklanjanje onečišćenja ograničeno problemima u organizaciji, koordinaciji i transportu drugih metoda čišćenja do mjesta onečišćenja. Kao adsorpcijska sredstva koriste se sintetski organski polimeri (polipropilenska i poliuretanska pjena), koji imaju visok kapacitet adsorpcije. Međutim, njihov glavni nedostatak je recikliranje ili odlaganje nakon upotrebe. [27] [28]

U posljednjem desetljeću pojavilo se sve veće zanimanje za jeftine adsorbente prirodnog podrijetla čija je glavna prednost niska cijena, obnovljivi prirodni izvor materijala, dobra adsorpcijska svojstva i ekološki prihvatljiv u smislu njihove biorazgradivosti ili uporabe. Kao prirodni adsorbent može se koristiti ovčja vuna, koja se ne može koristiti u tekstilnoj industriji. Uz pomoć nje bi se učinkovito uklonili naftni derivati iz vode te bi se iskoristila vuna koja inače ne bi imala drugu primjenu. [27]

## 5 ISPITIVANJE ADSORPCIJSKOG KAPACITETA OVČJE VUNE

### 5.1 Opis istraživanja

Adsorpcija je jedan od fizikalno-kemijskih procesa pri kojem se tvari iz tekuće faze vežu na čvrstu. Sam proces uključuje povećanje koncentracije određene komponente (adsorbata) na površini čvrste faze (adsorbens). Adsorbens je čvrsta tvar koja ima svojstvo vezanja molekula plina ili molekula iz otopine na svojoj površini. Sama pojava adsorpcije posljedica je djelovanja privlačnih sila između površine adsorbensa i molekula u otopini (plinu), a očituje se oslobađanjem topline za vrijeme procesa. [29]

Cilj ovog istraživanja je ispitati adsorpcijski kapacitet ovčje vune kako bi se ona mogla koristiti kao adsorbent u slučajevima kada dođe do izlivanja nafte i naftnih derivata na vodenim površinama. U radu je korištena ovčja vune dalmatinske pramenke koju karakteriziraju grublja vunska vlakana prosječnog promjera 40  $\mu\text{m}$ , prikaz na Slika 9.



Slika 9 Dalmatinska pramenka

Za ispitivanje adsorpcijskog kapaciteta ovčje vune korištena je sirova i oprana vuna koja je dodana u tri različite tekućine; morska voda, vodovodna voda i plavi dizel. Ispitivanje je provedeno kako bi se utvrdilo postoji li razlika u adsorpcijskom kapacitetu ovčje vune s obzirom u kojem tekućem mediju se nalazi. Kako se transport nafte i naftnih derivata brodovima obavlja preko mora i rijeka, za ovo istraživanje korištena je morska voda i vodovodna voda, kako bi se utvrdilo postoji li razlika u učinkovitosti adsorpcije ovčje vune s obzirom na medij u kojem se nalazi. Većina trajekata, tankera i većih ribarskih brodova za pogon koriste plavi dizel te je stoga on korišten za ispitivanje adsorpcijskog kapaciteta ovčje vune. U cilju ispitivanja mase vune pri kojoj je adsorpcija najveća korištena je sirova i oprana ovčja vuna koja se u pet odvaga; 0,1 g, 0,3 g, 0,5 g, 0,7 g i 1 g dodavala u mješavinu vodovodne vode i plavog dizela te mješavinu morske vode i plavog dizela.

## **5.2 Aparatura**

### **5.2.1 Analitička vaga**

Za izvođenje eksperimentalnog dijela diplomskog rada korištena je analitička vaga Orma ALR-224 za precizno vaganje mase tvari, prikaz na Slika 10. Orma ALR-224 vaga mjeri u točnosti od 0,0001 g. Vaga je zatvorenog tipa i ima mogućnost otvaranja odozgo i bočnih strana. Staklena vrata vagu štite od vlage i prašine. Maksimalni kapacitet vage iznosi 220 g.



Slika 10 Analitička vaga Orma ALR-224

### 5.2.2 Magnetska miješalica

Za postupke miješanja u eksperimentalnom dijelu istraživanja korištena je magnetska miješalica IKA® RCT basic, prikaz na Slika 11. Magnetska miješalica IKA® RCT basic ima mogućnost namještanja broja okretaja od 50-1500 po minuti. Sadrži ploču za zagrijavanje koja može se može namjestiti na temperaturu od 50-360 °C te senzor za pokazivanje temperature. Namještanje temperature i/ili brzine okretaja moguće je preko dva vijka, a iznos se prikazuje na digitalnom ekranu.





Slika 11 Magnetska miješalica IKA® RCT basic

### 5.2.3 Više-parametarski mjerni instrument za vodu

Za mjerenje parametara morske i vodovodne vode korišten je uređaj MultiLine® Multi 3410 IDS, prikaz na Slika 12. Pomoću tog uređaja moguće je odrediti specifičnu električnu vodljivost, specifičnu električnu otpornost, salinitet i ukupno otopljene tvari. Mjerenja se provode uz pomoću jednog senzora, a svi rezultati se prikazuju na digitalnom ekranu te se spremaju u uređaj.



Slika 12 Više-parametarski mjerni instrument MultiLine® Multi 3410 IDS

### 5.3 Način provedbe eksperimenta

Za istraživanje je korištena ovčja vuna dalmatinske pramenke, koja je ostrižena škarama za ovce na obiteljskom poljoprivrednom gospodarstvu. Eksperimenti su provedeni na sirovoj i opranoj ovčjoj vuni. Sirova ovčja vuna prana je dva načina; upotrebom praška za rublje i upotrebom sapuna za ruke. Na Slika 13 prikaze su fotografije ovčje vune prije i nakon pranja. Za pranje sirove ovčje vune voda je zagrijana na 60°C, kako bi se masnoće iz vune lakše uklonile. Sirova ovčja vuna se namakala u zagrijanoj vodi u koju je dodan 1 g praška za rublje u trajanju od 5 minuta. Postupak je proveden tri puta, nakon čega je vuna isprana u vodovodnoj vodi. Takva vuna je u sebi sadržavala ostatke slame i prljavštine, što je uklonjeno uz pomoć češlja. Očešljana vuna ostavljena je na sušenje pri sobnoj temperaturi jedan dan. Sličan postupak proveden je i sa sapunom za ruke, no on nije dodavan u vodu već se utrljao u sirovu ovčju vunu.





Slika 13 Sirova ovčja vuna (a) i oprana ovčja vuna (b)

Morskoj vodi i vodovodnoj vodi koja je korištena u istraživanju je uz pomoć uređaja za mjerenje parametara vode MultiLine® Multi 3410 IDS izmjerena specifična električna vodljivost, specifična električna otpornost, salinitet i ukupne otopljene tvari. Za potrebe mjerenja provedena je kalibracija uređaja, senzor je uronjen u čašu s morskom vodom kako bi se provelo mjerenje. Nakon dobivenih rezultata, senzor je opran destiliranom vodom te je provedeno mjerenje u čaši s vodovodnom vodom. Svako mjerenje provedeno je tri puta, kako bi se izbjegle moguće pogreške. Osim mjerenja parametara u vodovodnoj i morskoj vodi, provedena su još mjerenja u vodovodnoj vodi pomiješana sa sirovom vunom i morskoj vodi pomiješana sirovom vunom. Za navedena mjerenja korišteno je 1 g sirove ovčje vune koja je odstajala 20 minuta u 100 ml vodovodnoj vodi te na isti način u morskoj vodi.

Pri mjerenju adsorpcijskog kapaciteta ovčje vune korištena je sirova i oprana vuna, a ispitana je u tri tekućine: morska voda, vodovodna voda i plavi dizel. Za provođenje postupka bile su potrebne tri čaše od 250 ml, a u svaku čašu je zasebno dodano po 100 ml morske vode, vodovodne vode i plavog dizela. U svaku čašu dodano je po 1 g sirove ovčje vune te je ostavljeno da odstoji 20 minuta, nakon čega se uz pomoću pincete sirova vuna izvadila iz čaša. Ostatak iz čaše uliven je u menzuru od 100 ml te je očitani volumen koji nedostaje,

odnosno volumen tekućine koju je vuna adsorbirala. Isti postupak proveden je i za određivanje adsorpcijskog kapaciteta oprane vune.

Učinkovitost adsorpcije ovčje vune mjerena je na dva načina; prema masi te prema volumenu adsorbiranog plavog dizela. Vrijednost učinkovitosti adsorpcije ovčje vune prema masi je kvocijent mase plavog dizela adsorbiranog u ovčjoj vuni nakon sušenja i mase plavog dizela koja je dodana u otopinu (Jednadžba 1).

$$ad_m = \frac{m_{(adsorbiranog\ dizela)}}{m_{(ukupna\ masa\ dizela\ u\ otopini)}} [\%] \quad (1)$$

Dok je vrijednost učinkovitosti adsorpcije ovčje vune prema volumenu; kvocijent razlike volumena plavog dizela dodanog u otopinu i volumena plavog dizela očitnog iz menzure u odnosu na volumen plavog dizela dodanog u otopinu (Jednadžba 2). Vrijednost oba izračuna izražena je u postotku.

$$ad_v = \frac{V_{(adsorbiranog\ dizela)}}{V_{(ukup.\ vol.\ dizela\ u\ otopini)}} [\%] \quad (2)$$

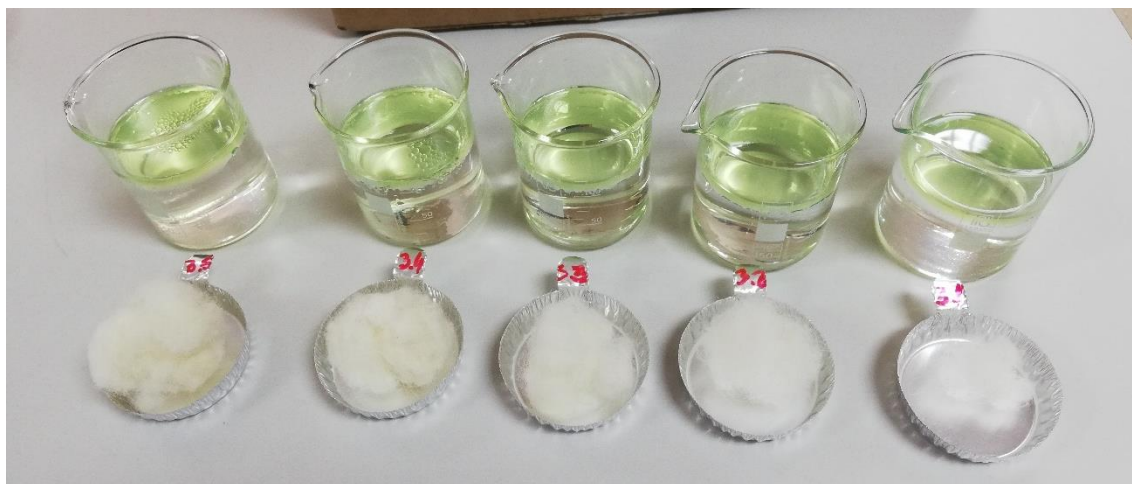
Kako su oba izračuna međusobno povezana preko jednadžbe za gustoću, Jednadžba 3, vrijednosti adsorpcijske učinkovitosti trebaju biti jednake.

$$\rho = \frac{m}{V} \left[ \frac{kg}{m^3} \right] \quad (3)$$

Kako pri izvođenju eksperimenata može doći do pogreške u očitanju volumena te ostatka kemikalija na stijenkama posuđa, vrijednosti se međusobno razlikuju u iznosu do  $\pm 5\%$ . Stoga, za prikaz rezultata učinkovitosti adsorpcije

ovčje vune koristit će se iznosi dobiveni samo preko jednog izračuna, odnosno izračun učinkovitosti adsorpcije ovčje vune prema masi (Jednadžba 1).

U cilju dobivanja mase vune pri kojoj je adsorpcija najučinkovitija, 0,1 g sirove ovčje vune dodano je u čašu u kojoj se nalazilo 100 ml vodovodne vode i 10 ml plavog dizela. Čaša je stavljena na magnetsku miješalicu IKA® RCT basic na brzinu od 250 rpm i vrijeme od 20 minuta. Zatim je vuna uz pomoć pincete prebačena u posudicu za vaganje te je nakon vaganja ostavljena tri dana da se suši na sobnoj temperaturi. Ostatak iz čaše je preliven u menzuru te ostavljen 5 minuta, kako bi se stvorio sloj plavog dizela na površini, nakon čega se njegov volumen očitao. Tri dana poslije osušeni uzorak se ponovno vagao na analitičkoj vagi. Isti postupak ponovljen je za masu vune od 0,3 g, 0,5 g, 0,7 g i 1 g. Također, postupci su ponovljeni i na vuni opranoj sa praškom i opranom sapunom te su svi postupci ponovljeni u 100 ml morske vode pomiješane s 10 ml plavog dizela, prikaz na Slika 14.



Slika 14 Čaše sa morskom vodom i plavim dizelom te uzorcima oprane ovčje vune sapunom

## 6 REZULTATI I RASPRAVA

### 6.1 Parametri vode

Mjerenja parametara vode provedena su pri temperaturi od 22,2 °C. Vrijednosti specifične električne vodljivosti znatno su veće kod morske vode što znači da se u morskoj vodi nalazi veća koncentracija otopljenih soli. Specifična električna vodljivost i specifična električna otpornost su recipročni, time je specifična električna otpornost manja kod morske vode u odnosu na vodovodnu vodu. U morskoj vodi nalazi se mnogo više ukupno otopljenih tvari u odnosu na vodovodnu vodu, povezano s tim veći je i salinitet morske vode. Izmjerene vrijednosti parametara vode nalaze se u Tablica 3.

Tablica 3 Parametri vodovodne i morske vode te vodovodne i morske vode pomiješane sa sirovom vunom

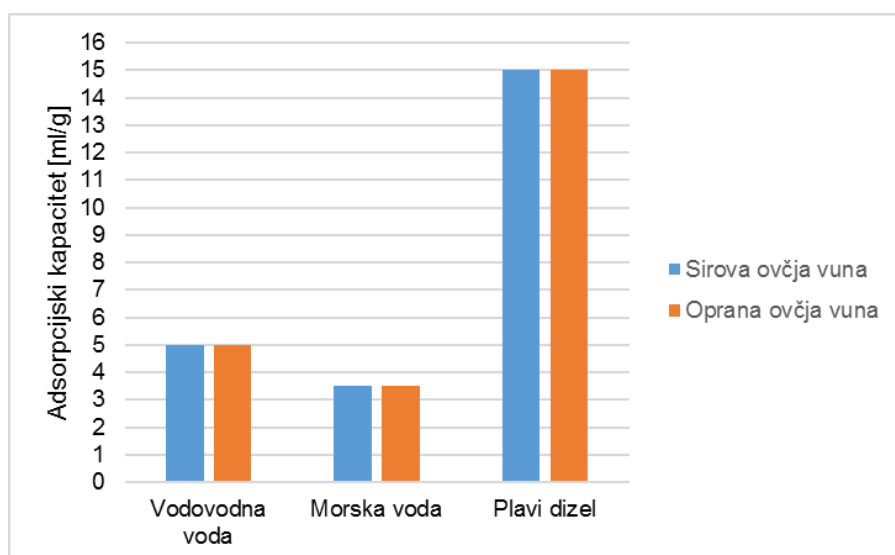
|                                  | Vodovodna voda | Morska voda | Vodovodna voda pomiješana sa sirovom vunom | Morska voda pomiješana sa sirovom vunom |
|----------------------------------|----------------|-------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Specifična električna vodljivost | 0,63 mS/cm     | 57 mS/cm    | 1,482 mS/cm                                | 57,8 mS/cm                              |
| Specifična električna otpornost  | 1586 Ωcm       | 17,54 Ωcm   | 674 Ωcm                                    | 17,34Ωcm                                |
| Ukupne otopljene tvari           | 630 µg/l       | 57 g/l      | 1485 µg/l                                  | 57,8 g/l                                |
| Salinitet                        | 0,2 ‰          | 37,8 ‰      | 0,7 ‰                                      | 38,3 ‰                                  |

Dodavanje sirove vune u vodovodnu i morsku vodu dolazi do promjene vrijednosti parametara vode, vrijednosti parametara vode nalaze se u Tablica 3. Specifična električna vodljivost povećala se za približno istu vrijednost kod vodovodne vode za 0,85 mS/cm, a kod morske vode za 0,8 mS/cm. Povećanjem

specifične električne vodljivosti, došlo je do smanjenja specifične električne otpornosti. Također, u vodama u kojoj se nalazila sirova vuna došlo je do povećanja ukupno otopljenih tvari. Salinitet u obje vode povećao se za vrijednost od 0,5‰. Sve navedene promjene između čiste vodovodne i morske vode u odnosu na vodovodnu i morsku vodu pomiješana sa sirovom vunom, mogu se pripisati velikoj količini minerala i soli koji se nalaze u ovčjoj vuni u obliku znoja, a koje su se u vodenom mediju otopile u vodi.

## 6.2 Adsorpcijski kapacitet ovčje vune

Mjerenjem adsorpcijskog kapaciteta ovčje vune željelo se utvrditi koliko 1 g oprane i sirove ovčje vune može adsorbirati vodovodne, morske vode i plavog dizela. Adsorpcijski kapacitet sirova i oprana ovčje vune u morskoj vodi je jednak te 3,5 ml/g, što je ujedno i najmanji ostvareni adsorpcijski kapacitet u sve tri ispitane tekućine. Za vodovodnu vodu adsorpcijski kapacitet sirove i oprane ovčje vune iznosio je 5 ml/g, a najveći adsorpcijski kapacitet za sirovu i opranu ovčju vunu je za plavi dizel, u iznosu od 15 ml/g. Prikaz vrijednosti adsorpcijskog kapaciteta ovčje vune nalazi se na Slika 15.



Slika 15 Adsorpcijski kapacitet sirove i oprane ovčje vune

Kada se vuna nalazi u vodenom mediju, voda stvara kontinuirane kanale koji se protežu od površine do površine vunenih vlakana. Ovčja vuna adsorbira tekućine vanjskim dijelom vlakna (kutikulom) i unutrašnjim dijelom vlakna (korteksa). Vunena vlakna se u vodenom mediju šire, što je posljedica kidanja vodikovih veza između i unutar proteinskih lanaca, pri čemu molekule vode zauzimaju oslobođeni međućelijski prostor te se time dodatno povećava adsorpcijski kapacitet ovčje vune. [30] Iako je vuna higroskopna (svojstvo materijala da upija vodu iz okoliša) njezina površina je ujedno i hidrofobna (svojstvo materijala da odbija vodu). [31] S obzirom da se vrijednosti adsorpcijskog kapaciteta za sirovu vunu ne razlikuju u odnosu na opranu vunu, može se zaključiti da vuna u oba slučaja koristi svoj maksimalni volumen za adsorpciju. Različite adsorpcijske sile su najjače djelovale pri dodiru vlakana ovčje vune sa molekulama plavog dizela, čime se ostvario najveći adsorpcijski kapacitet u odnosu na sve tri promatrane tekućine.

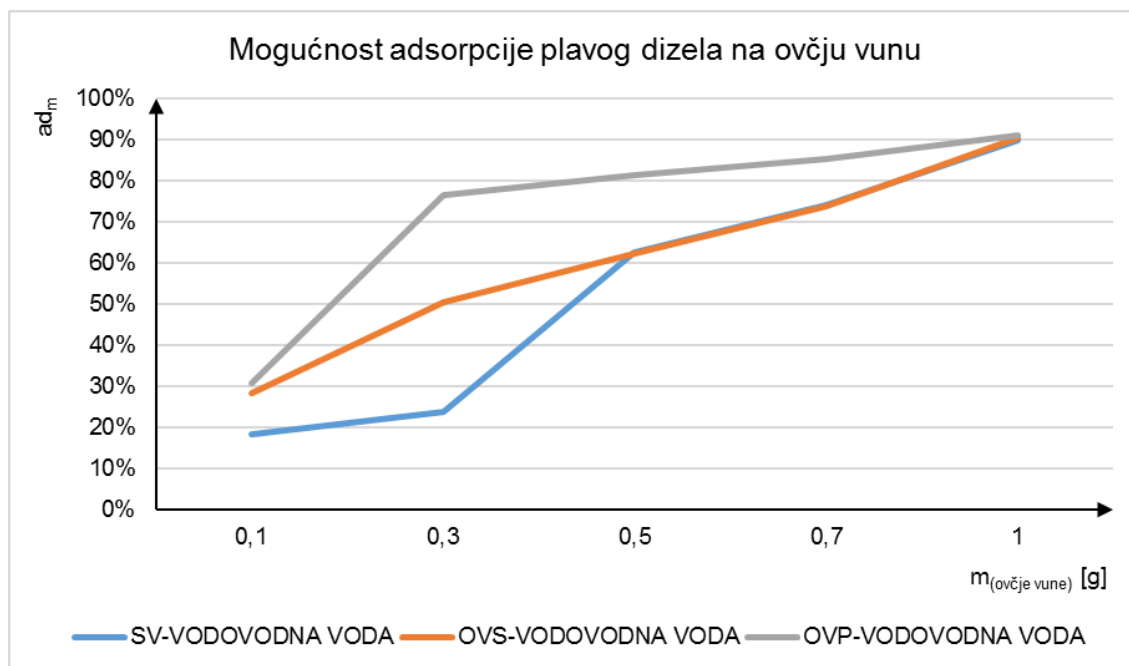
### **6.3 Učinkovitost adsorpcije plavog dizela ovčjom vunom**

Učinkovitost adsorpcije ovčje vune promatrana je na dva načina; prema ovčjoj vuni koja je korištena za adsorpciju te prema vodi u kojoj se onečišćivalo (plavi dizel) nalazi. Vuna koja je korištena za adsorpciju je: sirova ovčja vuna (SV), ovčja vuna oprana sapunom (OVS) i ovčja vuna oprana praškom za rublje (OVP). Vode u kojima se nalazilo onečišćivalo (plavi dizel) su vodovodna voda i morska voda. Rezultati učinkovitosti adsorpcije plavog dizela ovčjom vunom nalaze se u Tablica 4.

Tablica 4 Učinkovitost adsorpcije plavog dizela ovčjom vunom

| Učinkovitost adsorpcije plavog dizela na ovčju vunu [%] |                |             |                     |             |                     |             |
|---------------------------------------------------------|----------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|
| Masa vune [g]                                           | Sirova vuna    |             | Vuna oprana sapunom |             | Vuna oprana praškom |             |
|                                                         | Vodovodna voda | Morska voda | Vodovodna voda      | Morska voda | Vodovodna voda      | Morska voda |
| 0,1                                                     | 18,26          | 18,42       | 28,20               | 38,94       | 30,76               | 29,52       |
| 0,3                                                     | 23,57          | 41,41       | 50,51               | 74,38       | 76,48               | 54,17       |
| 0,5                                                     | 62,65          | 55,97       | 62,27               | 81,19       | 81,40               | 71,86       |
| 0,7                                                     | 74,22          | 68,92       | 73,90               | 90,27       | 85,45               | 86,69       |
| 1                                                       | 90,08          | 79,13       | 90,64               | 90,82       | 91,07               | 88,74       |

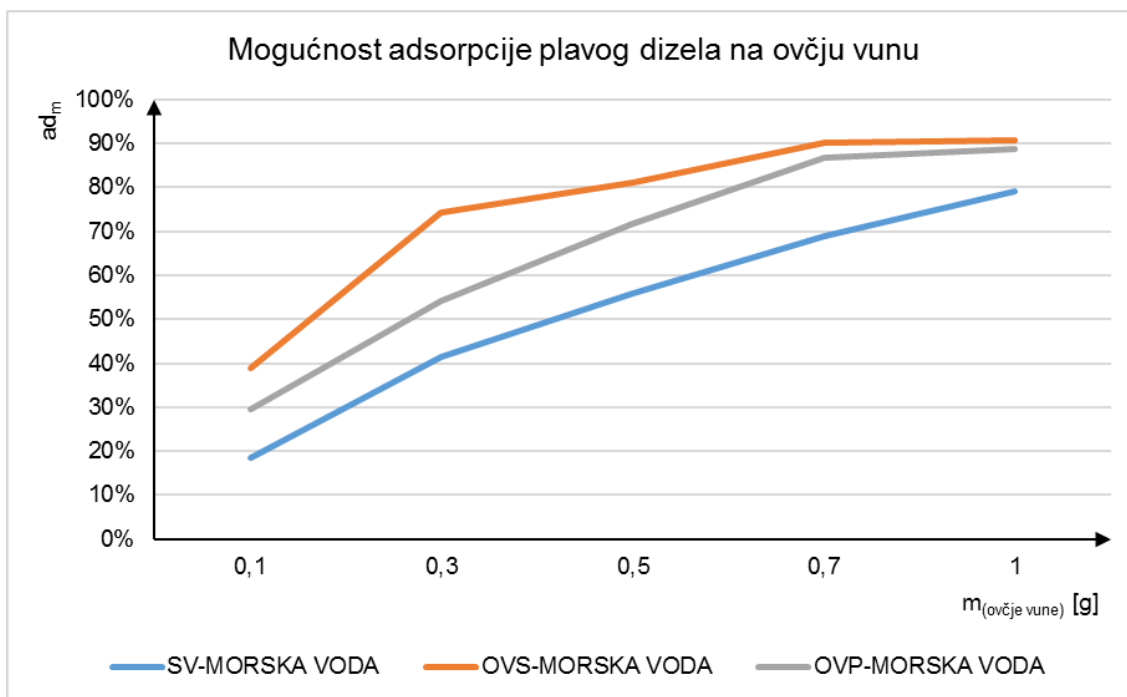
Učinkovitost adsorpcije plavog dizela SV u vodovodnoj vodi je znatno manja pri masi od 0,1 i 0,3 g ovčje vune u odnosu na OVS i OVP, a pri masi od 0,5, 0,7 i 1 g ovčje vune njezine vrijednosti se poklapaju sa učinkovitosti OVS. Uzorak OVP ima najbolju učinkovitost te već pri masi od 0,3 g ima učinkovitost u iznosu 76,48%. Pri masi od 1 g ovčje vune uzorci SV, OVS i OVP imaju gotovo jednaku učinkovitosti oko 90-91%. Prikaz učinkovitosti adsorpcije plavog dizela SV, OVS i OVP u vodovodnoj vodi nalazi se na Slika 16.



Slika 16 Učinkovitost adsorpcije plavog dizela SV, OVS i OVP u vodovodnoj vodi

Učinkovitost adsorpcije plavog dizela za SV, OVS i OVP u morskoj vodi se razlikuje u odnosu na učinkovitost adsorpcije plavog dizela u vodovodnoj vodi. Najlošiju učinkovitost ima SV u svih pet uzoraka različite mase te pri najvećoj masi od 1 g ima vrijednost od 79,13%. Nešto bolju učinkovitost adsorpcije ima OVP koja pri masi od 1 g ima vrijednost od 88,74%. Najbolju učinkovitost adsorpcije plavog dizela ima OVS, koja već pri masi od 0,3 g ima vrijednost od 74,38%, a pri masi od 1 g ima vrijednost od 90,82%. Prikaz učinkovitosti adsorpcije plavog dizela SV, OVS i OVP u morskoj vodi nalazi se na Slika 17.



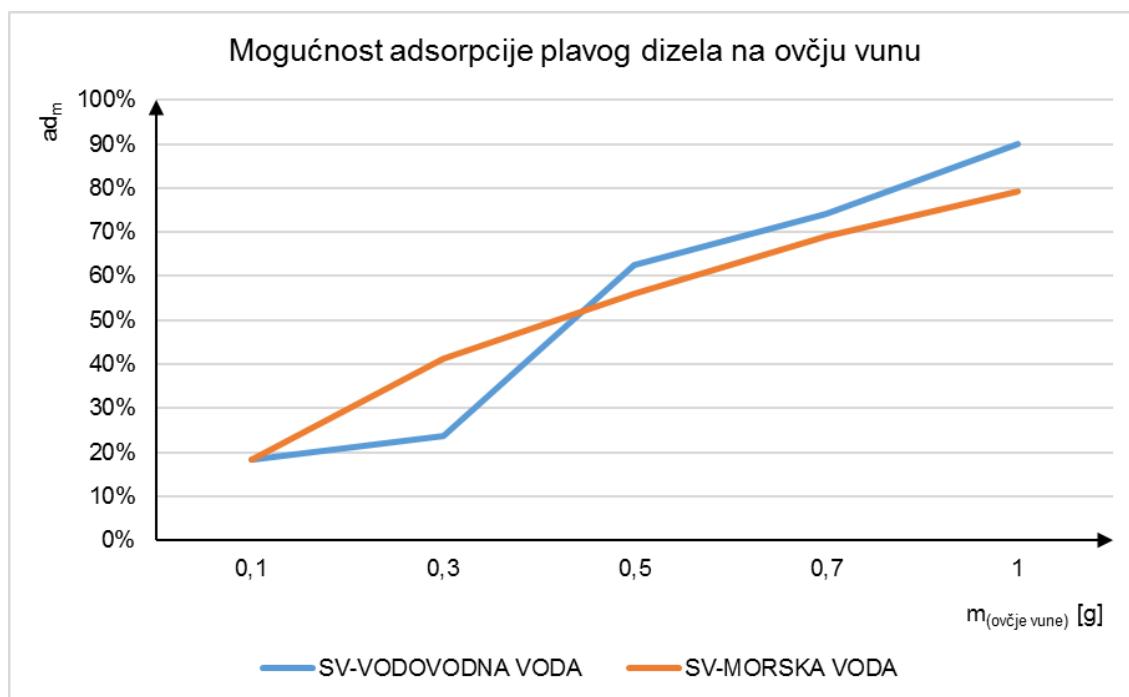


Slika 17 Učinkovitost adsorpcije plavog dizela SV, OVS i OVP u morskoj vodi

Ukoliko se usporede učinkovitosti adsorpcije plavog dizela SV, OVS i OVP u vodovodnoj i morskoj vodi, može se uvidjeti da će najbolju učinkovitost u vodovodnoj vodi imati OVP, a u morskoj vodi OVS. Najmanju učinkovitost adsorpcije plavog dizela ima SV u oba slučaja, a njezina učinkovitost je bolja u vodovodnoj vodi u odnosu na morsku vodu. Prema dobivenim rezultatima optimalna masa ovčje vune koja se treba koristiti za adsorpciju onečišćivala, u ovom slučaju plavog dizela, je 1 g OVP na 10 ml plavog dizela ukoliko je onečišćivalo u vodovodnoj vodi te 1 g OVS na 10 ml plavog dizela ukoliko je onečišćivalo u morskoj vodi.

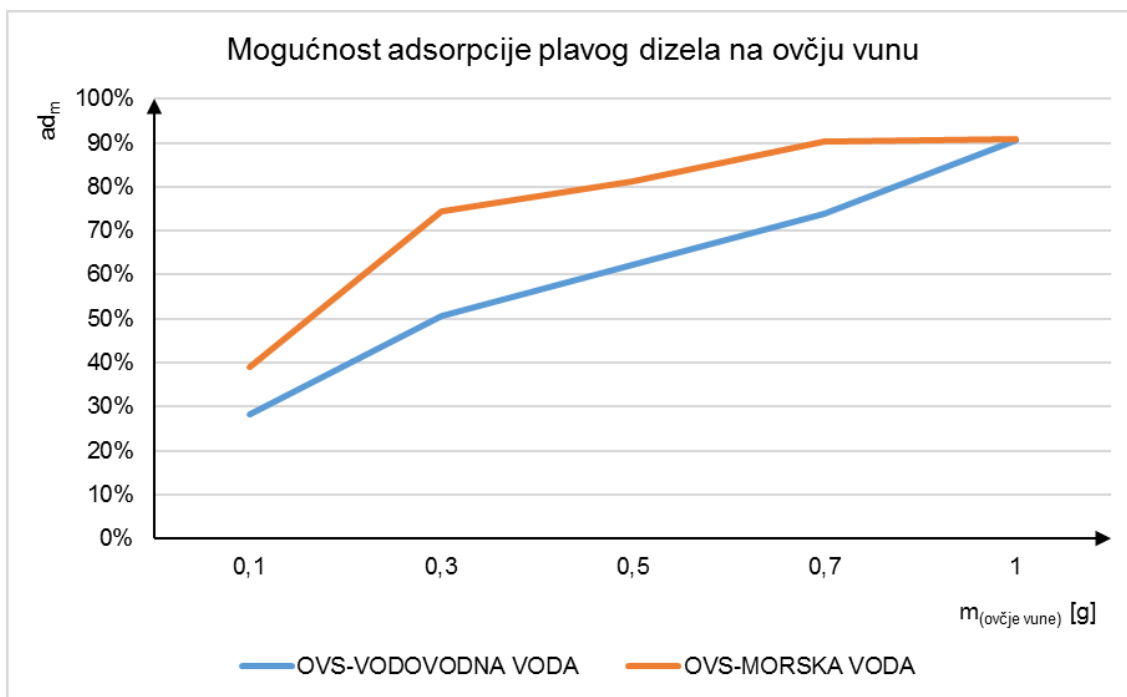
Učinkovitost adsorpcije plavog dizela SV bolja je u vodovodnoj vodi u odnosu na morsku vodu. Pri masi od 1 g SV, učinkovitost adsorpcije plavog dizela u vodovodnoj vodi veća je za oko 11% nego u morskoj vodi. Jedan od problema korištenja SV je što se u svakoj odvagi vune nečistoće ne nalaze sa jednakim udjelom. Prema tome, vrijednosti učinkovitosti adsorpcije plavog dizela upotrebom SV mogu se za istu odvagdu znatno razlikovati nego kada se koristi

oprana ovčja vuna. Prikaz učinkovitosti adsorpcije plavog dizela SV u vodovodnoj i morskoj vodi nalazi se na Slika 18.



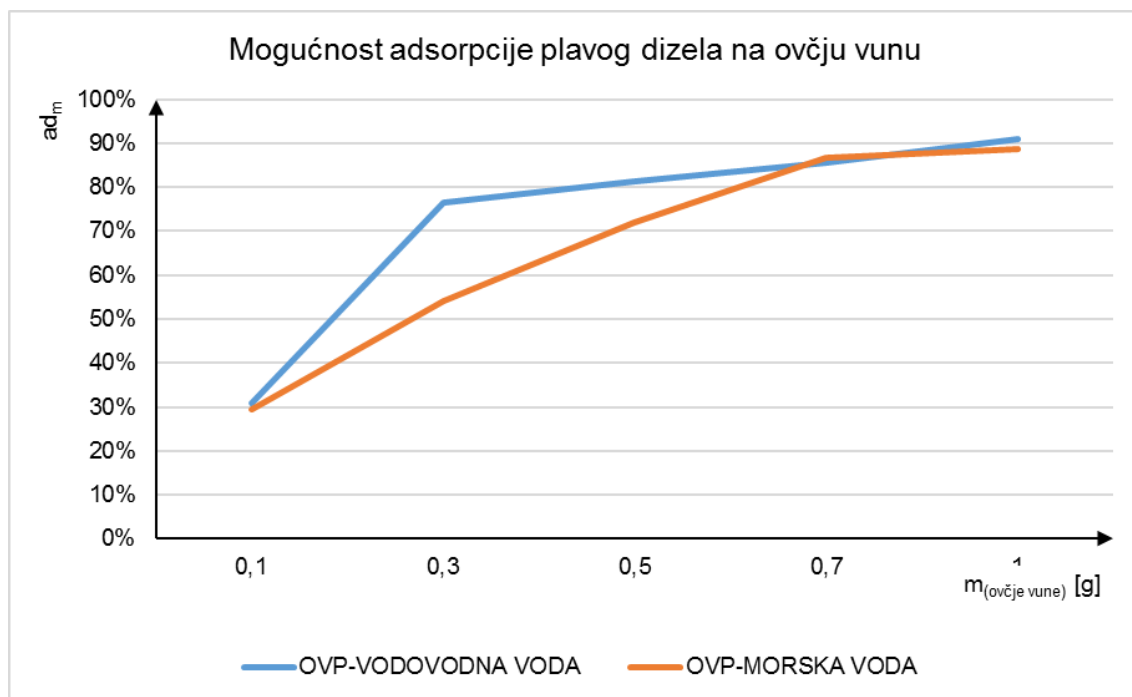
Slika 18 Usporedba učinkovitosti adsorpcije plavog dizela SV u vodovodnoj i morskoj vodi

Učinkovitost adsorpcije plavog dizela je već pri manjim masama OVS bolja u morskoj vodi nego u vodovodnoj vodi. Pri masi od 0,3 g OVS, učinkovitost adsorpcije plavog dizela u morskoj vodi iznosi 74,38%, a pri istoj masi u vodovodnoj vodi učinkovitost adsorpcije plavog dizela je 50,51%. Učinkovitost adsorpcije plavog dizela OVS u morskoj vodi značajno raste sve do mase od 0,7 g te se pri toj masi njezina vrijednost neznatno razlikuje u odnosu na masi od 1 g. Za razliku od učinkovitost adsorpcije plavog dizela OVS u vodovodnoj vodi, koja je pri manjim masama lošija nego u morskoj vodi, ali pri masi od 1 g dostiže gotovo jednaku vrijednost kao i OVS u morskoj vodi u vrijednosti od skoro 91%. Prikaz učinkovitosti adsorpcije plavog dizela OVS u vodovodnoj i morskoj vodi nalazi se na Slika 19.



Slika 19 Učinkovitost adsorpcije plavog dizela OVS u vodovodnoj i morskoj vodi

Učinkovitost adsorpcije plavog dizela OVP suprotna je od učinkovitosti adsorpcije plavog dizela OVS. Odnosno, OVP ima bolju učinkovitost u vodovodnoj vodi, a slabiju u morskoj, dok je kod OVS suprotno. Učinkovitost adsorpcije plavog dizela OVP već pri masi od 0,3 g iznosi 76,48%. Vrijednosti učinkovitosti adsorpcije plavog dizela se od mase 0,7 g do 1 g, gotovo međusobno poklapaju, a vrijednost učinkovitosti adsorpcije plavog dizela pri 1 g veća je za 2,33% kada se OVP koristi za uklanjanje onečišćivala u vodovodnoj vodi. Prikaz učinkovitosti adsorpcije plavog dizela OVP u vodovodnoj i morskoj vodi nalazi se na Slika 20.



Slika 20 Učinkovitost adsorpcije plavog dizela OVP u vodovodnoj i morskoj vodi

## 7 ZAKLJUČAK

Vuna predstavlja vrlo vrijednu prirodnu sirovinu sa dobrim svojstvima i velikom mogućnošću prerade. Za potrebu eksperimenta korištena je vuna ovce dalmatinske pramenke koja je okarakterizirana kao gruba vuna. Mjerenjem adsorpcijskog kapaciteta ovčje vune dobivena je vrijednost kako 1 g sirove i oprane ovčje vune može adsorbirati ukupno 15 ml plavog dizela, 5 ml vodovodne vode te 3 ml morske vode. Rezultati eksperimenta promatrani u odnosu koja se vuna koristila; sirova vuna, oprana vuna sapunom i oprana vuna praškom, te prema tekućini u kojoj se nalazilo onečišćivalo (plavi dizel); morska voda i vodovodna voda. Dobivenim rezultatima eksperimenta zaključuje se kako je najbolje koristiti 1 g ovčje vune, kada omjer plavog dizela u odnosu na vodu u kojoj se nalazi iznosi 1:10. Sirova ovčja vuna je također pokazala dobre rezultate za adsorpciju onečišćivala (plavog dizela) te pri masi od 1 g ovčje vune u vodovodnoj vodi adsorbira 90,08% onečišćivala, a u morskoj vodi 79,13%. Kako sirova vuna u sebi sadrži razne nečistoće poput masti, znoja, fekalija i različitih biljnih ostataka, za potrebe uklanjanje onečišćivala bolje bi bilo koristiti opranu ovčju vunu jer bi time adsorpcija onečišćivala bila učinkovitija. Za slučaj kada se plavi dizel nalazi u vodovodnoj vodi za najučinkovitiju adsorpciju treba koristiti 1 g oprane vune praškom kojom bi se uklonilo oko 91,07% onečišćivala. Dok se za slučaj kada se plavi dizel nalazi u morskoj za najučinkovitiju adsorpciju treba koristiti 1 g oprane vune sapunom kojom bi se uklonilo oko 90,82% onečišćivala.

Prema dobivenim rezultatima može se zaključiti kako ovčja vuna ima odlična adsorpcijska svojstva za uklanjanje plavog dizela, kao onečišćivala, iz morske i vodovodne vode. Pravilnom strižom i organiziranim prikupljanjem grube ovčje vune do bile bi se znatne količine vune koja bi se obradom mogla koristiti kao adsorbens u slučaju izlivanja plavog dizela ili ostalih naftnih derivata. Time bi se ostvario pozitivan učinak na okoliš jer bi se smanjile količine ovčje vune koja sa se odlaže u okoliš, te bi pozitivno djelovalo na uzgajivača koji bi ovčju vunu imao gdje prodati i zbrinuti.

## 8 LITERATURA

1. Dražić, V., Kasap, A., Širić, I., Mioč, B. *Proizvodnja i postupci s vunom na području Republike Hrvatske*. 53rd Croatian & 13th International Symposium on Agriculture. Vodice; 2018.
2. Držaić, V., Tomić, M., Džaja, A., Širić, I., Mioč, B. *Mogućnosti uporabe ovčje vune u građevinskoj industriji*. Hrvatski veterinarski vjesnik. 2017. 25(5-6), pp. 81-85
3. Mioč, B., Tomić, M., Držaić, V., Džaja, A., Širić, I. *Mogućnosti korištenja ovčje vune u poljodjelstvu*. Hrvatski veterinarski vjesnik. 2017. 25(1-2), pp. 64-70
4. Dundović, A., Vinčić, A. *Vuna - zapostavljena sirovina u Hrvatskoj*. Tekstil. 2017. 66(9-10), pp. 243-254
5. Vujasinović, E., Soljačić, I. *Projekcija mogućeg zbrinjavanja otpadne domaće vune u skladu sa smjernicama održivog razvoja*. Zbornik Radova savjetovanje Tehnologije zbrinjavanja otpada. 2006. pp. 63-71
6. Giles, J. *Brief History of Sheep and Wool*. Dostupno na: <https://www.fibre2fashion.com/industry-article/4295/brief-history-of-sheep-and-wool>. Datum pristupa: 24.04.2019.

7. Mioč, B., Sušić, V., Pavić, V., Barać, Z., Prpić, Z. *Priprema ovaca za strižu, striža i postupci s vunom do transporta*. Stočarstvo. 2006. 60(2), pp. 129-141
8. Raffaelli D., Vujasinović, E. *Utjecaj uzgoja i pasmina ovaca na količinu i kakvoću vune u Republici Hrvatskoj - istraživanje istarsko-creskog područja*. Stočarstvo. 1994. 48(11-12), pp. 443-459
9. *Hrvatski savez uzgajivača ovaca i koza - Ovčarstvo u Republici Hrvatskoj*. Dostupno na: <http://www.ovce-koze.hr/ovcarstvo-kozarstvo/ovcarstvo-i-kozarstvo-u-rh/ovcarstvo-i-kozarstvo-u-rh/>. Datum pristupa: 26.04.2019.
10. *Statistički ljetopis Republike Hrvatske 2018*. Državni zavod za statistiku. Zagreb; 2018.
11. Vujasinović, E., Anić-Vučinić, A., Ljubas, D. *Scouring of Domestic Wool in Croatia and its Impacts on the Environment*. Kem. Ind. 2007. 56(11), pp. 569-574
12. Wood, E. *An Overview of Wool Scouring*. Wool. The Australian Wool Education Trust. North Melbourne Victoria; 2009.
13. Cottle, D., Wood, E. *Overview of Early Stage Wool Processing*. The Australian Wool Education Trust. North Melbourne Victoria; 2012.

14. Došen-Šver, D., Pernar, E., Bujević, I. *Wastewater Treatment After Improved Scourings of Raw Wool*. Kem. Ind. 2007. 56(11), pp. 575-581
15. *Uredba (EZ) br. 1069/2009 Europskog parlamenta i vijeća o utvrđivanju zdravstvenih pravila za nusproizvode životinjskog podrijetla i od njih dobivene proizvode koji nisu namijenjeni prehrani ljudi te o stavljanju izvan snage Uredbe (EZ) br. 1774/2002. (Uredba o nusproizvodima životinjskog podrijetla)*. Službeni list Europske unije; 2009. [14.11.2009]
16. *Uredba komisije (EU) br. 142/2011 o provedbi Uredbe (EZ) br. 1069/2009 Europskog parlamenta i Vijeća o utvrđivanju zdravstvenih pravila za nusproizvode životinjskog podrijetla i od njih dobivene proizvode koji nisu namijenjeni prehrani ljudi i o provedbi Direktive Vijeća 97/78/EZ u pogledu određenih uzoraka i predmeta koji su oslobođeni veterinarskih pregleda na granici na temelju te Direktive*. Službeni list Europske unije; 2011. [26.02.2011]
17. Stracenski-Kalauz, M., Ljubaj, T., Nedanov, A. *Može li Hrvatska u kontekstu ovčarstva jugoistočne Europe profitirati štiteći prirodu - potencijali vune*. 48th Croatian & 8th International Symposium on Agriculture. Dubrovnik; 2013.
18. Lucić, A. *Nakon što su s Talijanima probili led, otvaraju 17 centara za otkup vune*. Dostupno na: <http://www.poslovni.hr/hrvatska/nakon-sto-su-s-talijanima-probili-led-otvaraju-17-centara-za-otkup-vune-198536>. Datum pristupa: 15.5.2019.



19. Dostupno na: <http://www.novilist.hr/Vijesti/Regija/Otoci/Nitko-je-nece-Vuna-na-Cresu-i-Losinju-opet-ekoloski-problem>. Datum pristupa: 15.5.2019.
20. Opačak-Klobučar, T. *Vunu izvoze u Indiju*. Dostupno na: <https://www.vecernji.hr/biznis/vunu-izvoze-u-indiju-1001385>. Datum pristupa: 15.05.2019.
21. *Vuna kao ekološko gnojivo?*. Dostupno na: <http://www.ekopoduzetnik.com/tekstovi/vuna-kao-ekolosko-gnojivo-18978/>. Datum pristupa: 15.05.2019.
22. *Monole d.o.o.* Dostupno na: <https://www.otkup-vune.com/o-nama.html>. Datum pristupa: 15.05.2019.
23. Dostupno na: <https://www.sheepwoolinsulation.com/product/optimal-rolls/>. Datum pristupa: 09.05.2019.
24. Dostupno na: <https://sarabackmo.com/mulching-with-wool/>. Datum pristupa: 09.05.2019.
25. Vrančić, T. *Zagađivanje mora naftom i naftnim derivatima*. Građevinar. 2010. 62(9), pp. 755-762

26. Dostupno na: <https://www.greenpeace.org/usa/90000-gallon-oil-spill-looks-like/>. Datum pristupa: 23.05.2019.
27. Periolatto, M., Gozzelino, G. *Greasy Raw Wool for Clean-up Process of Marine Oil Spill: from Laboratory Test to Scaled Prototype*. Chemical Engineering Transactions. 2015. 43, pp. 2269-2274
28. Adebajo, M. O., Frost, R. L., Klopogge, J. T., Carmody, O. *Porous Materials for Oil Spill Cleanup: A Review of Synthesis and Absorbing Properties*. Journal of Porous Materials. 2003. 10(3), pp. 159-170
29. Vujević, D. *Uklanjanje organskih tvari iz obojenih otpadnih voda primjenom naprednih oksidacijskih procesa*. Sveučilište u Zagrebu Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije; 2007.
30. Nostro, P., Fratoni, L., Ninham, B., Baglioni, P. *Water Absorbency by Wool Fibers: Hofmeister Effect*. Biomacromolecules, 2002. 3(6), pp. 1217-1224
31. Abdullah, A. *Investigating the Effect of Dyeing on the Surface of Wool Fibres with Atomic Force Microscopy (AFM)*. University of Stellenbosch; 2006.

## 9 POPIS SLIKA

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Slika 1 Građa vunenog vlakna [8] .....                                                           | 5  |
| Slika 2 Broj ovaca u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 1990. do 2017. godine [10] .....         | 7  |
| Slika 3 Striža ovaca i postupci s vunom (1 – jedna striža/god.; 2 – dvije striže/god.) [1] ..... | 8  |
| Slika 4 Proizvodna namjena ovaca [1] .....                                                       | 9  |
| Slika 5 Ovčja vuna odbačena u okoliš [19] .....                                                  | 15 |
| Slika 6 Izolacija od ovčje vune [23] .....                                                       | 17 |
| Slika 7 Upotreba ovčje vune u poljoprivredi [24] .....                                           | 18 |
| Slika 8 Izlijevanje nafte u Meksičkom zaljevu 2016. godine [26] .....                            | 20 |
| Slika 9 Dalmatinska pramenka .....                                                               | 21 |
| Slika 10 Analitička vaga Orma ALR-224 .....                                                      | 23 |
| Slika 11 Magnetska miješalica IKA® RCT basic .....                                               | 24 |
| Slika 12 Više-parametarski mjerni instrument MultiLine® Multi 3410 IDS .....                     | 25 |
| Slika 13 Sirova ovčja vuna (a) i oprana ovčja vuna (b) .....                                     | 26 |
| Slika 14 Čaše sa morskom vodom i plavim dizelom te uzorcima oprane ovčje vune sapunom .....      | 28 |
| Slika 15 Adsorpcijski kapacitet sirove i oprane ovčje vune .....                                 | 30 |

|                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Slika 16 Učinkovitost adsorpcije plavog dizela SV, OVS i OVP u vodovodnoj vodi .....           | 33 |
| Slika 17 Učinkovitost adsorpcije plavog dizela SV, OVS i OVP u morskoj vodi                    | 34 |
| Slika 18 Usporedba učinkovitosti adsorpcije plavog dizela SV u vodovodnoj i morskoj vodi ..... | 35 |
| Slika 19 Učinkovitost adsorpcije plavog dizela OVS u vodovodnoj i morskoj vodi .....           | 36 |
| Slika 20 Učinkovitost adsorpcije plavog dizela OVP u vodovodnoj i morskoj vodi .....           | 37 |

## 10 POPIS TABLICA

|                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tablica 1 Prosječni sastav runa nekih pasmina ovaca [11]                                           | 10 |
| Tablica 2 Masena koncentracija polutanata u nepročišćenoj otpadnoj vodi od pranja vune [11]        | 13 |
| Tablica 3 Parametri vodovodne i morske vode te vodovodne i morske vode pomiješane sa sirovom vunom | 29 |
| Tablica 4 Učinkovitost adsorpcije plavog dizela ovčjom vunom                                       | 32 |