

# Identifikacija vunenih vlakana - forenzični pristup

---

Mitić, Alen

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Textile Technology / Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:201:571503>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-22**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Textile Technology University of Zagreb - Digital Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD  
IDENTIFIKACIJA VUNENIH VLAKANA – FORENZIČNI PRISTUP

ALEN MITIĆ

Zagreb, listopad 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

Diplomski sveučilišni studij Tekstilne tehnologije i inženjerstva

DIPLOMSKI RAD

IDENTIFIKACIJA VUNENIH VLAKANA – FORENZIČNI PRISTUP

Mentor:

Prof. dr. sc. Edita Vujasinović

Student:

Alen Mitić 10728/TTI-OI

Zagreb, listopad 2020.

## Temeljna dokumentacijska kartica

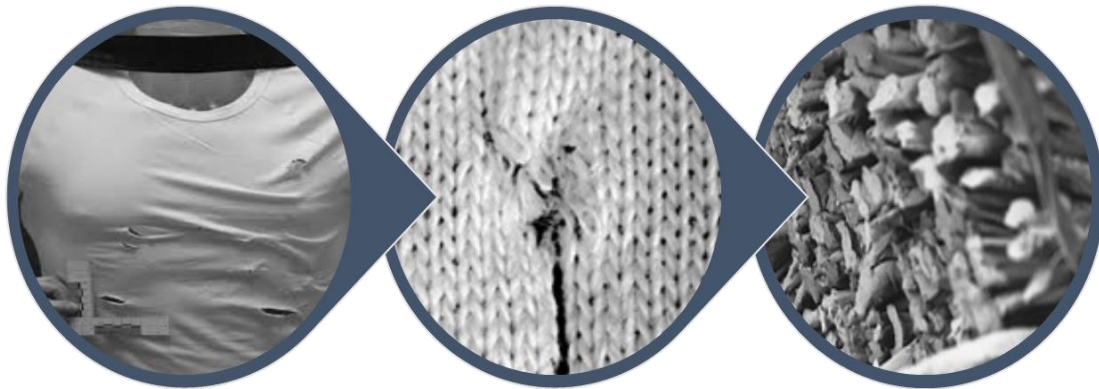
Znanstveno područje:	tehničke znanosti
Znanstveno polje:	tekstilna tehnologija
Rad je izrađen na:	Zavodu za materijale, vlakna i ispitivanje tekstila Tekstilno-tehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu
Vrsta rada:	diplomski rad
Naslov rada:	<b>IDENTIFIKACIJA VUNENIH VLAKANA – FORENZIČNI PRISTUP</b>
Sažetak:	Identifikacija tekstilnih vlakana nezaobilazna je u tekstilnoj industriji, forenzičnoj znanosti, radu modnih dizajnera, arheologa, muzeologa i dr. Vuna, kao jedno od najsloženijih i još uvijek intrigantnih vlakana često je mikro-trag nekog zločina, udesa ili katastrofe. U radu su istraženi mogući načini identifikacije vune različitih sojeva izvorne hrvatske pasmine ovaca – pramenke i protokola ispitivanja vune kao forenzičnog dokaza.
Ključne riječi:	forenzična analiza vune, keratinsko vlakno, vuna pramenke
Title:	<b>IDENTIFICATION OF WOOL FIBERS - FORENSIC APPROACH</b>
Summary:	Identification of textile fibers is indispensable in the textile industry, forensic science, the work of fashion designers, archaeologists, museologists, etc. Wool, as one of the most complex and still intriguing fibers is often a micro-trace of a crime, accident or disaster. The paper investigates possible ways of identifying wool of different sub-breeds of the original Croatian sheep breed - pramenka and the protocol of wool testing as forensic evidence.
Key words:	wool forensic analysis, keratin fibre, pramenka wool
Rad sadrži:	34 stranica 29 slika 1 tablicu 31 literaturni navod
Rad je u elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u:	Knjižnici Tekstilno-tehnološkog fakulteta, Prilaz baruna Filipovića 28a, HR-10000 Zagreb
Mentor:	Prof.dr.sc. Edita Vujasinović
Povjerenstvo za obranu:	Izv.prof.dr.sc. Anica Hursa Šajatović Prof.dr.sc. Edita Vujasinović Izv.prof.dr.sc. Anita Tarbuk Izv.prof.dr.sc. Ružica Brunšek (zamjena)
Datum obrane:	30.10.2020.

## Sadržaj

1.	UVOD .....	1
2.	TEORETSKI DIO .....	2
2.1.	Vuna .....	2
2.1.1.	Struktura i građa vune .....	3
2.2.	Forenzika .....	7
2.2.1.	Identifikacija dlaka i keratinskih vlakana .....	14
2.2.2.	DNA analiza .....	18
3.	EKSPERIMENTALNI DIO .....	21
3.2.	Metodologija .....	21
3.2.1.	Plan eksperimenta .....	21
3.2.2.	Korištene metode i uređaji .....	22
3.2.3.	Uzorci za ispitivanje .....	22
4.	REZULTATI I RASPRAVA .....	23
4.1.	Mikroskopske karakteristike ispitivanih vuna .....	23
4.2.	Karakteristike kutikule ispitivanih vuna .....	26
5.	ZAKLJUČAK .....	31
6.	LITERATURA .....	32

## 1. UVOD

Forenzična znanost ili kraće forenzika (prema lat. *forensis* = koji je na trgu; javni; forum [1]) zadnjih godina sve više zaokuplja pažnju znanstvenika i običnih ljudi. Iako prvotno (još u XVI. st) zamišljena kao pomoć medicinarima (ustanovljavanje patologije) forenzika je prerasla u disciplinu tj. skup znanstvenih disciplina (metoda i principa) koje se primjenjuju radi utvrđivanja dokaza u nekom postupku kaznenog dijela, te radi pomoći u pravosudnim postupcima [2]. Forenzična znanost koristi se za otkrivanje misterija, rješavanje zločina i osuđivanje ili oslobađanje osumnjičenih za zločin [1, 2]. Pri tome, forenzičari se gotovo svakodnevno susreću s tekstilom kao jednim od najčešćih i sveprisutnijih materijalnih tragova zločina/udesu (Slika 1).



Slika 1. Tekstil kao materijalni trag zločina

Imajući na umu različite vrste tekstilija, oružja i posljedično različitih potencijalnih oštećenja i transfera vlakana objašnjava činjenicu da je identifikacija vlakana postala jedna od važnijih i složenijih analiza u forenzici. Naime, za razliku od uobičajene identifikacije, forenzična identifikacija vlakana otežana je imperativom ne destruktivnosti i očuvanja dokaza, a što je kod identifikacije prirodnih životinjskih keratinskih vlakana dodatno zahtjevnije obzirom na različitost ishodišnih pasmina i sojeva životinja [3]. Stoga je za potrebe ovog rada istražen mogući način identifikacije vune različitih sojeva izvorne, hrvatske pasmine ovaca – pramenke te mogući protokol ispitivanja vune kao forenzičnog dokaza.

## 2. TEORETSKI DIO

### 2.1. Vuna

Vuna je prirodno proteinsko (keratinsko) vlakno koje se dobiva iz runa raznih vrsta (pasmina) ovaca. Runo je naziv za cjelokupni dlačni pokrivač ovce. Čovjek je u pradavna vremena pripitomio ovcu radi korištenja njezina mlijeka, mesa i krzna pa se s razlogom pretpostavlja da je vuna bila jedna od prvih tekstilnih sirovina koja se koristila za izradu odjevnih predmeta. Umijeće preradbe vune u tekstilne proizvode razvilo se u Babilonu oko 4000. pr. Kr. (Babilon u prijevodu znači „zemlja vune“), odakle se postupno širilo u krajeve Sredozemlja [4].

Najkvalitetnija vuna dobiva se od dlake merino ovce koju su na područje Sredozemlja dopremili Španjolci oko 100. godine zbog ciljanog uzgoja kvalitetnih pasmina ovaca. Tijekom stoljeća Španjolci su uzgojili veliki broj sojeva merino ovaca, od kojih su najpoznatije bile Infandatos, Negretti, Escorial i Paulars ovce [5, 6]. Engleska je također bila poznata po uzgoju ovaca s ciljem dobivanja vune. Križanjem su uzgojene mnoge nove pasmine ovaca. Neke od poznatijih su Lincoln, Romney-marsh, Cheviot, Southdown i Leicester koje daju kvalitetnu, iako nešto grublju vunu [5-7].

Te dvije zemlje najzaslužnije su za širenje uzgoja ovaca u prekomorske kolonije i SAD te naročito Australiju, gdje je zbog povoljnih klimatskih uvjeta omogućen razvoj novih pasmina ovaca. Upravo je Australija danas, s oko 25% svjetske proizvodnje najznačajniji svjetski proizvođač vune. Slijede ju Kina s 18% te Novi Zeland s 11% udjela u svjetskoj proizvodnji [8]. Među značajne proizvođače vune ubrajaju se još Argentina, Velika Britanija, Turska, Iran, Sudan i Indija s udjelima po 2%. Godišnje se u svijetu proizvede oko 1,3 milijuna tona vune, što predstavlja vrlo mali udio u ukupnoj proizvodnji vlakana (oko 2,1%), no unatoč tome značenje vune za tekstilnu industriju i korištenje u svakodnevnom životu znatno je veće i bitnije [9].

U Hrvatskoj proizvodnja vune nema nikakvu gospodarsku važnost. Uzgoj ovaca provodi se uglavnom zbog dobivanja mesa i mlijeka, a vuna se zbog nepovoljnih fizikalnih karakteristika tretira kao otpad koji se uslijed neadekvatnog načina zbrinjavanja najčešće odlaže na livadama i pašnjacima, stvarajući pritom divlja odlagališta koja predstavljaju ekološki problem [10-12].

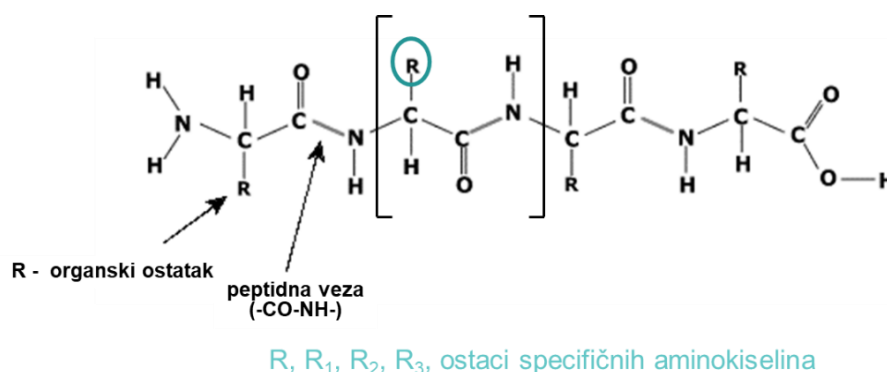
Na Slici 2. prikazana je lička pramenka, hrvatska autohtona pasmina ovce.



Slika 2. Stado ličke pramenke (Izvor slike: <http://www.ovce-koze.hr/ovcarstvo-kozarstvo/ovcarstvo-i-kozarstvo-u-rh/ovcarstvo-i-kozarstvo-u-rh/pasmine-ovaca/licka-pramenka/>)

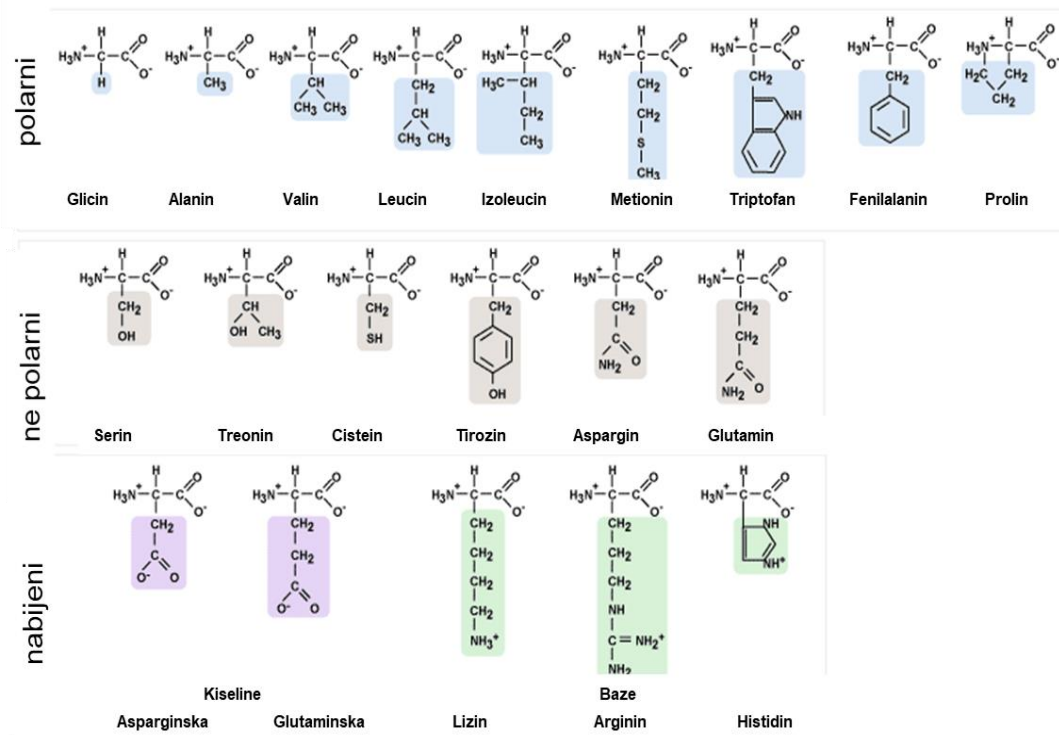
### 2.1.1. Struktura i građa vune

Vuna je po pitanju strukture vrlo složeno vlakno. Sastoji se od: 80% keratina (Slika 3.), 17% nekeratinskih proteina (staničnih jezgara, citoplazme, staničnih membrana), 1,5% ostalih makromolekularnih tvari (polisaharidi, nukleinske kiseline) i oko 1,5% niže molekularnih tvari (lipidi i anorganski spojevi) [13]. Osnovne jedinice proteina keratina su amino kiseline, njih 23 (Slika 3 i 4), a najzastupljenije su serin, glicin i leucin [5].



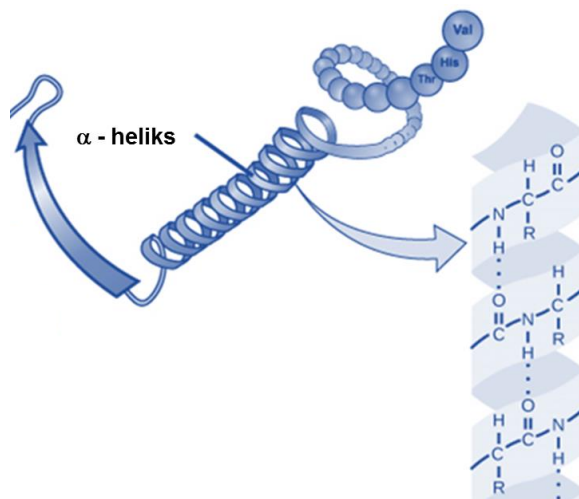
Slika 3. Kemijska struktura vune





Slika 4. Prikaz mogućih aminokiselina kao monomera koji sudjeluju u izgradnji keratina

Zbog veličine sporednih skupina u radikalima ( $R, R_1, R_2, \dots$ ) i stvaranja velikog broja slabih



Slika 5. Spiralna konfiguracija molekule keratina ( $\alpha$ -heliks) (Izvor slike: <https://hr.strephonsays.com/difference-between-primary-secondary-and-tertiary-structure-of-protein>)

ionskih i vodikovih veza kao i kovalentnih veza unutar jednog polipeptidnog lanca ili među lancima dolazi do spiralne konfiguracije molekula keratina (Slika 5.). Jedna od najvažnijih veza među molekulama u keratinu je kovalentni cistinski most, koji prema Speakmanu [14], umrežuje mnoge polipeptidne lance u velike makromolekule.

Najzastupljeniji kemijski element u vunenom vlaknu je ugljik s udjelom oko 50% ukupne mase vlakna. Značajan udio otpada na kisik (22-25%) i dušik (16-17%) te u nešto

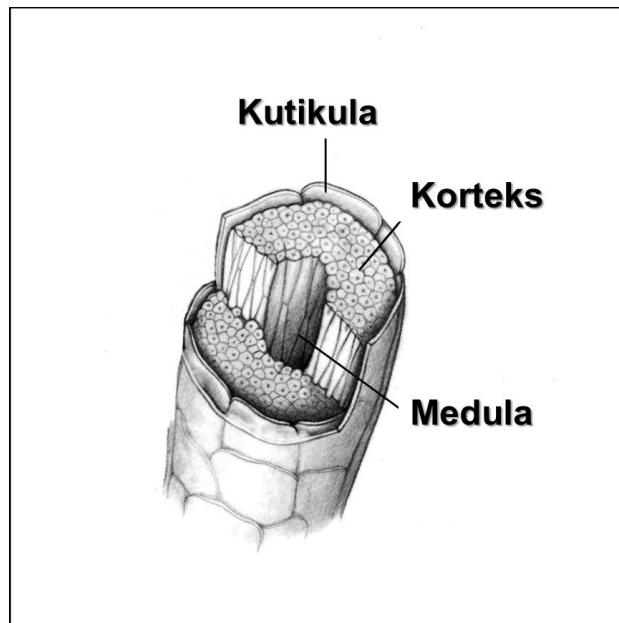
manjoj mjeri na vodik i sumpor. Upravo zbog prisustva sumpora vuna prilikom gorenja ima karakterističan miris po zapaljenoj kosi, što se iskorištava kao jedan brzi način identifikacije (identifikacija vlakana gorenjem) vlakana [5].

Unutrašnja histološka građa vunenog vlakna, koja se vidi pod mikroskopom sastoji se od dva ili tri različita osnovna sloja (Slika 6) koji se uobičajeno nazivaju: kutikula (luskava površina vlakna), korteks (jezgro vlakna) i medula (srž) [15].

Kutikula je vanjski sloj vlakna koji se sastoji od pločastih ili prstenastih ljusaka koje su jednim svojim dijelom polegle jedna na drugu. Izgled i oblik ljusaka vlakna vune ovisi o njegovoj finoći. Prstenaste ljuske izgledaju kao da su nataknute na vlakno poput prstena i to tako da je svaka gornja, polazeći od korijena prema vrhu, jednim svojim dijelom

utaknuta u donju. Ovako građenu kutikulu imaju samo finija vlakna. Gruba vunenana vlakna po svojoj su površini prekrivena ljuskama nepravilnog, može se reći, pločastog oblika, a koje također jednim svojim dijelom leže jedna u drugoj od korijena prema vrhu tako da je površina vlakna hrapava [16-18]. Iako je ljuskasti sloj kutikule u usporedbi s debljinom vlakna vrlo tanak (oko  $0,01 \mu\text{m}$  [19]), moguće je razlikovati tri različita dijela kutikule: epikutikulu, egzokutikulu i endokutikulu (Slika 7). Kutikularne stanice sadrže mnogo sumpora, slojevi su jako umreženi, nemaju fibrilarnu građu keratina, već amorfnu i globularnu. Kutikula određuje neka osnovna svojstva vune kao što su opip, izgled, kvasivost i prodor kemijskih reagensa i bojila [20].

Korteks kao glavni dio vlakna tvori 90% samog vlakna vune. Sastoji se od vretenastih stanica, različite kemijske građe tj. od stanica orto- i para-korteksa, odnosno bazofilnih i acidofilnih stanica. U para-korteksnjoj stanici pronađen je veći sadržaj cistina, što joj daje jače umrežavanje i veću kemijsku stabilnost. Stanice para-korteksa su manje i zbijenije, a sadrže svega 25%

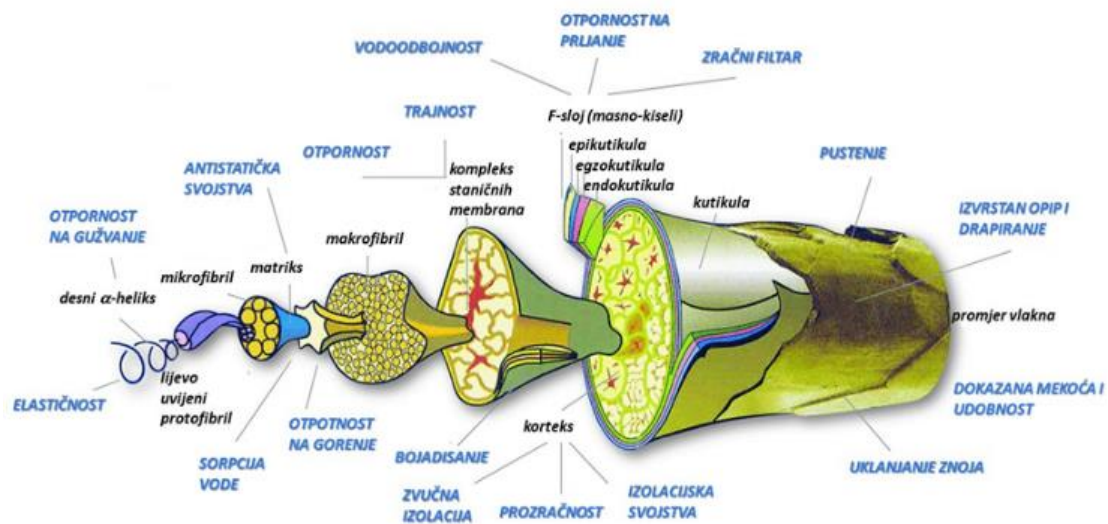


Slika 6. Građa vunenog vlakna (Izvor: Eco-friendly Surface Modifications of Wool Fiber for its Improved Functionality: An Overview)

sređenog (kristalnog) i 75% nesređenog (amorfno) dijela. Kod stanica orto-korteksa stanje je obrnuto, tj. stanice su deblje, manje zbijene, nestabilne, a sadrže i manje sumpora [13]. Bilateralni razmještaj ove dvije vrste stanica korteksa odgovoran je za prirodnu kovrčavost vune. Budući da korteks čini glavninu vlakna od njega u najvećoj mjeri zavise kemijska i fizikalna svojstva vunenog vlakna [14].

U središnjem dijelu nekih vunenih vlakana uočljiv je širi ili uži kanal tzv. srž ili medula koja sadrži stanične ostatke i zrak u kontinuiranom ili isprekidanom obliku uzduž vlakna. Kod vrlo grubih i osjastih (*engl. kemp*) vlakana medula može izgledati poput šuplje mreže ispunjene zrakom [21]. Zarobljeni zrak uzrok je smanjenju gustoće meduliranih vlakana u odnosu na nemedulirana.

Ako se vunenno-keratinsko vlakno analizira s biološkog stajališta [13, 16, 19] uočljivo je da su biološke strukture organizirane na razini stanica koje su međusobno povezane, tvoreći kompleksno građeno vlakno. Unutar bioloških stanica nalazi se niz nižih strukturnih elemenata (Slika 7), pa se prema tome vunenno vlakno jedno od najsloženijih i za istraživače najzanimljivijih vlakana.

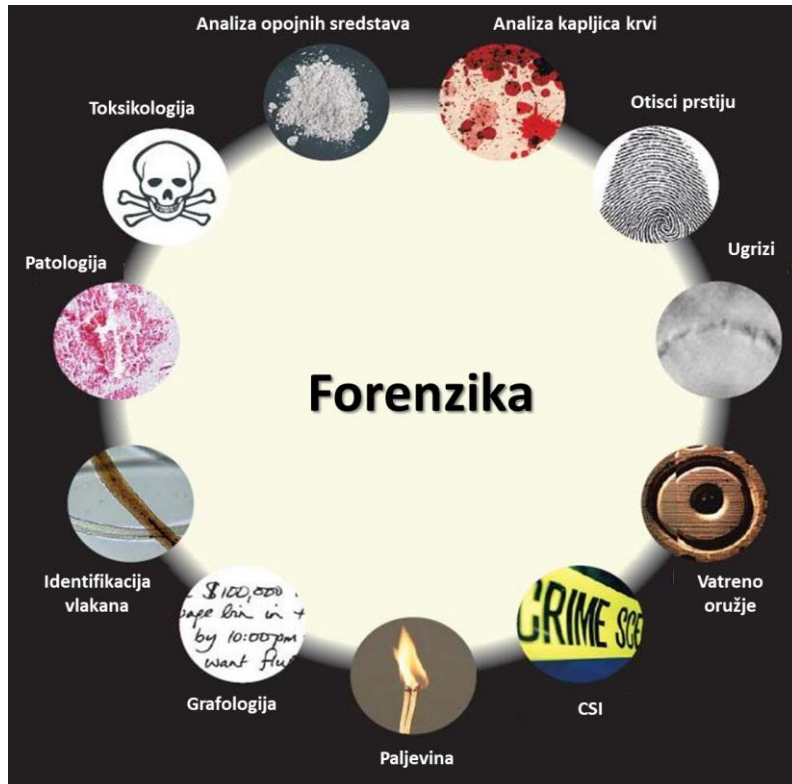


Slika 7. Hijerarhijska struktura vunenog vlakna

## 2.2. Forenzika

Forenzika je znanstvena disciplina koja obuhvaća skup znanstvenih načela i tehničko-taktičkih metoda (Slika 8) koje se koriste za otkrivanje, istraživanje i dokazivanje kaznenih djela s ciljem dokazivanja njihova postojanja i identiteta počinitelja, oblika krivnje, nastale štete i dr. [2, 3].

Primjenom forenzične znanosti dobivaju se odgovori na tri temeljna pitanja o:



Slika 8. Interdisciplinarnost forenzike

- postojanju kaznenog djela,
- identitetu počinitelja i suučesnika te
- vremenu, mjestu, načinu, sredstvu i motivu počinjenja kaznenog djela.

Temeljna svrha forenzike je utvrđivanje činjenica u sudskim ili upravnim postupcima te prikupljanje, analiza i čuvanje dokaza koji se koriste u sudskim postupcima kao sredstvo za dokazivanje ili oslobađanje krivnje.

Forenzična znanost se primjenjuje [22]:

- na mjestu gdje je počinjeno kazneno djelo i na drugim mjestima koje su u vezi s njim te
- u forenzičnom laboratoriju.

Forenzični laboratoriji u službi su represivnih tijela i pravosuđa, prije svega kaznenoga. To su pravne osobe ili organizacijske jedinice nadležne za provođenje forenzičkih ispitivanja, istraživanja i vještačenja vezana uz planirana, pripremana, pokušana ili počinjena kaznena djela.

S obzirom na usku suradnju s kaznenim pravosuđem, eksperti zaposleni u laboratoriju moraju posjedovati sljedeće kvalifikacije ili osobine [22]:

- profesionalno i životno iskustvo,
- kreativnost i sposobnost kombiniranja,
- stručnost i poštenje,
- nepristranost i kompetentnost,
- znanstvenu znatiželju te
- primjenu načela sumnje.

Kako bi mogli udovoljiti sve većim zahtjevima koje pred njih postavljaju relevantna tijela, forenzični laboratoriji moraju biti adekvatno organizirani po pitanju kadrovske ekipiranosti i tehničke opremljenosti. Uspjeh po pitanju otkrivanja, razjašnjavanja i dokazivanja kaznenih djela ne postiže se isključivo na terenu upotrebom tzv. operativne-terenske kriminalističke tehnike ili u laboratoriju primjenom tzv. istražnih tehnika i znanstvenih metoda već sinergijskim djelovanjem svih sudionika u istražnom postupku, uz strogo poštivanje suvremenih znanosti i struka te inovacija i želje da se timskim radom stigne do željenog cilja. Pritom svi vještaci i druge stručne osobe koje rade na mjestu zločina i u forenzičnim laboratorijima trebaju voditi računa o svojim mogućnostima i ograničenjima u svom području djelovanja, ograničenim mogućnostima laboratorijskog instrumentarija i pripadajućih metoda te o mogućnostima drugih sudionika u postupku. Kako bi zadovoljili minimum standarda u pogledu stručnosti i ostvarili kvalitetan rad na terenu i u laboratoriju eksperti i pomoćno osoblje podvrgavaju se edukaciji i stručnom osposobljavanju na svim razinama [22].

Na slici 9 prikazan je suvremeni forenzični laboratorij u Nevadi (SAD).



Slika 9. Primjer suvremenog forenzičkog laboratorija  
(Izvor slike: <https://www.lvcriminaldefense.com/nevada-criminal-process/procedure-in-criminal-cases/judgment-and-execution/forensic-laboratory-defined/>)

Za vrijeme trajanja kriminalističkog postupka potrebno je poduzeti adekvatne mjere s ciljem očuvanja identiteta i integriteta predmeta vještačenja, tzv. aservata. Predmet nad kojim se provodi vještačenje ne smije doći u doticaj s okolinom kako se ne bi kontaminirao te izravno utjecao na ishod forenzičnog i kaznenog postupka. To se nastoji spriječiti stalnom kontrolom i nadzorom, pravilnim otvaranjem ambalaže predmeta vještačenja te propisanim načinom pakiranja, obilježavanja i čuvanja dokaznih materijala [22].

Ovisno o predmetu vještačenja, u praksi je zastupljen čitav niz različitih znanstvenih postupaka koji se mogu primijeniti u postupku vještačenja pa se vještacima ostavlja na izbor koju će metodu primijeniti u svom radu. Bez obzira na razlike između metoda, bitno je osigurati da se primjenom različitih metoda dođe do istog rezultata. Kako bi se izbjegla potreba naknadne procjene znanstvene osnovanosti primijenjenih postupaka i metoda, prethodno se provode ispitivanja njihove validnosti [22].

Metode koje se koriste u suvremenoj forenzici moraju biti osjetljive, specifične, što jednostavnije i brže. Forenzičari moraju biti sposobni odabrati metodu koja će dati što sigurnije rezultate u što je moguće kraćem vremenskom roku i uz što manji financijski trošak. Isplativost pojedine metode može se dokazati postupkom eksperimentiranja na adekvatnom probnom materijalu. Valjanost dokaza i potvrdu ispravnog mišljenja vještaka moguće je provjeriti

primjenom tzv. paralelnih metoda, pri čemu dio korištenih metoda ima kontrolni karakter kojima se omogućava višestruka kontrola dobivenih rezultata i izbjegavanje zabluda [22].

Pogreške koje se pri forenzičnom vještačenju mogu pojaviti nastaju kao posljedica [22]:

- tehničkih nedostataka korištenih instrumenata i problematične točnosti,
- prirode korištene metode,
- korištenja neadekvatnih reagensa,
- psihofiziološkog stanja vještaka ili pomoćnog osoblja (umor, dekoncentracija i sl.)
- slučajnih uzroka.

Pogreške u postupku forenzičnog vještačenja mogu nastati kao posljedica nedostatka financijskih sredstava, što rezultira ograničenjem raspona znanstvenih metoda koje se mogu primjenjivati u postupku otkrivanja, istraživanja i dokazivanja kaznenih djela. Zbog nedostatnog budžeta nužno je štedjeti na mnogim stavkama poput štednje na reagensima, potrošnom materijalu, utrošku energije, vremenu vještačenja, održavanju laboratorijske aparature u ispravnom stanju i sl. Svi navedeni čimbenici znatno utječu na vrijeme i pouzdanost rezultata vještačenja [22].

Materijalni izvori informacija dijele se na [23]:

- tragove i predmete u vezi s počinjenim kaznenim djelom,
- isprave (dokumente) i
- tehničke registracije (snimke).

Tragovi se u kriminalističkom smislu definiraju kao materijalne promjene u vanjskom svijetu, nastale kao posljedica pripreme, pokušaja ili počinjenja kaznenog djela ili kriminalnog događaja i kao takve imaju dokaznu vrijednost u postupku kriminalističke obrade. Mogu nastati ili biti uzrokovani djelovanjem ljudi, životinja ili predmeta. Materijalne promjene u objektivnoj stvarnosti, nastale uslijed ili nakon pripreme, pokušaja ili počinjena kaznenog djela ili kriminalnog događaja, prisutne su na napadnutom objektu, tijelu osoba, odjeći, obući te na bilo kojem predmetu ili prostoru koje je u vezi s kaznenim djelom.

Tragovi se u forenzici i operativnoj kriminalističkoj praksi dijele obzirom na [23]:

- veličinu,
- broj značajnih dimenzija,
- uočljivost,
- podrijetlo,
- način nastanka i
- značaj.

S obzirom na veličinu, tragovi se dijele na makrotragove, mikrotragove i submikrotragove. Razlika među njima određuje se prema veličini traga koju ljudska osjetila mogu opaziti bez primjene tehničkih pomagala.

Podjela po broju značajnih dimenzija ovisi o osnovnim dimenzijama traga koje se koriste u identifikacijske svrhe. Prema ovom kriteriju razlikuju se površinski i reljefni tragovi.

Prema uočljivosti tragovi mogu biti vidljivi i nevidljivi.

Ovisno o podrijetlu tragovi mogu biti ljudskog, životinjskog ili biljnog podrijetla te tragovi predmeta ili tragovi djelovanja sile (požari, eksplozije).

Prema načinu nastanka tragovi se dijele na statičke i dinamičke. Statički tragovi nastaju dodirivanjem površina dvaju objekata koji se ne kreću, tj. kontaktom površina dvaju objekata i relativnim kretanjem objekata. Kao posljedica takvog kontakta nastaju otisci (preslikavanjem u jednoj ravnini) i utisci (ulaskom preslikanog objekta u drugi objekt). Dinamički tragovi nastaju kontaktom dvaju objekata, od kojih se barem jedan kreće u vrijeme nastanka traga, npr. tragovi sječenja, klizanja i sl.

Podjela po značaju traga izvodi se prema vrsti informacija koje sadrži trag. Trag obično daje odgovore na pitanja vezana uz postojanje kaznenog djela, mjesto, vrijeme, način ili sredstvo počinjenja kaznenog djela, identitet počinitelja, suučesnika ili žrtvu počinjenog kaznenog djela te motiv izvršenja kaznenog djela [23].

Iz svega navedenoga može se zaključiti da postojanje bilo kakvog traga u forenzičnom postupku može biti značajan za provedbu kriminalističke obrade, otkrivanje ili sprečavanje počinjenja kaznenog djela. S obzirom na zadanu temu i vrstu forenzičnog ispitivanja koje se u tu svrhu provodi, ne umanjujući pritom važnost drugih skupina tragova, u ovom radu bit će detaljnije obrađena i objašnjena važnost mikrotragova te njihov značaj za suvremenu forenziku.



Tragovi pronađeni na mjestu počinjenja kaznenog djela, na mjestu koje je u vezi s mjestom počinjenja kaznenog djela ili na objektu koji je neposredno povezan s počinjenim kaznenim djelom mogu se razlikovati prema veličini, količini, strukturi, koncentraciji ili općenito dimenzijama. Tragovi, čiji je informacijski sadržaj toliko neprimjetan da ga je gotovo nemoguće opaziti ljudskim osjetilima bez upotrebe određenih pomagala, nazivaju se mikrotragovi i za njihovo otkrivanje nužna je primjena specijalnih kriminalističko-tehničkih sredstava (operativnih, laboratorijskih) i razvijanje metoda (naročito forenzičnih) za njihovo pronalaženje, osiguranje, čuvanje i vrednovanje.

Da bi se određeni trag mogao uvrstiti u mikrotrag, moraju biti zadovoljeni određeni kriteriji. To se prije svega odnosi na:

- teškoće pri promatranju golim okom ili zapažanju nekim drugim osjetilom,
- nužnu primjenu mikroanalitičkih metoda za identifikaciju traga i
- ograničenost masom i obujmom.

Mikrotragovi nastaju prijenosom pa se ubrajaju u skupinu kontaktnih tragova. Njihova trajnost varira pa ih treba tražiti u svim slučajevima neovisno o protoku vremena od počinjenja kaznenog djela.

Mehanizam stvaranja traga složeni je proces, a njegovi elementi jesu [23]:

- uzročnik traga koji stvara trag,
- nositelj traga, odnosno objekt na kojem se trag odražava i
- njihov međusobni kontakt uslijed djelovanja energije: fizikalne, biološke i kemijske.

Traseološki kontakti mogu biti:

- aktivni i pasivni,
- jednoslojni i višeslojni,
- jednostrani i obostrani i
- neposredni i distancijski.

U najvećem broju slučajeva mikrotragovi se prenose tzv. kriminalnim kontaktom i drugim fizikalnim i kemijskim procesima. U stvaranju kriminalističkog traga mehanizmom kontakta ne sudjeluje čitav objekt već samo onaj dio njegove površine koji dolazi u kontakt s površinom drugog objekta. Općenito, mjesta i površine, s kojima su počinitelj ili žrtva posredno ili

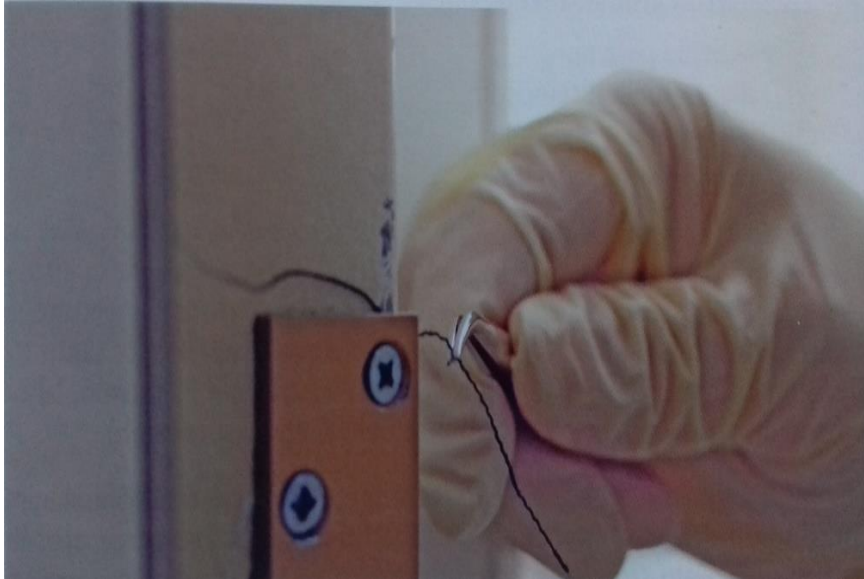
neposredno došli u dodir, nazivaju se kontaktne zone ili kontaktne površine, a otkrivaju se na temelju makrotraseološke situacije i misaone rekonstrukcije.

Prema kontaktnoj teoriji mikrotragova ili teoriji transferacije, pri svakom kontaktu između dva objekta (predmeta, osoba i sl.) dolazi do prijenosa tvari u bilo kojem obliku s jednog objekta na drugi. Prijenos mikročestica određen je količinom i vrstom materijala predmeta i tvari koje su kontaktirale, o snazi kontakta i njegovu trajanju te uvjetima okoline u trenutku kontakta [23].

Prikupljanje mikrotragova izvodi se primjenom posebnih metoda i sredstava. Najčešće se koriste ljepljive trake, priručni usisivači prašine s filterima, daktiloskopske folije, magnetizirani ili naelektrizirani štapovi itd. Mikrotragovi se izuzimaju i postupcima struganja, upijanja i pranja [24].

Uobičajeno je da se veći fragmenti uglavnom prikupljaju rukom ili uz pomoć povećala i pincete. Za prikupljanje manjih čestica prikladnija je uporaba usisivača s papirnim filtrom, na kojemu ostaju tragovi za daljnju analizu. Primjenom ljepljive vrpce prikupljaju se tragovi na relativno malim površinama.

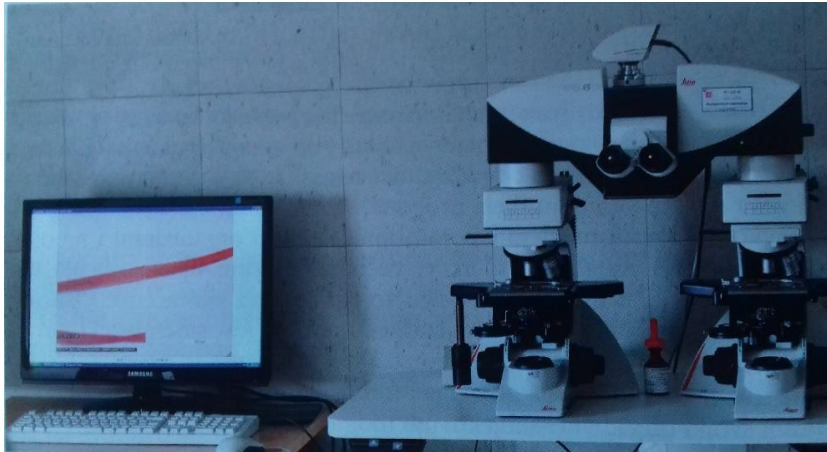
Na slici 10 prikazan je jedan od načina prikupljanja tragova na mjestu događaja.



Slika 10. Trag tekstilnog vlakna na mjestu događaja  
(Izvor slike: Modly D., Mršić G.: "Forenzika: Suvremene kriminalističke teorije")

Otkrivanje mikrotragova u laboratoriju izvodi se uz primjenu mikroskopa. U usporedbi s drugim metodama ispitivanja, mikroskopske metode imaju nekoliko prednosti: ne uništavaju uzorke, najčešće ne zahtijevaju posebnu pripremu uzorka, a mikroskopi su jednostavni za korištenje i pomoću njih je moguće razlikovati različite vrste mikrotragova [24].

Na slici 11 prikazana je aparatura koja se koristi u postupku vještačenja tekstilnih vlakana.



Slika 11. Komparativni mikroskop za vještačenje tekstilnih vlakana  
(Izvor slike: Modly D., Mršić G.: “Forenzika: Suvremene kriminalističke teorije“)

### 2.2.1. Identifikacija dlaka i keratinskih vlakana

Forenzička identifikacija dlaka i kose može biti od iznimne važnosti u dokazivanju ili odbacivanju povezanosti između osumnjičenika i žrtve ili osumnjičenika i mjesta zločina.

Forenzičko ispitivanje dlaka i kose provodi se usporedbom i analizom morfoloških karakteristika kose. Na taj način moguće je odrediti jesu li dlaka i kosa ljudskog ili životinjskog podrijetla. U praksi se najčešće provodi usporedba nepoznatog uzorka s uzorkom kojemu je poznato podrijetlo.

Za identifikaciju dlaka i kose potrebno je provesti makrometrijska, makroskopska i mikroskopska ispitivanja [25].

Makrometrijskim i makroskopskim ispitivanjem određuju se duljina, promjena pigmentacije, oblik i boja. Mikroskopsko ispitivanje provodi se s ciljem utvrđivanja izgleda kutikule, medule, debljine itd. [25]

Za potrebe ispitivanja makroskopskih karakteristika dlake koristi se stereomikroskop (Slika 12). Mikroskopske karakteristike utvrđuju se na običnom svjetlosnom mikroskopu (Slika 13). U procesu identifikacije dlake važno je imati odgovarajuće uzorke od osumnjičenih ili žrtava.



Slika 12. Stereo mikroskop tt. Luminoptic (Izvor slike: <https://microscopes.com.au/products/asz200b-stereo-microscope-10x-30x-magnification>)



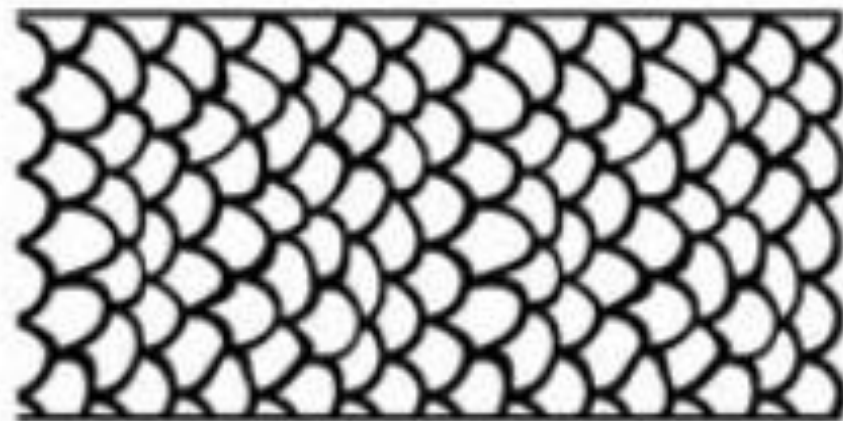
Slika 13. Svjetlosni mikroskop (Izvor slike: <https://www.indiamart.com/proddetail/compound-light-microscope-10041852873.html>)

Identifikacija keratinskih vlakana izvodi se metodom vizualnog promatranja površine vlakna primjenom mikroskopa. Izgled površine keratinskih vlakana ovisi o porijeklu vlakna. Karakteristično svojstvo svih keratinskih vlakana je prisutnost ljusaka duž cijele površine vlakna. Broj, oblik i veličina ljusaka nije konstantna kod svih keratinskih vlakana već ovisi o vrsti i pasmini životinje. Medula, odnosno kanal koji se proteže duž vlakna, nije prisutna kod svih vrsta keratinskih vlakana [26].

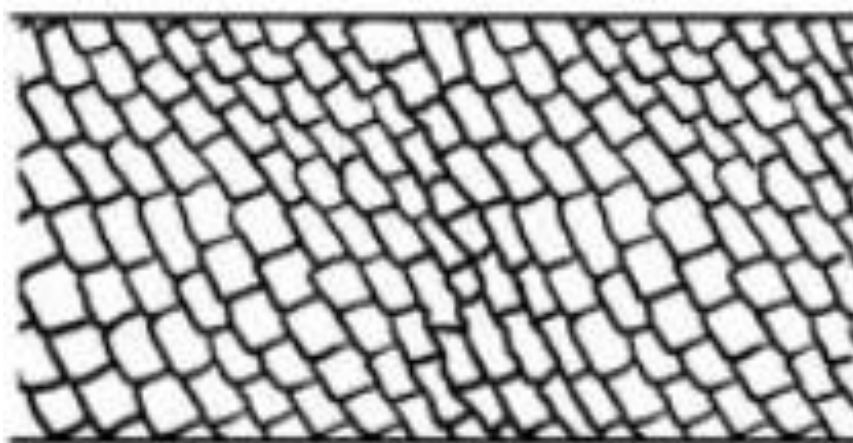
Za potrebe identifikacije životinjskih vlakana ispituju se brojne karakteristike vlakna, a to su pigmentacija, promjer vlakna, oblik ljuske, prisutnost medule, oblik korijena i sl. Životinjske dlake mogu posjedovati čitav niz različitih svojstava koja su biološki određena vrstom životinje, zemljopisnom regijom, klimom, načinom ishrane i drugim čimbenicima. Kao posljedica različitih čimbenika koji utječu na rast i razvoj životinjske dlake javljaju se određena odstupanja pri usporedbi karakteristika i svojstava više vrsta dlaka (npr. različitost pigmenta, prugavost vlakna, oblik ljusaka, izgled medule, kovrčavost vlakna itd.). To su čimbenici koji se uzimaju u obzir prilikom identifikacije raznih vrsta životinjskih dlaka i koriste se za raspoznavanje i razlikovanje dlake prema pripadnosti određenoj životinji ili pasmini životinje. Veličina, oblik i raspored uzoraka na površini vlakna jasno određuju karakteristične osobine određene vrste dlake [26].

Životinjske dlake posjeduju brojne makroskopske i mikroskopske karakteristike koje pomažu pri identifikaciji vlakna i služe kao poveznica s određenom vrstom životinje. U procesu identificiranja životinjske dlake moguće je susresti tri tipa dlake: krzno, taktilna dlaka i zaštitna dlaka. Krzno je fini unutarnji sloj dlake koji životinji osigurava toplinu i izolaciju. Taktilna dlaka, smještena na glavi životinje, služi životinji kao osjetilna dlaka. Vanjski sloj dlake životinje naziva se zaštitna dlaka koja štiti životinju od vanjskih utjecaja. Podjela prema namjeni i tipu dlake znatno olakšava klasifikaciju makroskopskih i mikroskopskih obilježja životinjske dlake. Podjela životinjskih dlaka izvodi se na temelju raznih karakteristika dlaka kao što su boja, distribucija pigmenta, izgled kutikule, izgled medule, širina medule i korteksa, izgled korijena te promjer i duljina vlakna [26].

Dlaka jelena (Slika 14) i antilope (Slika 15) vrlo je gruba, a izgled površine dlake nalik je na valove. Korijen dlake specifičnog je oblika i nalikuje na bocu za vino. Medula je sastavljena od okruglih stanica i proteže se duž cijelog vlakna. Precizna identifikacija dlake provodi se mikroskopskim promatranjem osnovnih karakteristika dlake uz primjenu skale uzoraka ljusaka [26].



Slika 14. Izgled kutikule dlake jelena (Izvor slike: Wheeler, P.B., Wilson, J.L.: Practical Forensic Microscopy [26])



Slika 15. Izgled kutikule dlake antilope (Izvor slike: Wheeler, P.B., Wilson, J.L.: Practical Forensic Microscopy [26])

S obzirom na vrstu životinje, na svakoj promatranoj dlaci može se primijetiti drugačiji uzorak boja. Korijen npr. jelenje dlake obično je bijele do svijetlo sive boje, dok se prema kraju dlake boja mijenja od sivo-smeđe prema žutoj ili crnoj na vrhu dlake. Dlaka losa (kanadskog jelena) koja raste iz korijena smeđo-sive je boje koja postupno prelazi u žutu ili crnu pri vrhu dlake. Općenito vrijedi pravilo da dlake koje pripadaju istoj životinji imaju gotovo identična obojenja, a minimalne razlike u boji dlake karakteristične su za različite pasmine.

Dlake dobivene od krzna raznih životinja mogu se bitno razlikovati po debljini. Ipak, identificiraju se na temelju mikroskopske analize prema karakterističnom uzorku medule i obliku ljusaka te boji dlake koja može varirati ovisno o pasmini životinje.

Dlake domaćih životinja određene su veličinom poprečnog presjeka, a dužina dlaka ovisi o više čimbenika. Kod ove vrste dlaka medula je amorfne oblika. Identifikacija dlaka provodi se

mikroskopskom analizom oblika korijena dlake i ljusta kojom se može odrediti pripadnost dlake određenoj vrsti životinje [26].

### 2.2.2. DNA analiza

Za razliku od mikroskopske analize dlake i kose, DNA analizom moguće je izdvojiti DNA iz ljudskog uzorka ili nekog drugog izvora te ga povezati s identitetom određene osobe korištenjem jezgrine DNA iz folikularnog tkiva s korijena dlake [27].

DNK ili deoksiribonukleinska kiselina (*engl. DNA, deoxyribonucleic acid*) skupni je naziv za nasljedni materijal kojeg sadrži skoro svaka stanica u tijelu osobe (izuzev odumrlih stanica kože, noktiju i kose koja ne sadrži korijen). Većina DNK sadržana je u staničnoj jezgri i naziva se nuklearna DNK, dok je manji dio moguće naći u mitohondriju u citoplazmi stanice (tzv. mitohondrijska DNK, mtDNK).

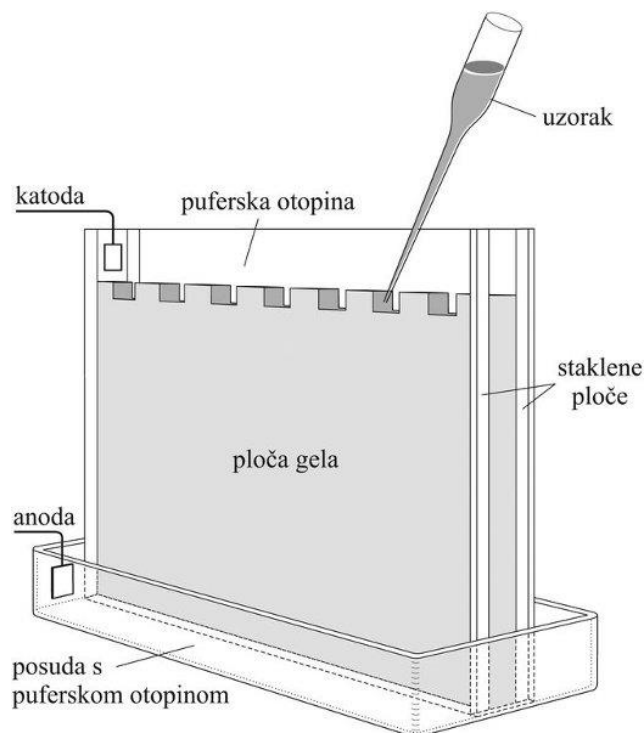
DNA analiza utvrđivanja identiteta osobe provodi se prikupljanjem bioloških uzoraka koji sadrže ljudski DNA u ili na sebi. DNA je moguće odrediti iz uzorka sline, sperme, krvi, izmeta, urina, kose s korjenom, kosti, tkiva i raznih stanica. Međutim, DNA je moguće pronaći i na drugim mjestima poput rukavica, naočala, oružja i sl.

Nekada se DNA analiza provodila tehnikom DNA otiska, no danas se uglavnom koristi postupak DNA profiliranja koji daje puno preciznije i pouzdanije rezultate.

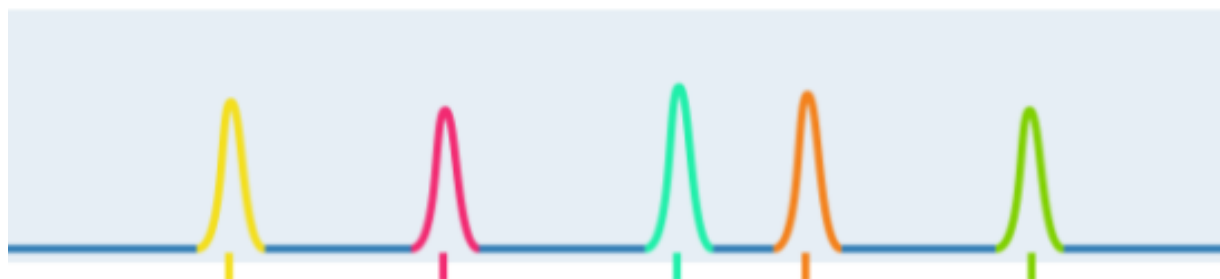
DNA profiliranje naziv je postupak DNA analize koji se oslanja na mikrosatelite. Mikrosateliti predstavljaju tzv. „kratka ponavljanja u tandemu“ (*engl. STR, short tandem repeats*) i sadrže 2-5 baznih parova.

Postupak profiliranja provodi se izdvajanjem DNA iz uzorka, nakon čega se postupkom lančane reakcije polimeraze (*engl. PCR, polymerase chain reaction*) stvaraju kopije specifičnog STR slijeda. Pritom se koriste sitni djelići DNK (tzv. primeri) koji služe za učvršćivanje fluorescentnih oznaka na tzv. STR-ove. Razdvajanje proteina i drugih makromolekula poput DNA najčešće se odvija postupkom tzv. gel elektroforeze (Slika 16), zbog odličnih sposobnosti gela da djeluje kao sito za odvajanje molekula [28, 29].

Prolaskom kroz laser svaki fragment označen fluorescentnom oznakom poprima sjaj određene boje. DNK profil dobiva se kao niz obojenih vrhova, pri čemu se ističe boja i duljina svake STR sekvence (Slika 17).



Slika 16. Elektroforeza na ploči gela (Izvor slike: elektroforeza. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2020. Pristupljeno 25. 10. 2020. <<http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=17608>>.)



Slika 17. Prikaz DNA profila (Izvor slike: <https://recipe-cpsa.com/dnk-analizom-protiv-zlocina-i-obiteljskih-neistina/>)

U suvremenim forenzičnim ispitivanjima DNA profili imaju veliku važnost pri otkrivanju identiteta osobe. Vrlo mali uzorci ljudskog materijala (krv, slina, kosa i sl.) nađeni na mjestu zločina, mogu se uspoređivati i poslužiti za analizu između više DNK profila, pri čemu je moguće povezati osobu s mjestom zločina ili otkloniti sumnju.



DNK analiza primjenjuje se u rješavanju zločina, testiranju očinstva, identifikaciji žrtava katastrofe i sl. To je izuzetno pouzdana i precizna tehnika koja daje vrlo pouzdane podudarnosti te može poslužiti kao snažni dokaz u rješavanju kaznenih djela [28].

### 3. EKSPERIMENTALNI DIO

#### 3.1. Zadatak rada

Iako je identifikacija keratinskih vlakana s tekstilno tehnološkog stajališta vezana isključivo na morfologiju vlakana (izgled ljuskave površine), u novije vrijeme za potrebe bržih identifikacija forenzičari koriste različite instrumentalne metode, prvenstveno DNA analizu. Međutim, različitosti unutar pojedine vrste pasmine životinja (sojevi pasmine) nisu istraživani u forenzičnom smislu.

Stoga je zadatak ovog rada istražiti mogući način identifikacije vune različitih sojeva autohtone hrvatske pasmine ovaca (pramenke) i utvrditi protokol mikroskopskog ispitivanja vune kao forenzičnog dokaza.

#### 3.2. Metodologija

##### 3.2.1. Plan eksperimenta

Pramenka kao autohtona hrvatska pasmina ovaca obuhvaća različite sojeve koji su razvijeni temeljem različitih klimatskih vegetacijskih uvjeta u RH.

Budući da postoje različitosti koje definiraju pojedini soj (masa tijela, količina i kvaliteta vune itd.), pretpostavljeno je da bi detaljna analiza morfologije vlakana mogla ukazati na različitost izgleda površine i na taj način doprinijeti preciznijoj forenzičkoj identifikaciji, ukoliko nije moguće izvršiti DNA identifikaciju. S tim ciljem istražiti će se morfologija površine vunениh vlakana različitih sojeva pramenke.

Uz pomoć programa za analizu mikroskopskih slika i grafičkog programa potražiti će se podudarnost ili ne oblika i veličine ljusaka odabranih uzoraka vunениh vlakana. Takvim objektivnim opisivanjem izgleda vunениh vlakana moći će se korigirati protokol forenzičnog ispitivanja npr. ljudske dlake kao keratinskih vlakana [30].

### 3.2.2. Korištene metode i uređaji

Za određivanje specifičnosti ljskave površine pojedinih uzorka vunениh vlakana (različiti sojevi pramenke) korištena je mikroskopska metoda priprave preparata za mikroskopiranje uzdužne slike vlakana. Mikroskopiranje je provedeno na univerzalnom mikroskopu Olympus BX51 (Slika 18.), kao sredstvo za pripremu preparata korištena je destilirana voda, a preparat je promatran u prolaznom i reflektiranom svjetlu uz povećanja x100 i x1000.



Slika 18. Oprema za izradu i analizu mikroskopskih slika vlakana (Izvor slike: [http://stari.ttf.hr/slike/oprema\\_labosa/zmvit\\_image029-vel.jpg](http://stari.ttf.hr/slike/oprema_labosa/zmvit_image029-vel.jpg))

Pomoću računalnog programa analySIS provedena je digitalna analiza mikroskopskih slika (mikro-foto i mikro-morfometrija) kako bi se dobili objektivni pokazatelji karakteristika površine pojedinih vlakana te kako bi se definirali pokazatelji različitosti i/ili sličnosti pojedinih uzoraka.

### 3.2.3. Uzorci za ispitivanje

Za ispitivanje su odabrana 3 različita soja pramenke (Slika 19): pazinska pramenka (PP), gospićka pramenka (GP) i creska pramenka (CP).



Slika 19. Prikaz sojeva pramenki korištenih za ispitivanje

## 4. REZULTATI I RASPRAVA

### 4.1. Mikroskopske karakteristike ispitivanih vuna

Na slikama 20-22 prikazan je izgled vunениh vlakana pojedinog uzorka (različiti sojevi pramenke).



Slika 20. Mikroskopski izgled vlakana u uzorku PP (x100)



Slika 21. Mikroskopski izgled vlakana u uzorku GP (x100)



Slika 22. Mikroskopski izgled vlakana u uzorku CP (x100)

Iz slike 20 vidljivo je da su vlakna u runu pazinske pramenke relativno ujednačenog (debljina vlakna uzduž vlakna) i vrlo sličnog izgleda. Zbog pogodnog podneblja i blage klime vuna je relativno fina, s jasno izraženim ljuskama, a medula nije detektirana. Vlakna nemaju medulu.

Vlakna u uzorku runa gospičke pramenke (slika 21) različitog su izgleda i debljine. Na pojedinim vlaknima vidljiva je prisutnost medule (kontinuirana i diskontinuirana) koja je dijelom odlika soja, a dijelom se razvila kao posljedica oštih klimatskih uvjeta u području uzgoja (Lička županija). Vuna gospičke pramenke je gruba, a značajan je i udio osjastih vlakana (vlakna čija je širina medule veća od 60% širine samog vlakna).

Na slici 22 vidljiva su fina i gruba vlakna u uzorku creske pramenke. Vlakna su različite debljine, a na pojedinim vlaknima vidljiva je prisutnost kontinuirane medule. Ljuske su izrazito slabo izražene. Nepravilnost u izgledu pojedinih vlakana (uzdužna nejednoličnost debljine) ukazuje na moguću bolest životinje.

Temeljem mikroskopske analize uzoraka vlakana iz pojedinih runa, a u skladu s preporučenim FBI protokolom za identifikaciju i usporedbu ljudskih dlaka provedena je karakterizacija ispitivanih uzoraka [30], (modifikacija metode / identifikacija i usporedba životinjskih dlaka tj. vune). Rezultati su prikazani u tablici 1.

Tablica 1. Karakteristike ispitivanih uzoraka sukladno FBI karakteristikama za identifikaciju i usporedbu ljudskih dlaka

SVOJSTVO		UZORAK PP	UZORAK GP	UZORAK CP
1.	BOJA	bijela	bijela	bijela
2.	KOZMETIČKI TRETMANI	N/P	N/P	N/P
3.	FORMA VLAKNA	ravno	ravno	blago kovrčavo
4.	DULJINA	N/P ovisna o razmaku između dva striga	N/P ovisna o razmaku između dva striga	N/P ovisna o razmaku između dva striga
5.	DEBLJINA	32-36 $\mu\text{m}$ [31]	32-36 $\mu\text{m}$ [31]	28-30 $\mu\text{m}$ [31]
6.	OBLIK POPREČNOG PRESJEKA	kružan	kružan/ovalan	kružan/ovalan
7.	FORMA CENTRALNOG DIJELA	bez medule	bez ili s medulom (kontinuirana i diskontinuirana)	bez ili s medulom (kontinuirana)
8.	KORIJEN VLAKNA	nema	nema	nema
9.	KUTIKULA	vidljiva	vidljiva (vidljiva na rubovima)	vidljiva (vidljiva na rubovima)
10.	OSTALA SVOJSTVA	/	/	/
11.	PIGMENTACIJA	NE	NE	NE
12.	VELIČINA PIGMENTA	N/P	N/P	N/P
13.	NAKUPINE PIGMENTA	N/P	N/P	N/P
14.	VELIČINA NAKUPINA PIGMENTA	N/P	N/P	N/P
15.	GUSTOĆA PIGMENTA	N/P	N/P	N/P

16.	DISTRIBUCIJA PIGMENTA	N/P	N/P	N/P
17.	MEDULA (TIP)	NE	DA (diskontinuirana i kontinuirana)	DA (kontinuirana)
18.	OŠTEĆENJA	NE	NE	NE
19.	BOLESTI	NE	NE	NE/možda (nejednoličnost debljine pojedinačnog vlakna)

Iz rezultata ispitivanja prikazanih u tablici 1 razvidno je da značajnije razlike koje bi omogućile preciznu identifikaciju pojedinih sojeva unutar pasmine pramenke ne postoje.

Naime, od 19 iskazanih karakteristika (za ljudsku dlaku odnosno kosu) 6 njih nije primjenjivo za karakterizaciju vunениh vlakana (N/P; svojstvo 2, 12-16). Dodatno, neke karakteristike su promjenjive i ovise o ljudskom faktoru poput npr.: duljine (svojstvo 4; ovisi o vremenskom razmaku između dva striga), bolesti i oštećenja (svojstvo 18 i 19; ovise o uzgojnim uvjetima i brizi ovčara).

Jedina signifikantna razlika (prema tablici 1) između ispitivanih uzoraka vune različitih sojeva pramenke je medula, točnije postojanje i vrsta meduliranih vlakana u uzorku. Međutim, budući da je medula dijelom posljedica genetskog nasljeđa, a dijelom uzgojnih uvjeta (klimatske prilike) nije moguće precizno identificirati pojedinačni soj (PP; GP; CP) unutar pojedine pasmine (pramenka).

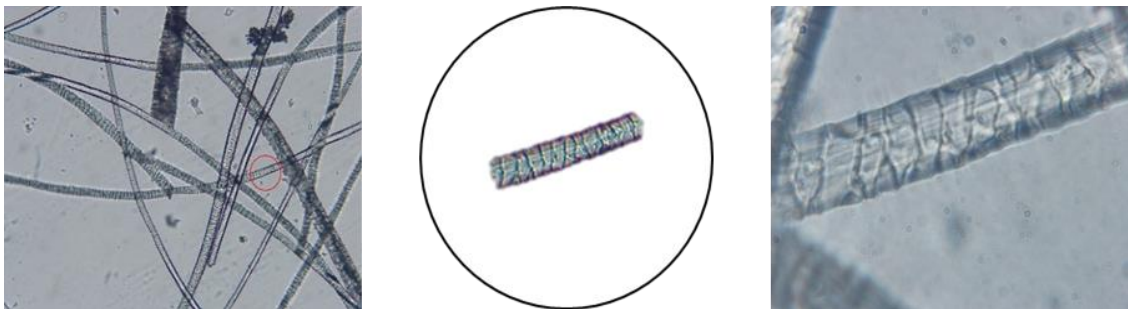
#### 4.2. Karakteristike kutikule ispitivanih vuna

Budući da je oblik ljustaka kutikule pojedinih životinjskih vrsta način njihova razlikovanja, isti princip je primijenjen i za analizu ljuskave površine ispitivanih uzoraka vunениh vlakana. Kako bi se izbjegla varijabilnost oblika/veličine ljustaka koja je uvjetovanja finoćom (fina vlakna - prstenaste ljustke; gruba vlakna – pločaste ljustke) za daljnja ispitivanja su odabrana vlakna približno iste finoće (slike 23-25).





Slika 23. Mikroskopski izgled vlakana PP (x100 i x1000)



Slika 24. Mikroskopski izgled vlakana GP (x100 i x1000)

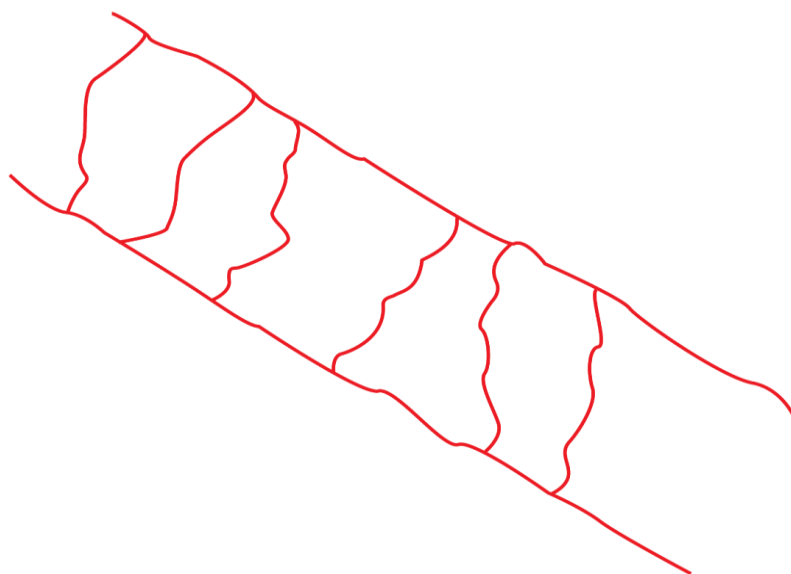


Slika 25. Mikroskopski izgled vlakana CP (x100 i x1000)

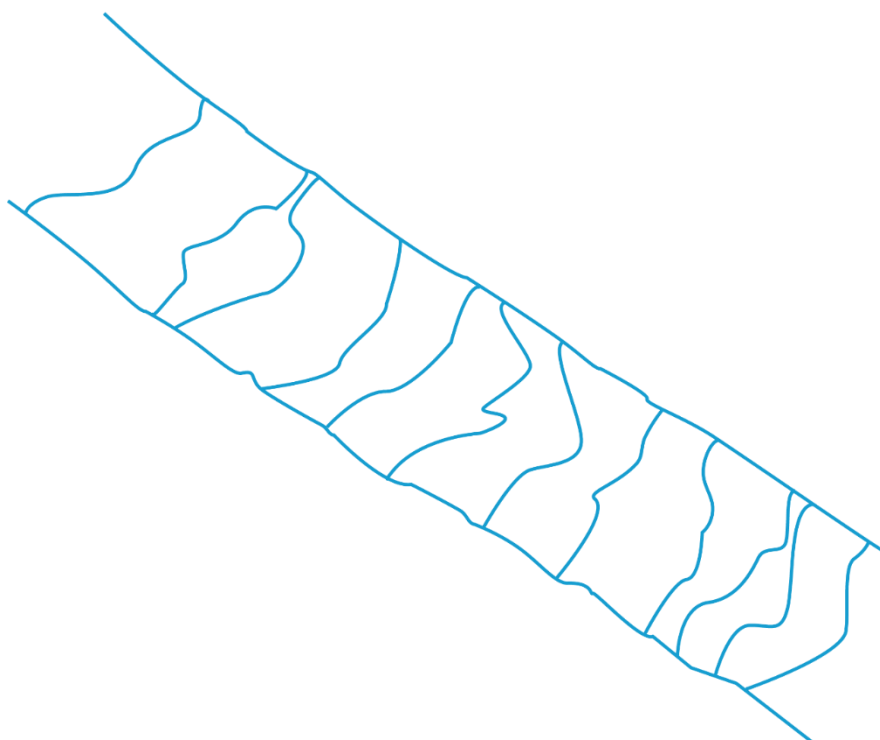
Uz pomoć računalnog programa (Adobe Photoshop 7.0) ocrtani su obrisi ljusaka pojedinih vlakana. Dobivene sheme ljuskave površine prikazane su na slikama 26-28.

Slika 29 prikazuje skupni prikaz shema svih ispitanih vlakana.

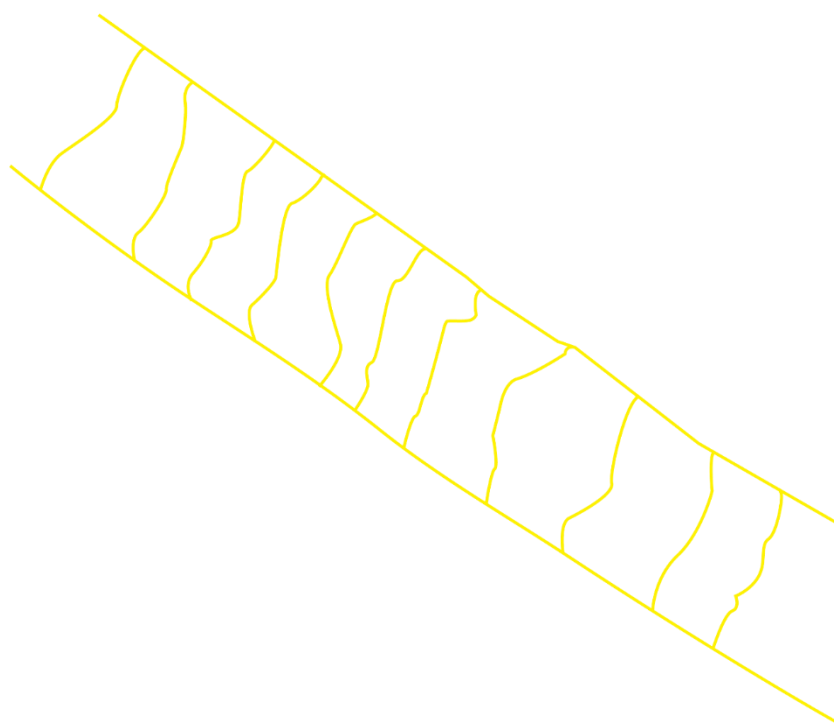




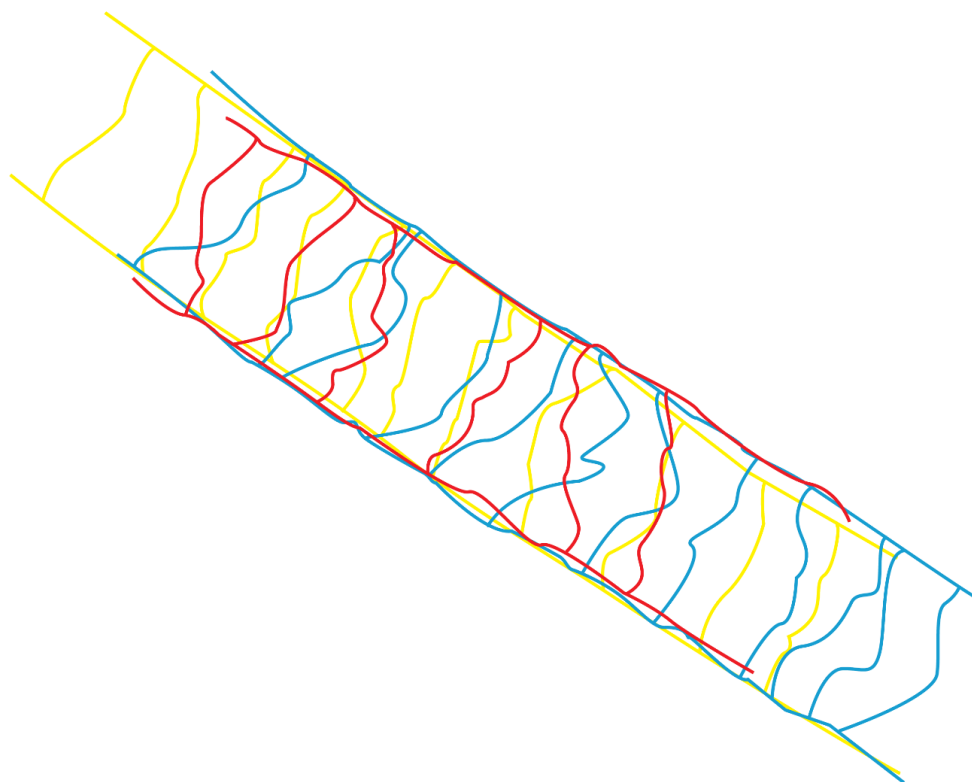
Slika 26. Oblik ljusaka na vlaknu pazinske pramenke (PP)



Slika 27. Oblik ljusaka na vlaknu gospićke pramenke (GP)



Slika 28. Oblik ljustaka na uzorku creske pramenke (CP)



Slika 29. Skupni prikaz oblika ljustaka za pazinsku pramenku (crveno), gospićku pramenku (plavo) i cresku pramenku (žuto)

Iz slike 29 jasno je vidljivo da svi ispitani sojevi imaju prstenaste ljuske. Ukoliko se promotri broj ljusaka na istoj duljini vlakna vidljivo je da gospićka pramenka (plavo) ima najveći broj ljusaka dok je taj broj kod creske pramenke cca 10%, a kod pazinske pramenke cca 20% manji. Samim time veličina ljusaka koja se vidi kod pojedinih sojeva je različita i mogla bi biti objektivni pokazatelj različitosti vunenih vlakana pojedinih sojeva unutar jedne pasmine. Ipak, za to su potrebna dodatna brojna mjerenja te istovrsna analiza vlakana različitih debljina.

## 5. ZAKLJUČAK

Istraživanja mogućeg načina identifikacije vune različitih sojeva autohtone hrvatske pasmine ovaca (pramenke) provedena u ovom radu pokazala su:

- DNA analiza koja se prakticira u forenzici nije primjenjiva za vunena vlakna budući da ista (zbog uobičajenog načina dobivanja – striže ovaca) ne sadrže korijen.
- Mikroskopske metode identifikacije vunениh vlakana zbog njihove specifične površine primjenjivije su za forenzičnu identifikaciju.
- FBI protokol za karakterizaciju, identifikaciju i usporedbu ljudskih dlaka nije primjenjiv za vunena vlakna različitih sojeva (PP; GP: CP) jedne pasmine ovaca (pramenke).

Suvremene metode digitalne analize mikroskopskih slika pokazuju se kao pogodan alat u nedestruktivnoj identifikaciji vlakana te kao jedan od mogućih puteva u nedestruktiva forenzično razlikovanje vlakana pojedinih sojeva unutar jedne pasmine ovaca.

## 6. LITERATURA

- [1] Klaić, B.: Rječnik stranih riječi, Nakladni zavod MH, ISBN 86-401-0038-1, Zagreb, 2000.
- [2] Zečević, D.: Forenzičar u sudnici, Naklada Ljevak, Zagreb 2006.; ISBN 953-178-793-X
- [3] Petraco, N., Kubic, T.: Color Atlas and Manual of Microscopy for Criminalists, Chemists and Conservators, CRC Press, ISBN 0-8493-1245-0, USA, 2003.
- [4] Hyde, N.: Fabric of History, National Geographic, **100** (1988) 2, 552 - 583., ISSN 0027-9358
- [5] Čunko, R., Andrassy, M.: Vlakna, Zrinski d.d., ISBN 9789531550895, Zagreb, 2005.
- [6] vuna. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2020. Pristupljeno 25. 10. 2020.  
<http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=65693>
- [7] Držaić, V., Kasap, A., Širić, I., Mioč, B.: Proizvodnja i postupci s vunom na području Republike Hrvatske. [https://bib.irb.hr/datoteka/926953.Drai\\_i\\_sur\\_2018.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/926953.Drai_i_sur_2018.pdf). Pristupljeno 02.09.2020.; <https://bib.irb.hr/>
- [8] Global Market Study on Wool: Industry Focusing on Research and Development as Demand Continues to Wane; <https://www.persistencemarketresearch.com/market-research/wool-market.asp>, od 06/2019; <https://www.persistencemarketresearch.com/>
- [9] Vlakna; <https://tehnika.lzmk.hr/tehnickaenciklopedija/vlakna.pdf>. Pristupljeno 02.09.2020.; <https://tehnika.lzmk.hr/>
- [10] Raffaelli, D., Vujasinović, E.: Priprema vune za prodaju, Zbornik radova, Savjetovanja HGK i TTF-a: Ovčarstvo u Republici Hrvatskoj i prerada ovčjih proizvoda (mesa, mlijeka, kože i vune), Zagreb, 16. rujan 1993., 19 - 23.
- [11] Vujasinović, E., Raffaelli, D.: Ovčarstvo i proizvodnja kvalitetne vune u Republici Hrvatskoj (analiza istarsko-creskog područja), 2. Međunarodni simpozij "Stočarski znanstveni dani - aktualni problemi razvoja stočarstva", Rovinj 21.- 23. rujna 1994.

- [12] Vujasinović, E., Soljačić, I.: Projekcija mogućeg zbrinjavanja otpadne domaće vune u skladu sa smjernicama održivog razvoja, Zbornik radova savjetovanja Tehnologije zbrinjavanja otpada, Salopek, B. (ur.), Zagreb, Akademija tehničkih znanosti Hrvatske, 2006, 63-71.
- [13] Zahn, H., Wulfhorst, B., Kulter, H.: Wolle (Schafwolle) - Feine Tierhaare, Chemiefasern/Textil industrie **41/93** (1991) 5, 521 - 553.
- [14] Hearle, J.W.S., Peters, R.H.: Fibres Structure, Butterworth & Co. Ltd., London 1963.
- [15] Onions, W.J.: Wool. An Introduction to its Properties, Varieties, Uses and Production, Ernest Benn Ltd., London 1962.
- [16] IWS: Analysis of the Wool Fibre, International Wool Secretariat, London 1986., I/66-70.
- [17] Freddi, G., Mainfreni, T.: Analisi quantitative delle miste lana-mohair e lana-cashmere, Laniera, **3** (1987) 4, 101 - 106.
- [18] ASTM D276/69: Characteristics of Fibers with Surface Scales
- [19] Negri, A.P., Cornel, H.J., Rivetti, D.E.: A Model for the Surface of Keratin Fibers, Textile Res.J., **63** (1993) 2, 105 - 115.
- [20] Raffaelli, D., Vujasinović, E.: Bubrenja keratinskih vlakana u vodi, Tekstil, **39** (1990) 9.
- [21] Ryder, M.L.: Fleecage Measurement of Some Miscellaneous Native Unimproved Sheep, J. Text.Inst. **64** (1973) 1, 13 - 19.
- [22] Modly, D., Mršić, G.: Forenzika: Suvremene kriminalističke teorije, Hrvatska sveučilišna naklada, ISBN 978-953-169-300-4, Zagreb, 2014.
- [23] Modly, D., Mršić, G.: Uvod u kriminalistiku, Hrvatska sveučilišna naklada, ISBN 978-953-169-280-9, Zagreb, 2014.
- [24] Platt, R.: Mjesto zločina: Vodič kroz forenzičnu znanost, Naša djeca, ISBN 953-171-670-6, Zagreb, 2004.
- [25] Štrak, M., Hobljaj, S., Stemberga, V., Šoša, I. i Cuculić, D. (2018). Biološki tragovi na mjestu događaja. Medicina Fluminensis, 54 (2), 129-139.  
[https://doi.org/10.21860/medflum2018\\_198233](https://doi.org/10.21860/medflum2018_198233)

- [26] Wheeler, P.B., Wilson, J.L.: Practical Forensic Microscopy, Wiley-Blackwell, ISBN 978-0-470-03176-6, Chichester, 2008.
- [27] Košćec, H. (2020). Analiza dlake u forenzici (Završni rad). Preuzeto s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:307784>
- [28] Paljar, S.: DNK analizom protiv zločina i obiteljskih neistina, od 21.veljače 2020.; <https://recipe-cpsa.com/dnk-analizom-protiv-zlocina-i-obiteljskih-neistina/>
- [29] Bohaček, B.: <http://e-skola.biol.pmf.unizg.hr/odgovori/odgovor293.htm>. Pristupljeno 22.10.2020.
- [30] Oien T., C.: Forenzična usporedba kose: Osnovne informacije za tumačenje, [https://archives.fbi.gov/archives/about-us/lab/forensic-science-communications/fsc/april2009/review/2009\\_04\\_review02.htm](https://archives.fbi.gov/archives/about-us/lab/forensic-science-communications/fsc/april2009/review/2009_04_review02.htm); Pristupljeno 15.10.2020.; <https://www.fbi.gov/>
- [31] Hrvatski savez uzgajivača ovaca i koza; <http://www.ovce-koze.hr/ovcarstvo-kozarstvo/ovcarstvo-i-kozarstvo-u-rh/ovcarstvo-i-kozarstvo-u-rh/pasmine-ovaca/istarska-ovca/>. Pristupljeno 25.10.2020.; <https://www.ovce-koze.hr/>.