

# Koncentracija esencijalnih elemenata u ljudskoj kosi

---

Ramljak, Sara

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Medicine / Sveučilište u Rijeci, Medicinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:184:613195>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-28**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Medicine - FMRI Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
MEDICINSKI FAKULTET  
SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ  
SANITARNOG INŽENJERSTVA

Sara Ramljak

KONCENTRACIJA ESENCIJALNIH ELEMENATA U LJUDSKOJ KOSI

Diplomski rad

Rijeka, 2023.godina

Mentor rada: doc. dr. sc. Dijana Tomić Linšak, dipl. sanit. ing.

Diplomski rad obranjen je dana \_\_\_\_\_ u/na \_\_\_\_\_

---

pred povjerenstvom u sastavu:

1. Izv.prof.dr.sc. Sandra Pavičić Žeželj, dipl.sanit.ing.
2. Izv.prof.dr.sc. Dalibor Broznić, dipl.sanit.ing.
3. Doc.dr.sc. Dijana Tomić Linšak, dipl.sanit.ing.

Rad sadrži 44 stranice, 6 slika, 14 tablica, 62 literaturna navoda.

## ZAHVALA

*Zahvaljujem se mentorici doc.dr.sc. Dijani Tomić Linšak, dipl. sanit. ing. na svim savjetima i podršci koju mi je pružala tijekom provedbe istraživanja i izrade ovog diplomskog rada.*

*Zahvaljujem se kolegici Lei Perić što je ovaj put ka akademskoj tituli učinila puno lakšim, veselijim i manje stresnim.*

*Veliko hvala mojim roditeljima i obitelji koji su uvijek bili uz mene s riječima podrške i ljubavi. Ostvarila sam sve što sam željela.*

*Hvala mojim prijateljima koji su mi uljepšali studentske dane te pružali veliku podršku u ostvarivanju ciljeva.*

*Također bih se htjela zahvaliti svim ljudima koji su donirali uzorke svoje kose kako bi se mogao realizirati ovaj diplomski rad.*

## SAŽETAK

Esencijalni elementi su neizostavni dio svakog ljudskog organizma. Bez esencijalnih elemenata normalno funkcioniranje organizma ne bi bilo moguće. Važno je unositi ih u organizam u svakodnevnoj prehrani u prihvatljivim količinama za održavanje homeostaze organizma. Njihove koncentracije mogu ovisiti i o anatomskim čimbenicima, načinu života te okolišu u kojem pojedinac živi. Esencijalni elementi su potrebni u niskim koncentracijama, dok u visokim koncentracijama mogu biti toksični. Glavni cilj ovog rada je odrediti esencijalne metale (Mn, Fe, Cu, Zn, Co, V) u uzorcima ljudske kose kod ispitanika oba spola podijeljenih u različite skupine životne dobi. Esencijalni elementi analizirani su metodom induktivno spregnute plazme s masenom spektroskopijom (ICP-MS). Rezultati su obrađeni te uspoređeni s parametrima prehrabnih navika, uzimanjem medikamentozne terapije i suplemenata u prehrani, mjestu prebivanja, bojom tretirane kose. Provedbom statističke analize dobivene su statistički značajne razlike u udjelu esencijalnih elemenata između Co, Fe i Cu u različitoj životnoj dobi, Fe i Co ovisno o vrsti prehrane, Cu kod ispitanika koji žive na području Istre i Kvarnera, Cu i Zn ovisno o konzumaciji medikamentozne terapije i suplemenata u prehrani te međusobni utjecaj elemenata ovisno o boji kose. Budući da ne postoje jasno određene referentne vrijednosti za esencijalne elemente u ljudskoj kosi, analiza rezultata je kompleksnija i temelji se na usporedbi s drugim istraživanjima provedenim na ljudskoj kosi. Analiza kose predstavlja koristan matriks za praćenje utjecaja okoliša na čovjeka, stoga se ovakva istraživanja preporučaju provoditi i u budućnosti.

**Ključne riječi:** esencijalni elementi, ljudska kosa, prehrabne navike

## **SUMMARY**

Essential elements are an indispensable part of every human organism. Without essential elements, the normal functioning of the organism would not be possible. To maintain the body's homeostasis it is important to have daily intake through the diet in acceptable amounts. Their concentrations may also depend on anatomical factors, lifestyle and the environment in which the individual lives. Essential elements are needed in low concentrations, while in high concentrations they can be toxic. The main goal of this work is to determine essential metals (Mn, Fe, Cu, Zn, Co, V) in human hair samples of the respondents of both sexes divided into different age groups. Essential elements were analyzed by the method of inductively coupled plasma with mass spectroscopy (ICP-MS). The results were processed and compared with the parameters of eating habits, medicinal therapy and supplements intake, place of residence, and color-treated hair. Results presented in this paper showed statistically significant values of essential elements between Co, Fe and Cu in different age groups, Fe and Co in eating habits, Cu in people who live in Istra and Kvarner, Cu and Zn depending on medicinal therapy and supplements intake and mutual influence depending on a different hair colour. Since there were no clearly defined reference values for essential elements in human hair, the analysis of the results is more complex and is based on a comparison with other researches conducted on human hair. Hair analysis can be a useful tool for monitoring the impact of the environment on humans, and it is recommended to be carried out in the future as well.

**Key words:** essential elements, human hair, nutrition

## Sadržaj

|   |    |
|---|----|
| 1. UVOD .....   | 1  |
| 1.1. Esencijalni elementi.....  | 2  |
| 1.1.1. Esencijalni makroelementi.....   | 2  |
| 1.1.1.1. Kalcij (Ca).....   | 2  |
| 1.1.1.2. Fosfor (P) .....   | 3  |
| 1.1.1.3. Magnezij (Mg) .....  | 3  |
| 1.1.1.4. Kalij (K).....   | 3  |
| 1.1.1.5. Natrij (Na).....   | 4  |
| 1.1.1.6. Klor (Cl).....   | 4  |
| 1.1.2. Esencijalni mikroelementi .....  | 4  |
| 1.1.2.1. Željezo (Fe).....  | 5  |
| 1.1.2.2. Bakar (Cu).....  | 6  |
| 1.1.2.3. Cink (Zn).....   | 7  |
| 1.1.2.4. Mangan (Mn) .....  | 9  |
| 1.1.2.5. Kobalt (Co) .....  | 11 |
| 1.1.2.6. Vanadij (V) .....  | 12 |
| 1.1.3. Opis područja istraživanja .....   | 12 |
| 2. CILJ ISTRAŽIVANJA .....  | 14 |
| 3. MATERIJALI I METODE .....  | 15 |
| 3.1. Ispitanici i anketni upitnik .....   | 15 |
| 3.2. Etički aspekti istraživanja.....   | 15 |
| 3.3. Prikupljanje i priprema uzoraka za analizu .....   | 16 |
| 3.4. Kromatografska analiza esencijalnih elemenata.....   | 17 |
| 3.5. Statistička obrada rezultata.....  | 17 |
| 4. REZULTATI.....   | 19 |
| 4.1. Vrijednosti udjela esencijalnih metala prema spolu .....   | 19 |
| 4.2. Analiza udjela esencijalnih metala ovisno o dobnim skupinama .....   | 20 |
| 4.3. Analiza udjela esencijalnih metala prema vrsti prehrane .....  | 23 |
| 4.4. Analiza udjela esencijalnih metala prema varijabli podneblje .....   | 23 |
| 4.5. Analiza udjela esencijalnih metala prema varijabli konzumacije medikamenata i suplemenata u prehrani ..... | 25 |
| 4.6. Analiza udjela esencijalnih metala prema varijabli boja kose .....   | 25 |
| 4.7. Analiza udjela esencijalnih metala prema varijabli kosa tretirana bojilima.....                            | 28 |
| 4.8. Indeks opterećenja metalima .....  | 29 |

|                    |    |
|--------------------|----|
| 5. RASPRAVA.....   | 32 |
| 6. ZAKLJUČCI.....  | 37 |
| 7. LITERATURA..... | 38 |



## 1.UVOD

Za normalno i nesmetano funkcioniranje organizma potrebno je 20 esencijalnih elemenata, od kojih čak 10 su zasigurno metali ili polumetali. Esencijalni elementi koji su iz skupine metala, a potrebni su ljudskom tijelu su natrij (Na), kalij (K), magnezij (Mg), kalcij (Ca), željezo (Fe), mangan (Mn), kobalt (Co), bakar (Cu), cink (Zn) i molibden (Mo). Ostali esencijalni elementi koji ne spadaju u skupinu metala, a esencijalni su za normalno funkcioniranje organizma su organski spojevi: ugljik (C), vodik (H), kisik (O), i dušik (N) (1). Unos esencijalnih elemenata može biti putem hrane, vode, zraka te malim dijelom, apsorpcijom preko kože. Unos elemenata može ovisiti o različitim faktorima kao što su različite životne navike, prehrana, radno okruženje, koji mogu povećati ili smanjiti koncentraciju mineralnih elemenata. Esencijalni metali u organizmu najčešće se akumuliraju u obliku soli. Mineralni elementi mogu se podijeliti na esencijalne elemente i teške elemente, odnosno metale. Esencijalni elementi ili esencijalni anorganski elementi u tragovima su vrlo važni za obavljanje životno-važnih funkcija u ljudskom organizmu, i korisni su u vrlo malim količinama. Njihova uloga je bitna za rast, razvoj, održavanje zdravlja i jačanje imunološkog sustava. Funkcije esencijalnih elemenata su brojne i raznolike, neki su sastavni dio enzima, koji omogućavaju povezivanje aktivnih supstrata i njihovu razgradnju do krajnjih produkata, dok su neki elektron-donori ili elektron-akceptori u oksidacijsko-redukcijskim reakcijama stvaranja energije te mogu pružati strukturnu stabilnost biološkim molekulama ili regulirati ulazak molekula u stanicu, te tako regulirati ekspresiju (2). Prekomjerni unos esencijalnih elemenata može dovesti do njihove akumulacije u organizmu te biti štetan za zdravlje. Određivanje koncentracije elemenata u ciljanoj populaciji može se izvršiti uzimanjem tjelesnih tekućina kao što je periferna venska krv. Uzimanje periferne venske krvi te urina je konvencionalna metoda dijagnostike koja u istraživanjima ponekad može biti razlog za nesudjelovanje sudionika zbog osjećaja nelagode. Manje invazivna i puno jednostavnija metoda određivanja koncentracija istraživanih elemenata je analiza u uzorku kose. U ovom istraživanju upravo je kosa bila ciljani matriks putem kojeg se kod ispitanika nastojalo procijeniti razinu esencijalnih elemenata unesenih putem prehrane te njihove varijabilnosti uslijed određenih parametara. Među najznačajnije prednosti ovakvog načina uzorkovanja spadaju jednostavno uzimanje, pohrana, transport, a informacije koje se dobiju analizom ovakvog matriksa omogućuju praćenje unosa praćenih tvari kroz duži vremenski period (3).

## 1.1. Esencijalni elementi

Esencijalni elementi su neophodni za normalno obavljanje bioloških procesa i fizioloških funkcija u ljudskom organizmu te se zbog svoje esencijalne važnosti još nazivaju i nutrijentima. Poznato je 20 esencijalnih elemenata koji sudjeluju u ključnim biološkim procesima, mogu biti sastavni dio bioloških molekula kao što su proteini ili enzimi. Svaki esencijalni element u organizmu ima točno određenu funkciju te u slučaju nedovoljne količine određenog esencijalnog elementa dolazi do disbalansa koji posljedično može uzorkovati određene bolesti. Esencijalni metali se razlikuju po načinu i obliku u kojem dolaze u ljudski organizam, pojedini su u ionskom obliku i pokretljivi, a ostali su prijelazni metali koji su kovalentno vezani ili koordinativno vezani za određeni bioligand koji je elektron donor (4). U ljudskom organizmu različiti esencijalni elementi su potrebni u različitim količinama. Prema količini esencijalnih elemenata koja je potrebna ljudskom organizmu, mogu se podijeliti u dvije veće skupine, u makroelemente i mikroelemente. Detaljnija podjela esencijalnih elemenata je u dvije podskupine, elemente u tragovima te elemente u ultratragovima.

### 1.1.1. Esencijalni makroelementi

U skupinu esencijalnih makroelemenata ubrajaju se elementi koji su za normalno funkcioniranje ljudskog organizma potrebni u većim količinama, što zahtijeva njihov svakodnevni unos. Elementi koji su svrstani u ovu skupinu su kalcij (Ca), fosfor (P), magnezij (Mg), kalij (K), natrij (Na) te klor (Cl) u obliku klorida. Svaki od esencijalnih makroelemenata ima određenu vitalnu ulogu u održavanju ljudskoga zdravlja (5).

#### 1.1.1.1. Kalcij (Ca)

Kalciji ima esencijalnu ulogu u izgradnji kostiju i zubi, osobito je bitan kod djece u razvoju, žena tijekom trudnoće i u postmenstrualnom razdoblju te se njegov preporučeni unos mijenja ovisno o dobi pojedinca (6). Rasprostranjen je po različitim tkivima u malim količinama. Uključen je u procese mišićne i venske kontrakcije, prijenos živčanih impulsa, međustaničnu signalizaciju, te hormonalnu sekreciju. Unos kalcija u organizam se ostvaruje preko hrane te se hrani bogatoj kalcijem ističe tvrdnja da hrana sadrži kalcij kako bi se održavao poželjni unos kalcija u organizam i ne bi došlo do razvoja hipokalcijemije. U slučaju hipokalcijemije, tijelo odgovara u vrlo kratkom vremenu, raspodjelom kalcija iz drugih tkiva na mjesta gdje je on potreban. Tri organska sustava koja sudjeluju u metabolizmu kalcija u tijelu su bubrezi, crijeva te kosti (7).

#### 1.1.1.2. Fosfor (P)

Fosfor u tijelu čini 1% ukupne mase tijela rasprostranjenog u unutarstaničnom i izvanstaničnom prostoru (8). Fosfor kao i kalcij, jednako je bitan za zdrave kosti i zube te se njihov metabolizam regulira istim hormonima. Sastavni je dio važnih molekula kao što su DNA i RNA, što ga čini esencijalnim za pravilno funkcioniranje organizma (9). Metabolička funkcija fosfora je stvaranje i pohrana energije u obliku ATP-a, reguliranje transkripcije gena, aktiviranje katalize enzima te transdukcija signala. Održavanje homeostaze fosfora u organizmu postiže se preko bubrega, crijeva te kostiju. Nedovoljne količine fosfora u organizmu su rijetke jer se dovoljna količina unosi preko hrane, ali može se pojaviti zbog genetskih poremećaja, prehrambenih problema ili tumorskih oboljenja. U hrani fosfor može biti prirodno prisutan ili naknadno dodan. Može se podijeliti na organski i anorganski koji se razlikuju prema učinkovitosti i apsorpciji (8).

#### 1.1.1.3. Magnezij (Mg)

Magnezij je u obliku dvovalentnog unutarstaničnog kationa najzastupljeniji u ljudskoj stanici. Njegova prisutnost u tijelu je bitna zbog neophodne uloge u brojnim biološkim procesima, oksidativnoj fosforilaciji, stvaranju energije, glikolizi, u sintezi proteina i aminokiselina te je kofaktor za preko 600 enzimskih reakcija. Još neke od bitnih uloga magnezija su sinteza ATP-a u mitohondrijima za stvaranje MgATP-a koji je potreban za staničnu signalizaciju, sudjeluje u staničnom transportu ostalih iona, kontrakciji mišića, osjetljivost neurona te ima ključnu ulogu u održavanju stanične homeostaze i funkcioniranje organa. Optimalne doze magnezija mogu se unositi preko hrane, ali u stanjima kao što je trudnoća, povećana fizička aktivnost, starenje ili određene bolesti (infekcije, diabetes melitus tipa 2), one mogu biti nedovoljne. Zdrava osoba bi trebala unositi 5-7 mg/(kg dan) magnezija kako bi se održala njegova ravnoteža u organizmu (10).

#### 1.1.1.4. Kalij (K)

Kalij je unutarstanični kation te je potreban za održavanje prihvatljivog volumena unutarstanične tekućine te u procesu aktivnog prijenosa tvari koji se ostvaruje mehanizmom Na/K pumpe (11). U najvećim količinama skladišti se u kostima i mišićima, dok bubrezi održavaju koncentraciju kalija potrebnu ljudskom tijelu za uravnoteženo funkcioniranje. Izvor kalija je minimalno prerađena hrana kao što su voće i povrće, meso te mliječni proizvodi. Preporučeni unos kalija u organizam ovisi o spolu i dobi, a predstavlja jedan od glavnih javno zdravstvenih problema kod velikog udjela populacije zbog nedovoljnog unosa. Hipokalijemija može biti uzrok nekih bolesnih stanja kao što su dijareja, pojačana urinarna sekrecija ili

poremećena endokrina funkcija ili disfunkcija bubrega dok je blaga hipokalijemija obično asimptomatska. Hiperkalijemija može biti uzrok povećanog unosa suplemenata ili hrane bogate kalijem, dok može biti i uzrokom nepravilnog rada bubrega (12).

#### 1.1.1.5. Natrij (Na)

Natrij je izvanstanični kation koji je odgovoran za normalnu staničnu homeostazu, regulaciju tekućina, ravnotežu elektrolita te reguliranje krvnoga tlaka. Održavanje koncentracijskog gradijenta u stanici se održava pomoću Na/K pumpe. Natrij se apsorbira u tankom i debelom crijevu. Njegova ravnoteža u tijelu je povezana s vodom te se njegova koncentracija u tijelu održava pomoću bubrega. U bubrezima se može dalje izlučivati u urin u ili reapsorbirati. Esencijalna uloga natrija je održavanje stanične homeostaze, reguliranje elektrolita i staničnih tekućina te krvnog tlaka. Korištenjem kuhinjske soli (NaCl) u prehrani, nedostatak natrija je vrlo rijetka pojava, ali u prevelikim količinama može narušiti zdravlje pojedinca. U hranu se tijekom proizvodnje i pripremanja dodaje kuhinjska sol u različitim količinama. Natrij u većim količinama može povisiti krvni tlak te biti uzrok kardiovaskularnih oboljenja (13).

#### 1.1.1.6. Klor (Cl)

Klor, točnije kloridi su elektroliti koji zajedno s natrijem i kalijem, reguliraju izmjenu tekućina i tvari u stanici, simuliraju aktivnosti u živčanim i mišićnim stanicama, sudjeluje u regulaciji probave te održavanju kiselo-bazne ravnoteže. Koncentracija klora je regulirana radom bubrega te gastrointestinalnog trakta (14). Nedostatak klora je rijetka pojava zbog upotrebe kuhinjske soli. Uslijed deficita klora u organizmu, hipokloremije, dolazi do metaboličkih promjena, kao što su acidoza ili alkalozna (15). Hipokloremija se najčešće javlja kod pacijenata s kroničnim oboljenjima, što može dovesti do hiperkloremične metaboličke acidoze. Nadalje, promjene u koncentraciji natrija također utječu na promjene u koncentraciji klora (16).

### 1.1.2. Esencijalni mikroelementi

Esencijalni mikroelementi su elementi koji su u malim količinama neophodni ljudskom organizmu za uravnoteženo funkcioniranje. Imaju važnu ulogu u organizmu u oksidacijsko-redukcijskim procesima, reguliranju hormona, enzima, sintezi proteina te brojnih drugih životno važnih funkcija. Esencijalni mikroelementi mogu se podijeliti u dvije podskupine: elementi u tragovima i elementi u ultratragovima. Elementi u tragovima su: željezo (Fe), cink (Zn), bakar (Cu), mangan (Mn), kobalt (Co) te fluor (F) u obliku fluorida. U elemente u

ultratragovima ubrajaju se: jod (I), selen (Se), molibden (Mo), trovalentni krom (Cr (III)) (3). Elementi koji se smatraju potencijalno esencijalnim su: arsen (As), bor (B), litij (Li), nikal (Ni), silicij (Si), vanadij (V). Potencijalno esencijalnim elementima se još uvijek istražuje esencijalnost u ljudskom organizmu. Potvrđeno je da se nalaze u okolišu, u hrani, vodi te tako dopijevaju i u organizam gdje se uključuju u određene procese ili postaju sastavni dio neke molekule (17).

#### 1.1.2.1. Željezo (Fe)

Željezo je element iz skupine metala označen simbolom Fe te je član 8. skupine periodnog sustava elemenata, koja se još naziva i željezna trijada. U prirodi je vrlo rasprostranjen te se pojavljuje u različitim oblicima. Nalazi se i u Zemljinoj kori gdje maseni udio iznosi oko 5%. Pojavljuje se najčešće u oksidnim, karbonatnim, silikatnim i sulfidnim rudama (18). Zbog široke rasprostranjenosti u prirodi, esencijalan je za različite organizme, od mikroorganizama pa do ljudskog organizma. U ljudskom organizmu je sastavni dio hemoglobina, mioglobina, enzima ili kao rezerva koja se skladišti u organima kao što su jetra, slezena i koštana srž. Osim u organskim molekulama, ima važnu ulogu kao kofaktor u nekoliko vitalnih metaboličkih reakcija. U hemoglobinu se nalazi oko 60% Fe od ukupne mase prisutne u tijelu. Funkcija Fe u hemoglobinu je vezanje i prijenos kisika od pluća do tkiva. Kisik se može vezati samo kada je Fe u oksidacijskom stanju +2 i tada se hemoglobin naziva oksihemoglobin. Proces kojim se kisik veže na hemoglobin naziva se oksigenacija te ne dolazi do izmjene oksidacijskog stanja. Drugo oksidacijsko stanje Fe je +3 u kojem nije moguće vezanje kisika, nego vezivanje neutralnih molekula ili aniona te se nalazi u methemoglobinu. Nakon hemoglobina, najviše Fe je prisutno u molekuli mioglobina, 8% od ukupne mase Fe u tijelu. Mioglobin je protein čija je uloga skladištenje Fe u mišićima čime je omogućena kontrakcija mišića, a sadrži jednu skupinu hema. U enzimima se nalazi 2% Fe, 0,1% Fe služi za transport, a ostatak je rezerva koja se oslobađa prema potrebi (19). U svrhu održavanja homeostaze, Fe je potrebno unositi svakodnevno. Potrebna količina Fe za čovjeka ovisi o spolu, dobi i razvoju. Muškarcima je potrebna manja količina Fe nego ženama u reproduktivnom razdoblju (20). Homeostazu čine apsorpcija, utrošak, skladištenje i recikliranje Fe. Apsorpcija Fe se odvija u tankom crijevu unosom hrane bogate Fe. Oblici Fe u hrani mogu biti hem, iz hemoglobina i mioglobina, odnosno iz hrane animalnog podrijetla, i ne-hem, a to je Fe iz biljnih i mliječnih proizvoda. Fe iz hemoglobina i mioglobina lakše se i brže apsorbira nego Fe iz hrane biljnog i mliječnog podrijetla. Kako bi se Fe apsorbiralo mora biti u dvovalentnom obliku, te se u želucu pod utjecajem kiselog medija reducira iz trovalentnog u dvovalentno. Učinkovitija apsorpcija

non-hem Fe može biti ostvarena uzimanjem vitamina C. Također, Fe je sastavni dio dodataka prehrani u određenim kemijskim formama kao što je željezo(II) fumarat, željezo(III) hidroksid u ugljikohidratnom polimeru (polimaltozi) i drugim (21).

Poremeti li se homeostaza Fe u tijelu, dolazi do nastanka bolesti. Najčešća bolest koja se javlja kao posljedica manjka Fe jest anemija. Anemija se još naziva i slabokrvnost koja nastaje zbog nedovoljnog unosa ili apsorpcije Fe iz hrane, prebrzog ili presporog stvaranja eritrocita ili kao odraz nekog drugog patološkog stanja u tijelu (21). Dolazi do smanjenja količine hemoglobina u eritrocitima te količine kisika koja dolazi u stanice. A kao posljedica se nakuplja ugljikov(IV) oksid te se javljaju simptomi kao što su vrtoglavica, gubitak teka, bljedoća, slabost, ubrzan rad srca, česte glavobolje. Liječenje anemije postiže se reguliranjem prehrane ili korištenjem terapije (20).

Velike količine Fe u tijelu mogu imati toksičan učinak. U organizmu ne postoji mehanizam kojim bi se mogao regulirati višak Fe. Nakupljanje Fe u tijelu može imati toksičan učinak na organe kao što su pluća, jetra, srce i gušterača. Može dovesti do bolesti kao što su diabetes melitus, hipertrofija gušterače i hormonalne nepravilnosti. Zbog svoje funkcije katalizatora u reakciji nastajanja hidroksilnih radikala iz vodikovog peroksida, povećava se oksidacijski stres, a time se povećava i koncentracija slobodnog Fe te se javlja oštećenje lipidnih membrana, a u konačnici i oštećenje organa, jetre, bubrega i slezene.

Akutno trovanje Fe se najčešće javlja kod djece zbog ingestije lijekova obogaćenim Fe, dok se kronično trovanje češće javlja kod odraslih zbog viška unesenog Fe farmaceutskim pripravcima (22).

#### 1.1.2.2. Bakar (Cu)

Bakar je metal koji pripada elementima 11. skupine periodnog sustava elemenata s kemijskom oznakom Cu. Pojavljuje se u oksidacijskim stanjima od +1 do +4. Smatra se najvažnijim metalom nakon Fe, a u prirodi se nalazi kao elementarna tvar, pretežito u obliku sulfidnih ruda. U rudama količina Cu iznosi 2 do 5% (18). Prisutan je u okolišu u različitim koncentracijama, u tlu se nakuplja u površinskim slojevima gdje je vezan za organske i anorganske tvari. Može se pronaći u vodi, ako u vodovodnom sustavu voda prolazi kod bakrene cijevi. Također, Cu se može pronaći u poljoprivrednim kemikalijama te industrijskim područjima. Biljke upijaju Cu iz tla te se najviše zadržava u korijenu. Cu u malim količinama kod biljaka potiče proizvodnju većih količina sjemena te ih štiti od bolesti, dok u većim može biti toksičan. Biljke koje su bogate Cu su bademi, orasi, suncokretove sjemenke, brazilski orah

te žitarice. Cu se u tijelu najvećim dijelom apsorbira iz hrane bogate bjelančevinama, pošto je Cu njihov sastavni dio (23). Cu bogata hrana je meso, odnosno jetra i bubrezi različitih vrsta. Cu se nalazi u većim koncentracijama u moru nego u slatkoj vodi. S povećanjem dubine mora, povećava se i koncentracija Cu te se može tako akumulirati u morskim organizmima, kao što su ribe ili školjke (24).

U tijelu čovjeka je esencijalan element. Prema preporukama Svjetske zdravstvene organizacije količina Cu koja je potrebna za normalno izvršavanje fizioloških funkcija je 1-3 mg dnevno, ovisno o dobi. Potrebna količina Cu razlikuje se kod trudnica i dojilja te kod djece do 18 godina. Cu se apsorbira iz hrane u tankom crijevu, rasprostranjen je po cijelom tijelu, a skladišti se u organima kao što su jetra, bubrezi, mozak i srce (25). U tijelu se Cu nalazi kao kofaktor za mnoge enzime, bitan je u biološkim procesima kao što je antioksidativna zaštita, razvoj embrija, a bitnu funkciju ima u imunološkom sustavu te neuropeptidnim sintezama. U krvi se veže za protein ceurop plazmin te sudjeluje u metabolizmu Fe (26). Nedostatak Cu u tijelu može izazvati anemiju, neutropeniju, Menkesovu te Alzheimerovu bolest, osteoporozu, rak i neke neurološke poremećaje (25). Ako se deficit Cu pojavi tijekom trudnoće dolazi do nepravilnog razvijanja kardiovaskularnog sustava, malformacije kostiju, neurološke te imunološke nepravilnosti. Menkesova bolest opisuje nemogućnost apsorpcije Cu iz sluznice crijeva u krv (26).

Iako je esencijalan, u većim količinama može biti toksičan. Smatra se da je količina veća od 150 mg/kg Cu letalna (27). Prevelike količine Cu u organizmu potiču Fentonove redoks reakcije koje izazivaju oksidativni šok i smrt stanica (26). Akutno trovanje Cu je rijetko. Do akutnog trovanja dolazi ingestijom bakrovog sulfata ili nitrata kod djece, a simptomi koji se javljaju su vrtoglavica, mučnina, povraćanje i dijareja. Kronično trovanje Cu dovodi do oštećenja jetre i neuroloških poremećaja. Wilsonova bolest je patološko stanje u kojem dolazi do poremećaja u metabolizmu Cu u tijelu te se on akumulira u jetri, mozgu i drugim organima (28).

### 1.1.2.3. Cink (Zn)

Cink (Zn) pripada elementima 12. skupine periodnog sustava elemenata, zajedno s još dva toksična metala, kadmijem i živom. On se nalazi u samo jednom oksidacijskom stanju kao Zn (II) te se takav veže na veliki broj različitih molekula (23). Koristi se u spojevima kao što su cinkov peroksid i cinkov sulfat u medicini (29). Nalazi se u okolišu i služi u različite svrhe, ali sve češćim korištenjem velikih količina Zn, može doći do zagađenja. Količina Zn u tlu ovisi

o količini u biljkama koje uzimaju Zn iz tla. Najviše Zn se nalazi u žitu, slatkom kukuruzu, zelenoj salati, dok se u voću nalazi u malim količinama (23).

U ljudskom tijelu Zn je esencijalan element s jedinstvenom i opsežnom ulogom u biokemiji enzima i organskih molekula. Kako bi se koncentracija Zn održavala na potrebnoj razini, tijelo je razvilo mehanizme koji to omogućavaju (31). Količine Zn u tijelu su u rasponu od 2 do 3 g. U najvećoj koncentraciji Zn se nalazi u mišićima i kostima, 90% od ukupne količine u tijelu. Zn se nalazi u prostati, jetri, gastrointestinalnom traktu, bubrezima, koži, plućima, mozgu, srcu i gušterači. Na razini stanice, također postoji stanična homeostaza Zn. U jezgri stanice se nalazi 30-40% Zn, 50% Zn u citosolu, a preostali dio u membranama. Homeostaza Zn u stanicama je posredovana dvama proteinima skupine Zn transportera, ZIP transporter koji povećava količinu Zn i ZnT koji ju snižuje. Homeostaza Zn na razini stanice omogućava da se ne akumulira i da ne nastane višak Zn (31). Uloga Zn na razini stanice može se podijeliti na tri vrste: katalitičku, strukturnu i regulatornu. Katalitička uloga Zn je mogućnost kataliziranja kemijskih reakcija jer o Zn ovisi veliki broj enzima. Strukturna uloga Zn odnosi se na njegovu važnost strukture i funkcionalnosti stanične membrane. Nedostatom Zn dolazi do povećanog rizika od oksidativnog stresa i oštećenja stanice. Kao dio transkripcijskih faktora sudjeluje u ekspresiji gena, sintezi i popravku DNA, staničnoj signalizaciji, utječe na otpuštanje hormona i transmisiju živčanih impulsa.

Održavanjem poželjne količine Zn u tijelu, ostvaruju se normalne količine testosterona kod muškaraca, jaki imunološki sustav, bolja moždana aktivnost, zacjeljivanje i zaštita kože, stimulira miris i okus, potiče apetit, liječenje predmenstrualnih simptoma, normalan tijek trudnoće i razvijanje ploda te postmenstrualno zdravlje. Zbog svojih raznolikih, esencijalnih uloga u tijelu, važan je njegov svakodnevni unos (32). Zn se u tijelo unosi putem hrane. Najveće količine Zn nalaze se u školjkama i govedini, ali i ostalim vrstama crvenog mesa. Biljni izvori Zn su orašasti plodovi i mahunarke. Zn se apsorbira u gastrointestinalnom traktu, odnosno u jejunumu. Njegova apsorpcija u jejunumu je regulirana proteinom Zn, ZIP transportera 4, dok je u ostatku gastrointestinalnog trakta regulirana putem pasivne difuzije ili vezan za proteine kojima se prenosi krvlju do tkiva i periferije (29). Potrebne količine Zn u tijelu ovise o dobi, spolu te trudnoći i dojenju. Preporučene količine unosa Zn za muškarce jesu 11 mg/kg na dan, za žene 8 mg/kg na dan osim kada su u razdoblju trudnoće ili dojenja, kada su potrebne veće količine Zn. Preporučene količine za novorođenčad su 2-3 mg/dan, a za djecu su 5-9 mg/kg na dan zbog njihove manje tjelesne mase. Manje količine Zn su česte kod osoba starije životne



dobi zbog smanjene konzumacije hrane, posebno proteina, pa je potrebno uzimati suplemente kojima će se održavati potrebna količina Zn u tijelu (31).

Nedostatak Zn je prepoznat kao svjetski zdravstveni problem. Veliki dio svjetske populacije, pretežito zbog načina prehrane je u deficitu dnevnog unosa Zn. Osim nedovoljnog unosa i apsorpcije Zn, problem može biti povećani gubitak ili povećane potrebe za Zn (33). Rizične skupine su novorođenčad i djeca, trudnice i dojilje, pacijenti s parenteralnim načinom hranjenja, ljudi starije životne dobi (+65 godina), pacijenti s bolesnom jetrom, upalnim crijevnim bolestima (Crohnova bolest, ulcerozni kolitis) te dijarejom (32). Nedostatak Zn u tijelu može izazvati narušeni imunološki sustav, urođene mane, poremećaje rasta, gubljenje apetita, anoreksiju, odgođen spolni razvoj, depresiju, gubitak kose, hipogonadizam kod muškaraca, promjene u osjetu mirisa i okusa, teže zacjeljivanje rana. Također, može biti povezan s kroničnim bolestima kao što su bolesti bubrega i jetre, enteropatskim dermatitisom, srpastom anemijom, dijabetesom. U nekim slučajevima, ako dođe do poremećaja funkcije apsorpcije esencijalnih elemenata u tijelu, smanjenje količine Zn rezultirat će povećanim količinama Cu u tijelu te je njihov omjer klinički značajan zbog apsorpcije preko istog unutarstaničnog proteina (33).

Iako je esencijalan element, Zn u velikim količinama, može postati toksičan. Razlikuje se akutna i kronična toksičnost koje se međusobno razlikuju prema simptomima. Akutna intoksikacija Zn dešava se kratkotrajnom izloženošću visokim dozama te ovisi i o načinu unosa u tijelo, oralno, inhalacijom ili preko kože. Simptomi akutnog trovanja Zn najčešće su mučnina, povraćanje, abdominalni bolovi, gubitak apetita, glavobolja. Skupina s većim rizikom izloženosti su djeca te psihički bolesnici. Kroničnim trovanjem Zn smatra se unos od 150 do 450 mg/dnevno. Simptomi koji ukazuju na kronično trovanje su niska razina Cu, izmijenjena funkcija Fe, smanjeni imunološki odgovor te poremećen omjer LDL i HDL kolesterola (33).

#### 1.1.2.4. Mangan (Mn)

Mangan (Mn) je element 7. skupine periodnog sustava elemenata u kojoj je on i najznačajniji. Vrlo je rasprostranjen u prirodi, nalazi se u tlu u obliku hidroksida i oksida te je sastavni element Zemljine kore. (18.) Ne postoji kao elementarni element već se pojavljuje u različitim spojevima te se koristi i u različite svrhe. U okolišu se nalazi kao dio organskih i anorganskih spojeva. Prirodno se pronalazi u vodi, stijenama i hrani. Također, koristi se u industriji za proizvodnju čelika, baterija, vatrometa, gnojiva te pigmenata u boji.

Mn je esencijalan element za mnoge organizme, a ujedno i za ljude. Njegova esencijalna uloga važna je za održavanje zdravih kostiju, metabolizam makronutrijenata te obranu od reaktivnih kisikovih čestica (ROS) kao mangan superoksid dismutaza (34). Pozitivna uloga Mn je pomoć pri ugradnji metala u metaloproteine kao što su oksidoreduktaza, transferaza, hidrolaza, liaza, izomeraza i ligaza. Potreban je u ciklusu uree, održavanju mitohondrija te u ciklusu glukoze (35). Mn je važan za održavanje razine amonijaka u tijelu preko aktivnosti enzima arginaze (36).

Potrebne količine unosa Mn u tijelo su približno 2 mg/dan za odrasle osobe, dok su za djecu potrebne količine približno od 1,2 do 1,5 mg/dan. Potrebne količine Mn ovise o spolu, prehrani, dobi te načinu života. Općenito, muškarci apsorbiraju veće količine Mn od žena. Unos i apsorpcija Mn ovisi i o količini Fe, odnosno, obrnuto su ovisni jedan o drugome jer se vežu na isti transporter u crijevima. Uslijed veće količine Fe, razina Mn će biti niža i obrnuto. Unos Mn u tijelu se najvećim dijelom ostvaruje prehranom. Hrana bogata Mn je biljnog podrijetla te zbog toga vegetarijanci unose veće količine Mn. Hrana u kojoj se nalaze značajne količine Mn su cjelovite žitarice kao što su pšenica, zob te mekinje, riža te orašasti plodovi (lješnjaci, bademi, orasi). Namirnice bogate Mn su čokolada, čaj, leguminoze, voće, lisnato povrće te začini (čili, šafran, klinčići). Ako se prehranom ne unose dovoljne količine Mn, nadoknađuju se upotrebom suplemenata ili vitamina (37). Uz hranu, koja je primarni izvor Mn, izvori Mn mogu biti zrak i voda. Stanovanjem blizu tvornica koje koriste Mn za proizvodnju svojih proizvoda ili radom u takvim pogonima, ljudi mogu biti izloženi većim količinama Mn od onih koji ne žive ili ne rade u takvom okruženju. Mn u vodu dospijeva zbog erozija stijena i tla, ili ispuštanjem otpadnih industrijskih voda (35).

Nedostatak Mn u tijelu je rijetka pojava te se ne smatra problemom. Stanja u kojima se mogu uočiti niske razine Mn su osteoporoza i epilepsija ili u nekom patološkom stanju koje je povezano s nekom funkcijom Mn u organizmu. Nakupljanje većih količina Mn u tijelu može izazvati toksične učinke. Toksičan učinak Mn najviše je vidljiv na centralnom živčanom sustavu (mozak). Toksičnost Mn na neurološkoj razini očituje se prvo kao osjećaj slabosti i letargije, kasnije se mogu pojaviti simptomi kao što su smetnje u govoru, tremori, kasnije psihoze i halucinacije te kako bolest napreduje sve se pojavljuje više simptoma (35). Patološka stanja u kojima dolazi do većih razina Mn u tijelu su bolesti jetre gdje dolazi do poremećaja ekskrecije Mn iz tijela. Veće količine Mn se nalaze u pripravcima za prehranu novorođenčadi. Toksičnost Mn može biti zbog udisanja čestica Mn koje mogu uzrokovati upalu pluća i

respiratorne simptome, kao što su kašalj, bronhitis, pneumonija i poremećene plućne funkcije. Simptomi se mogu postepeno pojavljivati kroz dulji vremenski period (37).

#### 1.1.2.5. Kobalt (Co)

Kobalt (Co) je element koji pripada 9. skupini periodnog sustava elemenata. Pojavljuje se u dva oksidacijska stanja, +2 i +3, a u prirodi se pojavljuje kao arsenid, sulfit i oksid (27). Kroz povijest se koristio kao plavi pigment za bojanje stakla i keramike, a danas se koristi u magnetima zbog svojih magnetskih svojstva, turbinama, staklarstvu, biomedicinskim protezama. Izotop  $^{60}\text{Co}$  koristi se u liječenju raka i radioterapiji (38).

Co je esencijalan element za ljude i nalazi se u središtu vitamina B12 (cijanokobalamina) te postoji veliki broj enzima ovisnih o Co. Također, kobalt je bitan element eritropoeze, odnosno stvaranja novih krvnih stanica (3). Potreban unos Co u organizam je 5-40  $\mu\text{g}/\text{dan}$  u općoj populaciji (38). Co se u organizam unosi hranom. Co iz tla, prelazi u biljke te tako u povrće, a posebno u zeleno povrće koji se smatra glavnim izvorom Co. Co se nalazi i u ribi, a u nešto manjim količinama se nalazi u mlijeku i mliječnim proizvodima. Apsorpcija Co se odvija u probavnom sustavu, a u vodi topljivi spojevi Co se specifično apsorbiraju u tankom crijevu. Apsorpciju Co umanjuju aminokiseline, a povećava manja koncentracija Fe (40). Apsorpcija Co se može odvijati i u plućima, ako dolazi do udisanja para Co, najčešće uz druge teške metale koji se onda prolaskom kroz krv i limfu razdvajaju. Nakon apsorpcije Co, u krvi i serumu se nalazi u velikoj količini koja se smanjuje kako se on raspoređuje po tkivima. Co akumuliraju jetra, bubrezi, gušterača i srce, a izlučuje se iz tijela urinom ili fecesom.

Štetan učinak Co se najčešće javlja kod profesionalne izloženosti zbog njegovog korištenja u industriji. Također, Co se koristio i u medicinske svrhe, odnosno, bio je jedan od metala u umjetnom kuku u obliku nanočestica (41). Toksični utjecaj Co i simptomi trovanja prvenstveno ovise o načinu ulaska Co ili njegovih spojeva u tijelo. Toksični utjecaj Co na respiratorni sustav povezuje se s profesionalnom izloženošću u industriji gdje se koristio kao vezivo. Akutna stanja koja se mogu razviti udisanjem su rinitis, konjuktivitis te stanje slično astmi. Kronično djelovanje izaziva difuznu intersticijsku fibrozu te fibrozirajući alveolitis. Udisanjem Co može doći do nastanka akutne bolesti gornjih dišnih puteva, edema, fibroze i alveolitisa. Štetnim djelovanjem Co na kožu nastaje alergijski dermatitis. Kožne promjene mogu nastati i kao posljedica oralnog unosa Co. Toksični učinci Co mogu se ostvariti i na kardiovaskularnom, gastrointestinalnom, renalnom, hematopoetskom te na živčanom sustavu s različitim simptomima ovisno o vremenu izloženosti i koncentraciji apsorbiranog Co (40).

### 1.1.2.6. Vanadij (V)

Vanadij (V) je element 5. skupine periodnog sustava elemenata. On je metal srebrno-sive boje koji se nalazi u oksidacijskim stanjima od -1 do +5, dok su najčešće prisutna oksidacijska stanja +3, +4 i +5. U peterovalentnom obliku se nalazi u izvanstaničnim tjelesnim tekućinama dok je u četverovalentnom stanju prisutan unutar stanice. V se zbog svoje čvrstoće i afiniteta za stvaranje legura, često se koristi za izradu strojeva i alata (42).

Ljudi dolaze u doticaj s V putem zraka, vode i hrane. U zraku se V nalazi zbog upotrebe u industrijama za izradu keramike, pigmenata, baterija, čelika. Prisutan je u površinskim i otpadnim vodama. Ovisno o kojem se pH radi, ovisi stanje V u vodi. V je i jedan od elementa koji se nalazi u Zemljinoj kori, pronalazi se u sirovoj nafti, u sedimentima i stijenama (43). U hrani se nalazi u malim količinama, <1 ng/g, ali hrana je glavni izvor V općoj populaciji. Hrana koja je najbogatija V su gljive, školjke, peršin, crni papar, a može se pronaći i u ribama, žitaricama, voću i povrću (44). Apsorpcija V u gastrointestinalnom traktu je minimalna, dok pluća dobro apsorbiraju topljive V spojeve ( $V_2O_5$ ). Ekskrecija V iz organizma se vrši preko bubrega, odnosno urinom. (42). Prosječna koncentracija V u ljudskom tijelu iznosi približno 0,3 mol/L. V spojevi u organizmu pokazuju antiparazitsko djelovanje koje se zasniva na međudjelovanju V koordinacijskih spojeva s DNK parazita. Skupina V spojeva, oksovanadij (IV) te dioksovanadiji (V), su pokazali da imaju sposobnost inhibiranja rasta tumorskih stanica. V spojevi inhibiraju  $Na^+$  i  $K^+$  ATP-azu in vitro, stimuliraju proliferaciju koštanih stanica, pomažu u sintezi kolagena kostiju i oslobađanju noradrenalina iz plućne arterije, inhibiraju dimetilacije lijekova. Također, V spojevi mogu djelovati toksično, ali i citostatski te antidijabetički (45).

Toksičnost V ovisi o više faktora kao što je način ulaska u tijelo, količini i vrsti V spojeva. Toksičnost V se povećava linearno s povećanjem njegove valencije te su najčešće peterovalentni spojevi najtoksičniji. Ulaskom V u tijelo, najveće količine se pojavljuju u jetri, bubrezima te plućima, a u krvi se veže za albumin i transferin. Simptomi koji mogu ukazivati na toksično djelovanje V i njegovih spojeva je lokalna iritacija očiju i gornjih dišnih puteva te je sistemska toksičnost rijetka (42).

### 1.1.3. Opis područja istraživanja

Istraživanja u kojima se obrađivala tema esencijalnih elemenata u kosi te utjecaj anatomskih i okolišnih čimbenika na njihovu akumulaciju i koncentraciju u kosi su se koristila

kao podloga za izradu i objašnjenje rezultata ovoga diplomskog rada. U istraživanju Duryan i sur. (1998.) korištena je metoda čišćenja kose te ICP-MS za detekciju metala. Određivali su koncentracije esencijalnih elemenata kod 151 ispitanika, od kojih je više bilo ispitanika ženskog spola, od ispitanika muškoga spola te su obuhvatili više različitih dobnih skupina. Analizirali su teške metale i esencijalne metale te uspoređivali njihove koncentracije i dobivene vrijednosti. (46). U istraživanju Mikulewicz i sur. (2013.) analizirane su koncentracije makroelemenata, mikroelemenata, toksičnih elemenata i drugih. Navedene su neke referentne vrijednosti i za navedene elemente u kosi te su elaborirani za različite populacije u vremenskom razdoblju od 2000-2012. Nadalje, određivane su i razlike u koncentracijama elemenata prema određenim parametrima (47). U istraživanju Chojnacka i sur. (2006.) praćen je utjecaj načina života pojedinaca, prehrana te anatomske karakteristike pojedinaca na koncentraciju elemenata u kosi (48). Brojna istraživanja u ovom polju upućuju na potrebu provedbe sličnih studija i na drugim prostorima, a sve u cilju stjecanja novih informacija i znanja o utjecaju načina života, prehrambenih navika te ostalih parametara na koncentracije pojedinih esencijalnih elemenata u kosi.

## 2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj ovog istraživanja bio je odrediti esencijalne metale (Mn, Fe, Cu, Zn, Co, V) u uzorcima ljudske kose kod oba spola ispitanika podijeljenih u različite skupine životne dobi. Specifičan cilj istraživanja bio je i odrediti postoji li utjecaj praćenih parametara na udjele esencijalnih elemenata u ljudskoj kosi. Ostali ciljevi istraživanja su:

- Odrediti udjele esencijalnih elemenata prema spolu;
- Odrediti udjele esencijalnih elemenata u kosi prema dobi ispitanika;
- Analizirati utječu li prehrambene navike na koncentraciju esencijalnih elemenata u ljudskoj kosi;
- Odrediti postoje li razlike udjela esencijalnih elemenata u kosi u odnosu na mjesto prebivanja;
- Povezati utjecaj uzimanja neke medikamentozne terapije i suplemenata u prehrani na udjele esencijalnih elemenata u ljudskoj kosi;
- Utvrditi postoje li razlike u udjelima esencijalnih elemenata u uzorcima kose različitih boja;
- Odrediti utječe li korištenje bojila za kosu na udio esencijalnih elemenata u kosi.

### 3. MATERIJALI I METODE

Za provedbu ovog istraživanja prikupljen je 121 uzorak ljudske kose. Podatci o sudionicima u istraživanju su prikupljeni korištenjem anketnog upitnika. Svi sudionici ovoga istraživanja su anonimni i dobrovoljni.

Priprema i laboratorijska obrada rezultata provodila se na odjelu Zdravstveno-ekološkog odjela Nastavnog zavoda za javno zdravstvo Primorsko-goranske županije.

#### 3.1. Ispitanici i anketni upitnik

U istraživanju je sudjelovalo 68 ispitanika ženskog spola, te 53 ispitanika muškoga spola. Od svakog ispitanika osim uzorka kose prikupljeni su i određeni parametri usporedbe (spol, dob, mjesto prebivanja, radni status, navike pušenja, vrsta korištenih cigareta, boja kose, tretiranost uzorka bojilima, prisutnost amalgamskih plombi), pomoću anketnog upitnika. Također, anketnim upitnikom prikupljeni su podaci o prehranbenim navikama, učestalosti konzumiranja ribarskih proizvoda te vrsti ribarskih proizvoda, kao i statusu korištenja neke medikamentozne terapije ili suplemenata u prehrani. Primjer anketnog upitnika nalazi se u prilogu ovog istraživanja.

#### 3.2. Etički aspekti istraživanja

U skladu s Nürnberškim kodeksom tijekom istraživanja osiguralo se poštivanje temeljnih etičkih i bioetičkih principa. Za dobivanje suglasnosti etičkog povjerenstva Nastavnog zavoda za javno zdravstvo bilo je potrebno dostaviti sažeti prikaz istraživanja, suglasnost ravnatelja, informirani pristanak, obavijest za ispitanika te anketni upitnik. Za dobivanje odobrenja u svrhu provođenja istraživanja od strane Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci dostavljen je sažeti prikaz istraživanja, suglasnost ravnatelja NZZJZ PGŽ za provedbu analize kose, odobrenje etičkog povjerenstva NZZJZ PGŽ, informirani pristanak, obavijest za ispitanika te anketni upitnik. Nakon dobivene suglasnosti od etičkih povjerenstava, započeto je prikupljanjem uzoraka ljudske kose. Prije svakog uzimanja uzorka kose, svaki sudionik u istraživanju upoznat je s ciljevima istraživanja, te je vlastoručno potpisao informirani dobrovoljni pristanak za sudjelovanje u istraživanju. A sve u skladu sa Zakonom o zdravstvenoj zaštiti Republike Hrvatske (NN 158/08, 71/10, 139/10, 22/11, 84/11, 12/12, 35/12, 70/12 i 82/13) i Zakonom o pravima pacijenata Republike Hrvatske (NN 169/04, 37/08). Odluke etičkih povjerenstava nalaze se u prilogu ovog diplomskog rada.

### 3.3. Prikupljanje i priprema uzoraka za analizu

Uzorci kose prikupljeni su upotrebom keramičkih škara. Uzorak je uzet s okcipitalnog dijela glave, u pramenovima duljine 1-3 cm od tjemena glave te u količini od oko 1 g kose. Uzorci su pohranjeni u PVC vrećicu, pravilno označeni te transportirani u laboratorij na pripremu za daljnju analizu. Analiza uzoraka kose provela se u Nastavnom zavodu za javno zdravstvo Primorsko-goranske županije na Odjelu za Zdravstvenu ekologiju. Prije obrade uzoraka pramenovi kose su očišćeni acetonom, nakon čega su se vagali u odgovarajućim epruvetama. Za potrebe analize izvagalo se 0,5 g kose na analitičkoj vagi (Mettler Toledo) (Slika 1). Nakon odvage uzorka, uzorcima je dodano 5 mL HNO<sub>3</sub> (65%), 1 mL HCl (37%) visoke čistoće i 4 mL H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (30%). Tako pripremljeni uzorci kose razarali su se u mikrovalnoj digestivnoj peći (Perkin Elmer Multiwave 3000, SAD) tijekom 1 h (Slika 2). Razoreni sadržaj uzoraka kose prebačen je u epruvete s čepom te je sadržaj nadopunjen destiliranom vodom do 25 mL (Slika 3). Tako pripremljeni uzorci su se koristili za daljnje određivanje metala.



*Slika 1. Priprema uzorka kose za vaganje*



*Slika 2. Mikrovalna digestivna peć (Perkin Elmer Multiwave 3000), SAD). Izvor: Lea Perić*



*Slika 3. Otopina uzoraka razorene kose volumena 25 mL*



### 3.4. Kromatografska analiza esencijalnih elemenata

Metoda induktivno spregnute plazme uz spektroskopiju masa (ICP-MS) je analitička tehnika koja se primjenjuje kako bi se odredili elementi u niskim koncentracijama u biološkom uzorku. Biološki uzorak koji se analizira u ICP-MS-u mora biti razrijeđen ili termički razgrađen. ICP-MS tehnika induktivno spregnutu plazmu koristi kao ionizacijski izvor, a elemente detektira pomoću masenog spektrometra (49). Uzorak se atomizira i ionizira djelovanjem visoke temperature plazme prilikom čega se ioni razdvajaju. Ioni se odvajaju na temelju odnosa mase i naboja ( $m/z$ ), koji na kraju čine maseni spektar. Za dobivanje podataka koji su prikazani u ovom diplomskom radu svi esencijalni elementi iz kose su analizirani induktivno spregnutom plazmom uz spektroskopiju masa (ICP-MS - NexION 300X Perkin Elmer Instruments, Waltham, MA, SAD). Masene frakcije su determinirane pomoću vanjskih standarada, dok je koeficijent linearnosti za kalibracijske krivulje  $R^2 > 0,999$  korišten za izračunavanje dobivenih koncentracija elemenata.



*Slika 4. ICP-MS NexION 300X (Perkin Elmer Instruments, Waltham, MA, SAD) (50.)*

### 3.5. Statistička obrada rezultata

Statistička analiza podataka provedena je korištenjem statističkog programa Statistica 14.0.1., SAD. Deskriptivnom statističkom analizom prikazan je broj mjerenja, aritmetička sredina, medijan, standardna pogreška, minimalna i maksimalna vrijednost. Parametri prema kojima je analizirana razlika u udjelima analiziranih esencijalnih elemenata bile su spol, dob, vrsta prehrane, podneblje, uzimanje terapije i suplemenata, boja kose, bojana kose te indeks opterećenja esencijalnim metalima. U svrhu utvrđivanja razlike između pojedinih skupina udjela esencijalnih metala korišteni su neparametrijski statistički testovi Mann-Whitney U test, Spearman-ov Rank Order Correlation statistički test te višestruka linearna regresija. Za

sveukupni prikaz učinka esencijalnih metala, odnosno opterećenost organizma, izračunat je indeks opterećenosti metalima prema izrazu (1):

$$IOM = \sqrt[n]{(w_1) * (w_2) * (w_3) * (w_n) *} \quad (1)$$

## 4. REZULTATI

### 4.1. Vrijednosti udjela esencijalnih metala prema spolu

Eksperimentalni podatci udjela metala u ovisnosti o spolu prikazani su u Tablici 1 i Tablici 2. Prikazane su srednje vrijednosti podataka  $\pm$  standardne pogreške, medijan, minimum i maksimum, 95% raspon te koeficijent varijacije analiziranih esencijalnih metala kod ispitanika muškoga te ženskoga spola.

*Tablica 1. Udjeli analiziranih esencijalnih metala (ppm) prikazanih preko srednje vrijednosti  $\pm$  standardne pogreške, medijana, minimuma i maksimuma, 95%-tnog raspona te koeficijent varijacije analiziranih esencijalnih metala (Mn, Fe, Cu, Zn, Co, V) kod ispitanika muškoga*

|  | <b>Mn<br/>(ppm)</b>     | <b>Fe<br/>(ppm)</b>     | <b>Cu<br/>(ppm)</b>    | <b>Zn<br/>(ppm)</b>      | <b>Co<br/>(ppm)</b>   | <b>V<br/>(ppm)</b>     |
|--|-------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------|
| <b>srednja<br/>vrijednost<br/>(<math>\pm</math> standardna<br/>pogreška)</b> | 10,52<br>( $\pm$ 63,18) | 31,59<br>( $\pm$ 54,70) | 20,66<br>( $\pm$ 8,28) | 200,82<br>( $\pm$ 81,38) | 0,07<br>( $\pm$ 0,09) | 7,30<br>( $\pm$ 16,19) |
| <b>medijan</b>   | 0,05                    | 18,47                   | 19,80                  | 211,93                   | 0,05                  | 3,27                   |
| <b>min-max</b>   | 0,05 –<br>459,76        | 2,28 –<br>371,21        | 8,68 –<br>46,62        | 2,5 –<br>336,82          | 0,05 –0,64            | 0,05 –<br>110,95       |
| <b>95% raspon</b>  | -6,89 –<br>27,94        | 16,52 –<br>45,67        | 18,38 –<br>22,95       | 178,38 –<br>223,25       | 0,05 –0,09            | 2,84 –<br>11,76        |
| <b>koeficijent<br/>varijacije (%)</b>  | 600,52                  | 173,14                  | 40,08                  | 40,53                    | 122,08                | 221,82                 |

*spola.*

Analizom podataka ispitanika muškoga spola (Tablica 1) uočavamo da su medijani udjela Mn i Co najnižih vrijednosti (0,05 ppm) dok je udio Zn 211,93 ppm, što ga ujedno čini i najvećom vrijednošću medijana. Medijan udjela V iznosi 3,27 ppm, dok su vrijednosti udjela medijana Fe i Cu približno podjednake, te iznose 18,47 ppm, odnosno 19,80 ppm. Uočava se da su rasponi između minimalnih i maksimalnih vrijednosti udjela analiziranih metala vrlo veliki za Mn (0,05 ppm – 459,76 ppm), Fe (2,28 ppm – 371,21 ppm), Zn (2,5 ppm – 336,82 ppm) te V (0,05 ppm – 110,95 ppm), dok su manje razlike za Cu (8,68 ppm – 46,62 ppm) i Co (0,05 ppm – 0,64 ppm). Koeficijent varijacije je najveći za Mn (600,52%), a najmanji za Cu (40,08%) kojeg odmah slijedi Zn sa koeficijentom varijacije od 40,53%. Metal s visokim koeficijentom varijacije je i V u iznosu od 221,82% dok Fe ima vrijednost koeficijenta varijacije 173,14%, a Co 122,08%.

**Tablica 2.** Udjeli analiziranih esencijalnih metala (ppm) prikazanih preko srednje vrijednosti  $\pm$  standardne pogreške, medijana, minimuma i maksimuma, 95% raspona te koeficijenta varijacije analiziranih esencijalnih metala (Mn, Fe, Cu, Zn, Co, V) kod ispitanika ženskoga spola.

|  | <b>Mn<br/>(ppm)</b>    | <b>Fe<br/>(ppm)</b>     | <b>Cu<br/>(ppm)</b>     | <b>Zn<br/>(ppm)</b>       | <b>Co<br/>(ppm)</b>   | <b>V<br/>(ppm)</b>     |
|--|------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------|------------------------|
| <b>srednja vrijednost<br/>(<math>\pm</math> standardna<br/>pogreška)</b> | 4,08<br>( $\pm$ 18,43) | 41,44<br>( $\pm$ 79,74) | 25,78<br>( $\pm$ 20,62) | 189,33<br>( $\pm$ 104,61) | 0,26<br>( $\pm$ 0,46) | 8,34<br>( $\pm$ 17,54) |
| <b>medijan</b>   | 0,05                   | 25,32                   | 22,32                   | 199,77                    | 0,05                  | 3,05                   |
| <b>min-max</b>   | 0,05-<br>129,05        | 2,5-<br>477,37          | 7,07-<br>130,70         | 2,50-487,93               | 0,05-2,35             | 0,05-<br>97,89         |
| <b>95% raspon</b>  | -0,38-8,54             | 22,14-<br>60,74         | 20,79-<br>30,77         | 164,01-<br>214,64         | 0,15-0,37             | 4,09-<br>12,59         |
| <b>koeficijent<br/>varijacije (%)</b>                                    | 451,85                 | 192,41                  | 79,98                   | 55,25                     | 177,22                | 210,33                 |

Rezultati dobiveni deskriptivnom statistikom za sudionike ženskoga spola (Tablica 2) ukazuju da su srednje vrijednosti najniže za Co, Mn i V dok je su te vrijednosti za Zn najviše. Najveći iznos medijana pokazuje analizirani Zn koji iznosi 199,77 ppm dok najniže vrijednosti medijana imaju Mn i Co koje iznose 0,05 ppm te V čija vrijednost medijana iznosi 3,05 ppm. Medijani Fe i Cu su kao i kod ispitanika muškoga spola vrlo male razlike, Fe iznosi 25,32 ppm dok Cu iznosi 22,32 ppm. Rasponi između minimalnih i maksimalnih vrijednosti su najveći za Fe i Zn, te Mn i zatim Cu i V, dok je najmanji raspon uočen kod Co. Koeficijent varijacije ima najveću vrijednost za Mn koji iznosi 451,85%, što uočavamo i kod ispitanika muškoga spola. Koeficijenti varijacije su manjih vrijednosti kod V, Fe i Co, dok su najmanje za Cu i Zn.

#### 4.2. Analiza udjela esencijalnih metala ovisno o dobnim skupinama

Nadalje, provedena je usporedba udjela metala kod ispitanika prema različitim dobnim skupinama. Također, uz ispitivanje statistički značajne razlike između dobnih skupina, provedena je i usporedba prema spolu. U Tablicama 3, 4 i 5 prikazane su razlike između dobnih skupina u udjelu metala pri čemu je analiza provedena na razini pouzdanosti  $p < 0,05$ . Statistički značajne razlike istaknute su crvenom bojom. Dobne skupine u kojima nisu pronađene statistički značajne razlike između udjela metala na razini pouzdanosti  $p < 0,05$  nisu prikazane u rezultatima.

*Tablica 3. Usporedbe udjela analiziranih esencijalnih metala između muške i ženske populacije provedene Mann-Whitney U testom za dobnu skupinu od 15-25 godina na razini pouzdanosti  $p < 0,05$ .*

| Analizirani elementi | Rank zbroj M | Rank zbroj Ž | $p$ -vrijednost | Broj uzoraka M | Broj uzoraka Ž |
|----------------------|--------------|--------------|-----------------|----------------|----------------|
| Mn (ppm)             | 169,50       | 130,50       | 0,2411          | 12             | 12             |
| Fe (ppm)             | 147,00       | 153,00       | 0,8851          | 12             | 12             |
| Cu (ppm)             | 127,00       | 173,00       | 0,1939          | 12             | 12             |
| Zn (ppm)             | 159,00       | 141,00       | 0,6236          | 12             | 12             |
| Co (ppm)             | 120,00       | 180,00       | <b>0,0165</b>   | 12             | 12             |
| V (ppm)              | 167,50       | 132,50       | 0,3083          | 12             | 12             |

U dobnoj skupni ispitanika od 15-25 godina nalazi se 12 ispitanika muškoga spola te 12 ispitanica ženskoga spola. Rezultati ukazuju da je statistički značajna razlika udjela postignuta jedino za Co označena crvenom bojom ( $p = 0,0165$ ; Tablica 3). Kod ostalih metala nisu utvrđene statistički značajne razlike pri  $p < 0,05$ .

*Tablica 4. Usporedbe udjela analiziranih esencijalnih metala između muške i ženske populacije provedene Mann-Whitney U testom za dobnu skupinu od 26-35 godina na razini pouzdanosti  $p < 0,05$ .*

| Analizirani elementi | Rank zbroja M | Rank zbroja Ž | $p$ -vrijednosti | Broj uzoraka M | Broj uzoraka Ž |
|----------------------|---------------|---------------|------------------|----------------|----------------|
| Mn (ppm)             | 102,00        | 108,00        | 0,8429           | 10             | 10             |
| Fe (ppm)             | 73,00         | 137,00        | <b>0,0173</b>    | 10             | 10             |
| Cu (ppm)             | 76,00         | 134,00        | <b>0,0312</b>    | 10             | 10             |
| Zn (ppm)             | 101,00        | 109,00        | 0,7913           | 10             | 10             |
| Co (ppm)             | 80,00         | 130,00        | <b>0,0298</b>    | 10             | 10             |
| V (ppm)              | 95,00         | 115,00        | 0,4515           | 10             | 10             |

U dobnoj skupini od 26-35 godina broj muških ispitanika je 10, isto kao i ženskih ispitanika (Tablica 4). Statistički značajne razlike u udjelu metala kod ove dobne skupine pokazuju Fe ( $p = 0,0173$ ), Cu ( $p = 0,0312$ ) i Co ( $p = 0,0298$ ).

**Tablica 5.** *Usporedbe udjela analiziranih esencijalnih metala između muške i ženske populacije provedene Mann-Whitney U testom za dobnu skupinu od 36-45 godina na razini pouzdanosti  $p < 0,05$ .*

| Analizirani elementi | Rank zbroja M | Rank zbroja Ž | $p$ -vrijednost | Broj uzoraka M | Broj uzoraka Ž |
|----------------------|---------------|---------------|-----------------|----------------|----------------|
| Mn (ppm)             | 110,00        | 166,00        | 0,5153          | 10             | 13             |
| Fe (ppm)             | 99,50         | 176,50        | 0,2127          | 10             | 13             |
| Cu (ppm)             | 110,00        | 166,00        | 0,5558          | 10             | 13             |
| Zn (ppm)             | 112,00        | 164,00        | 0,6418          | 10             | 13             |
| Co (ppm)             | 85,00         | 191,00        | <b>0,0182</b>   | 10             | 13             |
| V (ppm)              | 133,00        | 143,00        | 0,4437          | 10             | 13             |

U dobnoj skupini od 36-45 godina broj muških ispitanika je 10, a ženskih ispitanika je 13 (Tablica 5). Statistički značajnu razliku u udjelu metala kod ove dobne skupine pokazuje Co ( $p = 0,0182$ ).

#### 4.3. Analiza udjela esencijalnih metala prema vrsti prehrane

Sljedeća analizirana varijabla su prehrambene navike, tj konzumiranje mediteranske ili kontinentalne prehrane. Broj ispitanika na mediteranskoj prehrani je 51, dok broj ispitanika kontinentalne prehrane 70. Analiza varijable vrsta prehrane rađena je na ukupnoj populaciji. Statističke značajne razlike između udjela metala označene su u Tablici 6 crvenom bojom, odnosno  $p$  vrijednosti bile su  $< 0,05$ .

*Tablica 6. Usporedbe udjela analiziranih esencijalnih metala između mediteranske i kontinentalne prehrane na razini pouzdanosti  $p < 0,05$ .*

| Analizirani elementi | Rank zbroja Mediteranska | Rank zbroja Kontinentalna | $p$ -vrijednost | Broj uzoraka Mediteranska | Broj uzoraka Kontinentalna |
|----------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|----------------------------|
| Mn (ppm)             | 3227,50                  | 4153,50                   | 0,5128          | 51                        | 70                         |
| Fe (ppm)             | 3540,00                  | 3841,00                   | <b>0,0241</b>   | 51                        | 70                         |
| Cu (ppm)             | 3110,00                  | 4271,00                   | 0,9979          | 51                        | 70                         |
| Zn (ppm)             | 3381,00                  | 4000,00                   | 0,1571          | 51                        | 70                         |
| Co (ppm)             | 3488,00                  | 3893,00                   | <b>0,0010</b>   | 51                        | 70                         |
| V (ppm)              | 2810,00                  | 4571,00                   | 0,1107          | 51                        | 70                         |

Od pet analiziranih elemenata, kod dva su uočene statistički značajne razlike u udjelima i to kod Fe ( $p = 0,0241$ ) i Co ( $p = 0,0010$ ).

#### 4.4. Analiza udjela esencijalnih metala prema varijabli podneblje

Nadalje, analizirane su razlike u udjelima metala prema varijabli podneblje koju čine Istra i Primorje te kontinentalni dio Republike Hrvatske. Broj ispitanika koji žive na području Istre i Primorja je 67, dok je ispitanika koji žive kontinentalno 54. Varijabla podneblja je analizirala u ovisnosti o spolu te je muških ispitanika koji žive na području Istre i Primorja 27, dok je ženskih ispitanika na istom području 40. U Tablici 7. prikazane su razlike u udjelima metala za podneblje Istre i Primorja prema spolu te su statistički značajne razlike na razini  $p < 0,05$  označene crvenom bojom. Rezultati razlika udjela elemenata za podneblje kontinenta nemaju statistički značajne  $p$ -vrijednosti te nisu prikazane.

*Tablica 7. Usporedba udjela analiziranih esencijalnih metala između muških i ženskih ispitanika prema podneblju na razini pouzdanosti  $p < 0,05$ .*

| Analizirani elementi | Rank zbroja M | Rank zbroja Ž | $p$ -vrijednost | Broj uzoraka M | Broj uzoraka Ž |
|----------------------|---------------|---------------|-----------------|----------------|----------------|
| Mn (ppm)             | 909,50        | 1368,50       | 0,9114          | 27             | 40             |
| Fe (ppm)             | 796,00        | 1482,00       | 0,1110          | 27             | 40             |
| Cu (ppm)             | 749,00        | 1529,00       | <b>0,0312</b>   | 27             | 40             |
| Zn (ppm)             | 1014,50       | 1263,50       | 0,2198          | 27             | 40             |
| Co (ppm)             | 699,00        | 1579,00       | 0,0056          | 27             | 40             |
| V (ppm)              | 887,50        | 1390,50       | 0,6962          | 27             | 40             |

U tablici 7. može se vidjeti da jedina statistički značajna razlika za varijablu podneblje pronađena kod udjela metala Cu ( $p = 0,0312$ ). Ostale  $p$ -vrijednosti analiziranih elemenata nisu bile statistički značajne na razini pouzdanosti  $p < 0,05$  te nisu označene crvenom bojom.



#### 4.5. Analiza udjela esencijalnih metala prema varijabli konzumacije medikamenata i suplemenata u prehrani

Naredna ispitivana varijaba u ovom istraživanju je uzimanje medikamentozne terapije ili suplemenata kod ispitanika. Broj ispitanika koji ne uzimaju terapiju ili suplemente je 81, dok 40 ispitanika uzima određenu vrstu terapije ili suplemente. Varijabla o uzimanju terapije ili suplemenata je provedena na svim ispitanicima.

**Tablica 8.** Usporedba udjela analiziranih esencijalnih metala ovisno o uzimanju medikamentozne terapije ili suplemenata na razini pouzdanosti  $p < 0,05$ .

| Analizirani elementi | Rank zbroja Ne | Rank zbroja Da | $p$ -vrijednost | Broj uzoraka Ne | Broj uzoraka Da |
|----------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Mn (ppm)             | 5098,00        | 2283,00        | 0,3540          | 81              | 40              |
| Fe (ppm)             | 5165,50        | 2215,50        | 0,2157          | 81              | 40              |
| Cu (ppm)             | 5394,00        | 1987,00        | <b>0,0127</b>   | 81              | 40              |
| Zn (ppm)             | 5351,00        | 2030,00        | <b>0,0240</b>   | 81              | 40              |
| Co (ppm)             | 4997,00        | 2384,00        | 0,6902          | 81              | 40              |
| V (ppm)              | 4789,50        | 2591,50        | 0,4001          | 81              | 40              |

U tablici 8. prikazana je razlika u udjelu esencijalnih metala kod ispitanika koji uzimaju ili ne uzimaju medikamentoznu terapiju ili suplemente. U tablici „Ne“ označava ispitanike koji ne uzimaju medikamentoznu terapiju i suplemente, dok „Da“ označava ispitanike koji uzimaju medikamentoznu terapiju ili suplemente. Od svih analiziranih elemenata jedino je statistički značajna razlika pronađena kod udjela Cu ( $p = 0,0127$ ) i Zn ( $p = 0,0240$ ) (istaknuto crvenom bojom).

#### 4.6. Analiza udjela esencijalnih metala prema varijabli boja kose

Kako bi se utvrdila međusobna ovisnost udjela pojedinih metala u ovisnosti o boji kose korišten je Spearman-ov Rank Order Correlation statistički test. Boje kose kod ispitanika grupirane su u 4 grupa; plava, smeđa, crna, siva. Analiza varijable boja kose provodila se općenito na cijeloj populaciji.

*Tablica 9. Odnos analiziranih esencijalnih metala u crnoj boji prikazan Spearmanov Rank Order Correlation statističkim testom*

| <b>Analizirani elementi</b> | Mn (ppm)    | Fe (ppm) | Cu (ppm) | Zn (ppm) | Co (ppm) | V (ppm) |
|-----------------------------|-------------|----------|----------|----------|----------|---------|
| Mn (ppm)                    | 1,00        |          |          |          |          |         |
| Fe (ppm)                    | <b>0,79</b> | 1,00     |          |          |          |         |
| Cu (ppm)                    | 0,16        | 0,16     | 1,00     |          |          |         |
| Zn (ppm)                    | -0,13       | -0,27    | 0,36     | 1,00     |          |         |
| Co (ppm)                    | 0,33        | 0,16     | 0,09     | 0,53     | 1,00     |         |
| V (ppm)                     | -0,28       | -0,03    | 0,33     | -0,44    | -0,41    | 1,00    |

Međusobni odnos udjela analiziranih esencijalnih metala u crnoj boji kose prikazan je u Tablici 9. Može se uočiti da jedino pozitivnu statistički značajnu ovisnost pokazuju Fe i Mn (0,79) što je istaknuto crvenom bojom. Također, vrijednost je i pozitivna što znači da porastom koncentracije Fe dolazi i do porasta koncentracije Mn. Kod ostalih analiziranih metala nije uočena statistički značajana ovisnost, ali možemo vidjeti da je negativna ovisnost kod međusobnog utjecaja Mn sa Zn (-0,13) i Mn sa V (-0,28), kao i kod Fe što ukazuje da porastom koncentracije jednog metala javlja se smanjenje koncentracije drugog.

*Tablica 10. Odnos analiziranih esencijalnih metala u smeđoj boji kose prikazan Spearmanov Rank Order Correlation statističkim testom*

| <b>Analizirani elementi</b> | Mn (ppm)    | Fe (ppm)     | Cu (ppm) | Zn (ppm)     | Co (ppm) | V (ppm) |
|-----------------------------|-------------|--------------|----------|--------------|----------|---------|
| Mn (ppm)                    | 1,00        |              |          |              |          |         |
| Fe (ppm)                    | <b>0,59</b> | 1,00         |          |              |          |         |
| Cu (ppm)                    | 0,07        | <b>0,32</b>  | 1,00     |              |          |         |
| Zn (ppm)                    | -0,22       | 0,00         | 0,17     | 1,00         |          |         |
| Co (ppm)                    | -0,01       | 0,15         | -0,05    | 0,05         | 1,00     |         |
| V (ppm)                     | -0,11       | <b>-0,33</b> | -0,18    | <b>-0,27</b> | -0,17    | 1,00    |

U tablici 10. je prikazana međusobna ovisnost udjela metala kod svih ispitanika sa smeđom kosom. Uočavamo da statističku značajnu ovisnost rasta udjela pokazuju Mn i Fe (0,59), Fe i Cu (0,32), dok Fe i V(-0,33), Zn i V (-0,27) pokazuju statistički značajnu, ali negativnu ovisnost. Statistički značajne ovisnosti označene su u Tablici 10. crvenom bojom.

*Tablica 11. Odnos analiziranih esencijalnih metala u sivoj boji kose prikazan Spearmanov Rank Order Correlation statističkim testom*

| Analizirani elementi | Mn (ppm)    | Fe (ppm)    | Cu (ppm)    | Zn (ppm) | Co (ppm) | V (ppm) |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|----------|----------|---------|
| Mn (ppm)             | 1,00        |             |             |          |          |         |
| Fe (ppm)             | <b>0,48</b> | 1,00        |             |          |          |         |
| Cu (ppm)             | 0,29        | <b>0,50</b> | 1,00        |          |          |         |
| Zn (ppm)             | 0,20        | <b>0,54</b> | <b>0,40</b> | 1,00     |          |         |
| Co (ppm)             | 0,30        | 0,25        | 0,16        | 0,09     | 1,00     |         |
| V (ppm)              | -0,13       | -0,13       | -0,02       | -0,20    | -0,25    | 1,00    |

Kod ispitanika sive boje kose uočavamo da statistički značajnu i pozitivnu ovisnost pokazuju Fe s Mn (0,48), Fe s Cu (0,50) te Fe sa Zn (0,54) (Tablica 11). Nadalje, statistički značajnu ovisnost ima Cu sa Zn (0,40) Dobivene statističke značajnosti istaknute su crvenom bojom na razini pouzdanosti  $p < 0,05$ .

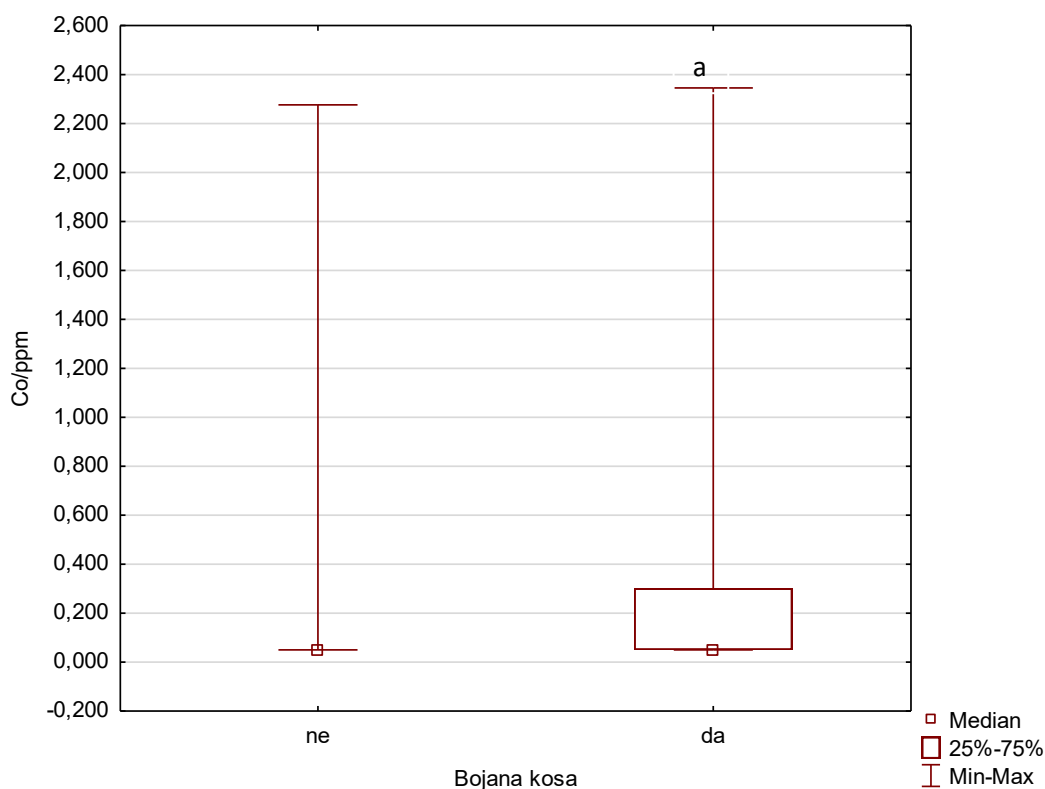
*Tablica 12. Odnos analiziranih esencijalnih metala u kosi plave boje prikazan Spearmanov Rank Order Correlation statističkim testom*

| Analizirani elementi | Mn (ppm) | Fe (ppm)    | Cu (ppm) | Zn (ppm)     | Co (ppm) | V (ppm) |
|----------------------|----------|-------------|----------|--------------|----------|---------|
| Mn (ppm)             | 1,00     |             |          |              |          |         |
| Fe (ppm)             | 0,35     | 1,00        |          |              |          |         |
| Cu (ppm)             | 0,05     | <b>0,70</b> | 1,00     |              |          |         |
| Zn (ppm)             | 0,39     | 0,41        | 0,33     | 1,00         |          |         |
| Co (ppm)             | -0,19    | -0,42       | 0,14     | -0,28        | 1,00     |         |
| V (ppm)              | -0,30    | -0,63       | -0,50    | <b>-0,80</b> | 0,43     | 1,00    |

Tablica 12. prikazuje analizu ovisnosti udjela metala kod ispitanika plave boje kose, statistički značajne ovisnosti istaknute su crvenom bojom. Pozitivnu statistički značajnu ovisnost pokazuju Fe i Cu (0,70), dok Zn s V (-0,80 ppm) rezultira negativnom ovisnošću.

#### 4.7. Analiza udjela esencijalnih metala prema varijabli kosa tretirana bojilima

Varijablom kosa tretirana bojilima ispituje se postoji li značajan učinak primijenjenih bojila na udio analiziranih metala. Broj ispitanika koji ne tretiraju svoju kosu bojilima je 74, dok 46 ispitanika to radi. Rezultati su prikazani na slici 5. i to samo za Co jer jedini od analiziranih metala pokazuje statistički značajnu razliku u udjelu između dvije testirane skupine ( $p = 0,0007$ ).



*Slika 5. Prikaz raspodjele udjela Co kod osoba u odnosu na varijablu bojanje kose \*a-oznaka statistički značajne razlike na razini pouzdanosti  $p < 0,05$  korištenjem Mann Whitney U testa*

Na slici 5. prikazana je statistički značajna vrijednost u koncentraciji Co kod ispitanika koji tretiraju kosu bojilima u odnosu na one koji ne tretiraju. Medijan Co kod ispitanika s

netretiranom i tretiranom kosom bojilima iznosi 0,05 ppm. Raspon između minimalne i maksimalne vrijednosti kod ispitanika s netretiranom kosom bojilima iznosi od 0,05 do ppm 2,28 ppm dok kod ispitanika koji tretiraju kosu bojilima iznosi od 0,05 ppm do 2,35 ppm.

#### 4.8. Indeks opterećenja metalima

Naposljetku prikazan je indeks opterećenosti metalima (IOM) koji se izračunava prema Formuli 1. Indeksom se prikazuje sveukupni utjecaj svih analiziranih metala kod svih ispitanika. U tablici 13. prikazan je utjecaj svih analiziranih metala na IOM te su vrijednosti koje su statistički značajne na razini pouzdanosti  $p < 0,05$  istaknute crvenom bojom upotrebom Sperman Rank Order Correlations

*Tablica 13. Međusobni utjecaj analiziranih esencijalnih metala i IOM-a prikazan statističkim testom Sperman Rank Order Correlations*

| Analizirani elementi | Mn (ppm) | Fe (ppm) | Cu (ppm) | Zn (ppm) | Co (ppm) | V (ppm) | IOM    |
|----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|--------|
| <b>Mn (ppm)</b>      | 1,0000   |          |          |          |          |         |        |
| <b>Fe (ppm)</b>      | 0,6047   | 1,0000   |          |          |          |         |        |
| <b>Cu (ppm)</b>      | 0,1476   | 0,4351   | 1,0000   |          |          |         |        |
| <b>Zn (ppm)</b>      | 0,0138   | 0,2340   | 0,2766   | 1,0000   |          |         |        |
| <b>Co (ppm)</b>      | 0,1101   | 0,1900   | 0,0255   | 0,1397   | 1,0000   |         |        |
| <b>V (ppm)</b>       | -0,1545  | -0,2773  | -0,1994  | -0,3100  | -0,1534  | 1,0000  |        |
| <b>IOM</b>           | 0,5983   | 0,6491   | 0,3602   | 0,2065   | 0,3783   | 0,2627  | 1,0000 |

Statistički značajne ovisnosti na razini pouzdanosti  $p < 0,05$  istaknuti su crvenom bojom. Uočava se pozitivan i statistički značajan utjecaj svih analiziranih metala na IOM pri čemu najjači utjecaj ima Fe (0,6491), a najj slabiji Zn (0,2065).

*Tablica 14. Utjecaj udjela analiziranih esencijalnih metala na indeks opterećenosti metalima (IOM) prikazan lineranom regresijom*

| Analizirani elementi | IOM/b  | p-vrijednost |
|----------------------|--------|--------------|
| Mn (ppm)             | 0,0158 | 0,0003       |
| Fe (ppm)             | 0,0254 | <0,0001      |
| Cu (ppm)             | 0,0078 | 0,4800       |
| Zn (ppm)             | 0,0039 | 0,05890      |
| Co (ppm)             | 1,5635 | 0,0016       |
| V (ppm)              | 0,0085 | 0,4484       |

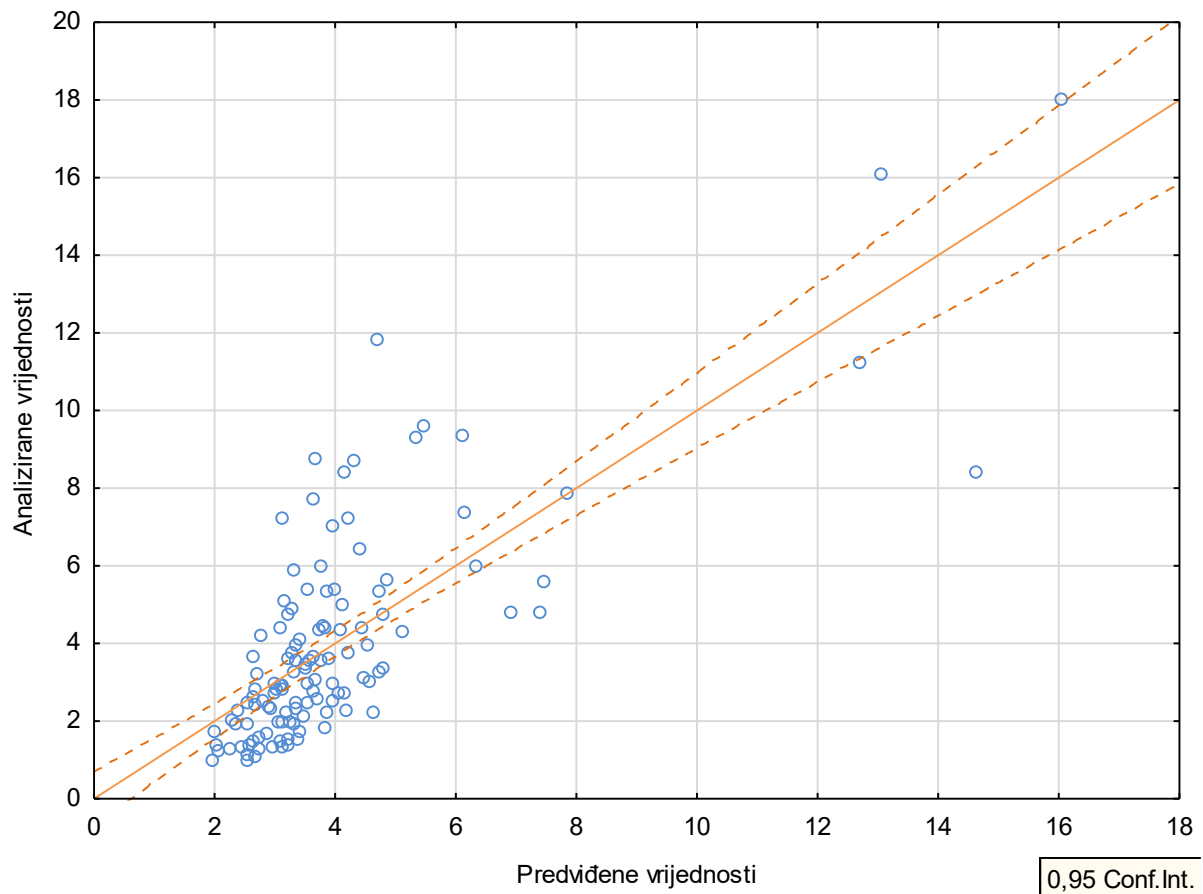
Nadalje provedena je i analiza skupnog djelovanja svih analiziranih metala na IOM uz primjenu linerane regresije. Metal koji pokazuje najjaču opterećenost je Co koji iznosi 1,5635, dok najmanji utjecaj ima Zn koji iznosi 0,0039.

Ukupni utjecaj pojedinih analiziranih metala na IOM prikazan je jednadžbom (2):

$$IOM = 0,0158 * Mn + 0,0254 * Fe + 0,0078 * Cu + 0,0039 * Zn + 1,5635 * Co + 0,0085 * V \quad (2)$$

Vrijednost  $R^2$  za ovako predložen prediktivni model iznosi 0,5834 što ukazuje na slabu prilagodbu svih analiziranih metala na linearnu ovisnost o IOM, odnosno na ovaj model zbog niske korelacije nije prihvatljiv.

Ovisnost IOM i analiziranih metala prikazana je na slici 6.



*Slika 6. Prikaz analiziranih i predviđenih vrijednosti IOM-a analiziranih esencijalnih elemenata*

Na prikazanom grafu uočavaju se evidentne razlike između analiziranih i predviđenih vrijednosti što ukazuje na niski koeficijent korelacije ( $R^2 = 0,5834$ ).

## 5. RASPRAVA

Analiza esencijalnih metala iz uzoraka ljudske kose je praktična i pouzdana metoda određivanja praćenja esencijalnih elemenata u organizmu, ali rijetko provedena. Kosa, za razliku od uzorka urina ili krvi, prikazuje izloženost ili akumulaciju elemenata kroz duži vremenski period, moguće i godine. Esencijalni metali u kosi zbog svoje neophodnosti za uravnoteženo funkcioniranje svakog organizma, trebali bi biti prisutni u uzorcima kose u određenom rasponu. Prihvatljivi raspon udjela određenog esencijalnog metala u kosi nije točno definiran već se vrijednosti razlikuju u provedenim istraživanjima. Također, ovim istraživanjem htjeli su se prikazati moguće razlike u udjelima analiziranih esencijalnih metale prema odabranim parametrima.

Od ukupnog broja ispitanika (121), 68 je ispitanika ženskog spola, a 53 ispitanika muškog. Srednja vrijednost analiziranog metala Zn je podjednako visoka kod ispitanika oba spola. Kod muškaraca iznosi 200,82 ppm sa standardnom pogreškom 81,38, dok kod ispitanica iznosi 189,33 ppm sa standardnom pogreškom 104,61. Rezultati vrijednosti medijana Zn za ispitanika ženskog i muškog spola su niže nego što su dobivene u istraživanju Dongarrà i sur. (2011.) te je za ispitanike ženskog spola uočena približno ista srednja vrijednost dok se veća razlika u vrijednosti medijana uočava kod ispitanika muškog spola. Potrebe za Zn su veće kod muškaraca nego kod žena, te je određen i veći potrebni dnevni unos za muškarce, ali to su vrijednosti za humane uzorke krvi te daju različite vrijednosti koncentracija od uzorka kose i ne mogu se uspoređivati. Veće koncentracije Zn kod osoba muškog spola mogu biti više zbog veće mase kostiju i mišića u kojima se prirodno nalazi Zn te je za muškarce preporučen viši dnevni unos Zn koji je bitan za njihovu hormonalnu ravnotežu (51).

Također, viši rezultati srednjih vrijednosti kod muškaraca ima Mn. Srednja vrijednost Mn za ispitanike muškoga spola iznosi 10,52 ppm dok za ispitanike ženskog spola iznosi 4,08 ppm. Mn je esencijalan element čiji je nedostatak izrazito rijedak, a najčešće se povezuje s određenim patološkim stanjem organizma. Više koncentracije Mn kod ispitanika muškoga spola mogu biti razlog češće izloženosti Mn na radnom mjestu koji koristi Mn u proizvodnom procesu te zbog veće sposobnosti apsorpcije Mn nego kod žena. U istraživanju Chojnacka i sur. (2008.) dobivene su više vrijednosti Mn kod ženskih ispitanike te se vrijednosti razlikuju od dobivenih u ovom istraživanju te za razloge svojih rezultata navode životne navike te izloženost (48).



Ostali analizirani metali, Fe, Cu, Co i V imaju više srednje vrijednosti kod ispitanika ženskoga spola. Više srednje vrijednosti Fe kod ispitanika ženskog spola mogu biti zbog uzimanja nadomjestaka Fe ili zbog bogatije prehrane Fe nego kod ispitanika muškoga spola. Vrijednosti Fe analizirane s obzirom na spol su analizirane u radu Ashraf, W. i sur. (1994.) čiji rezultati ukazuju da je u uzorcima muških ispitanika najviše vrijednosti pokazalo Fe. Vrijednosti Cu prema literaturi trebale bi biti više kod ispitanika muškoga spola, ali ovom su analizom dobiveni suprotni rezultati koji mogu biti razlogom različite prehrane, načina života ili okruženja u kojem ispitanici provode vrijeme. Dobivene vrijednosti se mogu potvrditi istraživanjem Chojnacka K. i sur. (2006.) koji su donijeli zaključak da okruženje u kojem ispitanici žive ima značajniji utjecaj na koncentraciju metala nego spol ispitanika (48).

Srednje vrijednosti Co su više kod ispitanika ženskog spola. Co se nalazi u strukturi vitamina B12 te se takav može i unositi kao dodatak prehrani što može utjecati na njegovu koncentraciju u organizmu ili se može unositi preko prehrane koja se razlikuje kod pojedinaca. Dobiveni rezultati podudaraju se s vrijednostima dobivenim u istraživanju Rodushkin I., i sur. (2000.) (52).

V je element koji se opisuje kao potencijalno esencijalan te su uočene više srednje vrijednosti kod ispitanika ženskog spola. Najveći izvor V ljudima je prehrana te ovisno o vrsti prehrane i izloženosti te posljedično apsorpciji V, više koncentracije se uočavaju kod ispitanika ženskog spola. U većini istraživanja V nije bio jedan od analiziranih elemenata, a u istraživanju Dongarrà G., i sur. (2011.) su dobivene više vrijednosti kod ispitanika muškoga spola (51).

Statistički značajan metal koji je zajednički dobnim skupinama od 15-25, 26-35 te 36-45 godina jest Co. Co u ljudskom organizmu pronalazimo u formi vitamina B12 pa se može pretpostaviti da više vitamina B12 unose mlađe osobe, nego starije. Co u ljudski organizam dopijeva i akumulira se zbog korištenja u industrijske svrhe te je moguće da su osobe bile izložene Co na neki način. U istraživanju Senofonte i sur. (2000.) je uočeno da koncentracije Co pokazuju tendenciju rasta sa starenjem osoba muškoga spola (53).

U dobnoj skupini od 26-35 godina statistički značajni esencijalni metali su uz Co, Fe i Cu. U istraživanju Chojnacka i sur. (2006.) prema analizi elemenata ovisno o dobi, dobiveni su rezultati koji pokazuju da ljudi u dobi od 45-65 godina imaju više koncentracije Cu u kosi od mlađih dobnih skupina, pogotovo kod djece mlađe od 15 godina, ali u ovom istraživanju najniža dobna granica je bila 15 godina. Također, oni su zaključili da djeca mlađa od 15 godina imaju

više koncentracije i Fe u kosi od osoba starije životne dobi (48). U istraživanju Sreenivasa i sur. (2002.) dobiveni su rezultati koji ukazuju na povišene koncentracije Fe i Cu s godinama (54).

Analizom esencijalnih metala u uzorcima kose ispitanika ovisno o vrsti prehrane, mediteranska ili kontinentalna, utvrđena je razlika u koncentraciji esencijalnih elemenata što je očekivano jer se upravo prehranom i unose u organizam. Fe i Co su jedini od analiziranih elemenata koji su pokazali statistički značajnu razliku kod vrste prehrane. Veće količine Fe se nalaze u mesu i mesnim proizvodima u obliku koji se brže apsorbira u tijelu te je zbog toga moguća veća koncentracija Fe kod ispitanika kontinentalne prehrane, nego kod ispitanika mediteranske prehrane. Također, veći broj ispitanika svoju prehranu smatra kontinentalnom (70) nego mediteranskom (51). Hrana bogata Co je zeleno povrće te riba prisutna u odabiru ljudi koji preferiraju mediteransku prehranu zajedno sa odabirom unosa povrća, voća, orašastih plodova, ribe i ribljih proizvoda te maslinovog ulja. (55). U istraživanju Chojnacka i sur. (2010.) istraživao se unos hrane i utjecaj na razine esencijalnih elemenata u kosi. Dobiveni rezultati pokazuju značajan utjecaj više elemenata, ali od esencijalnih elemenata su Cu, Fe, Mn dok ostali elementi nisu analizirani za navedeni parametar (56).

Cu je jedini metal statistički značajno povišen u analizi udjela esencijalnih metala prema podneblju, Istra i Primorje i prema spolu. Cu se u višim koncentracijama nalazi u moru te se zbog toga i akumulira u morskim organizmima, a prema dobivenim rezultatima ispitanici sa područja Istre i Primorja zbog konzumacije mediteranske prehrane imaju statistički značajno više koncentracije Cu (57). Rezultati ovog istraživanja ukazuju na to da su koncentracije Cu bile više kod ispitanica ženskog spola nego kod ispitanika muškog spola što je podudarno rezultatima dobivenim u istraživanju Chojnacka i sur. (2010.) gdje su ispitanici također grupirani po spolu, a analizirani udjeli Cu bili su 2x veći kod ispitanika ženskog spola nego kod ispitanika muškog spola (58). Provedenom analizom ispitanici sa područja Kontinentalne Hrvatske nemaju statistički značajno povišene analizirane esencijalne elemente.

Jedan od parametara koji može izravno utjecati na koncentracije esencijalnih elemenata u tijelu je uzimanje medikamentozne terapije ili suplemenata. Prema provedenom anketnom upitniku 81 ispitanik ne uzima nikakvu medikamentoznu terapiju niti suplemente u prehrani dok 40 ispitanika pije određene medikamente ili suplemente u prehrani. Analizirani udjeli esencijalnih elemenata prema ovim parametrima ukazuju na statistički značajno povišene koncentracije Cu i Zn. Zn se često uzima kao dodatak prehrani dok je Cu sastavni dio brojnih multivitaminskih preparata, a njihova apsorpcija je bolja ukoliko se unose istovremeno.

Znanstvenik Taylor Andrew (1986.) u svom istraživanju pratio je sličan utjecaj konzumacije medikamentozne terapije na udio elemenata u kosi (59). Istraživanja utjecaja medikamentozne terapije i suplemenata u prehrani na esencijalne metale se još uvijek istražuje te nema dovoljno dostupnih podataka sa kojima bi se mogli usporediti rezultati ovog istraživanja.

Razlike u udjelu esencijalnih metala prema boji kose ispitanika analizirale su se prikazivanjem odnosa metala u crnoj, smeđoj, sivoj te plavoj boji kose. U tablici 7. vidimo odnos metala u crnoj boji kose te statistički značajan i pozitivan odnos između Mn i Fe. U već spomenutom istraživanju Andrewa Taylora (1986.) analizirane koncentracije elemenata u uzorcima različite boje kose dobiveni rezultati za Mn ukazuju da se najmanje nalaze u crnoj boji uzoraka, dok Fe ovim istraživanjem nije analizirano (59). Rezultati ovog istraživanja ukazuju da kod ispitanika smeđe boje kose statistički značajno pozitivno međusobno ovise Mn i Fe, Fe i Cu dok Fe i V, te Zn i V statistički značajno, ali negativno ovise što znači da je njihov odnos obrnuto proporcionalan. Siva boja kose pokazuje statistički značajne odnose Fe s Mn, Fe sa Cu i Zn čije su sve vrijednosti pozitivne. Navedeni rezultati nešto su drugačijeg odnosa od onih dobivenih u istraživanju Alberta Sturaroa (1994.) koji je također pratio srednje vrijednosti esencijalnih metala u uzorcima smeđe kose (60). Siva kosa u istraživanju Andrewa Taylora definira se kao kombinacija pigmentirane i nepigmentirane kose. Rezultati navedenog istraživanja također ističu kako je statistički značajna razlika između pigmentirane kose i nepigmentirane u udjelu Cu te su istaknute niske vrijednosti Mn. Odnos metala u plavoj boji kose je značajan između Fe i Cu te je pozitivan, a statistički značajan odnos pokazuju Zn i V dok je taj odnos negativan. U istraživanju Taylor navedeno je da je udjel Zn nizak u plavoj boji kose (59).

Korištenjem boja za kosu utječe se na mineralni sastav kose. Boje za kosu mogu utjecati na sastav esencijalnih elemenata u kosi prvenstveno jer takve boje mogu biti privremene, trajne, polutrajne. Ovisno koja vrsta boje se koristi i o njezinom sastavu ovisit će i koncentracija određenih metala koji će se postepeno akumulirati na tjemenu kose (58). Prema dobivenim rezultatima u ovom istraživanju, jedini element koji se statistički značajno razlikuje između bojane i nebojane kose je Co čiji su udjeli prikazani na slici 5.

Indeksom opterećenja metalima (IOM) prikazan je zajednički utjecaj svih analiziranih esencijalnih metala kod svih ispitanika (Tablica 13). Esencijalni metali koji imaju značajan utjecaj na IOM su Mn, Fe i Co. IOM za mangan iznosi 0,598 koji je drugi po redu po vrijednosti IOM-a analiziranih esencijalnih metala. Najveći IOM je zabilježen kod Fe koji iznosi 0,649 što

ukazuje na važnost Fe i njegovih formi u organizmu, najviše kao sastavni dio krvnih stanica. IOM Co iznosi 0,378 te slijedi nakon Mn prema vrijednosti IOM-a. Prema napravljenom modelu i izračunu  $R^2$  vrijednosti može se zaključiti da model nije prihvatljiv te da ima previše vrijednosti koji odstupaju od većine što je vidljivo i na slici 6. koja prikazuje odnos analiziranih i predviđenih vrijednosti IOM-a analiziranih esencijalnih metala.

U (Tablici 14.) prikazan je međusobni utjecaj IOM-a i analiziranih elemenata. IOM pokazuje statistički značajne i pozitivne međusobne odnose sa svim metalima. Jedine negativne vrijednosti pri međusobnom utjecaju ima V, koji je potencijalno esencijalan metal, s ostalim esencijalnim metalima. V je element koji se nalazi u atmosferi, korištenjem u industrijama te prirodnim procesima dopijeva i u biljke i hranu, ali u manjim količinama nego što se nalazi u atmosferi. Također, V se ne akumulira u organizmu, ali se nalazi u obliku aniona i kationa te se veže za određene spojeve, ali se ipak nalazi u malim količinama. Zbog malih količina u organizmu i slabe apsorpcije, može se objasniti negativna vrijednosti u međusobnom utjecaju s ostalim metalima. Utjecaj V i njegova toksičnost se još uvijek istražuje (61).

Rasponi prihvatljivih koncentracija esencijalnih elemenata i sama analiza esencijalnih elemenata u ljudskoj kosi se još uvijek istražuje te zbog toga nisu postavljene referentne vrijednosti kojima bi se mogli objasniti dobiveni rezultati.

## 6. ZAKLJUČCI

- Ljudska kosa kao uzorak predstavlja dobar matriks za praćenje koncentracija esencijalnih elemenata zbog jednostavnosti, dostupnosti i neinvazivnosti prilikom prikupljanja uzorka.
- Analizirani esencijalni elementi (Mn, Fe, Cu, Zn, Co, V) pokazuju razlike u udjelima ovisno o spolu ispitanika.
- Esencijalni elementi su bitni za normalno i uravnoteženo funkcioniranje organizma, ali u prihvatljivim količinama te da osobne karakteristike i način života značajno utječu na razlike u njihovim udjelima u ljudskoj kosi.
- Utjecaj životne dobi na udjel esencijalnih elemenata je značajan za analizirane elemente, Co, Fe i Cu.
- Statistički je značajan utjecaj vrste prehrane na udjele esencijalnih elemenata Fe i Co.
- Utjecaj podneblja življenja je statistički značajan za koncentracije Cu kod ispitanika koji žive na području Istre i Kvarnera.
- Konzumacija medikamentozne terapije i suplemenata u prehrani utječe na vrijednosti Cu i Zn.
- Boja kose također pokazuje određen utjecaj na udjele esencijalnih elemenata u kosi crne, smeđe, sive i plave boje kose.
- Provedba ovakvih istraživanja pridonosi razvoju analitičkih metoda, ali i dobivanju informacija o udjelima elemenata ovisno o praćenim parametrima i potrebno ih je provoditi i u budućnosti.

## 7. LITERATURA

1. Zoroddu M.A., Aaseth, J., Crisponi, G., Medici, S., Peana, M., Nurchi, V.M. The essential metals for humans: a brief overview, *Journal of Inorganic Biochemistry* [Internet] 2019. [citirano 5. 4.2023.] 195; 120-129. Dostupno na: [10.1016/j.jinorgbio.2019.03.013](https://doi.org/10.1016/j.jinorgbio.2019.03.013)
2. Cannas D.; Loi, E.; Serra, M.; Firinu, D.; Valera, P.; Zavattari, P. Relevance of Essential Trace Elements in Nutrition and Drinking Water for Human Health and Autoimmune Disease Risk, *Nutrients*. [Internet] 2020. [citirano 5.4.2023. ] 12(7):2074 Dostupno na: <https://doi.org/10.3390/nu12072074>
3. Bošnjaković A. Određivanje toksičnih i esencijalnih elemenata u kosi roditelja iz kontinentalne i priobalne Hrvatske [Diplomski rad]. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet; [Internet] 2019. [citirano 5.4.2023.] Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:183492>
4. Tandon S. K., Essential metal co-ordination in biochemistry, *Industrial Toxicology Research Center, Lucknow, India*. [Internet] 5.12.1984. [citirano 6.4.2023.] 36(1985) 307-323. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/file/228960>
5. Zhang Y, Chen T, Luo P, Li S, Zhu J, Xue S, Cao P, Zhu Z, Li J, Wang X, Wluka AE, Cicuttini F, Ruan G, Ding C. Associations of Dietary Macroelements with Knee Joint Structures, Symptoms, Quality of Life, and Comorbid Conditions in People with Symptomatic Knee Osteoarthritis, *Nutrients*. [Internet] 2022 [citirano 6.4.2023.] 14(17):3576 Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9460692/>
6. National Institutes of Health, Office of dietary supplements, Calcium [Ažurirano 6.10.2022., citirano 6.4.2023.] Dostupno na: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Calcium-Consumer/>
7. Beto JA. The role of calcium in human aging. *Clin Nutr Res*. [Internet] siječanj,2015 [citirano 14.6.2023.] 4(1):1-8 Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4337919/>
8. Calvo MS, Lamberg-Allardt CJ. Phosphorus. *Adv Nutr*. [Internet] 13.11.2015 [citirano 14.6.2023.] 6(6):860-2 Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26567206/>
9. National Institutes of Health, Office of dietary supplements Phosphorus [ažurirano 4.5.2023, citirano 14.6.2023.] Dostupno na: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Phosphorus-HealthProfessional/>

10. Barbagallo M, Veronese N, Dominguez LJ. Magnesium in Aging, Health and Diseases, Nutrients.[Internet] 2021 [citirano 14.6.2023.] 30;13(2):463 Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33573164/>
11. National Institutes of Health, Office of dietary supplements, Potassium. [Ažurirano: 2.6.2022., citirano 14.6.2023.] Dostupno na: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Potassium-HealthProfessional/>
12. McLean RM, Wang NX. Potassium. Adv Food Nutr Res. [Internet] 2021. [citirano 14.6.2023.] 2021;96:89-121 Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34112360/>
13. Strazzullo P, Leclercq C. Sodium. Adv Nutr. [Internet] 2014, [citirano 14.6.2023.] 1;5(2):188-90 Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3951800/>
14. Bohn AA, de Morais HA. A Quick Reference on Chloride. Vet Clin North Am Small Anim Pract.[Internet] 2017. [citirano 14.6.2023.] 47(2):219-222 Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28007306/>
15. Berend K, van Hulsteijn LH, Gans RO. Chloride: the queen of electrolytes? Eur J Intern Med.[Internet] 2012. [citirano 14.6.2023.] 23(3):203-1 Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22385875/>
16. Astapenko D., Navratil P., Pouska J. I sur.. Clinical physiology aspects of chloremia in fluid therapy: a systematic review. Perioper Med. [Internet] 2020. [citirano 14.6.2023.] Dostupno na: <https://perioperativemedicinejournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13741-020-00171-3#citeas>
17. Piasek M. Mineralni elementi u našem tijelu: putovi unosa i utjecaj na zdravlje. Minerali i zdravlje, Priroda 107 (7-8/ 17.). [Internet] 2017. [citirano: 10.4.2023.] 42-47 Dostupno na: <https://www.bib.irb.hr/978534>
18. Filipović I., Lipanović S. 8.izd. Zagreb Opća i anorganska kemija II. dio kemijski elementi i njihovi spojevi, Školska knjiga, 1991.
19. Besednik L. Važnost željeza u biološkom sustavu čovjeka [Završni rad]. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet. [Internet] 2018. [citirano 12.4.2023.] Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:479534>
20. Divić L. Spektrofotometrijsko određivanje željeza u farmaceutskom pripravku [Diplomski rad] Split, Kemijsko-tehnološki fakultet. [Internet] 2020. [citirano 12.4.2023.] Dostupno na: <https://www.bib.irb.hr/1234767>

21. Dedić L., Jašić, M., Kenjerić, D., Banjari, I., Šabanović, M. Farmaceutske forme željeza u dodacima prehrani. Book of Abstracts. [Internet] 2018. [citirano 12.4.2023.] 978-953-7005-58-0. Dostupno na: <https://www.bib.irb.hr/973531>
22. Đokić M. i Bilandžić, N. Željezo - toksikološki i nutritivni aspekti u organizmu. MESO: Prvi hrvatski časopis o mesu.[Internet] 2012. [citirano 12.4.2023.] XIV(3):232-238. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/89894>
23. Emsley J., Vodič kroz elemente.1.izd. Zagreb: Građa prirode, Zagreb, 2005.
24. Linder C. M. , Hazegh-Azam M., Copper biochemistry and molecular biology, The American Journal of Clinical Nutrition. [Internet]1996. [citirano 14.4.2023.] 63(5):797-811 Dostupno na: <https://academic.oup.com/ajcn/article/63/5/797S/4651370>
25. Perkov J. Određivanje bakra plamenom atomskom apsorpcijskom spektrofotometrijom u uzorcima dodataka prehrani [Diplomski rad]. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Farmaceutsko-biokemijski fakultet. [Internet] 2018. [citirano 12.4.2023.] Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:163:587316>
26. Bost M., Houdart S., Oberli M., Kalonji E., Huneau J.-F., Margaritis I. Dietary copper and human health: Current evidence and unresolved issues, Journal of Trace Element sin Medicine and Biology. [Internet] 2016. [citirano 12.4.2023.] 35:107-115. Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0946672X16300207#bib0005>
27. Bačurin A. Određivanje koncentracije teških metala u dodacima prehrani atomskom apsorpcijskom spektrometrijom : moringa i maca [Diplomski rad]. Split: Sveučilište u Splitu, Medicinski fakultet. [Internet] 2020. [citirano 12.4.2023.] Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:171:652280>
28. Członkowska A., Litwin T., Dusek P., Ferenci P., Lutsenko S., Medici V., Rybakowski J.K., Weiss K.H., Schilsky M.L. Wilson disease. Nat Rev Dis Primers. [Internet] 2018. [citirano 12.4.2023.] 6;4(1):21 Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30190489/>
29. Drinovac L. Određivanje udjela bakra, cinka i selena u grahoricama metodom induktivno spregnute plazme s masenom spektrometrijom [Diplomski rad]. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Farmaceutsko-biokemijski fakultet. [Internet] 2023. [citirano 30.4.2023.] Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:163:128845>
30. Jackson M.J. Physiology of Zinc: General Aspects. In: Mills, C.F. (eds) Zinc in Human Biology. ILSI Human Nutrition Reviews. [Internet] 1989. [citirano 30.4.2023.] 978-1-4471-3879-2 Dostupno na: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4471-3879-2\\_1](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4471-3879-2_1)



31. Plum L.M., Rink L., Haase H. The Essential Toxin: Impact of Zinc on Human Health. International Journal of Environmental Research and Public Health [Internet] 2010.[citirano 30.4.2023.] 2010;7(4):1342–65. Dostupno na: <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph7041342>
32. Chiranjib D.B., Sampath K.P.K. A potential medicinal importance of zinc in human health and chronic disease. Int J Pharm Biomed Sc [Internet] 2010. [citirano 30.4.2023.] 1(1), 05-11. Dostupno na: <https://pharmacistschools.org/wp-content/uploads/2020/07/IJPBS-2010-01-02.pdf>
33. Berić AM. Optimiziranje metode za određivanje koncentracije cinka u ljudskom urinu [Diplomski rad]. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Farmaceutsko-biokemijski fakultet. [Internet] 2018. [citirano 30.4.2023] Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:163:609487>
34. Erikson KM, Aschner M. Manganese: Its Role in Disease and Health. Met Ions Life Sci.[Internet] 2019. [citirano 3.5.2023.] 14;19 Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30855111/>
35. Williams M, Todd GD, Roney N, Crawford J, Coles C, McClure PR, Garey JD, Zaccaria K, Citra M. Toxicological Profile for Manganese. Atlanta (GA): Agency for Toxic Substances and Disease Registry (US). [Internet] 2012. [citirano 3.5.2023.] Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24049862/>
36. Tinkov AA, Paoliello MMB, Mazilina AN, Skalny AV, Martins AC, Voskresenskaya ON, Aaseth J, Santamaria A, Notova SV, Tsatsakis A, Lee E, Bowman AB, Aschner M. Molecular Targets of Manganese-Induced Neurotoxicity: A Five-Year Update. Int J Mol Sci.[Internet] 2021.[citirano 3.5.2023.] 28;22(9):4646 Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8124173/>
37. Aschner M., Erikson K. Manganese. Advances in Nutrition. [Internet] 2017. [citirano 3.5.2023.] 8(3);520-521 Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2161831322006822?via%3Dihub>
38. Pourret O., Faucon MP. Cobalt. In: White, W. (eds) Encyclopedia of Geochemistry. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Springer, Cham. [Internet] 2016. [citirano 6.5.2023.] 978-3-319-39193-9 Dostupno na: [https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-319-39193-9\\_271-1#citeas](https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-319-39193-9_271-1#citeas)
39. Lindsay D., Kerr W. Cobalt close-up. Nature chemistry. [Internet] 2011. [citirano 6.5.2023.] 3;494-494 Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21602868/>

40. Marinić J. Mogući utjecaj kobalta i kroma na organizam u osoba s endoprotezom kuka CORAIL [Diplomski rad]. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet. [Internet] 2015. [citirano 6.5.2023.] Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:105:481353>
41. Simonsen L.O., Harbak H., Bennekou P. Cobalt metabolism and toxicology--a brief update. *Sci Total Environ.* [Internet] 2012. [citirano 6.5.2023.] 15;432:210-5 Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22732165/>
42. Barceloux DG. Vanadium. *J Toxicol Clin Toxicol.* [Internet] 1999. [citirano 12.5.2023.] 1999;37(2):265-78 Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10382561/>
43. Liu J., Huang Y., Li H., Duan H. Recent advances in removal techniques of vanadium from water: A comprehensive review. *Chemosphere.* [Internet] 2022. [citirano 12.5.2023.] 287(1); 132021 Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653521024930>
44. Mukherjee B., Patra B., Mahapatra B., Banerjee P., Tiwari A., Chatterjee M. Vanadium—an element of atypical biological significance. *Toxicology Letters.* [Internet] 2004. [citirano 12.5.2023.] 150(2);136-143 Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378427404000323#preview-section-cited-by>
45. Goluža A. Kompleksni spojevi vanadija, zlata i žive: lijekovi i otrovi [Završni rad]. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet. [Internet] 2022. [citirano 12.5.2023.] Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:297924>
46. Druyan M.E., Bass D., Puchyr R., Urek K., Quig D., Harmon E., Marquardt W. Determination of reference ranges for elements in human scalp hair. *Biol Trace Elem Res.* [Internet] 1998. [citirano 7.6.2023.] 62(3):183-97 Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9676882/>
47. Mikulewicz M., Chojnacka K., Gedrange T., Górecki H. Reference values of elements in human hair: a systematic review. *Environ Toxicol Pharmacol.* [Internet] 2013. [citirano 7.6.2023.] 36(3):1077-86 Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24141206/>
48. Chojnacka K., Górecka H., Górecki H. The influence of living habits and family relationships on element concentrations in human hair. *Sci Total Environ.* [Internet] 2006. [citirano 7.6.2023.] 366(2-3):612-20 Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16413597/>

49. Wilschefski S.C., Baxter M.R. Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry: Introduction to Analytical Aspects. Clin Biochem Rev.[Internet] 2019. [citirano 23.4.2023.] 40(3):115-133 Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6719745/>
50. SpectraLab, Scientific Incorporation, PerkinElmer NexION 350XX ICP-MS. [Internet] [citirano 23.4.2023.] Dostupno na : <https://www.spectralabs.com/equipment/perkinelmer-nexion-350xx-icp-ms/>
51. Dongarrà G., Lombardo M., Tamburo E., Varricacà D., Cibellab F., Cuttittab G. Concentration and reference interval of trace elements in human hair from students living in Palermo, Sicily (Italy), Environmental toxicology and pharmacology. [Internet] 2011. [citirano 5.6.2023.] 32;27-34 Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21787726/>
52. Rodushkin I, Axelsson MD. Application of double focusing sector field ICP-MS for multielemental characterization of human hair and nails. Part II. A study of the inhabitants of northern Sweden. Sci Total Environ.[Internet] 2000. [citirano 12.6.2023.] 30;262(1-2):21-36 Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11059839/>
53. Senofonte, Violante N, Caroli S. Assessment of reference values for elements in human hair of urban schoolboys. J Trace Elem Med Biol.[Internet] 2000. [citirano 8.6.2023.] 14(1):6-13 Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10836528/>
54. Sreenivasa K.R., Balaji T., Prasada T. R., Babu J., Naidu G.R.K. Determination of iron, cobalt, nickel, manganese, zinc, copper, cadmium and lead in human hair by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry. Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy. [Internet] 2002. [citirano 12.6.2023.] 57(8);1333-1338 Dostupno: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0584854702000459>
55. Schwingshackl L., Morze J., Hoffmann G. Mediterranean diet and health status: Active ingredients and pharmacological mechanisms. Br J Pharmacol. [Internet] 2020. [citirano 12.6.2023.] 177(6):1241-1257 Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31243760/>
56. Chojnacka K., Zielińska A., Michalak I., Górecki H. The effect of dietary habits on mineral composition of human scalp hair. Environ Toxicol Pharmacol. [Internet] 2010.[citirano 12.6.2023.] 30(2):188-94 Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21787651/>

57. Linder C. M., Hazegh-Azam M., Copper biochemistry and molecular biology, The American Journal of Clinical Nutrition. [Internet] 1996. [citirano 12.6.2023.] 63(5);797–811 Dostupno na: <https://academic.oup.com/ajcn/article/63/5/797S/4651370>
58. Chojnacka K, Zielińska A, Górecka H, Dobrzański Z, Górecki H. Reference values for hair minerals of Polish students. Environ Toxicol Pharmacol.[Internet] 2010. [citirano 12.6.2023.] 29(3):314-9 Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21787619/>
59. Taylor A. Usefulness of Measurements of Trace Elements in Hair. Annals of Clinical Biochemistry. [Internet]1986. [citirano 8.6.2023.] 23(4):364-378. Dostupno na doi: 10.1177/000456328602300402
60. Sturaro A., Parvoli G., Doretto L., Allegri G., Costa C. The influence of color, age, and sex on the content of zinc, copper, nickel, manganese, and lead in human hair. Biol Trace Elem Res. [Internet] 1994. [citirano 12.6.2023.] 40(1):1-8 Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7511917/>
61. Pyrżyńska K, Wierzbicki T. Determination of vanadium species in environmental samples. Talanta. [Internet] 2004. [citirano 8.6.2023.] 15;64(4):823-9 Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18969676/>

## **ŽIVOTOPIS**

Sara Ramljak, rođena je u Rijeci 10.06.1999, u Republici Hrvatskoj. Pohađala je Osnovnu školu „Petar Zrinski“ u Tršću te 2014. godine upisuje srednju Medicinsku školu u Rijeci, smjer farmaceutski/a tehničar/ka, nakon čega 2018. upisuje Sveučilišni prijediplomski studij Sanitarnog inženjerstva na Medicinskom fakultetu u Rijeci. Zvanje prvostupnika sanitarnog inženjerstva stječe 2021. te iste godine upisuje i Sveučilišni diplomski studij sanitarnog inženjerstva. Tijekom studiranja sudjelovala je u organizaciji četiti Studenska kongresa zaštite zdravlja „Sanitas“ te brojnim studentskim projektima „Nevidljivi život u vodi“; „Makro svijet - mikro stanovnici“; „Odgovor na urbani izazov- Put kapljice“...

## POPIS TABLICA

|  |    |
|--|----|
| <b>Tablica 1.</b> Udjeli analiziranih esencijalnih metala (ppm) prikazanih preko srednje vrijednosti $\pm$ standardne pogreške, medijana, minimuma i maksimuma, 95%-tnog raspona te koeficijent varijacije analiziranih esencijalnih metala (Mn, Fe, Cu, Zn, Co, V) kod ispitanika muškoga spola. .... | 19 |
| <b>Tablica 2.</b> Udjeli analiziranih esencijalnih metala (ppm) prikazanih preko srednje vrijednosti $\pm$ standardne pogreške, medijana, minimuma i maksimuma, 95% raspona te koeficijenta varijacije analiziranih esencijalnih metala (Mn, Fe, Cu, Zn, Co, V) kod ispitanika ženskoga spola. ....    | 20 |
| <b>Tablica 3.</b> Usporedbe udjela analiziranih esencijalnih metala između muške i ženske populacije provedene Mann-Whitney U testom za dobnu skupinu od 15-25 godina na razini pouzdanosti $p < 0,05$ . ....  | 21 |
| <b>Tablica 4.</b> <i>Usporedbe udjela analiziranih esencijalnih metala između muške i ženske populacije provedene Mann-Whitney U testom za dobnu skupinu od 26-35 godina na razini pouzdanosti <math>p &lt; 0,05</math>. ....</i>  | 21 |
| <b>Tablica 5.</b> <i>Usporedbe udjela analiziranih esencijalnih metala između muške i ženske populacije provedene Mann-Whitney U testom za dobnu skupinu od 36-45 godina na razini pouzdanosti <math>p &lt; 0,05</math>. ....</i>  | 22 |
| <b>Tablica 6.</b> Usporedbe udjela analiziranih esencijalnih metala između mediteranske i kontinentalne prehrane na razini pouzdanosti $p < 0,05$ . ....   | 23 |
| <b>Tablica 7.</b> Usporedba udjela analiziranih esencijalnih metala između muških i ženskih ispitanika prema podneblju na razini pouzdanosti $p < 0,05$ . ....   | 24 |
| <b>Tablica 8.</b> Usporedba udjela analiziranih esencijalnih metala ovisno o uzimanju medikamentozne terapije ili suplemenata na razini pouzdanosti $p < 0,05$ . ....  | 25 |
| <b>Tablica 9.</b> Odnos analiziranih esencijalnih metala u crnoj boji prikazan Spearmanv Rank Order Correlation statističkim testom. ....  | 26 |
| <b>Tablica 10.</b> Odnos analiziranih esencijalnih metala u smeđoj boji kose prikazan Spearmanv Rank Order Correlation statističkim testom. ....   | 26 |
| <b>Tablica 11.</b> Odnos analiziranih esencijalnih metala u sivoj boji kose prikazan Spearmanv Rank Order Correlation statističkim testom. ....  | 27 |
| <b>Tablica 12.</b> Odnos analiziranih esencijalnih metala u kosi plave boje prikazan Spearmanv Rank Order Correlation statističkim testom. ....  | 27 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Tablica 13.</b> Međusobni utjecaj analiziranih esencijalnih metala i IOM-a prikazan statističkim testom Spearman Rank Order Correlations ..... | 29 |
| <b>Tablica 14.</b> Utjecaj udjela analiziranih esencijalnih metala na indeks opterećenosti metalima (IOM) prikazan linearnom regresijom .....     | 30 |

#### POPIS SLIKA

|   |    |
|---|----|
| <b>Slika 1.</b> Priprema uzorka kose za vaganje .....   | 16 |
| <b>Slika 2.</b> Mikrovalna digestivna peć (Perkin Elmer Multiwave 3000), SAD ). Izvor: Lea Perić .....  | 16 |
| <b>Slika 3.</b> Otopina uzoraka razorene kose volumena 25 mL .....  | 16 |
| <b>Slika 4.</b> ICP-MS NexION 300X (Perkin Elmer Instruments, Waltham, MA, SAD) (50.).....  | 17 |
| <b>Slika 5.</b> Prikaz raspodjele udjela Co kod osoba u odnosu na varijablu bojanje kose *a-oznaka statistički značajne razlike na razini pouzdanosti $p < 0,05$ korištenjem Mann Whitney U testa ..... | 28 |
| <b>Slika 6.</b> Prikaz analiziranih i predviđenih vrijednosti IOM-a analiziranih esencijalnih elemenata .....   | 31 |

#### POPIS PRILOGA

|   |  |
|---|--|
| Prilog 1. Anketa korištena u istraživanju   |  |
| Prilog 2. Zaključak Etičkog povjerenstva Medicinskog fakulteta u Rijeci   |  |
| Prilog 3. Odluka o izdavanju suglasnosti Etičkog povjerenstva Nastavnog zavoda za javno zdravstvo Primorsko-goranske županije |  |

## SOCIODEMOGRAFSKE KARAKTERISTIKE ISPITANIKA

### 1. Spol

1. Muško      2. Žensko

### 2. Odaberite dobnu skupinu kojoj pripadate

1. 15-25 god    2. 26-35 god    3. 36-45 god    4. 46-55 god    5. 56-65 god    6. 65+god

### 3. Odaberite podneblje u kojem živite dulje vrijeme

1. U Istri i Primorju      2. U Dalmaciji      3. U kontinentalnom dijelu zemlje

### 4. Živate li možda u blizini pogona neke teške industrije?

1. Da - koje \_\_\_\_\_      2. Ne

### 5. Koja od sljedećih kategorija najbolje opisuje Vaš trenutni radni status?

1. zaposlen/a na puno radno vrijeme (30 ili više sati tjedno)      4. učenik/ica      6. nezaposlen/a
2. zaposlen/a na pola radnog vremena (8 do 29 sati tjedno)      5. umirovljenik/ica      7. kućanica
3. student/ica

## PREHRAMBENE I OSTALE NAVIKE ISPITANIKA, OPĆA PITANJA

### 6. Jeste li pušač? Koliko ste pušili cigareta u posljednjih nekoliko mjeseci?

1. ne pušim    2. da, 1-10 cigareta/dan    3. da, 11-20 cigareta/dan    4. da, > 20 cigareta/dan
5. pušim ponekad \_\_\_\_\_ (koliko učestalo)

### 7. Koju vrstu cigareta pušite?

1. Duhanske cigarete      2. Elektroničke cigarete (e-cigarete itd.)

### 8. Koja je vaša boja kose? (Boju kose odredite prema vašoj boji izrasta kose na korijenu!)

---



9. Bojite li kosu?

1. Bojim kosu skupa s korijenom  
2. Bojim kosu, ali ne bojim korijen kose  
3. Ne bojim kosu  
4. Nosim pramenove

10. Imate li ugrađene amalgamske plombe na zubima ? (Tamnija plomba na zubima. Ako DA koliko?)

1. Da - koliko \_\_\_\_\_ 2. Ne

11. Kako biste opisali vrstu vaše prehrane?

1. Mediteranska 2. Kontinentalna

12. Konzumirate li Vi proizvode ribarstva, a to su: slatkovodne / morske ribe, školjke, rakove, lignje, hobotnice i ostalo, bez obzira je li riječ o svježim, smrznutim, konzerviranim proizvodima ili proizvodima prerađenima na neki drugi način?

1. da 2. ne (samo jedan odgovor)

13. Koje vrste proizvoda ribarstva najčešće konzumirate? (samo jedan odgovor)

1. svježe 2. smrznute 3. konzervirane/prerađene (konzervirana tuna, pašteta, riblji štapići)

14. Koju vrstu ribe najčešće konzumirate? (jedan ili više odgovora)

1. bijelu (orade, brancini i sl.) 2. plavu (plavica i sl.) 3. slatkovodna  
4. rakove (kozice, škampi) 5. tuna 6. školjkaši 7.

glavonošci

15. Koliko često Vi osobno konzumirate proizvode ribarstva – svaki dan, 2–3 puta tjedno, jednom tjedno, 2–3 mjesečno, jednom mjesečno, ili nekoliko puta godišnje / rjeđe?

|                                 | Svaki dan | 1 x tjedno | 2-3 x tjedno | 1 x mjesečno | 2-3 x mjesečno | Nekoliko x godišnje | Nikada |
|---------------------------------|-----------|------------|--------------|--------------|----------------|---------------------|--------|
| Konsumacija proizvoda ribarstva |           |            |              |              |                |                     |        |

16. Konzumirate li radije divlju ili uzgojenu ribu? (samo jedan odgovor)

1. divlju      2. uzgojenu      3. svejedno mi je

17. Koliko obroka ribe konzumirate tjedno? (1 serviranje 100–150 g ribe)

1) < 1 serviranja      2) 1 serviranje      3) 2 serviranja      4) 3 serviranja      5) ≥ 3  
serviranja

18. Koristite li ikakvu terapiju protiv kroničnih bolesti ili suplementarnu terapiju? Ako da, za koji organski sustav koristite (bubrezi, štitnjača, gušterača, jetra, srce...)

1. ne      2. da \_\_\_\_\_

**SVEUČILIŠTE U RIJECI**  
**MEDICINSKI FAKULTET**  
KLASA: 007-08/22-01/30  
URBROJ: 2170-24-04-3/1-22-11  
Rijeka, 31. svibnja 2022.

Etičko povjerenstvo za biomedicinska istraživanja, na svojoj IX. sjednici održanoj elektroničkim putem dana 31. svibnja 2022. godine, razmatralo je zamolbu studentica 1. godine integriranog preddiplomskog i diplomskog studija medicine ovog Fakulteta **Lee Perić i Sare Ramljak** za odobrenje provođenja istraživanja pod naslovom **“Određivanje koncentracija teških metala u ljudskoj kosi”**, pod mentorstvom doc. dr. sc. Dijane Tomić Linšak, te odobrenje za naknadne publikacije znanstvenih i stručnih radova.

### ZAKLJUČAK

Predloženo istraživanje i metodologija rada u etičkom smislu **nisu upitni te se odobrava** njegovo izvođenje.

Predsjednik Etičkog povjerenstva za biomedicinska istraživanja



Prof. dr. sc. Dinko Vitezić, dr. med.

Dostaviti:

1. doc. dr. sc. Dijana Tomić Linšak
2. Studentice Lea Perić i Sara Ramljak
3. u spis, ovdje, 2x



## NASTAVNI ZAVOD ZA JAVNO ZDRAVSTVO

PRIMORSKO-GORANSKE ŽUPANIJE

adresa: Krešimirca 52a, 51000 Rijeka - Hrvatska  
tel: + 385 51 358 777, fax: + 385 51 213 948  
e-mail: ravnatelj@zzjzpgz.hr, www.zzjzpgz.hr  
MB: 3393565, OIB: 45613787772  
žiro rn: 2402006-1-00369379, IBAN: HR9224020061100369379

Rijeka, 23.05.2022.

Broj: 08-820-40/43-22

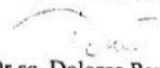
|  |                 |
|--|-----------------|
| Nastavni ZAVOD ZA JAVNO ZDRAVSTVO<br>PRIMORSKO-GORANSKE ŽUPANIJE |                 |
| Primljeno:   | 25.05.2022      |
| Ur.br.:  | 08-820-40/43-22 |

Temeljem članka 6. i 7. Poslovnika o radu Etičkog povjerenstva Nastavnog zavoda za javno zdravstvo Primorsko-goranske županije, na 27. sjednici Etičkog povjerenstva Nastavnog zavoda za javno zdravstvo Primorsko-goranske županije Rijeka, održanoj elektronskim putem od utorka 10. svibnja 2022. do utorka 17. svibnja 2022. godine jednoglasno je donesena

### ODLUKA o izdavanju suglasnosti

za provođenje znanstvenog istraživanja studentica 1. godine Diplomskog studija sanitarnog inženjerstva Medicinskog fakulteta u Rijeci Sare Ramljak, bacc.sanit.ing. i Lee Perić, bacc.sanit.ing. pod nazivom „Određivanje koncentracija teških metala u ljudskoj kosi“ pod mentorstvom doc.dr.sc. Dijane Tomić L. inšak, dipl.sanit.ing., a u svrhu pisanja diplomskih radova te eventualne publikacije u znanstvenim i stručnim radovima. Analize za istraživanje provodile bi se na Zdravstveno-ekološkom odjelu Nastavnog zavoda za javno zdravstvo PGŽ. Odluka je donesena uz prijedlog dva člana povjerenstva da u informiranom pristanku bude navedeno da se prilikom anketiranja i uzimanja uzorka kose, osim podataka iz ankete neće prikupljati niti bilježiti drugi osobni podaci te će se u radu raspolagati isključivo podacima iz ankete i analize uzoraka kose pod jedinstvenom šifrom (oznaka uzorka). U tom slučaju, nije potrebno nikoga posebno ovlastiti za uvid u osobne podatke. Navedeno istraživanje nije u suprotnosti s načelima medicinske etike.

Predsjednica Etičkog povjerenstva:

  
Dr.sc. Dolores Peruč dr. med.



CRES: Turion 26, 51557 Cres, tel: 572 218    CRIKVENICA: Kotorska 13a, 51260 Crikvenica, tel: 241 055  
DELNICE: I. G. Kovačića 1, 51300 Delnice, tel: 811 925    KRK: Vinogradska 2b, 51500 Krk, tel: 221 955  
MALI LOŠINJ: D. Skopinića 4, 51550 Mali Lošinj, tel: 233 574    OPATIJA: Stubičke dr. V. Eki 1, 51410 Opatija, tel: 718 067  
RAB: Palit 143a, 51280 Rab, tel: 776 924

KOSTRENA: Glavani 89a, 51221 Kostrena, tel: 505 921    MATULJI: Cesta dalm. brigada 30b, 51211 Matulji, tel: 554 123  
VIŠKOVO: Marinići 9, 51216 Viškovo, tel: 499 515