



OŠ Ljudski vrt s podružnico Grajena

TEŽKE KOVINE V ZELENJAVI

Raziskovalno področje: **KEMIJA**

RAZISKOVALNA NALOGA

AVTORJA: NEJC ČREPNIJAK in BORIS LOZINŠEK

MENTORICA: MAJA SMILJAN, prof.

ŠOLA: OŠ LJUDSKI VRT, PODRUŽNICA GRAJENA

Grajena, marec 2020

ZAHVALA

Posebna zahvala velja mentorici Maji Smiljan za vso pomoč in podporo pri raziskovalni nalogi, saj ta brez njene pomoči gotovo ne bi bila tako uspešna.

Zahvala velja tudi podjetju Ikema, ki je pripomoglo pri analizi vzorcev. Brez njih raziskovalne naloge v takem obsegu zagotovo ne bi bilo.

POVZETEK

V raziskovalni nalogi je obravnavana problematika s področja onesnaženja zelenjave s težkimi kovinami. Zanimalo nas je ali lahko za ekološko pridelovanje dejansko rečemo, da daje optimalne rezultate glede vsebnosti onesnaževalcev v hrani. Vzorce, ki smo jih pridobili, smo ločili v tri skupine, glede na poreklo in način pridelave. Zelenjavo smo najprej mehansko obdelali – razrezali in sesekljali – nato pa vzorcem dodali zmes klorovodikove in dušikove kisline – zlatotopko – katere lastnost je topljenje žlahtnih kovin. Vzorce smo po »prekuhavanju« filtrirali, nato pa iz njih pripravili vodne raztopine, ki smo jih analizirali v atomskem absorpcijskem spektrometru. Ugotovili smo, da različne vrste zelenjave različno akumulirajo kovine in tudi, da je vsebnost onesnaževalcev odvisna od številnih dejavnikov, ne samo od načina pridelovanja poljščin.

Ključne besede: težke kovine, ekološka pridelava, onesnaženje zelenjave

SUMMARY

The research projects deals with the problem of heavy metal contamination of vegetables. We were interested if organic production can actually be said to give optimal results in the content of contaminants in food. The samples obtained were separated into three groups according to origin and method of production. The vegetables were first mechanically processed - cut and chopped - a mixture of hydrochloric and nitric acid – aqua regia - was added to the samples, the property of which is the melting of precious metals. Samples were filtered after boiling and then aqueous samples were prepared solutions analyzed in an atomic absorption spectrometer. We have found that different types of vegetables accumulate metals differently and also that the pollutant content depends on many factors, not just the way crops are grown.

Keywords: heavy metals, organic production, vegetable contamination

KAZALO VSEBINE

1. UVOD	6
2. TEORETIČNI DEL	7
2.1 TEŽKE KOVINE	7
2.1.1 SVINEC	7
2.1.2 CINK	8
2.1.3 NIKELJ	9
2.1.4 KROM	9
2.2 ZELENJAVA	10
2.2.1 KORENJE	10
2.2.2 MOTOVILEC	11
2.2.3 ZELJE	11
2.2.4 POR	12
2.3 ZAKONODAJA S PODROČJA ONESNAŽEVALCEV V ŽIVILIH	12
2.4 EKOLOŠKA (BIO) PRIDELAVA	13
2.4.1 ZNAČILNOSTI EKOLOŠKEGA POLJEDELSTVA	13
3. EMPIRIČNI DEL	14
3.1 HIPOTEZE	14
3.2 METODE DELA	14
3.2.1 VZORCI	14
3.2.2 LABORATORIJSKI PRIBOR IN APARATURE	14
3.2.4 KEMIKALIJE	16
3.2.5 POTEK DELA	17
4. REZULTATI IN UGOTOVITVE	19
5. RAZPRAVA	27
5.1 PRIMERJAVA VREDNOSTI TEŽKIH KOVIN V ZELENJAVI GLEDE NA POREKLO IN NAČIN PRIDELAVE	27
5.1.1 PRIMERJAVA VREDNOSTI TEŽKIH KOVIN V KORENJU	27
5.1.2 PRIMERJAVA VREDNOSTI TEŽKIH KOVIN V MOTOVILCU	27
5.1.3 PRIMERJAVA VREDNOSTI TEŽKIH KOVIN V ZELJU	27
5.1.4 PRIMERJAVA VREDNOSTI TEŽKIH KOVIN V PORU	28
5.2 PRIMERJAVA VREDNOSTI TEŽKIH KOVIN V ZELENJAVI Z MEJNIMI VREDNOSTMI	28
6. ZAKLJUČEK	30

7. VIRI	31
----------------------	----

KAZALO GRAFOV

Graf 1: Primerjava vsebnosti svineca, cinka, niklja in kroma v vzorcih korenja različnega porekla v mg/kg	21
Graf 2: Primerjava vsebnosti svineca, cinka, niklja in kroma v vzorcih motovilca različnega porekla v mg/kg	22
Graf 3: Primerjava vsebnosti svineca, cinka, niklja in kroma v vzorcih zelja različnega porekla v mg/kg	23
Graf 4: Primerjava vsebnosti svineca, cinka, niklja in kroma v vzorcih pora različnega porekla v mg/kg	24
Graf 5: Primerjava koncentracije svineca v korenju z mejno vrednostjo	25
Graf 6: Primerjava koncentracije svineca v motovilecu z mejno vrednostjo.....	25
Graf 7: Primerjava koncentracije svineca v zelju z mejno vrednostjo	26
Graf 8: Primerjava koncentracije svineca v poru z mejno vrednostjo	26

KAZALO TABEL

Tabela 1: Vsebnost težkih kovin v vzorcih v mg/kg.....	20
Tabela 2: Mejne vrednosti težkih kovin, ki jih določa Uredba (ES) št. 1881/2006	28

KAZALO SLIKOVNEGA GRADIVA

Slika 1: svinec	8
Slika 2: nikelj	9
Slika 3: korenje.....	10
Slika 4: motovilec	11
Slika 5: shema atomskega absorpcijskega spektrometra	15
Slika 6: princip absorpcijskega procesa.....	15
Slika 7, 8: atomski absorpcijski spektrometer	16
Slika 9: zlatotopka	17
Slika 10: razrez zelja	17
Slika 11: odmerjanje kisline v digestoriju.....	18

1. UVOD

Kljub hitremu zviševanju življenjske dobe, se pogosto sprašujemo ali je tudi kvaliteta življenja boljša. Pod besedo »kvaliteta« večkrat razumemo materialne dobrine, zaradi katerih je naš življenjski standard višji. Premalo se zavedamo, da na kvaliteto življenja prvotno vpliva naše zdravstveno stanje. Kup dejavnikov vpliva nanj, med njimi zagotovo na prvem mestu kvaliteta živil, ki jih vnašamo v organizem.

Z vse hitrejšim naraščanjem števila prebivalstva, so se potrebe po količini hrane močno povečale. Povečala se je centralizacija v mesta, število blokovskih naselij, vsega tega pa pridelava hrane na naraven način, brez pesticidov, umetnih gnojil in brez gensko spremenjenih organizmov več ni zmogla.

Z drastičnim naraščanjem števila motornih prevoznih sredstev in transportnih sistemov, je svoj davek terjala onesnaženost prsti s težkimi kovinami in drugimi nevarnimi snovmi za okolje in človeka. Industrija s svojimi odplakami in izpušnimi plini ogromno prispeva k problemu onesnaževanja okolja. Odpadno blato, ki prihaja iz čistilnih naprav presega dovoljene vrednosti težkih kovin v zemlji. Največ teh nečistoč povzroča industrija s svojimi odplakami.

Prav tako vsebujejo velike količine težkih kovin izpušni plini pri izogrevanju goriv v motornih vozilih. Kmetijske površine v bližini prometnih cest so neposredno izpostavljene izpušnim plinom, ki onesnažujejo ne samo pridelke na površinah, temveč predvsem prst. Časovna izpostavljenost onesnaženih plinov zagotovo terja svoj dolg v onesnaženosti prsti s težkimi kovinami, predvsem pa vpliva na pH prsti.

Glavni cilj, ki smo si ga zastavili v raziskovalni nalogi, je primerjati vsebnost težkih kovin v določeni vrsti zelenjave na območju, kjer je izpostavljenost izpušnim plinom večja in med bio pridelavo, kjer pričakujemo, da je zaradi splošnih lastnosti bio pridelave, teh kovin bistveno manj. Za primerjavo smo vzeli tudi zelenjavo trgovinskega porekla, zelenjavo iz uvoza.

Zelenjava ima zelo pomembno vlogo v prehranjevalni verigi živali in ljudi. Prav zato je pomembno poznati vsebnost težkih kovin, ki jih vsebuje.

Posamezne raziskave na to temo ponavadi izvajajo Zavodi za zdravstveno varstvo Republike Slovenije. Predvsem se osredotočajo na območja, ki so zaradi industrijskih dejavnosti močno onesnažena. To so Idrija, Jesenice, Mežiška dolina, Celjska kotlina ter Trbovlje in Šoštanj.

2. TEORETIČNI DEL

2.1 TEŽKE KOVINE

Težke kovine, med katere sodijo svinec, kadmij, živo srebro, baker, nikelj, cink, kositer,... povzročajo številne poškodbe celic. Obremenijo jetra in prebavila, vplivajo na razvoj alergij, povzročajo zmanjšano fizično sposobnost, znižujejo raven imunskega sistema, njihovo škodljivo delovanje pa se kaže predvsem v spremenjenem duševnem obnašanju človeka (Fink in Filip, 2010).

Težke kovine so karcinogene in povzročajo nastanek rakavih obolenj. Težke kovine vstopajo v naš organizem preko dihal, s hrano ali z vodo in zelo velikokrat preko kože. Organizem del težkih kovin zaradi sposobnosti samorazstrupljanja lahko izloči. Kadar pa dnevno preide v naš organizem visok delež težkih kovin, ki jih naš organizem kljub funkciji samorazstrupljanja ni sposoben izločiti, pride do nabiranja v telesnih organih.

Vse težke kovine imajo veliko gostoto (nad 7 kg/dm^3), dolgo biološko razpolovno dobo, se lahko akumulirajo v organizmu in imajo negativne vplive na zdravje ljudi ter okolje. Ne zaužijemo jih namerno in vede, so pa »skrite« v različnih živilih rastlinskega in živalskega izvora (meso, mleko in mlečni izdelki ter užitna drobovina – jetra). Zato je še kako pomembno, da vemo, kaj jemo.

2.1.1 SVINEC

Svinec je težka, strupena kovina, ki je izjemno odporna na korozijo. V naravi najdemo le malo čistega svinca, v glavnem v obliki rud. Svinec se nahaja na površju tal, z globino pa se njegova koncentracija zmanjšuje.

Zaradi človekove rabe, zlasti zaradi rudarjenja, taljenja rude, livarstva, izgorevanja fosilnih goriv, pa so ponekod njegove koncentracije v okolju povečane. Pojavlja se v tleh, morju, kopenskih vodah in v zraku, torej povsod v okolju.

Najpomembnejši vir svinca pri ljudeh, ki niso poklicno izpostavljeni, je hrana, predvsem rastlinskega izvora. Vnos svinca s hrano je zelo različen in je odvisen od onesnaženosti okolja, kjer se hrana prideluje ter od načina prehranjevanja. Pri otrocih je poleg hrane zelo pomembna tudi izpostavljenost svincu v prahu in tleh, ki ju preko rok in igrač zanesejo v usta.

Svinec prehaja v rastline neposredno iz tal ter iz zraka skozi liste. Vsebnost svinca v živilih rastlinskega izvora je različna, odvisna je od vrste rastline, onesnaženosti in lastnosti tal, kjer je rastlina rasla, biodosegljivosti svinca za rastline, onesnaženosti zraka s svincom. Preko krme se onesnažijo živila živalskega izvora.



Slika 1: Svinec (Vir: Wikipedija)

2.1.2 CINK

Med elementi, ki so ključni za delovanje živih organizmov, ima cink prav posebno mesto. Cink je v človeškem organizmu drugi najpogostejši mikroelement, takoj za železom. Je sestavni del več kot sto encimov, ki v človeškem telesu katalizirajo raznovrstne reakcije. Deluje antagonistično z bakrom. Porušeno ravnovesje teh dveh elementov, predvsem v smeri znižanega cinka in/ali zvišanega bakra, lahko vodi v mnoge zdravstvene težave.

Cink je nujno potreben element, ki je pomemben je za normalno rast in razvoj organizma, nevrološke funkcije, reproduktivne funkcije, za celjenje ran in normalno delovanje imunskega sistema.

Cink ima tudi vlogo pri plodnosti, razmnoževanju in pri delitvi celic. Ohranja vid in zdravo kožo. Ima vlogo pri delovanju imunskega sistema in pri zaščiti celic pred oksidativnim stresom

Cink sodeluje v mnogih procesih celičnega metabolizma. Vključen je v več kot 100 encimatskih reakcij v telesu in ima pomembno vlogo pri delovanju imunskega sistema, sintezi beljakovin, celjenju ran, zaščiti celic pred oksidativnim stresom, presnovi makrohranil ter vitamina A, kognitivnih funkcijah, sintezi DNK ter celični delitvi. Zink ima pomembno vlogo pri rasti in razvoju telesa, potreben je za okušanje in vonjanje, ter prispeva k ohranjanju zdravih kosti, vida, las, nohtov in kože. Sodeluje tudi pri vzdrževanju normalne ravni testosterona v krvi ter ima vlogo pri plodnosti in reproduktivnih funkcijah.

2.1.3 NIKELJ

Nikelj je srebrno obarvana, visoko sijoča kovina je relativno trda, dobro se jo da obdelovati, magnetna in prevodna. Nikelj se uporablja pri približno 300.000 produktih. Ocenjujejo, da se letno reciklira približno 4,5 milijonov ton smeti, ki vsebujejo nikelj. Tako se pokrije skoraj 25% svetovnega povpraševanja po niklju. Za človeka je nikelj v čisti obliki strupen, čeprav se kot oligoelement v majhnih količinah nahaja tudi v človeškem telesu. Strokovnjaki so opazili ne samo alergijske reakcije pri vdihavanju ali kontaktu s kovino, ampak tudi rakatvorno delovanje.

Nikelj je prisoten v številnih živilih. Največ ga najdemo v leči, fižolu, kakavu, lešnikih in sladkem korenu, nahaja pa se tudi v beluših, špinaci, čebuli, gobah, kiviju in paradižniku

V zmernih količinah lahko uživata cvetačo, zelje, kumare, buče, bučke, korenje, gorčico, beli riž, moko tipa 00, pecivo in sadje, razen kivija, hrušk, sliv, grozdja in rozin, marmelado, če je narejena doma in kuhana v aluminijasti posodi, kavo, zeleni čaj, oljčno olje in jajca.



Slika 2: Nikelj (Vir: Wikipedija)

2.1.4 KROM

Krom je esencialen element, ki je za človeka potreben v manjših količinah. Ta mikroelement je vključen v metabolizem maščob in ogljikovih hidratov. Najpogosteje ga najdemo v trivalentni in šestvalentni obliki. V prehrani se nahaja v trivalentni obliki, medtem ko je kot industrijski onesnaževalec prisoten v toksični šestvalentni obliki, ki je nevarna zaradi svojega kancerogenega učinka.

Krom vpliva na izločanje inzulina, na ta način pa tudi na metabolizem makrohranil - ogljikovih hidratov, maščob in beljakovin. Krom prispeva k vzdrževanju normalne ravni glukoze v krvi. Raziskave so pokazale, da v primeru pomanjkanja kroma dodajanje tega mikroelementa vodi do zmanjšanja motenj glukoze tolerance.

Posebej velik pomen ima zadosten vnos kroma pri sladkornih bolnikih. V primerih, ko ga zaužijejo v premajhnih količinah, se z dodajanjem kroma v prehrano, izboljša glukoza toleranca, zmanjša pa se tudi koncentracija inzulina.

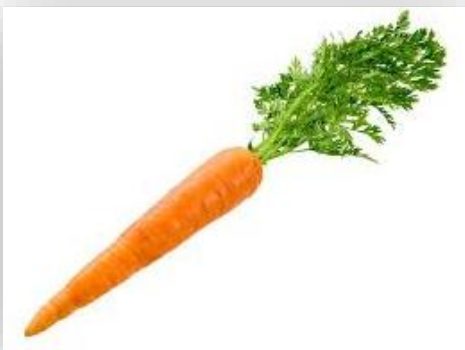
2.2 ZELENJAVA

Zelenjava je ena izmed najbolj pomembnih sestavin v prehrani. Definicija zelenjave nima znanstvene veljave in je do neke mere poljubna ter subjektivna. Vsi deli zelnatih rastlin, s katerimi se ljudje hranijo, se na splošno obravnavajo kot zelenjava.

2.2.1 KORENJE

Navadno korenje tudi samo korenje je rastlina s približno 50 cm visokimi listi in debelo korenino. Najbolj priljubljene vrste korenja imajo večjo korenino oranžne barve, ki se običajno goji kot vrtna zelenjava in se uporablja za prehrano ljudi ali živali. Korenje lahko uživamo tako surovo kot kuhano.

Korenje odlikuje poleg dobrega okusa visoka hranilna vrednost. Njegovo oranžno barvo prispevajo karoteni. Nekoč so mislili, da telesu koristijo le s tem, da se pretvorijo v vitamin A, vendar danes vemo, da živila, bogata s karotenoidi, na še več načinov koristijo zdravju, predvsem kot antioksidanti. Domnevajo, da je domovina te oranžno obarvane vrtnine iz družine korenovk Evropa. Vzgojili naj bi jo Nizozemci v srednjem veku. V začetku 17. stol so začeli z gojenjem različnih sort korenja. Danes je na voljo skozi vse leto v različnih barvnih odtenkih od oranžne do rumene. Nekatere sorte so manj vlaknate, druge so bolj sladke, tretje bolj hrustljave ...



Slika 3: Korenje (Vir: Zeleni svet)

Korenje na splošno povezujemo z visoko vsebnostjo karotenoidov (alfa karoten, beta karoten, lutein), ki imajo funkcijo antioksidantov. Poleg njih korenje vsebuje tudi druge antioksidante kot so hidrokscinaminske kisline (kofeinska, kumarinska, ferulinska), antocijanidini (cianidini, malvidini) in

vitamin C. Od karotenoidov pa je največ beta karotena. Zadnje raziskave so pokazale vsebnost še enih pomembnih snovi, poliacetilenov. Najpomembnejša poliacetilena v korenju sta falkarinol in falkarindiol, saj imata protirakavo delovanje, preprečujeta rast rakavih celic debelega črevesja. Predvsem sta učinkovita v oksidirani obliki. Pri tem je pomembna visoka vsebnost beta karotenov in drugih antioksidantov, ki poliacetilenom omogočajo, da ohranijo takšno obliko.

2.2.2 MOTOVILEC

Navadni motovilec je enoletna dvokaličnica iz družine kovačnikovk, ki ima užitne liste z vonjem po orehih, temno zelene barve in krhke strukture. Pogosto se uporablja kot solatnica. V nekaterih predelih Evrope, severne Afrike in zahodne Azije raste tudi v divjini. Motovilec sestavljajo kratki ali daljši – odvisno od sorte – listi, suličaste oblike, ki so pri vseh sortah zraščeni v rozeto. Strokovnjakom je do danes uspelo vzgojiti več deset različnih sort motovilca. Krepi imunski sistem, odpravlja utrujenost in slabokrvnost, hkrati pa varuje pred stresom, pomaga okrepiti srce in zmanjšuje možnost srčnih obolenj. Vsestranski motovilec pa povečuje tudi sposobnost koncentracije.



Slika 4: Motovilec (Vir: Wikipedija)

2.2.3 ZELJE

Zelje je kulturna rastlina, ki spada v družino kapusnic iz skupine križnic, ki izvirajo iz Sredozemlja in Male Azije. Zelje pridelujemo tudi v Sloveniji, pri čemer se ga največ porabi za predelavo v kisló zelje, nekaj pa ga je namenjenega tudi sveži porabi. V številnih državah sta belo in rdeče zelje najpomembnejši vrtnini, takoj za paradižnikom. Čeprav je zelje jesenska zelenjava, moderni način pridelave in skladiščenja omogočajo, da je zelje na razpolago v vseh letnih časih.

Zelje štejemo med živila, ki na zdravje zelo dobro vplivajo. Številne raziskave so pokazale, da so zelje in druge križnice zaščitna živila. So namreč kakovosten vir vitaminov, rudnin, prehranskih vlaknin in drugih koristnih snovi. Ljudje, ki pojedjo veliko zelja, pa naj bi tudi manj zbolevali za rakom. V Sloveniji gojimo veliko zelja, morda celo največ med vrtninami. Jemo ga lahko sveže kuhanega ali in nakvašenega skozi vse leto. Zelje razvrščamo glede na letni čas na pomladne, poletne, jesenske in zimske sorte. Glede na videz ločujemo zelje s polovičnim srcem, z zelenim srcem, glavnato belo in rdeče zelje.

Njegove zdravilne lastnosti so cenili že stari Grki in Rimljani, še danes pa slovi kot odlična hrana za preganjanje odvečnih kilogramov in razstrupljanje telesa. Vsebuje malo kalorij, a veliko vode in prehranske vlaknine, zato nam daje občutek sitosti.

2.2.4 POR

Por je bližnji sorodnik česna in čebule, užiten pa je njegov podzemni in nadzemni del. Po okusu spominja na čebulo, čeprav je botanično bliže česnu.

Por je zelenjava; je zelo uporaben v prehrani kot sveža povrtnina za solate in kot zamenjava za ostale vrste čebul. Dodaja se ga lahko v hrano zaradi izboljšanja okusa in vonja, uporabi pa se lahko tudi za pripravo testa in raznih vrst pit ter drugih jedi.

Vsebuje veliko beljakovin, vitaminov A, C, B1 in B6, mangana, železa, folne kisline ... Vsebuje veliko tiosulfinitov in sulfidov, ki delujejo kot naravni antibiotiki, znižujejo krvni pritisk in holesterol, krepijo imunski sistem in preprečujejo nastajanje rakavih celic.

2.3 ZAKONODAJA S PODROČJA ONESNAŽEVALCEV V ŽIVILIH

“Onesnaževalec je katerikoli kemijski agens, ki je nenamensko prisoten v živilu kot posledica postopkov pridelave kmetijskih pridelkov in surovin živalskega izvora, oziroma proizvodnje in prometa živil, ali kot posledica onesnaženja okolja (Uradni list RS št. 69/2003).”

Zakonodaja s področja onesnaževalcev v živilih je zapisana v Uradnih listih in natančno odreja dovoljene vrednosti posameznih onesnaževalcev. Določa, da mora biti vsebnost onesnaževalcev tako nizka kot jo je mogoče razumno doseči z uporabo dobre kmetijske in proizvodne prakse v vseh fazah živilske verige. Za živila, za katera je ugotovljeno, da presegajo mejne vrednosti, ne smejo v promet ali se umaknejo iz prometa.

V Evropski uniji Uredba (ES) št. 1881/2006 o določitvi mejnih vrednosti nekaterih onesnaževalcev v živilih s spremembami in dopolnitvami za navedene kategorije zelenjave predpisuje mejne vrednosti za svinec in kadmij. Za arzen, živo srebro, nikelj, baker, cink in krom Uredba (ES) št. 1881/2006 ne predpisuje mejnih vrednosti, zato ni mogoče dati ocene ali so mejne vrednosti v teh pridelkih presežene ali ne. Primerjamo jih zgolj med seboj.

2.4 EKOLOŠKA (BIO) PRIDELAVA

Ekološko kmetovanje je eden izmed odgovorov na ekološke probleme sodobnega sveta. Razlogi za ekološko kmetovanje so predvsem varna in zdrava hrana, varstvo okolja, skrb za dobro počutje živali in spodbujanje biotske raznovrstnosti. Ekološko kmetijstvo se osredotoča na delo skupaj z naravo in ne proti njej.

V zadnjem času se vse bolj kažejo pomanjkljivosti intenzivnega poljedelstva in živinoreje, ki prevladuje v razvitem svetu. Gre predvsem za ekološke probleme, ki jih povzroča intenzivno kmetovanje. Prevelike količine mineralnih gnojil in drugih kemikalij, ki jih uporabljajo v kmetijstvu onesnažujejo reke in morja. V telesih vseh živih bitij je čedalje več pesticidov in njihova proizvodnja se še vedno povečuje. Zaradi porušenega ravnotežja je škodljivcev vedno več. Tako pridelana hrana je biološko siromašnejša. V njej je manj vitaminov, mineralov in mikroelementov, ki jih človek potrebuje. V intenzivni živinoreji uporabljajo hormonske in kemične dodatke s katerimi poizkušajo pri živalih čim prej doseči čim večji prirast mesa. Vsi pa z mesno in mlečno prehrano preidejo tudi v človeško telo.

Ekološko kmetovanje pomeni tudi način življenja in mišljenja. Vsako živilo se ocenjuje glede na okus, uporabnost in prehransko vrednost (kalorije, vitamini, minerali). Upošteva se tudi socialno-kulturne in ekološke vrednosti. Ekološka živila imajo visoko ekološko vrednost, saj ekološko kmetijstvo pazljivo ravna z naravnimi viri.

2.4.1 ZNAČILNOSTI EKOLOŠKEGA POLJEDELSTVA

1. Za pridobivanje rastlinske hrane je izredno pomembno kolobarjenje in ohranjanje ali celo povečevanje rodovitnosti tal.
2. Rodovitnost zemlje ohranjajo organska gnojila (kompost, hlevski gnoj) in naravna rudninska gnojila (kamena moka), rastline se varujejo s kolobarjenjem, primerno obdelavo tal in izborom odpornejših sort.
3. Kmetovalec lahko uporabi le seme in sadike, ki imajo pridobljen certifikat, da je le to pridobljeno iz ekološke semenske pridelave, kar mora biti na embalaži tudi jasno in vidno označeno.

3. EMPIRIČNI DEL

3.1 HIPOTEZE

V raziskovalni nalogi želimo ugotoviti v kolikšni meri je zelenjava, ki jo uživamo onesnažena s težkimi kovinami.

S postavljenimi hipotezami predpostavljamo da:

- bo s težkimi kovinami najbolj onesnažena tista zelenjava, ki je pridelana na zemljiščih v neposredni bližini prometno obremenjenih cest, ki so tudi redno gnojena;
- ekološko pridelana zelenjava vsebuje najmanj težkih kovin;
- vsebnost težkih kovin ne bo nikjer preseгла mejnih vrednosti.

3.2 METODE DELA

Eksperimentalni del je obsegal tri faze. V prvi fazi sva pridobila vzorce, v katerih smo merili prisotnost težkih kovin. Sledila je priprava vzorcev za analizo in v tretji fazi laboratorijska analiza vzorcev.

3.2.1 VZORCI

Prisotnost težkih kovin smo ugotavljali v naslednjih vrstah zelenjave: *korenje, zelje, motovilec, por*.

Vzorci smo po poreklu ločili v tri skupine:

B – **EKOLOŠKO** pridelana zelenjava, poreklo Stojnci;

P – zelenjava iz območja **v bližini prometnih cest**, poreklo Spuhlja;

U – zelenjava iz uvoza; poreklo Španija in Nizozemska.

3.2.2 LABORATORIJSKI PRIBOR IN APARATURE

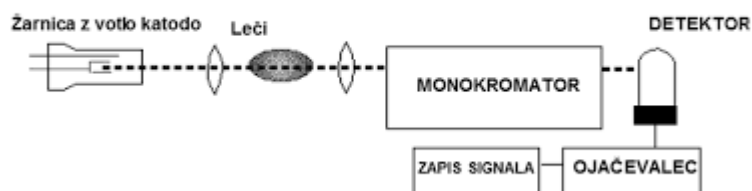
- | | |
|-----------------------|--|
| - pipeta (10ml) | - erlenmajerica |
| - pipeta (50ml) | - tehtnica (natančnost 0,001g) |
| - urno steklo | - kuhinjski sekljalnik |
| - žlička | - lij |
| - merilni valj (50ml) | - sušilnik |
| - merilni valj (10ml) | - Atomske absorpcijske spektrometre (v nadaljevanju AAS) |

Atomska absorpcijska spektrometrija (AAS)

Atomska spektroskopija se uporablja za kvalitativno in kvantitativno določanje okoli 70 kemijskih elementov. Je tehnika, pri kateri prosti uparjeni atomi absorbirajo elektromagnetno valovanje pri specifični valovni dolžini. Rezultat je absorpcijski signal, ki je sorazmeren s koncentracijo prostih atomov na optični poti.

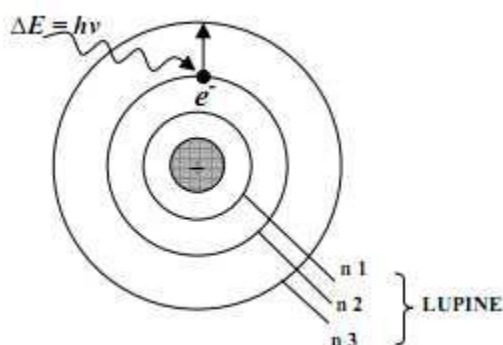
AAS temelji na pojavu, da prosti nevzbujeni atomi absorbirajo svetlobo in prehajajo v vzbujeno stanje. Atomi v plinastem stanju absorbirajo svetlobo tiste valovne dolžine, ki ustreza prehodu iz osnovnega v vzbujeno stanje, zato mora vir svetlobe sevati svetlobo take valovne dolžine. Iz deleža absorbirane svetlobe določimo koncentracijo elementa v raztopini (kvantitativna analiza), valovna dolžina absorbirane svetlobe pa določa element (kvalitativna analiza).

Atomi v plinastem stanju so ločeni drug od drugega, zato absorbirajo svetlobo karakterističnih valovnih dolžin, pri čemer dobimo črtast spekter.

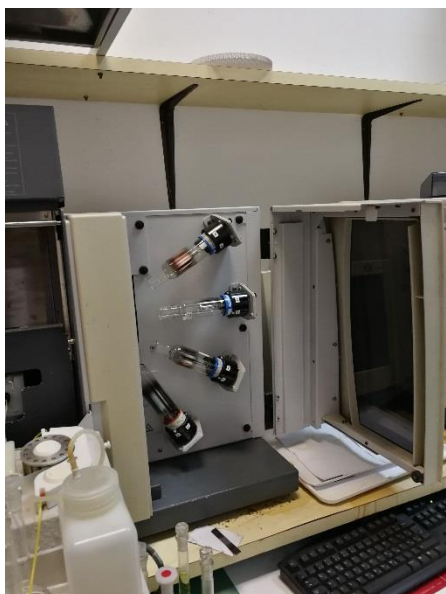


Slika 5: Shema atomskega absorpcijskega spektrometra

Kot vir svetlobe običajno uporabimo žarnico z votlo katodo. Napolnjena je z neonom ali argonom, anoda je iz volframa, na katodo pa je naperjen tisti element, ki ga določamo z AAS. Za vsak element, ki ga želimo meriti, torej potrebujemo svojo votlo katodo.



Slika 6: Princip absorpcijskega procesa



Slika 7, 8: Atomski absorpcijski spektrometer (Vir: lasten vir)

Plamenska atomska absorpcijska spektroskopija (FAAS)

Pri *plamenski* AAS raztopino vzorca s pomočjo razpršilnika uvedemo v plamen, kjer elementi preidejo v plinasto in atomarno stanje. Svetloba iz žarnice prehaja skozi plamen in atomi elementa, ki ga določujemo, absorbirajo svetlobo karakteristične valovne dolžine. Za plamenom je postavljen monokromator, s katerim odstranimo svetlobo, ki jo seva plamen, tako da z detektorjem zaznamo le svetlobo tiste valovne dolžine, pri kateri merimo absorbanco. Absorbanca je podobno kot pri molekulah linearno sorazmerna s koncentracijo elementa v plamenu in s tem koncentraciji le-tega v raztopini:

$$A = k \cdot c;$$

k je konstanta;

c je koncentracija elementa v vzorcu.

Koncentracijo elementa dobimo pri AAS na osnovi gornje enačbe primerjalno z metodo umeritvene krivulje ali standardnega dodatka.

3.2.4 KEMIKALIJE

- koncentrirana dušikova (V) kislina (HNO_3)
- klorovodikova kislina (HCl)

Zlatotopka

Zlatotopka je mešanica koncentrirane klorovodikove kisline (HCl) in dušikove (V) kisline (HNO₃) v razmerju 3:1. Raztopi vse organske vzorce. Ime je dobila po sposobnosti, da raztopi tudi zlato, ki je kemijsko izredno odporen element. Pri raztapljanju preide zlato v obliko zlatovega (III) topnega kompleksa HAuCl₄.

Zlatotopko je že v 13. stoletju opisal evropski alkimist Psevdo - Geber. V 15. stoletju je nemški alkimist Basilius Valentinus v svojem delu Ein kurtz summarischer Tractat, von dem grossen Stein der Uralten, v t. i. »12 ključih« predstavil zlatotopko na alegoričen način v 3. ključu kot lisico, ki požira petelina, kateri predstavlja zlato zaradi asociacije s sončnim vzhodom, drugi petelin pa stoji na lisici in jo prav tako požira.

Med nemško okupacijo Danske v drugi svetovni vojni je madžarski kemik George de Hevesy v zlatotopki raztopil zlati Nobelovi medalji dveh nemških Nobelovih nagrajencev za fiziko, tj. Maxa von Laueja (1914) in Jamesa Francka (1925), in na ta način skril medalji pred Nemci, saj je nastala zmes v stekleni posodi bila popolnoma nesumljivega videza .



Slika 9: Zlatotopka (Vir: Wikipedija)

3.2.5 POTEK DELA

3.2.5.1 Zbiranje vzorcev

Začetek eksperimentalnega dela je bil zbiranje pridelkov. Ko so bili pridelki zbrani, sva jih oprala in pripravila na razrez.

3.2.5.2 Razrez

Razrez in sekljanje je potekalo tako, da smo zbrano zelenjavo narezali na koščke, nato pa razsekljali v kuhinjskem sekljaniku.



Slika 10: Razrez zelja (Vir: lasten vir)

3.2.5.3 Sušenje

V našem primeru smo za postopek sušenja uporabili sušilnik. Razrezano zelenjavo smo zložili v napravo in jo segreli na 40 stopinj celzija. Zbrana zelenjava je bila v napravi dva dni. Dehidracija je bila 70 %.

3.2.5.4 Fino mletje

Suhe vzorce smo po sušenju vzeli iz sušilnika in jih fino zmleli. Posledično je iz celih kosov zelenjave nastal prah dvanajstih vzorcev zelenjave.

Vseh dvanajst vzorcev smo laboratorijsko označili.

3.2.5.5 Tehtanje

Vseh dvanajst vzorcev smo za kasnejše analize stehali. Za tehtanje smo uporabili digitalno tehtnico (natančnost 0,001). Zatehtali smo 2,5 g vsakega vzorca.

3.2.5.6 Laboratorijska predpriprava

V analitičnem laboratoriju smo vsakemu vzorcu dodali 21 ml klorovodikove in 7 ml dušikove kisline.



Slika 11: Odmerjanje kisline v digestoriju (Vir: lasten vir)

Vzorci smo segreti do temperature vrenje, opremili z vodnim hladilnikom in vreli 2 uri. Zmes smo nato pustili stati 10 ur.

3.2.5.7 Filtriranje

S postopkom filtracije smo ločili drobne delce težkih kovin v posamezni snovi od preostale kisline in zmlate zelenjave.

3.2.5.8 Spektrofotometrična določitev težkih kovin v vzorcih

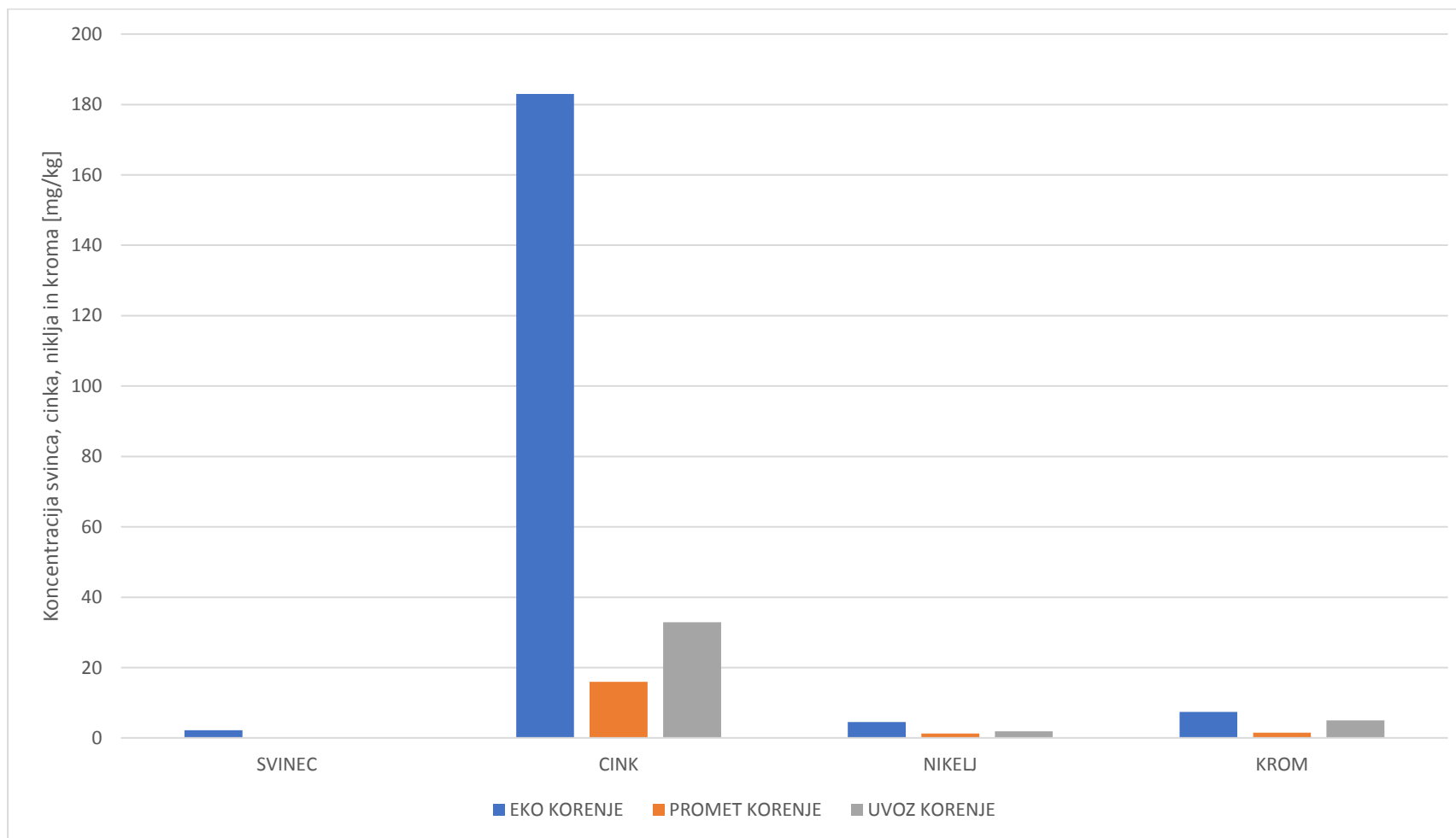
Elementarno sestavo vzorca smo merili z AAS. Meritve so se izvajale v vodnih raztopinah. Tipični preiskovani elementi so: Ag, Al, As, Cd, Co, **Cr**, Cu, Fe, Mn, Mo, **Ni**, **Pb**, Sb, Se, Tl, V, **Zn**,..... Glede na merjene vzorce in koncentracijsko območje smo izbirali s katero tehnologijo bomo merili (plamensko ali grafitno). Merili smo s plamensko tehnologijo.

4. REZULTATI IN UGOTOVITVE

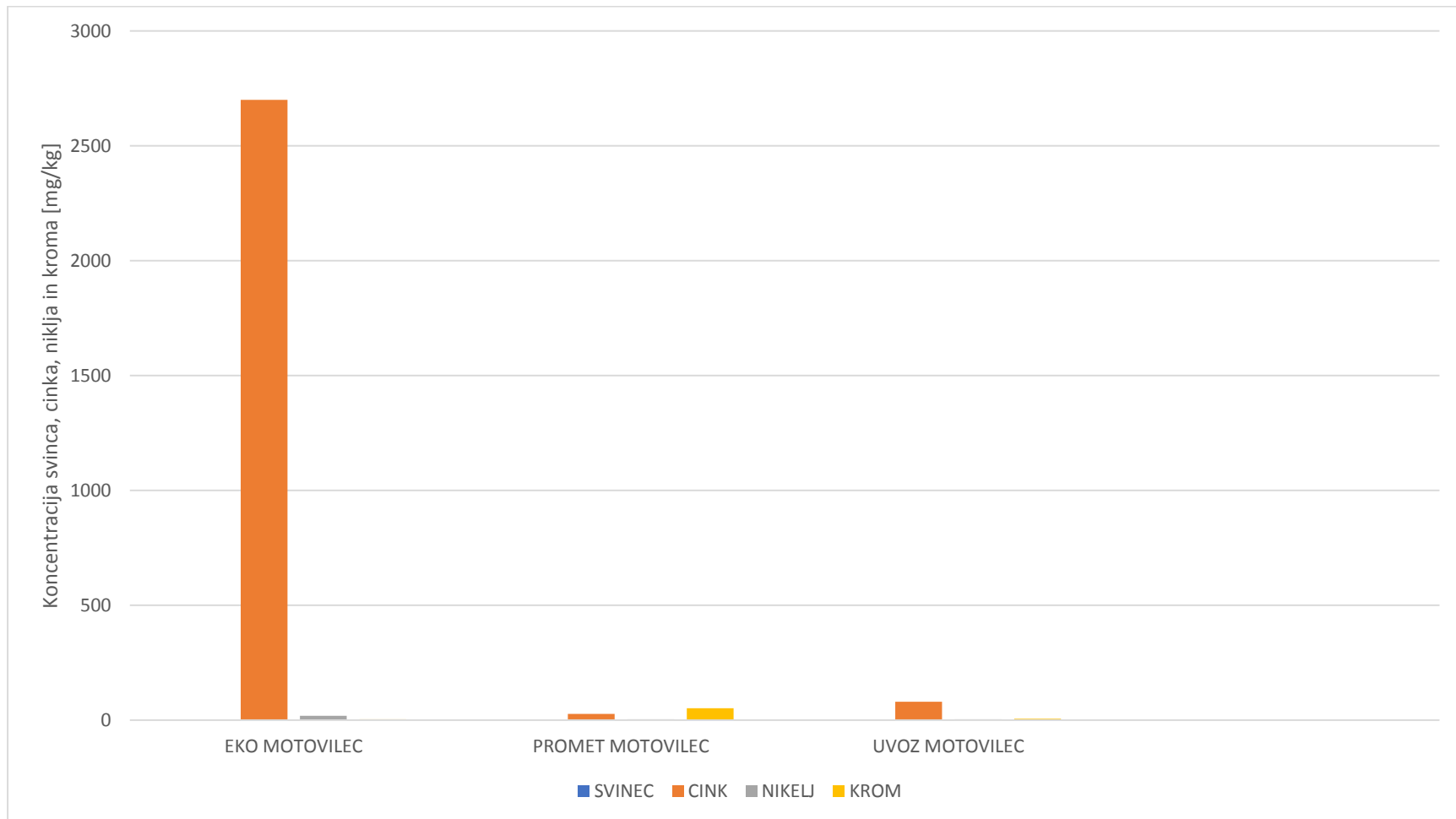
V spodnjih preglednicah so predstavljeni rezultati analize vzorcev.

	<i>SVINEC</i>	<i>CINK</i>	<i>NIKE LJ</i>	<i>KROM</i>
<i>EKO KORENJE</i>	2,2084 mg/kg	182,96 mg/kg	4,55 mg/kg	7,45mg/kg
<i>EKO MOTOVILEC</i>	1,6835 mg/kg	2700,34 mg/kg	18,17 mg/kg	3,4 mg/kg
<i>EKO ZELJE</i>	0,12 mg/kg	65,32 mg/kg	18,17 mg/kg	7,4 mg/kg
<i>EKO POR</i>	0,5109 mg/kg	35,79 mg/kg	1,7 mg/kg	10,22 mg/kg
<i>PROMET KORENJE</i>	0,1880 mg/kg	16,0 mg/kg	1,27 mg/kg	1,51 mg/kg
<i>PROMET MOTOVILEC</i>	1,3036 mg/kg	26,48 mg/kg	3,28 mg/kg	51,31 mg/kg
<i>PROMET ZELJE</i>	0,3254 mg/kg	35,78 mg/kg	1,05 mg/kg	2,93 mg/kg
<i>PROMET POR</i>	0,0649 mg/kg	25,68 mg/kg	0,74 mg/kg	30,30 mg/kg
<i>UVOZ KORENJE</i>	0,1282 mg/kg	32,92 mg/kg	1,90 mg/kg	23,12 mg/kg
<i>UVOZ MOTOVILEC</i>	1,3097 mg/kg	80,01 mg/kg	3,44 mg/kg	5,85 mg/kg
<i>UVOZ ZELJE</i>	0,1629 mg/kg	35,79 mg/kg	1,8 mg/kg	5,99 mg/kg
<i>UVOZ POR</i>	0,2923 mg/kg	46,10 mg/kg	0,83 mg/kg	14,29 mg/kg

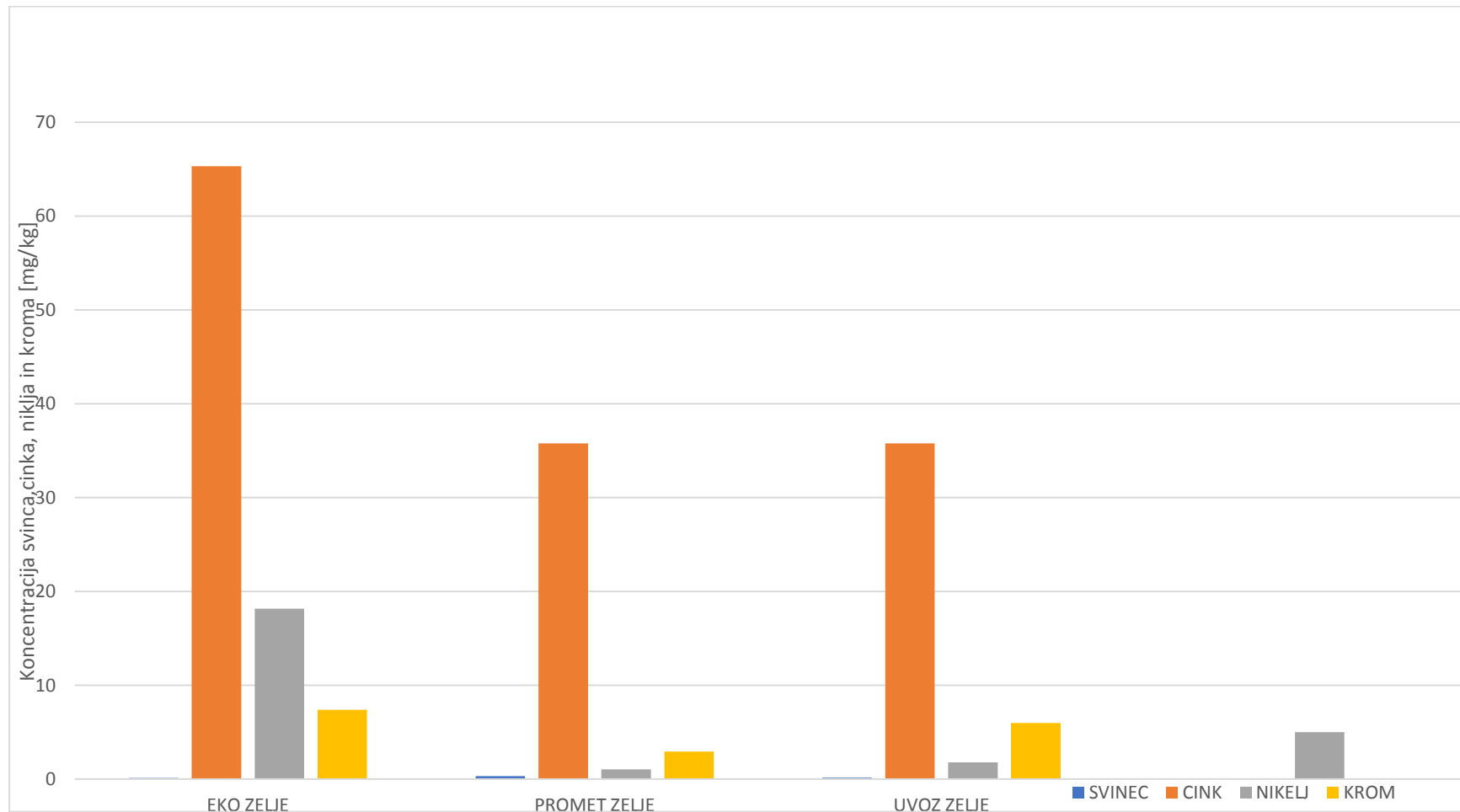
Tabela 1: Vsebnost težkih kovin v vzorcih v mg/kg



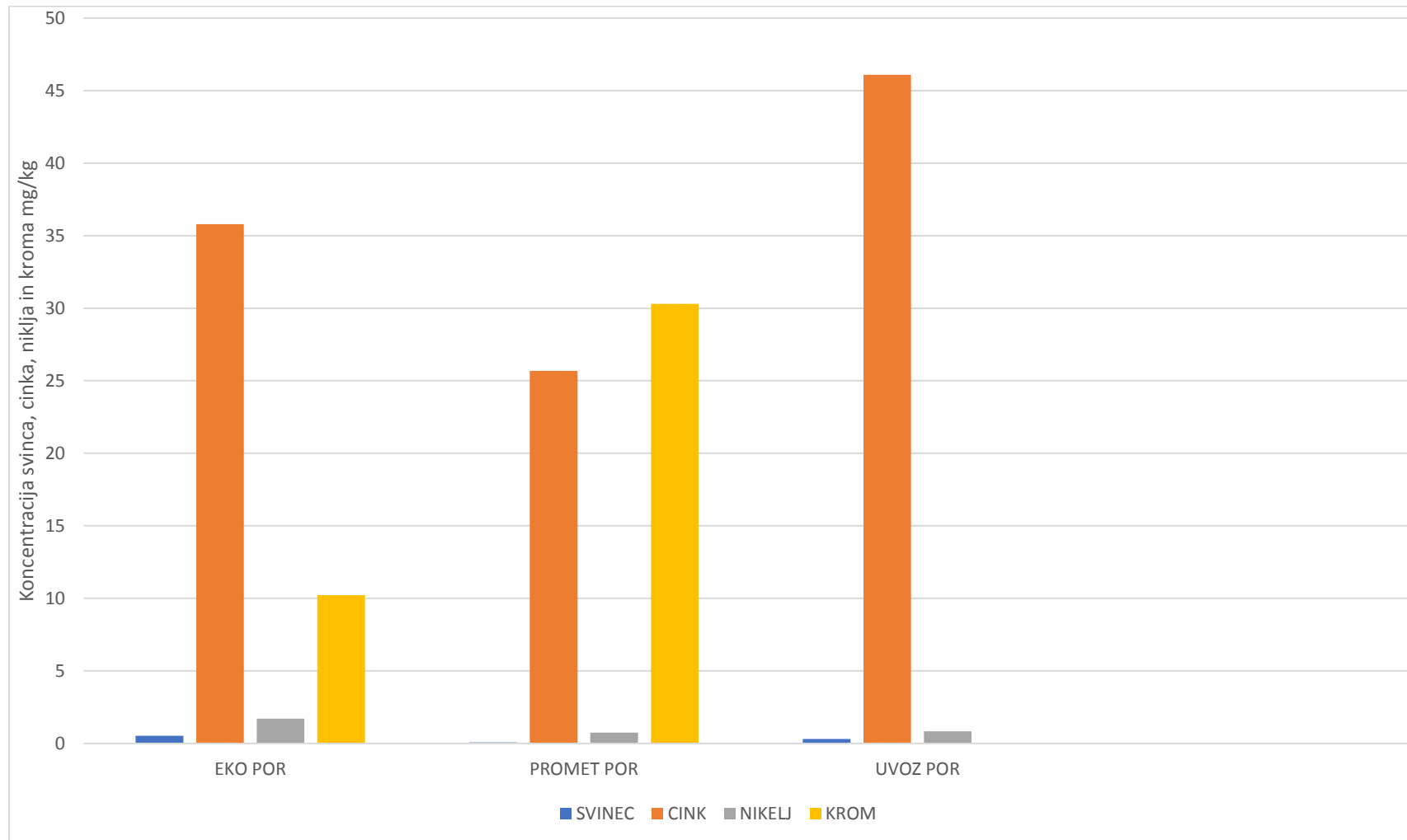
Graf 1: Primerjava vsebnosti svinca, cinka, niklja in kroma v vzorcih korenja različnega porekla v mg/kg



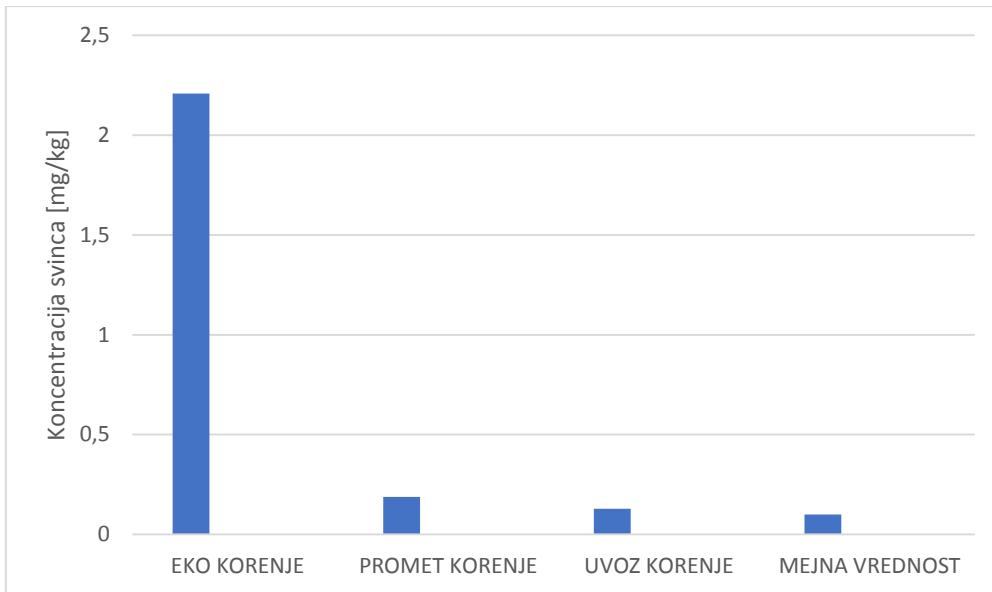
Graf 2: Primerjava vsebnosti svınca, cinka, niklja in kroma v vzorcih motovilca različnega porekla v mg/kg



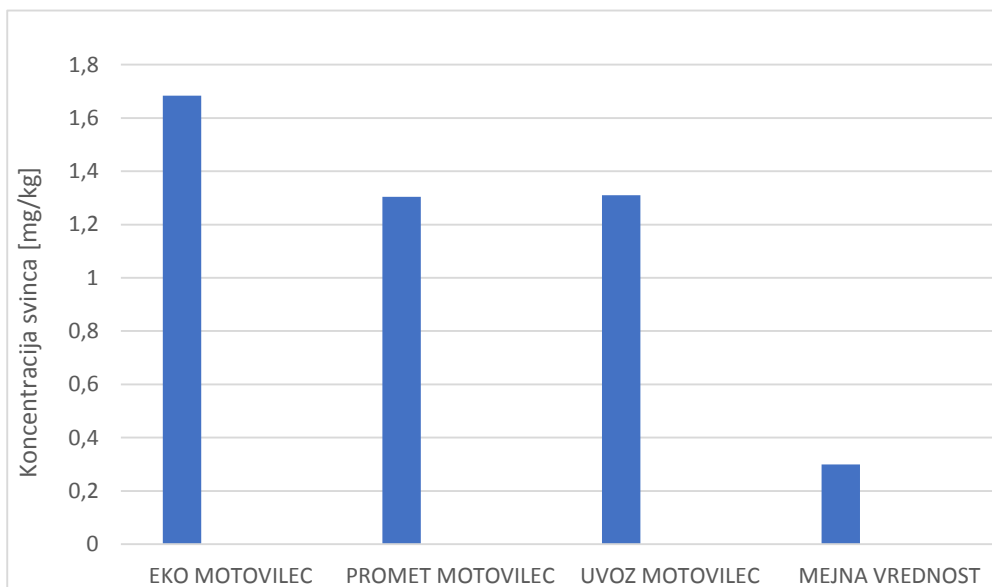
Graf 3: Primerjava vsebnosti svinca, cinka, niklja in kroma v vzorcih zelja različnega porekla v mg/kg



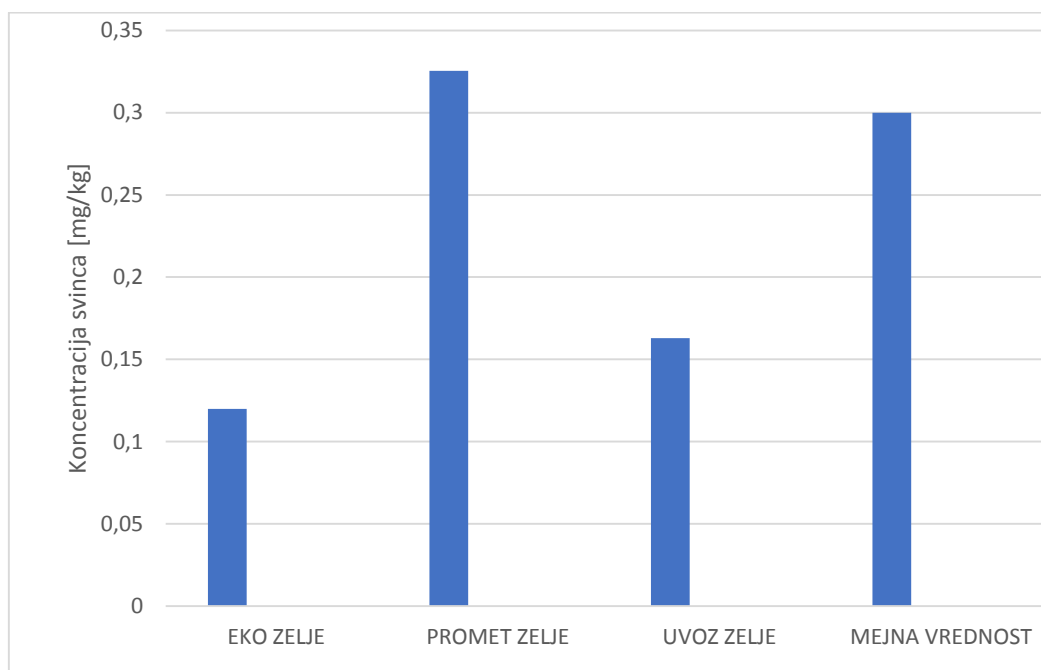
Graf 4: Primerjava vsebnosti svinca, cinka, niklja in kroma v vzorcih pora različnega porekla v mg/kg



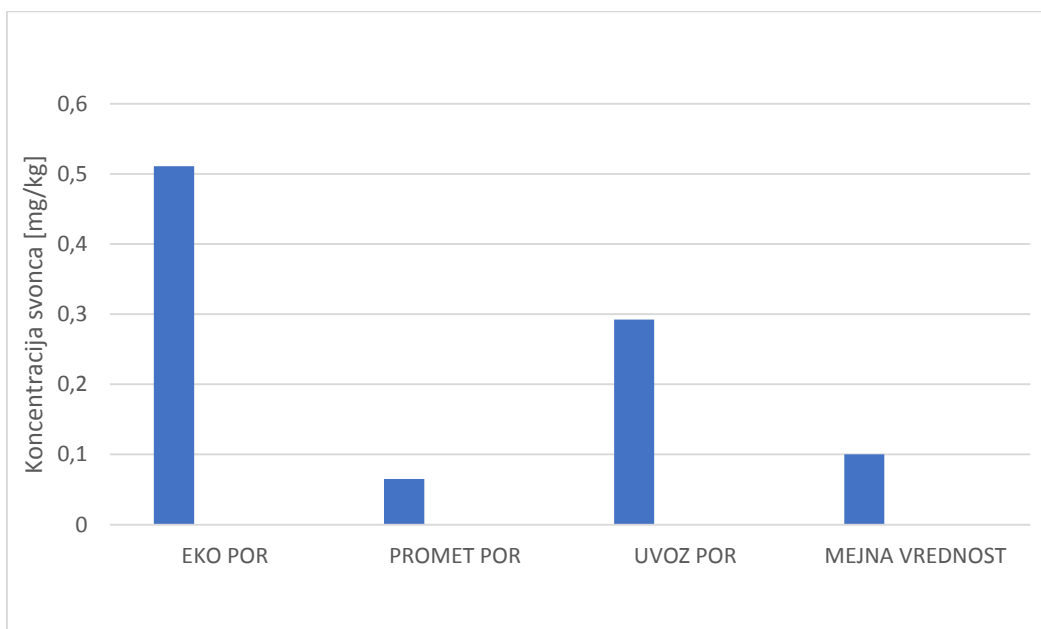
Graf 5: Primerjava koncentracije svinca v korenju z mejno vrednostjo



Graf 6: Primerjava koncentracije svinca v motovilcu z mejno vrednostjo



Graf 7: Primerjava koncentracije svinca v zelju z mejno vrednostjo



Graf 8: Primerjava koncentracije svinca v poru z mejno vrednostjo

5. RAZPRAVA

5.1 PRIMERJAVA VREDNOSTI TEŽKIH KOVIN V ZELENJAVI GLEDE NA POREKLO IN NAČIN PRIDELAVE

5.1.1 PRIMERJAVA VREDNOSTI TEŽKIH KOVIN V KORENJU

Iz *tabele 1* in iz *grafa 1* je razvidno, da je raven svinca v EKO korenju velika (2.2084 mg/kg) medtem, ko je vrednost pri obeh ostalih vzorcih občutno - več kot 10 krat - manjša. Zelo podobno je pri cinku. Velike vrednosti pri EKO korenju (182,96 mg/kg) so zelo razvidne v primerjavi z uvoženim korenjem (32,92 mg/kg) in s korenjem gojenim na zemljišču blizu prometne ceste (16,0 mg/kg). V primeru niklja kaže, da je vrednost te težke kovine v korenju iz uvoza manjša kot pa zemljišča ob prometni cesti. Ta podatek preseneča v primerjavi z drugimi kovinami. Ko gledamo vrednost niklja v EKO korenju vidimo, da je ta vrednost veliko večja v primerjavi z ostalima vzorcema. Pri vsebnosti kroma so rezultati prav tako presenetljivi, to potrjuje dejstvo, da je vrednost kroma v EKO korenju in v uvoženem korenju veliko večja.

Na podlagi teh ogotovitev sklepamo, da EKO korenje vsebuje največje količine izmerjenih težkih kovin.

5.1.2 PRIMERJAVA VREDNOSTI TEŽKIH KOVIN V MOTOVILCU

Graf 2 med seboj primerja vrednosti svinca, cinka, niklja in kroma v motovilcu. V primeru svinca so si vrednosti med seboj dokaj podobne (uvožen motovilec in motovilec iz kmetije ob prometni cesti imata skoraj identično vrednost). Pozornost pa pritegne povišana vrednost EKO motovilca (1,68 mg/kg) v primerjavi z ostalima dvema vzorcema. Ko med seboj primerjamo zelenjavo, ki vsebuje cink vidimo, da je vsebnost te težke kovine v primerjavi z količino ostalih težkih kovin že nasplošno visoka (vse vrednosti so nad 25,0 mg/kg). Najbolj preseneča količina cinka v EKO motovilcu (2700,34 mg/kg). Vrednosti niklja v motovilcu so zelo presenetljive. Vrednosti oz. količina niklja v uvoženem motovilcu in motovilcu iz kmetije ob prometni cesti sta zelo podobni (3,44 mg/kg in 3,28 mg/kg), medtem ko vrednost EKO motovilca odstopa (18,17mg/kg)

5.1.3 PRIMERJAVA VREDNOSTI TEŽKIH KOVIN V ZELJU

Tabela 1 in *graf 3* prikazujeta vrednosti danih štirih težkih kovin v zelju. Ko med seboj primerjamo tri vstve zelja, ki vsebujejo svinec vidimo da so rezultati še najbolj pričakovani do sedaj. Največja vrednost svinca je v zelju pridobljenim na kmetiji v bližini prometne ceste (0,32 mg/kg). Zelju iz kmetije sledi uvoženo zelje s vrednostjo 0,1629 mg/kg, za uvoženim zeljem pa sledi EKO zelje z najmanjšo vrednostjo in sicer 0,12 mg/kg. Ko med seboj primerjamo vrednosti cinka vidimo da največ cinka vsebuje EKO zelje (65,32 mg/kg). S skoraj 2 krat manjšo vrednostjo pa izstopata uvoženo zelje in zelje iz zemljišča ob prometni cesti. Zanimivo je tudi to da imata ta dva vzorca oba vrednost 35,8 mg/kg.

5.1.4 PRIMERJAVA VREDNOSTI TEŽKIH KOVIN V PORU

Ob pogledu na rezultate meritev svinca (*graf 4*) v vseh treh vrstah pora takoj v oči pade velika vrednost svinca v EKO poru in v uvoženem poru v primerjavi z porom iz zemljišča ob prometni cesti, kjer je vrednost svinca veliko manjša. Vrednost cinka je v EKO poru in v uvoženem poru skoraj enaka (49,81 mg/kg in 46,10 mg/kg). Manj cinka je v poru iz kmetije ob prometni cesti z 25,68 mg/kg. Zelo nepričakovane so meritve pri niklju. Por iz kmetije ob prometni cesti vsebuje 0,74 mg/kg niklja, medtem ko uvožen por vsebuje malo več (0,83 mg/kg), EKO por vsebuje 1,7 mg/kg. To je kar za 1 mg/kg niklja več kot por s kmetije ob prometni cesti. Manj presenečenj je pri kromu. Največ kroma vsebuje por iz kmetije ob prometni cesti (20,30 mg/kg), sledita mu por iz uvoza (14,29 mg/kg) ter EKO por (10,22 mg/kg).

Pridelki iz zemljišča ob prometni cesti dajejo presenetljive rezultate. Vsebnost težkih kovin kljub gostemu prometu in številnim izpušnim plinom, v teh pridelkih ni na prvem mestu. Ovrgli smo prvo hipotezo.

5.2 PRIMERJAVA VREDNOSTI TEŽKIH KOVIN V ZELENJAVI Z MEJNIMI VREDNOSTMI

V Evropski uniji Uredba (ES) št. 1881/2006 o določitvi mejnih vrednosti nekaterih onesnaževal v živilih s spremembami in dopolnitvami za navedene kategorije zelenjave predpisuje mejne vrednosti za svinec in kadmij. Za arzen, živo srebro, nikelj, baker, cink in krom Uredba (ES) št. 1881/2006 ne predpisuje mejnih vrednosti.

Zelenjava	Svinec (Pb)	Kadmij (Cd)	Opombe
	mg/kg	mg/kg	
Korenje	0,10	0,10	Uredba (ES) št. 1881/2006
Por	0,10	0,050	Uredba (ES) št. 1881/2006
Zelje	0,30	0,20	Uredba (ES) št. 1881/2006
Motovilec	0,30	0,20	Uredba (ES) št. 1881/2006

Tabela 2: Mejne vrednosti težkih kovin, ki jih določa Uredba (ES) št. 1881/2006

Če primerjamo vsebnost svine naših vzorcev zelenjave z mejno vrednostjo, ugotovimo, da pridelki iz EKO kmetovanja najbolj odstopajo po vsebnosti te kovine v pridelkih. Vsebujejo več svine od ostalih dveh primerjalnih vzorcev. Presegajo tudi mejno dovoljeno vrednost te kovine v pridelkih. S tem smo ovrgli drugo hipotezo, ki pravi, da ekološko pridelana zelenjava vsebuje najmanjše vrednosti težkih kovin in hkrati tretjo hipotezo, ki pravi, da vrednosti težkih kovin ne bodo nikjer presegle mejnih vrednosti

6. ZAKLJUČEK

V raziskovalni nalogi smo želeli preveriti v kolikšni meri je zelenjava, ki jo vsakodnevno uživamo onesnažena s težkimi kovinami. Predvsem smo želeli preveriti ali EKO pridelava zares ustreza svojim standardom in slovesu.

Po pridobljenih vzorcih zelenjave, smo se lotili kemijske analize. Doma je potekala mehanska predpriprava, v analitičnem laboratoriju pa razklop vzorcev in atomska absorpcijska spektroskopija. Prišli smo do zanimivih, predvsem pa do presenetljivih rezultatov. Najbolj preseneča dejstvo, da zelenjava pridelana po ekološkem načinu kmetovanja, vsebuje velike količine težkih kovin. Hkrati smo presenečeni, da povrtnine, gojene na zemljišču, ki je že dolga leta neposredno izpostavljeno ogromnim količinam izpušnih plinov, daje solidne rezultate.

V današnjem času velik pomen dajemo ekološko pridelani hrani. Slepо zaupamo certifikatom, žal pa se pod njimi skriva marsikaj prikritega. Zavajanje potrošnikov na račun njihovega zdravja si zagotovo ne zasluži dobrega renomeja. V tej luči nimamo v mislih pridelovalcev, ki se dejansko strogo držijo predpisanih navodil, pa so izdelki vseeno ekološko sporn zaradi drugih dejavnikov. Ugotovili smo torej, da na kakovost pridelane hrane vpliva veliko več dejavnikov kot kriteriji ekološkega kmetovanja. To pa vzbuja veliko vprašanj, dvomov in skrbi glede tega koliko je v resnici že onesnažen naš planet.

Zagotovo bo mogel v prihodnosti vsak od nas skrbno razmisliti o usodi ne samo našega zdravja, rastlin in živali, ampak o usodi celega planeta.

7. VIRI

- 1.) <https://www.bodieko.si/korenje>
- 2.) <https://www.bodieko.si/zelje>
- 3.) <http://ikema.si/slo/analitika-2/>
- 4.) <https://kemija.net/slovarcek/273>
- 5.) <https://www.lekarnaljubljana.si/clanki-in-nasveti/cink>
- 6.) <https://www.nasa-lekarna.si/clanki/clanek/tezke-kovine-na-nasih-kroznikih/>
- 7.) <https://www.kulinarika.net/zdravje/hrana-in-zdravje/182/motovilec/>
- 8.) <https://aktivni.metropolitan.si/prehrana/za-aktivne/zdravilne-lastnosti-zelja>
- 9.) <https://www.nijz.si/sl/svinec-v-zivilih>
- 10.) <https://www.nutris.org/prehrana/zivila-meseca/jesen/156-korenje.html>
- 11.) <https://www.prehrana.si/sestavine-zivil/minerali/cink>
- 12.) <https://www.prehrana.si/sestavine-zivil/minerali/krom>
- 13.) <https://www.prehrana.si/clanek/164-zelje>
- 14.) <https://www.sensilab.si/news/cink-scminerali>
- 15.) https://sl.wikipedia.org/wiki/Navadni_motovilec
- 16.) https://sl.wikipedia.org/wiki/Navadno_korenje
- 17.) <https://sl.wikipedia.org/wiki/Por>
- 18.) [https://sl.wikipedia.org/wiki/Su%C5%A1enje_\(%C5%BEivila\)](https://sl.wikipedia.org/wiki/Su%C5%A1enje_(%C5%BEivila))
- 19.) <http://www.stavbnabiologija.si/nevarnosti/tezke-kovine/>
- 20.) <http://www.surovine.si/nikelj.php>
- 21.) <https://www.vemkajem.si/default.asp?opt=1&id=5207>
- 22.) <https://vizita.si/alergije/se-redite-morda-se-alergicni-na-nikelj.html>
- 23.) https://zpm-mb.si/wp-content/uploads/2016/06/S%C5%A0_INTER-BIO-KE-Te%C5%BEke_kovine_v_gobah.pdf