

Mladi za napredek Maribora 2016

33. srečanje

TEŽKE KOVINE V GOBAH

Raziskovalno področje: INTERDISCIPLINARNO: BIOLOGIJA, KEMIJA

RAZISKOVALNA NALOGA

Avtor: NIKA BREZNIK

Mentor: KATJA HOLNTHANER ZOREC, DARJA KRAVANJA

Šola: II. GIMNAZIJA MARIBOR

Maribor, februar 2016

Mladi za napredek Maribora 2016

33. srečanje

TEŽKE KOVINE V GOBAH

Raziskovalno področje: INTERDISCIPLINARNO: BIOLOGIJA, KEMIJA

RAZISKOVALNA NALOGA

Maribor, februar 2016

Kazalo vsebine

KAZALO SLIK	5
KAZALO GRAFOV	5
KAZALO TABEL	5
POVZETEK	6
ZAHVALA	7
1 UVOD	8
1.1 Raziskovalno vprašanje	9
1.2 Hipoteze	9
2 TEORETIČNO OZADJE	10
2.1 Težke kovine	10
2.1.1 Svinec	11
2.1.2 Kadmij	12
2.1.3 Živo srebro	12
2.2 Glive	13
2.2.1 Zgradba gliv	14
2.2.2 Glive odprtotrosnice	14
2.3 Šampinjoni	15
2.4 Bioakumulacija	17
3 MATERIALI IN METODE DELA	19
3.1 Materiali	19
3.1.1 Gobe	19
3.1.2 Prst	19
3.1.3 Kemikalije	19
3.1.4 Laboratorijski pribor	19
3.1.5 Laboratorijske aparature	20
3.2 Metode	21
3.2.1 Pobiranje gob na terenu	21

3.2.2 Priprava gojišča za gobe	21
3.2.3 Pobiranje gob iz gojišča	21
3.2.4 Priprava gob za analizo	22
3.2.5 Priprava prsti za analizo	22
3.2.6 Metoda določanja pH prsti	22
3.2.7 Metoda določanja svınca in kroma v gobah z masnim spektrometrom	22
3.2.8 Metoda določanja živega srebra z Direct Mercury Analyzer	23
3.2.9 Metoda določanja težkih kovin v tleh	24
4 REZULTATI	25
4.1 Metoda določanja pH prsti	25
4.2 Metoda določanja svınca in kroma v gobah z masnim spektrometrom	26
4.2.1 Nabrane gobe	26
4.2.2 Gobe iz gojišča s povečano koncentracijo svınca	27
4.3 Metoda določanja živega srebra z Direct Mercury Analyzer	28
4.4 Metoda določanja težkih kovin v tleh	29
5 RAZPRAVA	32
5.1 Ocena metod in možni viri napak	34
6 DRUŽBENA ODGOVORNOST	36
7 ZAKLJUČEK	37
8 VIRI IN LITERATURA	38
9 PRILOGE	40
9.1 Priloga 1	40
9.2 Priloga 2	40

KAZALO SLIK

Slika 1: Onesnaženi kraji v Sloveniji	11
Slika 2: Zgradba gliv	14
Slika 3: Šampinjoni.....	16
Slika 4: Življenjski krog (ciklus) razvoja šampinjonov	17
Slika 5: Shema kopičenja snovi znotraj prehranjevalne verige.....	18
Slika 6: Tehnica	20
Slika 7: Zmlete gobe pripravljena za analizo.....	22
Slika 8: Advanced Microwave Labstation	23
Slika 9: Kvarci	23
Slika 10: Živosrebrni analizator	24
Slika 11: Masni spektrometer	24
Slika 12: Popisni obrazec	40
Slika 13: Lokacija Pohorje	40
Slika 14: Lokacija Radizel	41
Slika 15: Lokacija Dobrovce	41

KAZALO GRAFOV

Graf 1: Primerjava koncentracije svınca v nabranih gobah z mejno vrednostjo	26
Graf 2: Primerjava koncentracije kadmija v nabranih gobah z mejno vrednostjo	27
Graf 3: Primerjava koncentracije svınca v gobah iz gojišča z mejno vrednostjo	28
Graf 4: Primerjava koncentracije živega srebra v nabranih gobah z mejno vrednostjo	29
Graf 5: Primerjava koncentracije svınca v nabrani prsti z mejno vrednostjo	30
Graf 6: Primerjava koncentracije svınca v prsti iz gojišča z mejno vrednostjo	30
Graf 7: Primerjava koncentracije kadmija v nabrani prsti z mejno vrednostjo	31

KAZALO TABEL

Tabela 1: Težke kovine v nabranih gobah in v prsti.....	25
Tabela 2: pH prsti izbranih območji	25
Tabela 3: Vsebnost svınca in kadmija v nabranih gobah.....	26
Tabela 4: Povprečna vsebnost svınca v gobah iz gojišča	27
Tabela 5: Vsebnost živega srebra v nabranih gobah	28
Tabela 6: Koncentracija kadmija in svınca v nabrani prsti in koncentracija svınca v prsti iz gojišča ..	29

POVZETEK

Težke kovine so navzoče povsod v okolju kot posledica naravnih in človeških aktivnosti. Najdemo jih lahko v zraku, vodi, zemlji in živih organizmih. V raziskovalni nalogi smo se osredotočili na težke kovine v gobah, saj so gobe odlični pokazatelji kopičenja težkih kovin v tleh. S spektrofotometrično metodo smo v različnih vrstah gob, nabranih v Mariboru in okolici, določili količino svınca in kadmija, z živo srebrnim analizatorjem pa koncentracijo živega srebra. V drugem delu pa smo gojili šampinjone (*Agaricus bisporus*), katerim smo v hranilno podlago dodajali različne koncentracije svınca. Pri nobeni izmed na terenu nabranih gob niso bile presežene mejne dovoljene koncentracije kadmija, svınca in živega srebra. Pri gojenih šampinjonih pa smo izmerili presežene koncentracije svınca, kar kaže na njihovo visoko sposobnost bioakumulacije ob povečani obremenjenosti tal s svincem in je hkrati opozorilo, da je uživanje gob, nabranih na močno onesnaženih področjih nevarno za zdravje.

ZAHVALA

Želela bi se zahvaliti obema mentoricama, ki sta me skozi celotno raziskovalno nalogo usmerjali, mi predstavili številne metode, in pri sami izvedbi raziskovalne naloge neznansko pomagali.

Zahvaljujem se tudi Nacionalnem inštitutu za javno zdravje, ki mi je omogočil analizo gob in prsti ter članoma gobarskega društva, ki sta opravila redeterminacijo nabranih gob.

Zahvalila bi se rada tudi vsem, ki so me med raziskovalnim delom podpirali.

1 UVOD

Zadnje čase je vse več govora o škodljivih posledicah razvoja industrije, kmetijstva in prometa. Kljub temu, da nam je industrializacija olajšala vsakdanje življenje, je prinesla tudi številne temne posledice, ki se odražajo v celotnem okolju in posledično seveda tudi na zdravju ljudi (Tudja, 2013). Eno izmed posledic predstavlja tudi onesnaženost okolja s težkimi kovinami. Težke kovine so v nizkih koncentracijah naravno prisotne v vseh sestavinah okolja. Zaradi delovanja človeka se njihove koncentracije ponekod v okolju povečujejo, zvišane koncentracije pa lahko negativno vplivajo na zdravje ljudi. Predvsem to velja za kadmij, svinec, arzen in živo srebro (Uršič, 2009). Te kovine pa se naravno ali kot posledice človekovega delovanja pojavljajo v okolju, kjer so rastišča številnih evropskih vrst gliv.

Glive imajo pomembno vlogo pri kroženju hranil v naravi in pri vzpostavitvi mikoriznih simbioz. Pomembno pa je tudi poznati vsebnost kovin v trosnjakih, saj se z njimi prehranjujejo tako živali kot ljudje. Čeprav uživanje divjih gliv ne predstavlja pomembnega dela v prehrani ljudi, nekatere raziskave navajajo, da se povpraševanje po glivah v mnogih državah veča (Petkovšek in Pokorny, 2011).

Vsebnost kovin v trosnjakih gliv iz neonesnaženih območji praviloma najdemo v naslednjih intervalih: < 0,5 mg/kg do 5 mg/kg suhe mase (Cd), < 0,5 mg/kg do 10 mg/kg suhe mase (Hg) in < 0,5 mg/kg do 5 mg/kg suhe mase (Pb) (Petkovšek in Pokorny, 2011). Na podlagi pregleda ugotavljamo, da sta problematični kovini predvsem kadmij in živo srebro.

Človek je kovinam iz okolja izpostavljen z vdihavanjem prašnih delcev in preko prehranjevalne verige z uživanjem kontaminirane hrane in vode, lahko pa tudi preko kože. Na onesnaženih območjih je izpostavljenost ljudi lahko velika (Tudja, 2013).

Namen raziskovalne naloge je, da bi na območju Maribora in njegove okolice določili vsebnost težkih kovin v glivah. Osredotočili smo se na 3 območja (Dobrovce, Radizel in Pohorje), saj na teh območjih podobnih raziskav še ni bilo. Težke kovine pa smo določili tudi v prsti.

V drugem delu raziskovalne naloge pa nas je zanimala povezava med vsebnostjo težke kovine (svinca) v tleh in vsebnostjo te kovine v gobi (šampinjon). Gojišče 1 bo kontrolna skupina (brez svinca), gojišče 2 bomo zalivali z 85 mg svinca, gojišče 3 pa z 200 mg svinca.

1.1 Raziskovalno vprašanje

Ali trosnjaki gob iz rastišč na območju Dobrovca, Pohorja in Radizela presegajo dovoljeno vsebnost svinca, kadmija in živega srebra in ali so tla na teh območjih močno onesnažena s težkimi kovinami in kateri faktorji vplivajo na onesnaženost (bližina ceste, bivališč, industrije, kmetijskih površin)?

Koliko se poveča vsebnost svinca v trosnjakih šampinjonov (*Agaricus bisporus*), gojenih na hranilni podlagi s povečano vsebnostjo svinca?

1.2 Hipoteze

1. Predvidevamo, da bo pH prsti na območju Pohorja in Radizela nižji kot na območju Dobrovca, saj smo prst na Dobrovcah odvzeli v bližini kmetijskih površin, ki jih redno gnojijo. Najbolj onesnažena zemlja bo v Radizelu in Pohorju, saj smo gobe na tem območju pobrali najbližje cesti in bivališč. Najmanj težkih kovin bo na Dobrovcah, saj je bilo to območje najbolj odmaknjeno od vseh možnih povzročiteljev onesnaževanja.
2. Menimo, da vsebnost težkih kovin v gobah ne bo nikjer presegla mejnih vrednosti. Največ težkih kovin bodo vsebovale gobe iz območja Radizela, saj menimo, da je tam tudi prst najbolj onesnažena, hkrati pa menimo, da je tudi zrak močno onesnažen, kar bo dodatno povečalo koncentracijo težkih kovin v gobah. V gobah bo največja vsebnost svinca, saj se je ta v dosedanjih raziskavah v tleh pojavljaj v največjih količinah (Petkovšek in Pokorny, 2011), hkrati pa je izmed težkih kovin (kadmija, svinca in živega srebra), najmanj nevaren za žive organizme. Živega srebra bo najmanj v gobah, saj se v tleh pojavlja v najmanjših količinah (Petkovšek in Pokorny, 2011).
3. Predvidevamo, da bodo gobe, ki bodo zrastle na gojišču 2, močno presegle mejne vrednosti svinca v gobah, gobe pa na gojišču 3 zaradi prevelike količine svinca sploh ne bodo rastle, s tem bomo pokazali, da svinec vpliva tudi zaviralno na rast gob.

2 TEORETIČNO OZADJE

2.1 Težke kovine

Težke kovine, med katere sodijo svinec, kadmij, živo srebro, baker, nikelj, cink, kositer, ... povzročajo številne poškodbe celic. Delujejo na čustva, mišljenje in na obnašanje človeka. Njihovo škodljivo delovanje se kaže predvsem v spremenjenem duševnem obnašanju človeka (Fink in Filip, 2010). Vse težke kovine imajo veliko gostoto (nad 7 kg/dm³), 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).

Težke kovine so navzoče povsod v okolju kot posledica naravnih in človeških aktivnosti, kot so odlaganje odpadkov, uporaba gnojil, svinčenih cevi za pitno vodo, pesticidov ter taljenje rude. Tako jih lahko najdemo v zraku, prašni usedlini, zemlji, vodi in v drugih elementih okolja ter kot takšne prehajajo v rastline prek koreninskega sistema. Vendar pa se težke kovine ne nalagajo enako v vse vrste rastlin. Nekatere so bolj dovzetne, druge manj (Adriano, 2001). Če se rastlinojede živali prehranjujejo s takšnimi rastlinami, se težke kovine posledično nalagajo tudi v živalih. To pomeni, da smo lahko izpostavljeni težkim kovinam tako z rastlinsko kot hrano živalskega izvora. Torej lahko govorimo o prehranjevalni verigi, kjer se na eni ali več stopnjah posamezniki prehranjujejo s hrano, ki je onesnažena s težkimi kovinami. Človek lahko kot potrošnik vstopa v to prehranjevalno verigo na katerikoli stopnji, bodisi da zaužije zelenjavo, sadje, meso, mleko ali drobovino.

Najpomembnejše med težkimi kovinami z vidika slabega vpliva na zdravje so svinec, kadmij in živo srebro. Zaužijemo jih predvsem s hrano, in sicer več kot 90 %. Z drugimi vrstami vnosa, kot je dihanje onesnaženega zraka ter kožni stik, jih v telo vnesemo bistveno manj kot s hrano (Uršič, 2009).

Dokazano težke kovine povzročajo številne poškodbe celic. Človeški organizem ima na voljo mnoge obrambne mehanizme za popravilo nastalih poškodb, vendar pa težke kovine delujejo negativno prav na te mehanizme in blokirajo njihovo delovanje ter tako povečajo škodljivo delovanje.

Delovanje težkih kovin – arzena, aluminija, železa, niklja, svinca, živega srebra, bakra, mangana in organsko vezanega cinka – povzroča poškodbe živčnega sistema. Te poškodbe se kažejo s

simptomi različnih nevroloških in psihiatričnih obolenj, poškodb celične presnove, genetske okvare, kot poškodbe imunskega sistema, živčnih celic, pretoka krvi in spolnih organov. Znani so učinki in mehanizmi škodljivega delovanja težkih kovin, zaradi česar so natančno določene mejne vrednosti v živilih (Fink in Filip, 2010).



Slika 1: Onesnaženi kraji v Sloveniji
 (Vir: http://www.siol.net/novice/znanost_in_okolje/2013/11/najbolj_onesnazeni_kraji_v_sloveniji.aspx)

2.1.1 Svinec

Svinec (lat. *Plumbum*) je kemični element, ki ima v periodnem sistemu simbol Pb in atomsko število 82. Je modrikasto bele barve, ko je sveže narezana, vendar na zraku potemni v temno sivo barvo v kateri je najbolj znana. 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 (Gray, 2012).

Med težkimi kovinami se v zemeljski skorji pojavljajo največje količine ravno svinca, ki ga ljudje izkoriščajo že od nekdaj in je dandanes že močno porazdeljen in razširjen v okolju. Visoko raven izpostavljenost svinca škodljivo vpliva na skoraj vse organe in organske sisteme, predvsem centralni in periferni živčni sistemi, ledvice in krvotvorne organe, prevelika izpostavljenost pa lahko vodi tudi v smrt (Wuana in Okieimen, 2011). Izpostavljenost nizkim koncentracijam vpliva na biokemijske procese in psihološke in nevrološke funkcije organizma. Skupina z največjim tveganjem so otroci do 7 leta. Posledice prevelike izpostavljenost se pri tej starostni skupini kažejo kot kasnejša lažja duševna zaostalost, hiperaktivnost, motnje vedenja in druge razvojne motnje (Tudja, 2012). Okolijsko izpostavljenost svinču, kjer gre običajno za nizke koncentracije, povezujemo s številnimi viri, kot so fosilna goriva, industrijski procesi, barve,

živila v pločevinkah ali vodovodna napeljava, ter različnimi potmi prenosa (po zraku, s prahom, cestno umazanijo, vodo, zemljo, hrano). Najpomembnejši vnos svinca, poleg atmosferskega svinca, ki ga vdihamo, predstavljata hrana in voda (Fink in Filip, 2010).

V zgornji Mežiški dolini, kjer že so še do pred nedavnim več stoletij kopali svinčevo rudo, je še vedno veliko svinčevega prahu, ki je nevaren za zdravje prebivalcev. Vsako leto zato strokovnjaki preverjajo, ali je zašel tudi v telesa najmlajših.

Na Jesenicah je prisotna predvsem železarska dejavnost, zaradi česar so onesnažena tako tla, kot zrak. Zaradi odlaganja jalovine ob Savi je na primer onesnaženo celo porečje Save. Na določenih območjih so povišane predvsem koncentracije cinka in svinca (Oprčkal, 2013).

V Litiji je zaradi rudnika Sitarjevec in topilnice onesnažena predvsem zemlja. V njej so v primerjavi s slovenskim povprečjem do 12-krat višje vrednosti svinca (Oprčkal, 2013).

2.1.2 Kadmij

Kadmij (lat. *Cadmium*) je kemični element, ki ima v periodnem sistemu simbol Cd in atomsko število 48. Je modrikasto bela mehka kovina, zelo odporna proti koroziji in je relativno redek element. Je reden spremljevalec cinkove rude (Gray, 2012).

Kadmij je težka kovina, v naravi prisotna v različnih spojinah v zemeljski skorji. V okolje pride preko odpadnih voda, gnojil, zgorevanja fosilnih goriv in odpadkov. Najpomembnejši vir vnosa kadmija v telo so živila in cigaretni dim (Tudja, 2013). Kadmij se kopiči v ledvicah in jetrih in povzroča okvare teh organov. Prav tako povzroča prizadetost pljuč in krhkost kosti. Majhne količine kadmija se lahko izločijo z urinom in iztrebki, vendar poteka izločanje zelo počasi. Kadmij in njegove spojine spadajo med kancerogene snovi, saj povzroča karcinoma pljuč (Fink in Filip, 2010).

Na Jesenicah je prisotna predvsem železarska dejavnost. Povečane so koncentracije kadmija, na katere še dodatno vpliva odlagališče odpadkov PTO, ki je v lasti družbe ACRONI (Oprčkal, 2013).

2.1.3 Živo srebro

Živo srebro (lat. *Hydrargyrium*) je kemijski element s simbolom Hg in vrstnim številom 80. Je srebrno bela kovina, ki je pri sobni temperaturi v tekočem agregatnem stanju, v vodi pa je

netopna. Živo srebro je težka prehodna kovina. V naravi se lahko nahaja v elementarnem stanju ali v obliki rdečega minerala cinabarita (Gray, 2012).

Vse oblike pojavljanja živega srebra so toksične za človeka. Najnevarnejša je njegova organska oblika, ki ima zaradi svoje topnosti v lipidih sposobnost prehajanja iz krvi v možgane. Zaradi svoje topnosti se prav tako kopiči v živilih, ki so višje v prehranjevalni verige, posledica tega pa je sta bioakumulacija in biokoncentracija, kar lahko privede do množičnih zastrupitev (Tudja, 2013).

V okolju je živo srebro vsepovsod prisotno, najdemo ga v vodi, zraku, hrani in zemlji. Najpomembnejši naravni viri živega srebra so izparevanje tega elementa iz zemeljske skorje ter delujoči vulkani. Glavni vir onesnaženosti z živim srebrom je dandanes onesnaževanje s fosilnimi gorivi in z medicinskimi odpadki (Fink in Filip, 2010).

Živo srebro deluje toksično predvsem na možgane, ledvice in pljuča ter povzroča različne bolezni. Iz telesa se izloči preko ledvic, debelega črevesa in jeter (Fink in Filip, 2010).

Glavno težavo v Idriji in njeni okolici predstavlja živo srebro (Hg), ki so ga v Idriji pridobivali od leta 1490 pa vse do leta 1995. V tem času je bilo pridobljeno 145 tisoč ton živega srebra, od tega pa se ga je okoli 37.500 ton izgubilo pri predelavi in onesnažilo porečje Idrijce, Soče in tudi Tržaški zaliv. Samo v povodju Idrijce je akumuliranih (razpršenih v sedimentih) okoli 2029 ton živega srebra. Slovensko povprečje živega srebra v zemlji je 0,065 miligramov na kilogram (celokupne vrednosti), v Idriji in njeni okolici pa je od 1,4 do 8600 miligramov na kilogram živega srebra (Oprčkal, 2013).

Litiji so zaradi rudnika Sitarjevec in topilnice do stokrat višje vrednosti živega srebra (oprčkal, 2013).

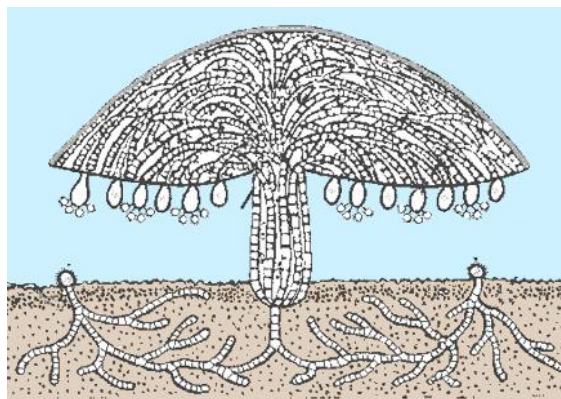
2.2 Glive

V preteklosti so glive zaradi podobnega načina življenja, uvrščali med rastline. Vendar se od rastlin močno ločijo. Opazimo lahko, da glive nimajo ne korenin, stebela, niti listov ali cvetov, pravzaprav nobenih rastlinskih organov. Tako telo, ki nima jasno izraženih organov, imenujemo steljka, zato glive uvrščamo tudi med steljčnice. Na mikroskopski ravni opazimo, da so celične stene gliv zgrajene iz hitina. To je polisaharid, ki ga najdemo v zunanjem skeletu

rakov, pajkovcev in žuželk. Najbolj izrazita značilnost, ki glive loči od rastlin, pa je odsotnost klorofila. Glive so torej heterotrofni organizmi. Navadno jih delimo na preproste glive sluzavke (*Myxomycota*) in na višje razvite prave glive (*Eumycota*). Med prave glive uvrščamo tri večje skupine: glive plesnivke (*Oomycetes*), zaprtotrosnice (*Ascomycetes*) in odprtotrosnice (*Basidiomycetes*). Glive imajo pomembno ekološko vlogo kot razkrojevalke organskih snovi, kot simbiotski organizmi (mikoriza s koreninami dreves, simbioza z algami v lišajih), pa tudi kot zajedavci ali paraziti (SVAROG, 2016).

2.2.1 Zgradba gliv

Višje ali prave glive (*Eumycota*) so zgrajene iz nitastih celičnih struktur, ki jih imenujemo hife. Hife so lahko enojedrne ali mnogojedrne. Hife pravih gliv se navadno združujejo v večje klobčaste preplete, kar imenujemo podgobje ali micelij. Organi (kot so stebila, korenine in listi) pri glivah niso razviti. Večina pravih gliv v času razmnoževanja razvije posebno kompaktnejšo strukturo iz hif, v kateri nastajajo in zorijo spore. Imenujemo ga plodišče ali trosnjak. Trosnjaki so pri različnih skupinah gliv različni. Pri prostrotrosnicah imenujemo trosnjak »goba«. V trosnjakih se spore razvijajo v posebnih celičnih tvorbah, ki jih imenujemo trosovniki ali sporociste. Spore ali trosi imajo podobno funkcijo kot semena pri višjih rastlinah (širjenje vrste v prostoru). Trosovniki se včasih združujejo v mnogocelične komplekse, kar imenujemo tudi trosišča (SVAROG, 2016).



Slika 2: Zgradba gliv

(Vir: http://mss.svarog.si/biologija/index.php?page_id=7595)

2.2.2 Glive odprtotrosnice

Odprtotrosnice so najbolj znane glive, med laiki imenovane kar gobe. V grobem jih lahko delimo na nižje odprtotrosnice (*Phragmobasidiomycetidae*), kamor sodijo rje in sneti, ter na višje odprtotrosnice ali gobe (*Holobasidiomycetidae*), kamor uvrščamo mušnice, kukmake,

golobice, gobane, kolobarnice in druge gobe. Odprtotrosnice so dobile ime po tem, da njihove spore ne nastajajo znotraj sporangija, temveč se razvijejo prosto na vrhu sporangija, ki ga imenujemo bazidij. Za razliko od zaprtotrosnic so v celičnih stenah dvojedrnih hif sodčaste piknje (medcelične pore) (SVAROG, 2016).

Nižje odprtotrosnice (sneti in rje) opazimo na površini listov ali plodov kot zunanje zajedavce višjih rastlin in nikoli ne tvorijo posebnega trosnjaka. Višje razvite odprtotrosnice imajo pomembno vlogo v naravi kot gniloživke (saprofiti) pri razkroju organskih snovi (pomembne pri nastajanju humusa). Zelo pomembne so tudi kot simbiotski organizmi (lišaji, mikoriza), cenjene pa so tudi v kuhinji in medicini (SVAROG, 2016).

Za odprtotrosnice je značilno, da pri spolnem razmnoževanju ne razvijejo posebnih mnogojedrnih hif z gametami (gametangijev). Pri spolnem razmnoževanju se + in – hife med seboj zlijejo v dvojedrni micelij (somatogamija). V tem dvojedrnem stanju preživi večina odprtotrosnic svoje življenje (Gašperšič, 1991).

Pri nespolnem razmnoževanju pa sodelujejo spore, ki jih imenujemo bazidiospore. Ko dozori in jih veter ali dež zanese na primerna tla, iz njih požene enojedrni micelij, se združijo + in – hife (spolno razmnoževanje), s čimer nastane dvojedrni miceli, ki je osnova za razvoj trosnjaka (SVAROG, 2016).

2.3 Šampinjoni

Šampinjon ali dvotrosni kukmak (*Agaricus bisporus*) je goba odprtotrosnica iz družine kukmark. Prištevamo ga med gniloživke (saprofite), ki se prehranjujejo z rastlinskimi in živalskimi razkrojnimi produkti. To dejstvo tudi določa način gojenja – kultiviranja oziroma priprave organske podlage (komposta), iz katere kasneje vznikajo šampinjoni (Gašperšič, 1991).



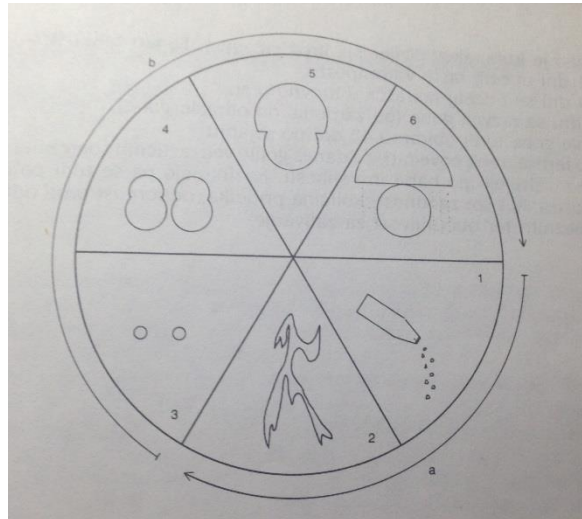
Slika 3: Šampinjoni
(Vir: <http://www.gobe.si/Slike/AgaricusBisporus>)

Gre za okusno gobo, ki spada med najbolj gojene vrste na svetu. Njen klobuk je do 10 cm širok, na začetku bel, kasneje tobačno rjav. Površina klobuka se kasneje natrga. Je mesnat, sprva kroglasto ali polkrožno zaprt, nato vzbočen ali celo popolnoma razprt in sploščen. Rob je pri mladih gobah ovešen z mehкими, belimi, zobčastimi ostanki ovojnice, ki kmalu izginejo. Listi trosavnice so sprva rožnato belkasti, pozneje rdečkasto rjavi, gosti in prosti. Trosni prah je kakavno rjav ali vijoličasto rjav. Bet je lahko do 6 cm visok in do 1,5 cm debel, bel, nad obročkam včasih tudi rožnat. Na začetku je bet kratek in debel ter poln, na koncu pa skoraj votel. Obroček je bel, nahaja se na spodnjem delu beta, je mehak, debel, kožnat in povešen. Meso je belo, pri prerezu rahlo rjavo ali rahlo pordeči, prijetnega vonja po orehih in dobrega okusa. Na prostem uspeva na mastnih tleh, na vrtovih, pašnikih in ob cestnih robovih. Raste od junija do oktobra. Gre za užitno gobo. Užiten je tudi surov (Gašperšič, 1991).

Zmotno je mišljenje, da goba zraste čez noč. Vegativni stadij se začne s kalitvijo trosov (spor). Razvijati se začne razvejan splet nitasti vlaken, ki jih imenujemo micelij. Micelij prerašča kompost 21 dni, nato pa nadaljnjih 14 dni krovno prst, s katero prekrijemo kompost. V generativnem stadiju, ki ga imenujejo tudi fruktifikacija, nastajajo gobe. Te se prehranjujejo s hranilnimi snovmi iz micelija, vendar so, za razliko od micelija, iz čvrstega spleta nitastih vlaken mesnate sestave. Šestnajsti dan po pokrivanju komposta s krovno prstjo so šampinjoni veliki kot grahovo zrno. Nato se razvije trebušasta zasnova beta, ki je sprva večja od zasnove klobuka nad njim. Mlad šampinjon ima kratek bet in klobuk kupolaste oblike, ki je na spodnji strani zaprt s kožico. Kasneje se bet podaljša, kožica pretrga in pokažejo se lističi. Pri odraslem šampinjonu je klobuk izbočen. Rob klobuka je drobno nazobčan. Na spodnji strani so radialno razporejeni lističi (lamelle). Prevlečeni so s plastjo celic, ki jih imenujemo plodovnica. Lističi so sprva nežne rožnate barve, kasneje pa postanejo temno rjavi, ker jih prekriva na milijone

trosov. Le-ti se osujejo in v ugodnih razmerah iz njih poženejo hife. Razvije se podgobje (micelij) (Gašperšič, 1991).

- 1 – sejanje micelija,
- 2 – razraščanje micelija,
- 3 – šampinjoni grahove velikosti,
- 4 – šampinjoni s trebušasto zasnovo beta in vedno zasnovo klobuka,
- 5 – šampinjon v tehnološki zrelosti, ko ga obiramo,
- 6 – pri odraslem šampinjonu se trosi osujejo, a – vegetativni stadij, b – generativni stadij



**Slika 4: Življenjski krog (ciklus) razvoja šampinjonov
(Vir: Gašperšič, 1991)**

2.4 Bioakumulacija

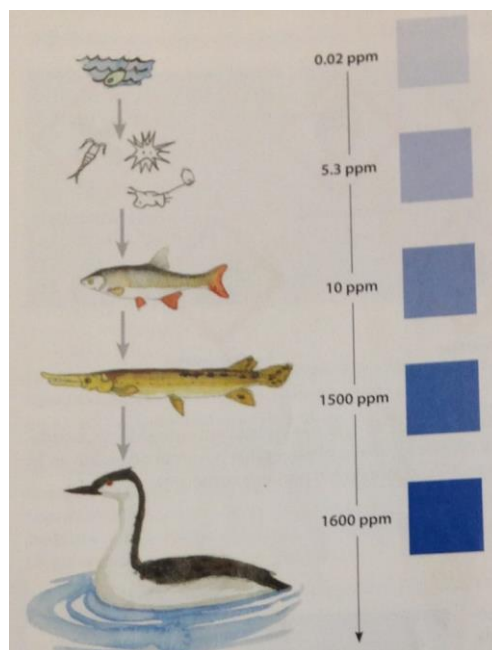
Vsaka snov v naravi je lahko strupena, če se pojavi v preveliki količini. Po drugi strani pa je še tako strupena snov običajno nenevarna, če je v okolju malo. Težave pa nastanejo, kadar strupene snovi iz okolice začnejo v organizmu kopičiti, ker jih telo ne izloča (Tome in Vrezec, 2010).

Bioakumulacija je proces, pri katerem živa bitja v svojih telesih zbirajo strupene snovi iz okolja. Do akumuliranja teh snovi pride, kadar je proces izločanja iz telesa počasnejši od procesa pridobivanja. Snovi se zato v telesu pojavljajo v vedno večjih koncentracijah. Čez čas se lahko tudi redkih snovi v telesu nabere toliko, da postane količina smrtna (Tarman, 1992).

Bioakumulacija lahko na organizme vpliva s časovnim zamikom. Nekatere snovi se v telesu nabirajo v maščobah, kjer so nenevarne in ne vplivajo na življenje organizma. Ob pomankanju hrane, ko organizem začne trošiti rezervne maščobe, se akumulirane snovi sprostijo v telo in postanejo nevarne (Tome in Vrezec, 2010).

Organizem, ki je na najnižjem prehranjevalnem nivoju (običajno primarni proizvajalec ali primarni potrošnik), pridobiva snovi neposredno iz okolja in jih v telesu koncentrira po

principu bioakumulacije. Organizem na naslednjem, višjem prehranjevalnem nivoju dobi s hrano že visoko koncentrirano snov. V vsakem naslednjem prehranjevalnem nivoju se snov še dodatno koncentrira. To je proces koncentriranja snovi znotraj prehranjevalne verige. Organizmi iz konca prehranjevalne verige lahko imajo tako v telesu tudi več tisočkrat višje koncentracije kakor so v okolju. Pri tem je treba poudariti, da smo ljudje vedno na vrhu prehranjevalne verige in zato zelo občutljivi na težave, ki jih povzroča bioakumulacija in koncentriranje snovi znotraj prehranjevalne verige (Tome in Vrezec, 2010).



**Slika 5: Shema kopičenja snovi znotraj prehranjevalne verige
(Vir: Tome in Vrezec, 2010)**

3 MATERIALI IN METODE DE LA

Moj eksperimentalni del je sestavljen iz dveh delov. V prvem delu smo na terenu nabrali gobe na različnih lokacijah in v laboratoriju izmerili vsebnost težkih kovin (svinca, kadmija in živega srebra). V drugem delu pa smo kupili komplet za gojenje gob (šampinjonov) ter jih zalivali z različno količino svinca in nato izmerili količino svinca v trosnjakih.

3.1 Materiali

3.1.1 Gobe

- gojene gobe: vzgajali smo jih iz kompleta za gojenje šampinjonov (MycoMedica d.o.o).
- divje gobe: gobe smo pobrali na 3 različnih lokacijah (Pohorje, Radizel in Dobrovce), nabrane so bile oktobra 2015. Lokacije so prikazane tudi na zemljevidu (priloga 2). Pobirali smo različne vrste gob. Pri pobiranju smo vsako gobo popisali s popisnim obrazcem (priloga 1).
- priročnik za določanje gob (Poler, 2004)

3.1.2 Prst

- gojene gobe: Prst za analizo smo dobili v kompletu za gojenje gob.
- divje gobe : Prst smo odvzeli na 3 lokacijah (Pohorje, Radizel in Dobrovce) na mestu, kjer so bile nabrane gobe. Lokacije so prikazane tudi na zemljevidu (priloga 2). Prst smo odvzeli z lopato na globini 5 – 25 cm.

3.1.3 Kemikalije

- $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$
- 1 % HNO_3
- 30 % H_2O_2
- Destilirana voda
- 30 % HCl

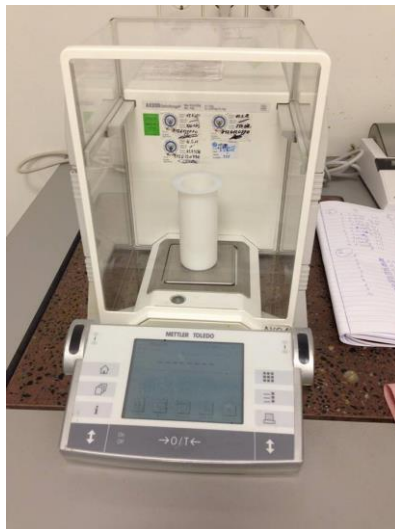
3.1.4 Laboratorijski pribor

- Čaše (500 mL)
- Čaše (100 mL)
- Steklene palčke

- Filter papir
- Plastične posodice s čepki (100 mL)
- Teflonske posodice
- Kvarci
- Zaščita halja
- Zaščita očala
- Zaščitne rokavice
- Plastične ZIP vrečke

3.1.5 Laboratorijske aparature

- Palični mešalnik
- 2 mm sito
- pH meter (Vernier)
- Tehnica (KERN, natančnost 0,001g)
- DigiBlock ED36S (Lab Tech)
- Advanced Microwave Labstation (ETHOS Touch Control)
- ICP – Masni spektrometer (ELAN)
- Direct Mercury Analyzer



**Slika 6: Tehnica
(Lasten vir)**

3.2 Metode

3.2.1 Pobiranje gob na terenu

Na terenu smo nabrali trosnjake gob, na katere smo naleteli na izbranem območju. Gobe smo fotografirali in shranili v plastično vrečko ter izpolnili popisni obrazec z opisom lokacije ter odvzeli vzorec prsti. Gobe smo nato s pomočjo priročnika določili, pravilnost določanja sta preverila člana gobarskega društva, ki sta tudi pomagala določiti težje določljive vrste.

3.2.2 Priprava gojišča za gobe

Kupili smo komplet za gojenje šampinjonov (*Agaricus bisporus*). Komplet je vseboval kompost, prerasel s podgobjem/micelijem šampinjonov ter krovno prst (pokrivko). Po odprtju kompleta smo preverili, če je podgobje že popolnoma preraslo kompost. Kompost smo razdelili v tri kartonaste škatle (v vsako škatlo približno 1 kg komposta). V škatli je bil enakomerno razporejen in zadosti zabit. Krovno prst smo s čistimi rokami razdrobili na manjše kose in jo stresli na kompost, enakomerno smo jo razporedili po celotni površini. Narahlo smo jo potlačili, da se delci med seboj sklenejo, kar omogoči hitrejše preraščanje. Šampinjone smo gojili v zaprtih prostorih z rahlo osvetlitvijo in temperaturo med 15 °C in 25 °C.

Vsako izmed gojišč smo zalivali z določeno količino vode (200 mL) in določeno količino svinca. Prvo izmed gojišč smo zalivali samo z vodo iz pipe (kontrola). Drugo gojišče smo zalivali z vodo iz pipe in 136 mg $Pb(NO_3)_2$ (ustreza 85 mg Pb) in 200 mL vode iz pipe. Tretjo gojišče pa smo zalivali z 320 mg $Pb(NO_3)_2$ (ustreza 200 mg Pb) in 200 mL vode iz pipe. Po 4. zalivanju z kemikalijo, smo zalivali samo še z vodo iz pipe.

Izračun koncentracije svinca: $m(Pb(NO_3)_2) = \frac{m(Pb) \times M(Pb(NO_3)_2)}{M(Pb)}$

Pri kontroli smo želeli doseči prst brez svinca, na gojišču 2 smo želeli v prsti 4-krat preseči dovoljeno vrednost svinca, na gojišču 3 pa 10-kratno vrednost.

3.2.3 Pobiranje gob iz gojišča

Po 3 tednih so se na gojišču pojavile gobe (trosnjaki). Gobe smo pobirali, ko so se klobuki razprli. Odtrgali smo jih tako, da smo jih zasukali za 180°.

3.2.4 Priprava gob za analizo

Gobe smo umili, odstranili prst in ostale neužitne dele in jo v 500 mL čaši s paličnim mešalnikom zmiksali v enotno zmes. Zmes smo do analize shranili v plastičnih ZIP vrečkah pri temperaturi – 10 °C.



*Slika 7: Zmlete gobe pripravljena za analizo
(Lasten vir)*

3.2.5 Priprava prsti za analizo

Prst smo najprej čez noč osušili. Z 2 mm sitom smo prst presejali in shranili pri temperaturi 4 °C do analize.

3.2.6 Metoda določanja pH prsti

Presejano prst smo zmešali v 500 mL čaši z destilirano vodo v razmerju 1 : 5. Zmešali smo 10 mL prsti in 50 mL destilirane vode. S stekleno palčko smo na pol ure zmes premešali, to smo ponovili 10-krat. Po 5 urah smo vsebino prefiltrirali v drugo 500 mL čašo. Filtratu smo izmerili pH.

3.2.7 Metoda določanja svinca in kroma v gobah z masnim spektrometrom

Zatehtali smo 1 g vzorca v teflonske posodice. Dodali smo 6 mL 1 % HNO₃ in 2 mL 30 % H₂O₂. Vzorce smo v Advanced Microwave Labstation razklopili. Razklop poteka v zaprtem sistemu pod visokim tlakom in visoko temperaturo, pri tem izhajajo CO₂, H₂O in NO_x. Razklop je trajal 30 minut. Počakali smo, da so se vzorci ohladili. Prelili smo jih v plastične posodice, pri čemer smo spirali z 1 % HNO₃. Do znanega volumna smo vzorce dopolnili z 1 % HNO₃. Vzorec smo analizirali z ICP – masnem spektrometru.



*Slika 8: Advanced Microwave Labstation
(Lasten vir)*

3.2.8 Metoda določanja živega srebra z Direct Mercury Analyzer

V kvarce smo zatehtali 100 mg vzorca in smo analizirali z Direct Mercury Analyzer. Vilice kvarc potisnejo v peč, kjer se vzorec 70 sekund suši pri 100 °C. Vilice vzorec potisnejo v naslednjo peč, kjer se vzorec zažge pri 850 °C. Živo srebro začne hlapeti, hlapi se ujamejo v zlato past. Na naslednji stopnji se zlata past segreje in živo srebro se sprosti ter potuje v absorpcijsko celico, kjer se določi količina živega srebra.



*Slika 9: Kvarci
(Lasten vir)*



*Slika 10: Živosrebrni analizator
(Lasten vir)*

3.2.9 Metoda določanja težkih kovin v tleh

V plastične posodice smo zatehtali 0,5 g pripravljene prsti. Dodali smo 9 mL HCl in 3 mL HNO₃. Posodice smo pokrili s plastičnim zamaškom in jih pustili stati 16 ur. Po 16 urah vzorec v DigiBlock-u ED36S segrevamo pri 103 °C. Po 2 urah plastične posodice napolnimo do znanega volumna z 1 % HNO₃. Vzorce analiziramo v masnem spektrometru.



*Slika 11: Masni spektrometer
(Lasten vir)*

4 REZULTATI

V spodnji tabeli so predstavljene nabrane gobe. Gobe smo poimenovali in jim določili zaporedno številko, ki smo jo kasneje uporabili v vseh grafih. Izmerili smo vsebnost kadmija, svinca in živega srebra v vsakem trosnjaku in vnesli v tabelo. Vsebnost smo preračunali mg/kg sveže mase. Dopisali smo lokacijo na kateri smo pobrali gobo in vsebnost kadmija in svinca v prsti. Vsebnost smo preračunali na mg/kg suhe mase.

Podatka o mejni vrednosti živega srebra v gobah nismo našli.

Tabela 1: Težke kovine v nabranih gobah in v prsti

ZAPORE DNA ŠT. GOBE	LATINSKO IME GOBE	SLOVENSKO IME GOBE	TEŽKE KOVINE V GOBI [mg/kg sveže mase]			LOKACIJA	TEŽKE KOVINE V PRSTI [mg/kg suhe mase]	
			Cd	Pb	Hg		Cd	Pb
1		neznana vrsta	0,05	0,14	0,02	Dobrovce	0,15	29
2	<i>Macrolepiota rickenii</i>	seskati dežnik	0,39	0,28	0,22	Radizel	0,32	40
3	<i>Russula sp.</i>	golobica	0,07	0,25	0,08	Radizel	0,32	40
4	<i>Macrolepiota sp.</i>	dežnik	0,39	0,17	0,17	Radizel	0,32	40
5	<i>Russula claroflava</i>	rumenkasta golobica	0,07	0,13	<0,01	Radizel	0,32	40
6	<i>Macrolepiota procera</i>	orjaški dežnik	0,16	0,10	0,23	Pohorje	0,38	39
7	<i>Mycena sp.</i>	čeladica	0,02	0,06	0,04	Pohorje	0,38	39
8	<i>Coprinus comatus</i>	velika tintnica	0,08	0,06	0,08	Pohorje	0,38	39
9	<i>Suillus bovinus</i>	prožna lupljivka	0,13	0,06	0,02	Pohorje	0,38	39
	MEJNA VREDNOST		1	0,30		/	1	85

4.1 Metoda določanja pH prsti

Izmerili smo po 3 vzorce prsti za posamezno lokacijo. V tabelo so vnesene povprečne vrednosti vseh 3 meritev.

Tabela 2: pH prsti izbranih območji

LOKACIJA	pH
RADIZEL	5,4
DOBROVCE	5,2
POHORJE	6,1
GOJIŠČE	7,2

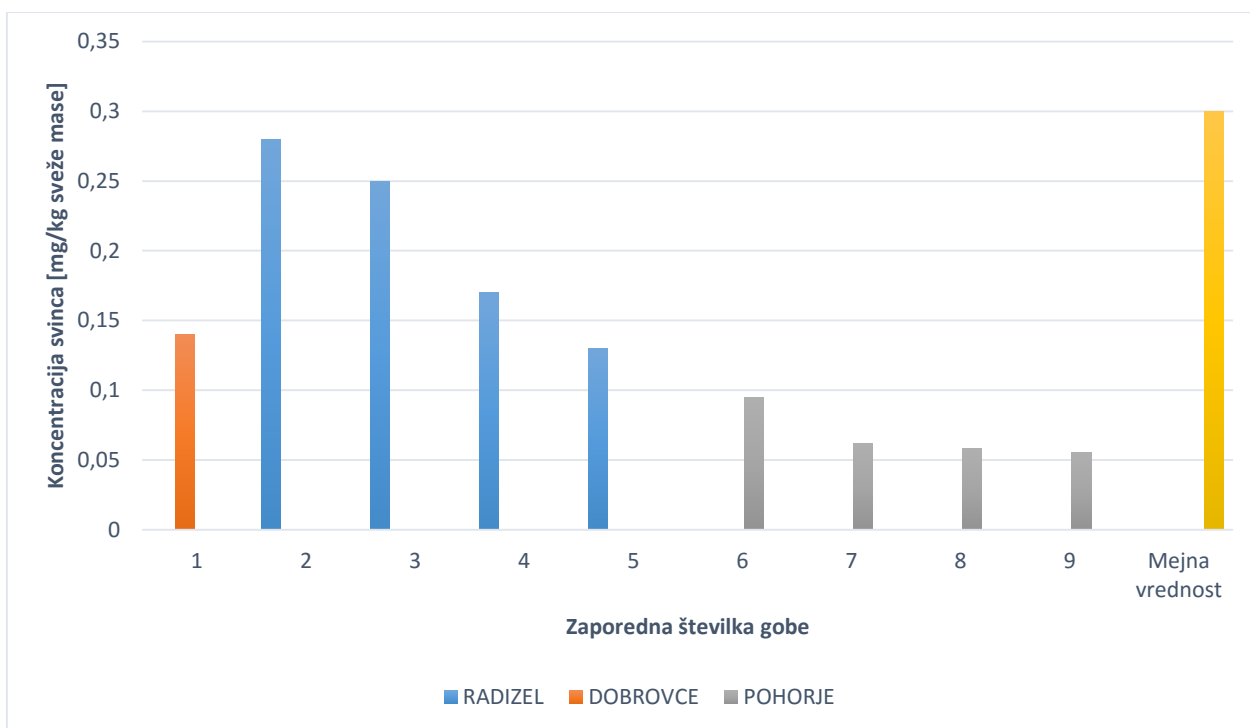
4.2 Metoda določanja svinca in kroma v gobah z masnim spektrometrom

4.2.1 Nabrane gobe

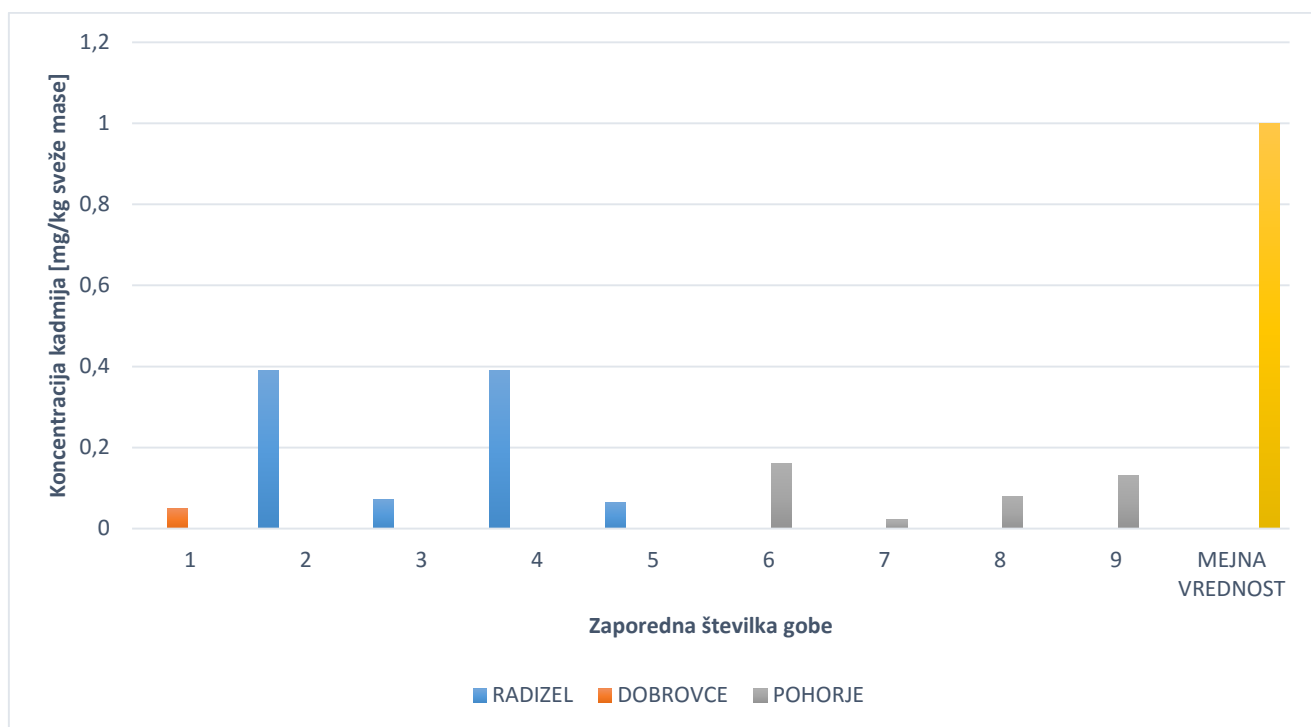
Merili smo v dveh paralelkah, v tabelo so vnesene povprečne vrednosti.

Tabela 3: Vsebnost svinca in kadmija v nabranih gobah

VRSTA GOBE	VSEBNOST SVINCA [mg/kg sveže mase]	VSEBNOST KADMIJA [mg/kg sveže mase]
NEZNANA VRSTA	0,14	0,05
SESKATI DEŽNIK	0,28	0,39
GOLOBICA	0,25	0,07
DEŽNIK	0,17	0,39
RUMENKASTA GOLOBICA	0,13	0,07
ORJAŠKI DEŽNIK	0,01	0,16
ČELADICA	0,06	0,02
VELIKA TINTNICA	0,06	0,08
PROŽNA LUPLJIVKA	0,06	0,13
MEJNA VREDNOST	0,30	1



Graf 1: Primerjava koncentracije svinca v nabranih gobah z mejno vrednostjo



Graf 2: Primerjava koncentracije kadmija v nabranih gobah z mejno vrednostjo

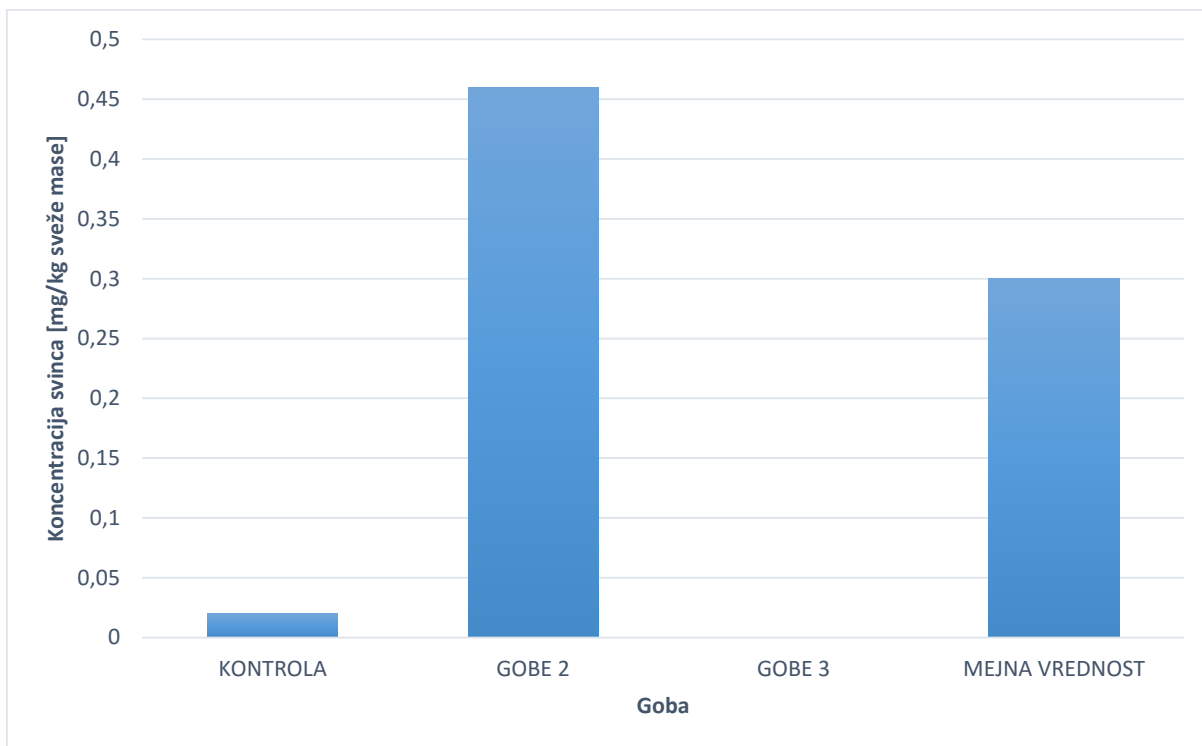
4.2.2 Gobe iz gojišča s povečano koncentracijo svinca

Na prvem in drugem gojišču smo vsaki gobi posebej izmerili vsebnost svinca. V tabelo so vnesene povprečne vrednosti za posamezno gojišče. Na tretjem gojišču pa gobe niso zrastle.

Tabela 4: Povprečna vsebnost svinca v gobah iz gojišča

	VSEBNOST SVINCA [mg/kg sveže mase]
KONTROLA	<0,02
GOBE iz gojišča 2	0,46
GOBE iz gojišča 3	/
MEJNA VREDNOST	0,30

Gojišče 2 smo zalivali z 136 mg $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (kar ustreza 85 mg Pb), mejno vrednost smo želeli preseči za 5-krat. Gojišče 3 smo zalivali z 320 mg $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (kar ustreza 200 mg Pb) mejno vrednost smo želeli preseči 10-krat. Gobe na gojišču 3 niso zrastle.

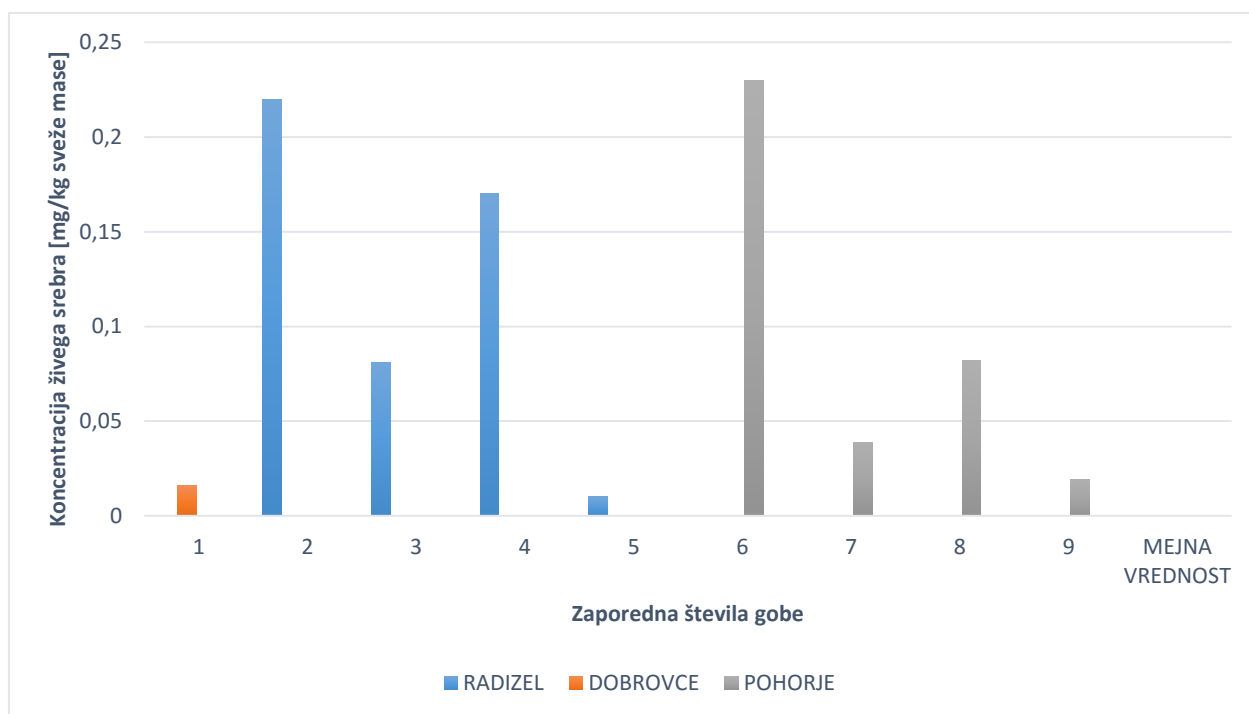


Graf 3: Primerjava koncentracije svınca v gobah iz gojišča z mejno vrednostjo

4.3 Metoda določanja živega srebra z Direct Mercury Analyzer

Tabela 5: Vsebnost živega srebra v nabranih gobah

VRSTA GOBE	VSEBNOST ŽIVEGA SREBRA [mg/kg sveže mase]
NEZNANA VRSTA	0,02
SEKATI DEŽNIK	0,22
GOLOBICA	0,08
DEŽNIK	0,17
RUMENKASTA GOLOBICA	<0,01
ORJAŠKI DEŽNIK	0,23
ČELADICA	0,04
VELIKA TINTNICA	0,08
PROŽNA LUPLJIVKA	0,02
MEJNA VREDNOST	

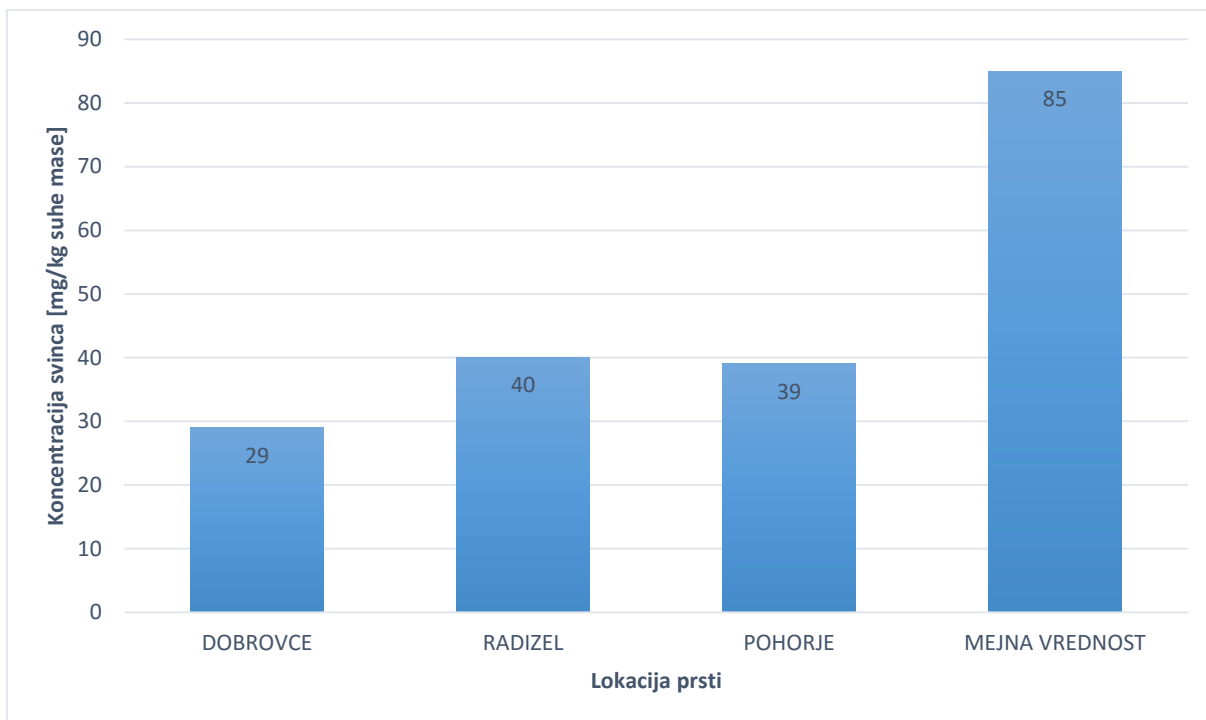


Graf 4: Primerjava koncentracije živega srebra v nabranih gobah z mejno vrednostjo

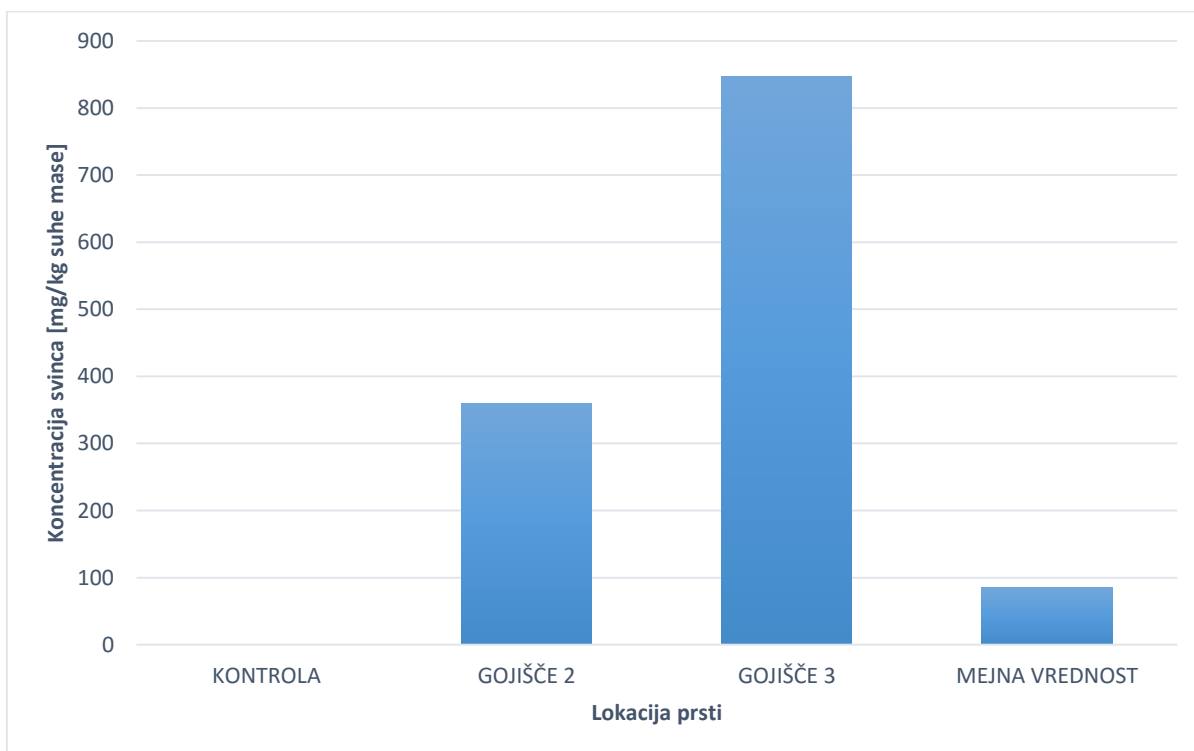
4.4 Metoda določanja težkih kovin v tleh

Tabela 6: Koncentracija kadmija in svinca v nabrani prsti in koncentracija svinca v prsti iz gojišča

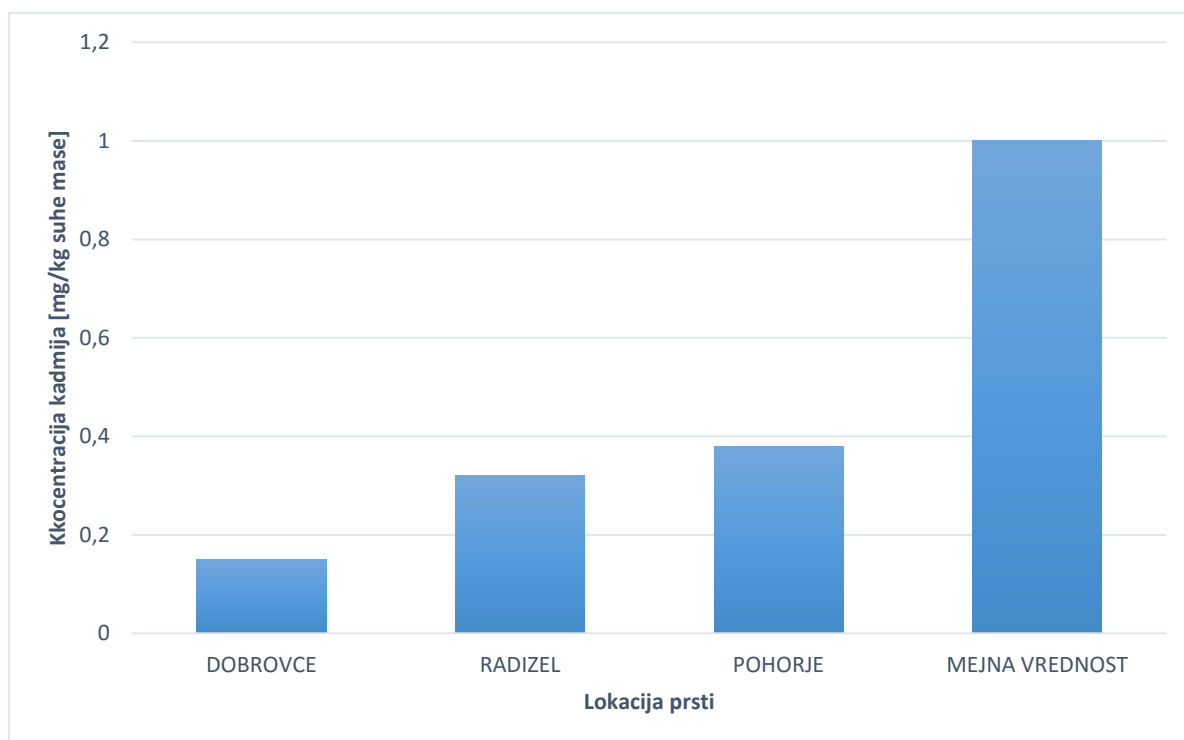
LOKACIJA	VSEBNOST SVINCA [mg/kg suhe mase]	VSEBNOST KADMIJA [mg/kg suhe mase]
DOBROVCE	29	0,15
RADIZEL	40	0,32
POHORJE	39	0,38
MEJNA VREDNOST	85	1
GOJIŠČE 2	360	
GOJIŠČE 3	847	
KONTROLA	<0,02	



Graf 5: Primerjava koncentracije svınca v nabrani prsti z mejno vrednostjo



Graf 6: Primerjava koncentracije svınca v prsti iz gojišča z mejno vrednostjo



Graf 7: Primerjava koncentracije kadmija v nabrani prsti z mejno vrednostjo

5 RAZPRAVA

Po določitvi pH prsti, smo ugotovili, da ima najnižje pH prst iz območja Dobrovca (5,2). Na območju Pohorja je bil pH 6,1, na območju Radizela pa 5,4. Na Dobrovcah je najnižji pH, ker smo prst pobrali v bližini kmetijskih površin. Med rastjo pridelki absorbirajo osnovne elemente (kalcij, magnezij, natrij in kalij), da zadovoljijo svoje prehranske potrebe. To pa so tudi elementi, ki preprečujejo kislost zemlje. S povečevanjem pridelka se pa vsebnost teh elementov v prsti zmanjšuje, zato se tudi povečuje kislost zemlje (Kalcevita, 2016). Na to, da so vsa tla bila kislila, ima vpliv tudi takratno vreme, saj smo vzorce odvzeli jeseni, v času močnejšega dežja. Saj sčasoma dež izpere iz zemlje osnovne elemente (kalcij, magnezij, natrij in kalij), ki preprečujejo nižanje pH prsti. V deževnem letu tako postane zemlja še bolj kislila, ker voda izpira tudi apnenec, ki nevtralizira tla (Kalcevita, 2016). Tudi geološka sestava vpliva na kislost tal (Kalcevita, 2016). Na vseh treh območjih je matična podlaga granit. Prst, ki se razvije iz granita pa je bolj kislila kot tista, ki se razvije na skrilavcih in apnencih.

Koncentracija težkih kovin v tleh na nobenem izmed treh območjih ne presega mejnih vrednosti. Na območju Dobrovca je prst najmanj obremenjena s težkimi kovinami. Vsebnost kadmija je 0,15 mg/kg suhe mase, vsebnost svinca pa 29 mg/kg suhe mase. To nas je presenetilo, saj smo pričakovali višje koncentracije. Največ svinca v prsti se nahaja na območju Radizela, kadmija pa na območju Pohorja. Razlika med vsebnostjo svinca in kadmija je med Radizelom in Pohorjem zelo majhna. Na območju Pohorja je svinca 39 mg/kg suhe mase, na območju Radizela pa 40 mg/kg suhe mase. Kadmija je na območju Pohorja 0,38 mg/kg suhe mase, na območju Radizela pa 32 mg/kg suhe mase. Obe območji imata približno enake vsebnosti svinca in kadmija, ker smo jih pobrali na podobnem območju, v bližini ceste in bivališč.

pH gojišča je 7,2, kar pomeni da je nevtralnol, kot smo predvidevali, saj smo gojišče kupili in je bilo pripravljeno pod nadzorovani pogoji. V kontrolnem gojišču, ki smo ga zalivali samo z vodo iz pipe, svinec ni bil prisoten oziroma so bile te koncentracije zanemarljivo majhne. Gojišče 2 je vsebovalo 360 mg svinca na kg suhe mase. Gojišče smo 4-krat zalili s 85 mg svinca, kar ustreza izmerjeni koncentraciji. S to koncentracijo smo močno presegli dovoljeno mejno vrednost. Gojišče 3 pa je vsebovalo kar 847 mg svinca na kg suhe snovi, kar je izjemno visoka vrednost.

Našo prvo hipotezo smo potrdili, saj smo pravilno predvidevali, da bo prst najbolj kisl na območju Dobrovca. Bolj nevtralna pa na območju Radizela in Pohorja. Pravilno smo tudi ugotovili, da bo koncentracija težkih kovin največja v Radizelu in na Pohorju, saj smo prst vzeli najbližje cesti, na Dobrovcah pa je bilo oddaljeno od vseh možnih povzročiteljev onesnaževanja.

Pravilno smo predvidevali, da vsebnost težkih kovin, v nobeni gobi ne bo preseгла mejnih vrednosti. Po onesnaženosti glede težkih kovin najbolj izstopata gobi iz območja Radizela – dežnik in saskati dežnik.

Največ kadmija je v gobah iz območja Radizela. Vsebnost kadmija doseže vrednost 0,4 mg/kg sveže mase. Ta vrednost preseže vsebnost kadmija v prsti Radizel za 0,8 mg/kg. Iz tega predvidevamo, da lahko gobe težke kovine ne dobijo samo iz prsti ampak tudi iz zraka. Najmanj kadmija je v čekadici iz območja Pohorja, le 0,02 mg/kg sveže mase. Opazimo, da je vsebnost kadmija v posamezni gobi odvisna tudi od vrste. Na vsebnost kadmija vplivajo tako kot vrsta gobe tudi koncentracija kadmija v prsti in onesnaženost zraka (Das, 2005). Le manj kot polovica gob vsebuje več kot 0,1 mg kadmija/kg sveže mase. Iz tega lahko sklepamo, da ta območja niso obremenjena s kadmijem.

Vsebnost svinca v gobah zelo niha. Saskati dežnik iz območja Radizela, ki se z 0,28 mg/kg sveže mase najbolj približa dovoljeni mejni vrednosti, do 0,06 mg svinca/kg sveže mase v nekaterih gobah iz Pohorja. V povprečju največji delež težkih kovin v gobi predstavlja svinec. To smo predvidevali, saj je bil v dosedanjih raziskavah prikazan enak vzorec (Petkovšek in Pokorny, 2011). Vsebnost svinca v gobi je zelo majhna v primerjavi z vsebnostjo svinca v prsti (Isildak, Elmastas in Aboul-Enien, 2007). Tudi vsebnost svinca je odvisna od vrste gobe.

V primerjavi s kadmijem in svincem je živega srebra v gobi zelo malo. Večina gob sploh ne preseže vrednosti 0,1 mg/kg sveže mase. V povprečju je največ živega srebra v gobah iz območja Radizela. Tudi v tem primeru je vsebnost živega srebra odvisna od vrste gobe.

Kaže se trend, da so gobe iz območja Radizela bolj obremenjene s težkimi kovinami. Opazimo, da oba dežnika iz območja Radizela vsebujeta največ težkih kovin. Ostale gobe ne izstopajo. Zanimivo bi bilo videti, ali bi se ta vzorec ponovil pri večjem številu gob, ali gre zgolj za naključje. Našo hipotezo lahko potrdimo, saj smo pravilno predvidevali, da bodo najbolj onesnažene gobe na območju Radizela, v gobah pa bo največ svinca, najmanj pa živega srebra.

Vsebnost svınca na gojišču 2 je močno preseгла mejna vrednost svınca v prsti. Vsebnost svınca na gojišču 2 je bila 360 mg/kg suhe mase, mejna vrednost pa je 85 mg/kg suhe mase. Kljub zelo močno onesnaženosti zemlje, so na tem gojišču zrastle gobe. Gobe so vsebovale 0,46 mg svınca/kg sveže mase. Mejno vrednost so presegle za 0,16 mg. S poskusom smo dokazali, da gobe uspešno sprejemajo iz podlage in ga akumulirajo v trosnjakih, kar je lahko opozorilo za nabiranje gob na področjih, močno onesnaženih s svincem (ob cestah, v bližini industrijskih obratov...)

V kontroli je bil po pričakovanju svinec prisoten le v sledih. Enako velja za gobe in gojišče. To smo pričakovali, saj svınca nismo nikjer dodajali in tako zemlja in kasneje tudi gobe ni prišla v stik z njim.

Gojišče 3 pa je bilo že zelo ekstremno onesnaženo, vrednost svınca v gojišču je dosegla 847 mg/kg suhe mase. Kot pričakovano gobe na tem gojišču zaradi prevelike količine svınca niso zrastle, s tem smo tudi pokazali, da svinec negativno vpliva tudi na gobe, zavira razvoj trosnjakov, saj svinec vpliva na vse organske sisteme in visokih koncentracijah vodi v smrt. Gobe so sicer bolj tolerantne na svinec kot bakterije in v nekaterih primerih je njihova metabolna aktivnost v prisotnosti svınca celo povečana (Rajapaksha et al. 2004, povzeto po HUI, 2012). Kljub temu visoke koncentracije svınca zavirajo njihovo rast, kar je odvisno od vrste gobe (Hui, 2012).

Našo 3 hipotezo smo potrdili. Pravilno smo predvidevali, da bo svinec na 3 gojišču zaviral rast gob in da bodo gobe na 2 gojišču prekoračile dovoljeno vsebnost svınca.

5.1 Ocena metod in možni viri napak

Čeprav smo dobili zelo dobre rezultate, ki smo jih lahko dobro razložili, je največja slabost eksperimenta zagotovo premajhno število vzorcev. Eksperimentalno delo bi lahko izboljšali z velikim številom vzorcev, ki bi nam omogočil boljše in zanesljivejše rezultate in zaključke. Osredotočili bi se lahko na samo eno vrsto gobe ali na gobe, ki se najpogosteje pojavljajo v prehrani ljudi (jurčki, šampinjoni). Nalogo bi lahko izboljšali tudi s primerjavo manjšega števila vrst gob, ki bi jih pobirali na različnih lokacijah, med drugim tudi na znanih območjih, obremenjenih s težkimi kovinami (Mežica, Idrija, Celje, Jesenice...) Gobe bi lahko pobirali po celotni Sloveniji in primerjali posamezna območja.

Pri delu z gojenimi gobami smo imeli za vsako koncentracijo svinca dve ponovitvi eno kontrolo. Poskus bi lahko izboljšali z več ponovitvami. Poskus bi lahko ponovili z nizom različnih koncentracij svinca, da lahko ugotovili korelacijo med vsebnostjo svinca v podlagi in gobi. Poskus bi izvajali pri različnih pogojih (temperatura, pH, vrsta substrata...) in ugotavljali ali imajo kakšen vpliv na akumulacijo težke kovine v gobi. Poskus smo opravljali z šampinjoni, zanimivo bi bilo primerjati rezultate med dvema vrstama gob in drugimi težkimi kovinami.

Do možnih napak je lahko prišlo pri pripravi raztopine $Pb(NO_3)_2$, saj je težko zatehtati na mg natančno, zato lahko pride tu do odstopanja. Gojiščem bi morali zagotoviti konstante pogoje (temperatura, vlažnost, svetloba), kar je zelo težko, saj nismo imeli na voljo prostora s konstantnimi pogoji.

Prst smo morali z vodo zmešati v razmerju 1 : 5. Lahko je prišlo do napake pri tehtanju in do odstopanj. pH smo merili s pH metrom, do odstopanj je lahko prišlo zaradi slabega spiranja med posamezno meritvijo, nenatančnosti naprave. Potrebni bi bilo več ponovitev.

Pri metodi določanja težkih kovin v gobi in prsti gre za zelo natančno določanje, še zmeraj lahko pride do odstopanj. Vzorci se lahko med prenašanjem hitro kontaminirajo. Tudi pri meritvah lahko pride do odstopanj, saj se včasih zgodi, da naprava zaradi prejšnjega močno onesnaženega vzorca na naslednji vzorec prenese težke kovine. Takšno napako je najlažje odpraviti z velikim številom meritev, kjer vzorce, ki močno odstopajo, odstraniš.

6 DRUŽBENA ODGOVORNOST

Tema in rezultati naše raziskovalne naloge se nanašajo na načela družbene odgovornosti.

Naloge in raziskovanja smo se lotili odgovorno. Na koncu vseh poskusov smo kontaminirano prst in gobe primerno odstranili. Z nalogo smo želeli ustvariti majhen prispevek k že dotedanjim raziskavam v zvezi s težkimi kovinami v gobah in prsti. Želeli smo opozoriti ljudi na posledice onesnaževanja. Z raziskavo smo želeli preveriti onesnaženost bližnjih območjih in v primeru preseganja mejnih vrednosti bi opozorili odgovorne organe, ki bi zadevo bolje raziskali. Zavedamo se, da se večja delež gobe v prehrani, zato smo želeli preveriti ali to ogroža ljudi. Hkrati pa smo tudi preverili, koliko težkih kovin goba absorbira in ali tudi goba v močno onesnaženih območjih presega mejne vrednosti.

7 ZAKLJUČEK

Cilj naše raziskovalne naloge je bil ugotoviti ali trosnjaki gob iz rastišč na območju Maribora in okolice, presegajo dovoljene vrednosti težkih kovin (svinca, kadmija in živega srebra), kako močno onesnažena so rastišča gob na tem območju in kako različni faktorji vplivajo na to. Naš cilj je bil tudi ugotoviti, kako se poveča vsebnost svineca v trosnjakih šampinjonov (*Agaricus bisporus*), gojenih na hranilni podlagi z močno povečano vsebnostjo svineca.

Pred delom smo si postavili 3 tri hipoteze, ki smo jih tudi potrdili.

Prva hipoteza se je nanašala na nabrano prst. Na kislost prsti vplivajo različni dejavniki. Velik vpliv na kislost tal ima gnojenje, zato je prst na Dobrovcah bila najbolj kislá. Druga hipoteza se je nanašala na vsebnost težkih kovin v trosnjakih gob. Ugotovili smo, da gobe na območju Maribora in okolice ne presegajo mejnih dovoljenih vrednosti. Tudi rastišča gob na teh območjih niso onesnažena s težkimi kovinami. Mejnimi vrednostim se ne približajo, zato lahko zaključimo, da uživanje gob iz teh rastišč ne ogrožaja zdravja. Območja blizu cest povečujejo onesnaženost, zato odsvetujemo nabiranje gob v bližini prometnih cest. Tretja hipoteza se je nanašala na poskus s šampinjoni. V hranilno podlago smo dodajali različne koncentracije svineca. Ugotovili smo, da pri 10-krat preseženi dovoljeni vrednosti gobe ne zrastejo. Tako velike koncentracije močno poškodejo celice gob in zato gobe ne zrastejo. Pri 5-kratni preseženi dovoljeni vrednosti, pa tudi vsebnost svineca v trosnjakih preseže mejno vrednost. Zaključimo lahko, da šampinjoni uspešno sprejemajo svinec iz podlage in ga akumulirajo v trosnjakih, zato je zelo pomembno, da so hranilne podlage za gojenje strogo nadzorovane tudi kar se tiče vsebnosti težkih kovin. Hkrati pa nas to opozarja, da je uživanje gob, ki rastejo na močno onesnaženih območjih nevarno za zdravje.

Naša raziskava je le majhen del do sedaj raziskanega področja. Nekaj raziskav je bilo narejenih na območju Slovenije, veliko več v tujini. Onesnaženost s težkimi kovinami je danes zelo aktualna tema, uživanje gob se v številnih državah povečuje, zato je pomembno, da so ljudje obveščeni o onesnaženosti gob s težkimi kovinami. Čeprav je naša raziskava pokazala, da gobe na območju Maribora in okolice ne presegajo mejnih vrednosti, se to lahko hitro spremeni, zato je potrebno podobne raziskave opravljati redno in s tem preprečiti ogrožanje zdravja ljudi.

8 VIRI IN LITERATURA

Adriano C. Trace elements in terrestrial environments: biochemistry, bioavailability and risk of metals. *Springer*. 2001. str. 866

Busuioc G., Georgescu A. Determination of heavy metals in several species of wild mushrooms and their influence on peroxidase activity. *Lucrari stiintifice*. 2/2011. str. 62-66

Das N. Heavy metals biosorption by mushrooms. *Natural Product Radiance*. 2005. str. 454-459

Filip S., Fink R. Težke kovine na naših krožnikih. *Naša lekarna*. 9/2010. str. 80-86

Gašperšič A. 1991. Šampinjoni. Ljubljana: ČZP Kmečki glas

Glive odprtotrosnice. 2016. SARAGOG. [spletni vir]. Dostopno na URL naslovu: http://kpv.arso.gov.si/kpv/Gemet_search/Gemet_report/report_gemet_term?ID_CONCEPT=798&L1=302&L2=302 [Citirano 4.2.2016, 14.23]

Gobe. 2016. Gobarsko društvo Lisička Maribor. [spletni vir] Dostopno na URL naslovu: <http://www.gobe.si/> [Citirano 2.2.2016, 18:45]

Gray T. 2012. Elementi: Slikovni pregled vseh znanih atomov v vesolju. Slovenija: Tehniška založba Slovenije

Hui N., Liu X., Kurola J., Mikola J., Romantschuk M. Lead (Pb) contamination alters richness and diversity of the fungal, but not the bacterial community in pine forest soil. *Boreal environment research*. 2/2011. str. 46-58

Isildak O., Elmastas M., Aboul-Enien H. Bioaccumulation of Heavy Metals in Some Wild-Grown Edible Mushrooms. *ResearchGate*. 5/2007. str. 1099-1116

Iskandar N., Zainudin N., Tan S. Tolerance and biosorption of copper (Cu) and lead (Pb) by filamentous fungi isolated from a freshwater ecosystem. *Journal of environmental sciences*. 5/2011. str. 824-830

Kalač P., Svoboda L., Havličkova B. Contents of detrimental metals mercury, cadmium and lead in wild growing edible mushrooms: a review. *Energy Education Science and Technology*. 2004. str. 31-38

Kalcevita. 2016. Spletna trgovina – Kalcevita. [spletni vir]. Dostopno na URL naslovu: <http://www.kalcevita.si/kislost-tal> [Citirano 7.2.2016, 20:23]

Medveš T. 2010. Določanje težkih kovin z ICP – AES v kalcijevih fosfatih. Maribor

Najbolj onesnaženi kraji v Sloveniji. 2016. Siol – novice. [spletni vir]. Dostopno na URL naslovu: http://www.siol.net/novice/znanost_in_okolje/2013/11/najbolj_onesnazeni_kraji_v_sloveniji.aspx [Citirano 5.2.2016, 18:34]

Petkovšek S., Pokorny B. Obremenjenost trosnjakov užitnih vrst gliv iz Šaleške in Zgornje Mežiške doline z izbranimi kovinami (Cd, Hg, Pb, As), s poudarkom na oceni tveganja za prehranjevanje ljudi. *Zbornik gozdarstva in lesarstva 94*. 2011. str. 21-38

Petkovšek S., Pokorny B. Pregled vsebnosti Cd, Hg, Pb in As v trosnjakih evropskih vrst gliv iz gozdne krajine. *Zbornik gozdarstva in lesarstva 94*. 2011. str. 3-20

Poler A. 1986. Obvarujmo se strupenih gob. Ljubljana: Obzorja

Poler A. 2002. Veselo po gobe. Ljubljana: Mohorjeva založba

Poler A. 2004. Nabirajmo užitne gobe. Ljubljana: Kmečki glas

Rozman I. 2014. Določanje vsebnosti Cr⁶⁺ na površini končnih izdelkov kovinske industrije. Maribor

Stihi C., Radulescu C., Busuioc G., Popescu I., Gheboianu A., Ene A. Studies on accumulation of heavy metals from substrate to edible wild mushrooms. *Rom. Journ. Phys.* 2011. str. 257-264

Tarman K. 1992. Osnove ekologije in ekologija živali. Ljubljana: Državna založba Slovenije

Tome D., Vrezec A. 2010. Ekologija. Ljubljana: DZS

Tudja K. 2013. Toleranca in prevzem Cd, Pb in Zn pri dveh temnih septiranih endofitih iz korenin ive (*Salix caprea L.*) v akseničnih kulturah. Maribor

Uršič S. 2009. Poročilo o rezultatih preiskav na težke kovine na vzorcih živil rastlinskega izvora v primarni proizvodnji. Ljubljana

Wuana A., Okieimen E. Heavy Metals in Contaminated Soils: a Review of Sources, Chemistry, Risks and Best Available Strategies for Remediation. *Ecology*. 2011. str. 1-20

9 PRILOGE

9.1 Priloga 1

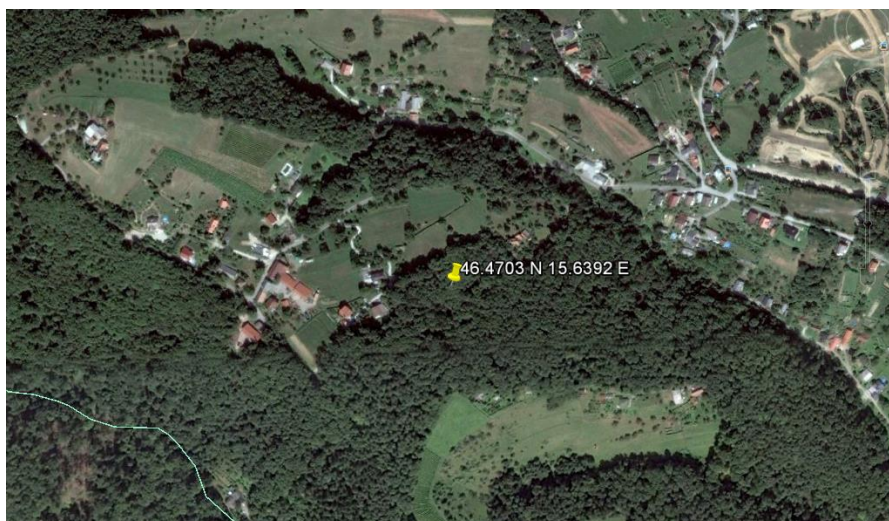
ZAPOREDNA ŠTEVILKA	DATUM
POPISNI OBRAZEC	
VRSTA GOBE: <i>DOLOČEVALEC:</i>	
LOKACIJA:	NADMORSKA VIŠINA
<input type="checkbox"/> TRAVNIK <input type="checkbox"/> GOZD: <input type="radio"/> MEŠANI <input type="radio"/> LISTNATI <input type="radio"/> IGLASTI	BLIŽINA: <input type="checkbox"/> INDUSTRIJE (_____) <input type="checkbox"/> HIŠ <input type="checkbox"/> PROMETNE CESTE <input type="checkbox"/> _____
PRST: <input type="radio"/> KISLA <input type="radio"/> NEVTRALNA <input type="radio"/> BAZIČNA pH _____	ODDALJENOST OD: > HIŠ: _____ > CESTE: _____ > _____
DRUGO:	POPISOVALEC

**Slika 12: Popisni obrazec
(Lasten vir)**

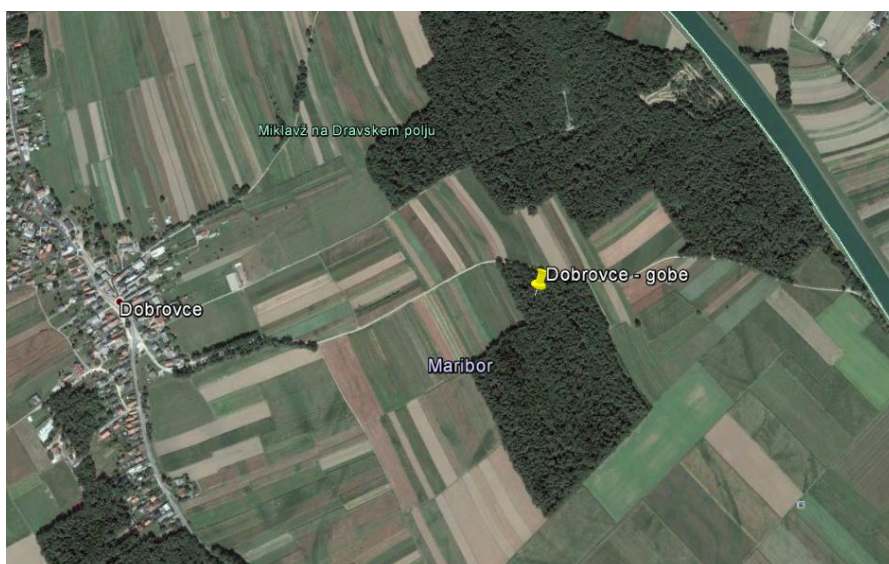
9.2 Priloga 2



**Slika 13: Lokacija Pohorje
(Lasten vir)**



**Slika 14: Lokacija Radizel
(Lasten vir)**



**Slika 15: Lokacija Dobrovce
(Lasten vir)**