

Zbornik gozdarstva in lesarstva 94 (2011), s. 21–38

GDK:172.8--015.3(497.4 Šaleška dolina) (497.4 Mežiška dolina)(045)=163.6

UDK: 561.28:549.25+572.02(497.4 Šaleška dolina)(497.4 Mežiška dolina)(045)=163.6

Prispelo / Received: 16.02.2011

Sprejeto / Accepted: 18.04.2011

Izvirni znanstveni članek

Original scientific paper

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

Samar AL SAYEGH PETKOVŠEK¹, Boštjan POKORNY²

Izvleček

Vsebnosti Cd, Pb, Hg in As smo izmerili v trosnjakih različnih vrst gliv iz okolice nekdanje topilnice svinca (Zgornja Mežiška dolina) in največjega termoelektričnega objekta v Sloveniji (Šaleška dolina) z namenom, da napravimo primerjavo med obema območjema ter drugimi evropskimi raziskavami in ocenimo tveganje za zdravje ljudi zaradi prehranjevanja s trosnjaki užitnih vrst gliv. V Šaleški dolini odsvetujemo uživanje poljskega in hostnega kukmaka, poletnega gobana ter vijoličaste bledivke, v Zgornji Mežiški dolini pa jesenskega gobana, betičaste prašnice, brezovega turka, sivorumene mravnice in orjaškega dežnika. Za nekatere vrste gliv predlagamo omejitve pri njihovem uživanju. Med analiziranimi kovinami je Cd najbolj problematičen v obeh raziskovalnih območjih, saj ravno vsebnost Cd največkrat zmanjšuje dopustno količino zaužitih trosnjakov gliv. Zaradi prepoznanega tveganja za zdravje ljudi predlagamo vzpostavitev biomonitoringa v degradiranih območjih v Sloveniji, kjer podobnih raziskav še ni bilo (Jesenice, Celjska kotlina), in v tradicionalno nabiralniških območjih (Pokljuka, Smrekovec).

Ključne besede: Cd, Hg, Pb, As, trosnjaki gliv, ocena tveganja, Šaleška dolina, Zgornja Mežiška dolina

Trace metal levels in edible mushrooms from the Šalek and the Upper Meža Valleys with emphasis on assessment of potential human health risk due to mushroom consumption

Abstract

Cd, Pb, Hg, and As levels were measured in fruiting bodies of edible mushroom species collected in the vicinity of abandoned smelter (Upper Meža Valley) and the biggest thermal power plant in Slovenia (Šalek Valley). The survey was performed with the aim to compare research areas with other European studies and to assess the potential human risk due to mushroom consumption. Provided results revealed that consumption of fruiting bodies can pose a health risk to humans. *Agaricus arvensis*, *Agaricus silvicola*, *Boletus reticulatus* and *Laccaria amethystina* originating from the Šalek Valley, and *Boletus edulis*, *Lycoperdon perlatum*, *Leccinum versipelle*, *Armillaria mellea* and *Macrolepiota procera* originating from the Upper Meža Valley should not be consumed at all. Furthermore, several of the analysed fungal species should be consumed with caution. Cadmium has been probably the most detrimental (problematic) metal in both areas, since Cd levels in fruiting bodies of most fungal species determined maximum acceptable biomass of mushrooms, considering the WHO/FAO directives setting the permitted weekly intake of metals in human body. The monitoring programme of the most problematic metals in fruiting bodies should be established in degraded areas (e.g., Jesenice and Celje basin) and traditional fungi picking areas (Pokljuka and Smrekovec).

Key words: Cd, Hg, Pb, As, fruiting bodies, mushroom, risk assessment, the Šalek Valley, the Upper Meža Valley

1 Uvod

1 Introduction

Poleg prepoznanega pomena gliv pri kroženju hranil in pri vzpostavitvi mikoriznih simbioz je pomembno poznati tudi vsebnosti kovin v trosnjakih gliv, saj se z njimi

mnogokrat prehranjujejo tako živali kot ljudje. Kovine, ki jih trosnjaki pogosto kopičijo, so namreč zaradi svoje toksičnosti, dolgoživosti v okolju in sposobnosti kopičenja v prehranjevalnih verigah uvrščene v sam vrh najbolj nevarnih snovi (ATSDR 2005). Zaradi škodljivih učinkov (rakotvorni, teratogeni, vpliv na delovanje encimov in presnovo), ki jih povzročajo, je treba spremljati in

¹ doc. dr. S. A. P., ERICo Velenje, Inštitut za ekološke raziskave d.o.o., Koroška 58, 3320 Velenje, samar.petkovsek@erico.si

² doc. dr. B. P., ERICo Velenje, Inštitut za ekološke raziskave d.o.o., Koroška 58, 3320 Velenje, bostjan.pokorny@erico.si

nadzorovati njihove vsebnosti v vseh delih biocenoz.

Trosnjaki gliv so prehranski vir za številne živali, še posebej za gozdne sesalce (BERTOLINO *et al.* 2004). Nekatere vrste se večinoma prehranjujejo s talnimi trosnjaki, od njih pa so odvisni višji členi prehranjevalne verige. Npr. pegasta sova se prehranjuje z malimi sesalci, ki se hranijo skoraj izključno s hipogejimi (talnimi) glivami, torej je obstoj pegaste sove neposredno odvisen od pojavljanja talnih gliv v gozdnih tleh (MOLINA *et al.* 2001). Med talnimi glivami je še posebej preučena zrnata košutnica (*Elaphomyces granulatus*), ki je pomemben vir hrane manjšim sesalcem (veverice, voluharice, krti itd.), saj tvori trosnjake in jo lahko najdemo prek celega leta (MASER *et al.* 1978). Trosnjaki gliv so sezonsko pomemben vir prehrane tudi za prostoživeče prežvekovalce. Preliminarno smo v iztrebkih srnjadi, jelenjadi, damjakov in gamsov iz Šaleške doline, Zgornje Mežiške doline in Kočevskega že določevali vrstno sestavo gliv (POKORNY / AL SAYEGH PETKOVŠEK 2008). Velika pogostnost spor v iztrebkih, vzorčenih v obdobju od septembra do oktobra, dokazuje, da so trosnjaki gliv sezonsko pomemben vir hrane, še posebej je slednje značilno za vrste, ki sodijo med visoko specializirane rastlinojede izbiralce, kot so srnjad in gamsi (POKORNY / AL SAYEGH PETKOVŠEK 2008). Prehranjevanje s trosnjaki gliv zaradi njihove sposobnosti kopičenja kovin vpliva na povečane vsebnosti kovin (Hg, Pb) v notranjih organih srnjadi zlasti v jesenskem času (POKORNY *et al.* 2004).

Uživanje trosnjakov gliv (gob) sicer praviloma ne sestavlja pomembnega deleža v prehrani ljudi, vendar je zanimanje za prehranjevanje z gobami v mnogih državah vse večje (DEMIRBAS 2000; KALAČ / SVOBODA 2000; ALONSO *et al.* 1999, 2003; FALANDYSZ *et al.* 2007a, 2007b). Še zlasti v vzhodni in v srednji Evropi je nabiranje gob celo gospodarsko pomembno. Poljska, ki je največji »proizvajalec« negojenih gob v Evropi in hkrati največji izvoznik, je v letu 2001 odkupila 3.280 t gob. V Sloveniji je bil odkup večji do leta 2000 (okoli 500 t letno), po letu 2000 pa se je bistveno zmanjšal (od 317 t v letu 2001 na 8 t v letu 2009) (VOVK 2010). Zagotovo odkupljene količine gob ne odsevajo dejanskih količin zaužitih negojenih gob, saj večino gob, ki jih ljudje pojedjo, naberejo sami. Na Češkem družina zaužije v povprečju 7 kg svežih gob letno, nekateri posamezniki pa pojedjo več kot 10 kg letno (ŠIŠÁK 1996). Iz nekaterih delov sveta poročajo tudi o večjih količinah zaužitih gob – v nekaterih regijah na Kitajskem posameznik letno zaužije več kot 20 kg negojenih gob (ZHANG *et al.* 2008). Trosnjaki gliv so praviloma dodatek k prehrani, čeprav vsebujejo vse esencialne aminokisliline ter minerale in hranila (BUIGUT 2002; KALAČ 2009). Za nekatere vrste poročajo, da vsebujejo antioksidante (npr. razmeroma velike vsebnosti ergotionina v jesenskem gobanu (EY / SCHÖMIG / TAUBERT 2007)), ugotovljeno je bilo tudi antibakterijsko, antimikrobno, antialergeno in antikarcinogeno delovanje nekaterih vrst gliv (KALAR 2008; KALAČ 2009; KALYONCU *et al.* 2010). Praviloma so vsebnosti kalija in fosforja v glivah bistveno večje

kot v večini zelenjave. Nasprotno pa je delež lipidov in glikogenov majhen, posledično je majhna tudi energijska vrednost zaužitih gliv.

Ker trosnjaki gliv lahko vsebujejo veliko večje vsebnosti kovin v primerjavi z rastlinami, so številne raziskave skušale ovrednotiti potencialno tveganje ljudi zaradi prehranjevanja z njimi (KALAČ / SVOBODA 2000; FALANDYSZ / BIELAWSKI 2001; AL SAYEGH PETKOVŠEK *et al.* 2002; SOYLAK *et al.* 2005; RUDAWSKA / LESKI 2005a, 2005b; COCCHI *et al.* 2006; SVOBODA / HAVLIČKOVA / KALAČ 2006; FALANDYSZ / BIELAWSKI 2007; ZHANG *et al.* 2008; KALAČ 2009; MELGAR / ALONSO / GARCIA 2009; KALAČ 2010; KALYONCU *et al.* 2010). Na vsebnosti kovin v trosnjakih gliv vplivajo predvsem vsebnosti kovin v tleh. Izmerjene so bile izredno velike vsebnosti kovin v trosnjakih gliv, ki so rastle v močno onesnaženih območjih (LIUKKONEN-LILJA *et al.* 1983; KALAČ / BURDA / STAŠKOVA 1991, SVOBODA / ZIMMERMANNOVA / KALAČ 2000; YTTRI *et al.* 2000; COLLIN-HANSEN *et al.* 2002; JAMNICKA *et al.* 2007; KOMAREK / CHRASTNY / ŠTICHOVA 2007). V nekaterih raziskavah so celo odsvetovali prehranjevanje z glivami iz okolice topilnic in z območij rudarjenja (MALINOWSKA / SZEFER / FALANDYSZ 2004; SVOBODA / HAVLIČKOVA / KALAČ 2006; KOMAREK / CHRASTNY / ŠTICHOVA 2007; KALAČ 2010). Dejavnike, ki vplivajo na sprejem kovin v trosnjake gliv, smo natančneje predstavili v predhodnem članku (AL SAYEGH PETKOVŠEK / POKORNY 2011). Pri vrednotenju tveganja zaradi prehranjevanja s trosnjaki gliv pa velja upoštevati, da so vsebnosti kovin lahko povečane tudi v glivah iz neonesnaženih območij zaradi vrstno ali rodovno specifične sposobnosti zelo učinkovitega sprejemanja posameznih kovin. Slednje je še posebej izrazito pri sprejemanju Cd in Pb v kislilih tleh, ki vsebujejo malo organske snovi. Mnoge od omenjenih vrst gliv, pri katerih na sprejem kovin pomembno vplivajo genetski dejavniki, so hiperakumulatorske vrste, in sicer: kukmaki (rod *Agaricus*) (Cd, Hg), jesenski goban (*Boletus edulis*) (Cd, Pb), rdeča mušnica (*Amanita muscaria*) (Cd, Pb), orjaški dežnik (*Macrolepiota procera*) (Hg, Pb), betičasta prašnica (*Lycoperdon perlatum*) (Pb, Hg), vijoličasta kolesnica (*Lepista nuda*) (Hg) in vijoličasta bledivka (*Laccaria amethystina*) (As) (AL SAYEGH PETKOVŠEK / POKORNY 2011). Zagotovo je s toksikološkega vidika naštetim vrstam treba posvetiti posebno pozornost, še posebej tistim, ki so pogoste v prehrani ljudi (npr. kukmaki, jesenski goban, orjaški dežnik, vijoličasta kolesnica).

Raziskavo, ki jo predstavljamo v pričujočem članku, smo opravili z namenom: (a) določiti vsebnosti Cd, Hg, Pb in As v trosnjakih različnih vrst gliv, rastočih v okolici nekdanje topilnice (Zgornja Mežiška dolina) in v okolici največjega termoenergetskega objekta v Sloveniji (Šaleška dolina); (b) primerjati obremenjenost trosnjakov gliv s kovinami iz obeh območij med seboj in z drugimi različno obremenjenimi območji v Evropi; (c) ovrednotiti/oceniti,

ali obstaja tveganje za zdravje ljudi zaradi prehranjevanja s trosnjaki iz omenjenih dveh območij. Slednje je še posebej pomembno za Zgornjo Mežiško dolino, saj so okolice topilnic praviloma najbolj onesnažena območja, kjer so vsebnosti kovin v trosnjakih večine vrst gliv največje; (d) predlagati monitoring, ki ga je treba opravljati z namenom, da ugotovimo povečane vsebnosti kovin v trosnjakih gliv, oblikujemo predloge za potencialno omejitev prehranjevanja z njimi in tako zmanjšamo negativni vpliv na zdravje ljudi.

2 Material in metode dela

2 Material and methods

2.1 Opis raziskovalnih območij

2.1 Description of study sites

Mežiška dolina je pokrajina ob reki Meži na Koroškem, ki meji na severu na Avstrijo. V Mežiški dolini so stoletja rudarili, v začetku 19. stoletja pa so zgradili rudnik svinca in cinka na območju Žerjava. V letu 1908 so proizvedli 4.000 t svinca in hkrati v zrak izpustili 1.000 ton emisij. Največja proizvodnja svinca je bila dosežena sredi sedemdesetih 20. stoletja, ko je znašala 28.000 t. Leta 1988 so začeli Rudnik svinca in Topilnico Mežica zapirati. Primarno proizvodnjo svinca je zamenjala predelava sekundarne svinčeve surovine (MIP – Metalurgija, plastika in inženiring; TAB – tovarna akumulatorskih baterij). Kljub spremembam tehnologije predelave svinca in zaprtju rudnika pa so posamezni okoljski segmenti še vedno onesnaženi s Pb in tudi s Cd (RIBARIČ LASNIK *et al.* 2002; KUGONIČ / POKORNY 2006; POKORNY *et al.* 2009).

Šaleška dolina, ki ima značaj kotline, se širi ob osrednjem toku reke Pake med Šalekom in Šoštanjem ter spada v osrednji del severne Slovenije. V njenem najnižjem delu stoji Termoelektrarna Šoštanj, ki je največja termoelektrarna v Sloveniji in je v preteklosti v zrak izpustila velike količine plinastih onesnažil. Pred postavitvijo čistilnih naprav so se letne emisije žvepovega dioksida gibale v intervalu od 123.382 t (1983) do 80.516 t (1995), emisije prahu pa od 3.151 t (1980) do 8.121 t (1993). Po postavitvi čistilnih naprav v letih 1995 in 2000 so se emisije SO₂ in prahu bistveno zmanjšale; v letu 2008 je TEŠ v zrak izpustila 4.182 t SO₂ in 205 t prahu (ROTNIK 2008). Poleg plinastih onesnažil je bilo po nekaterih ocenah v obdobju 1980 – 2006 v zrak emitiranih 22,7 t Pb, 0,26 t Cd, 5,1 t As in 299 t Zn letno (POKORNY 2003, POLIČNIK 2008). Večina izpuščenih kovin se je kopičila v tleh in drugih okoljskih segmentih (KUGONIČ / STROPNIK 2001; POKORNY 2003, 2006, AL SAYEGH PETKOVŠEK 2008; POLIČNIK / SIMONČIČ / BATIČ 2008; VRBIČ KUGONIČ 2009; AL

SAYEGH PETKOVŠEK *et al.* 2010).

2.2 Vzorčenje

2.2 Sampling procedure

Trosnjake gliv smo vzorčili v letih 2000 – 2007 (avgust – november) v Šaleški dolini in njenem hribovitem obrobju (Veliki Vrh, Zavodnje, Škale, Radoč, Slatine, Skorno, Lokovica, Graška Gora, Cirkovce, Koželj, Arnače) in v Zgornji Mežiški dolini (Črna na Koroškem, Podpeca, Jazbina, Polena, Javorje, Ludranski vrh, Bistra). Trosnjake gliv smo vzorčili na izbranih območjih naključno oziroma glede na pojavljanje vrst. V posamezen vzorec smo združili trosnjake iste vrste gliv, ki med seboj niso bili oddaljeni več kot nekaj 10 m. V vzorcih je bilo različno število gob iste vrste (od 1 do 20, največkrat 3 ali 4), odvisno od velikosti in dostopnosti vrste. Sistematska določitev je bila praviloma opravljena neposredno na terenu, nekaj vrst pa smo določili v laboratoriju s pomočjo določevalnih ključev (MOSER 1978; PHILLIPS 1981; COURTECUISSÉ 1999; BREITENBACH / KRAENZLIN 1984, 1986, 1991, 1995, 2000; KRAENZLIN 2005). Latinsko poimenovanje gliv smo povzeli po Indexfungorum (www.indexfungorum.org), slovensko pa po Seznamu gliv Slovenije (POLER 1998, ARZENŠEK 2001).

2.3 Kemijske metode

2.3 Chemical analyses

Pred laboratorijsko pripravo smo trosnjake gliv mehansko očistili (odstranitev zemlje s plastično krtačko), ločili bete od klobukov in s plastičnim nožem narezali klobuke na rezine (vsebnosti kovin so bile določene v klobukih). Vzorce smo sušili v sušilniku pri 28 °C do konstantne teže (tri do štiri dni). Posušeni material smo homogenizirali z visokofrekvenčnim mlinčkom s keramičnim nožem (Büchi-Mixer B-400) in ga razklopili s popolnim kislinskim sežigom v mikrovalovni napravi. Vsebnosti Cd, Hg, Pb in As so bile za 45 % vzorcev izmerjene v ACME Analytical Laboratories v Vancouvru (Kanada), in sicer s tehniko induktivno sklopljene plazme z masnospektrometrično detekcijo (ICP-MS). V preostalih 55 % vzorcev so bile vsebnosti težkih kovin izmerjene v laboratoriju ERICo Velenje, in sicer s hidridno (Hg) in elektrotermično tehniko (Cd, Pb, As) na atomskem absorpcijskem spektrometru (Perkin Elmer SIMAA 6000) oz. z metodo induktivno sklopljene plazme z masnospektrometrično detekcijo (ICP-MS, Hewlett Packard) (vsebnosti As, Cd, Pb od leta 2004 naprej).



Slika 1: Lokacije vzorčenj trosnjakov gliv v okolici Žerjava (Zgornja Mežiška dolina) in Termoelektrarne Šoštanj (Šaleška dolina).

Figure 1: Sampling of mushrooms in the vicinity of Žerjav (Upper Meža Valley) and Šoštanj Thermal Power Station (Šalek Valley).

2.4 Statistične metode

2.4 Statistical analyses

Vse statistične analize smo opravili s pomočjo programskega paketa *Statistica for Windows 7.1* (StatSoft 2006). Razlike v vsebnostih kovin v trosnjakih izbranih vrst gliv med Šaleško dolino in Zgornjo Mežiško dolino smo preizkusili z uporabo neparametričnega *Mann-Whitney U testa*. Kot statistično značilne smo privzeli rezultate, če je bila velikost statističnega tveganja $p < 0,05$. Za vzorce, v katerih so bile vsebnosti posamezne kovine pod mejo zaznavnosti ($< 0,01$ mg/kg za Cd, Pb in Hg, $< 0,04$ mg/kg za As pri metodi ICP-MS; $< \text{mg/kg}$ za Cd in Hg, $< \text{mg/kg}$ za Pb in $< 1,00$ mg/kg za As pri metodi AAS), smo pri izračunih upoštevali polovično vrednost meje določljivosti. Vse v nadaljevanju podane vsebnosti so izražene v mg/kg suhega vzorca.

2.5 Izračun ocene tveganja zaradi prehranjevanja s trosnjaki gliv

2.5 Risk assessment calculation due to mushroom consumption

Povprečne vsebnosti kovin, izračunane za posamezne vrste gliv, smo primerjali z zakonsko dopustnimi vrednostmi (MDK). Nekatere države (vključno z EU) so namreč

zakonsko določile mejne koncentracije kovin, ki so lahko v užitnih vrstah gliv, da je dopustna njihova uporaba v prehranjevalne namene. Ker novejša slovenska zakonodaja (Ur. l. RS, št. 69/2003) določa le dopustne vsebnosti Cd in Pb v gojenih glivah, smo primerjavo opravili s prej veljavno zakonodajo (Ur. l. SFRJ, št. 59/1983) (preglednica 1). Pri oceni tveganja smo upoštevali tudi dopusten tedenski vnos kovin v telo, ki ga je določil FAO/WHO (JECFA 2011). Ta predpisuje naslednje dopustne vsebnosti kovin na kilogram telesne teže v enem tednu (PTWI: provisional tolerable weekly intake): As: 0,015 mg/kg telesne teže, Cd: 0,007 mg/kg telesne teže; Pb: 0,025 mg/kg telesne teže; Hg: 0,005 mg/kg telesne teže. Na podlagi izmerjenih vsebnosti kovin (preglednice 2 – 5) in določil FAO/WHO o maksimalno dovoljenem vnosu kovin v človeško telo smo izračunali, kolikšno količino trosnjakov gliv bi lahko odrasla oseba zaužila, ne da bi preseгла standardov WHO. Izračun smo opravili tako, da smo vrednost PTWI za izbrano kovino pomnožili s 60 (priporočena količina kovine, ki jo lahko odrasla oseba zaužije v enem tednu) in zmnožek delili s povprečno vsebnostjo te kovine v trosnjakih gliv posamezne vrste, ugotovljeno v raziskavi. Pri izračunu dopustne količine zaužitih trosnjakov gliv (preglednici 6 in 7) smo upoštevali, da suha teža sestavlja desetino sveže teže trosnjaka gliv.

Preglednica 1: Mejne vsebnosti kovin (mg/kg suhe teže) v trosnjakih gliv v nekaterih evropskih državah.

Table 1: Tolerable levels of metals (mg/kg dry weight) in fruiting bodies in some European countries.

	Slovenija*	Češka	Poljska	Finska	EU, Slovenija**
Hg	3,0	5,0	/	8,0	/
Cd	3,0	2,0	/	/	2,0
Pb	5,0	10,0	3,0	10,0	3,0
As	1,0	/	/	/	/

* Ker nova zakonodaja velja samo za gojene gobe, smo upoštevali stari pravilnik (Ur. l. SFRJ, št. 59/1983). **Velja za gojene gobe (EEC Direktive 2001/22/EC; Ur. l. RS, št. 69/2003).

* We used former tolerable values (Ur. l. SFRJ, No..59/1983), since the new values are valid only for cultivated mushrooms.**Tolerable values are valid for cultivated mushrooms (EEC Directive 2001/22/EC; Ur. l. RS, No. 69/2003).

3 Vsebnosti kovin v trosnjakih užitnih vrst gliv

3 Content of trace elements in fruiting bodies of edible mushrooms

3.1 Kadmij (Cd)

3.1 Cadmium

Med 55 različnimi vrstami gliv iz Šaleške doline je maksimalno dovoljeno vsebnost (MDK) za Cd (3 mg/kg) (Ur. l. SFRJ, št. 59/1983) prekoračevala skoraj polovica vrst gliv. Upošteva je zakonodajo, ki velja za gojene trosnjake gliv (EEC Direktive 2001/22/EC; Ur. l. RS, št. 69/2003), pa je ta delež še večji, saj omenjena zakonodaja dopušča le 2 mg Cd/kg. Največji povprečni vsebnosti sta bili ugotovljeni v klobukih poljskega (117 mg/kg) in hostnega kukmaka (67,9 mg/kg) (preglednica 2), ki sta sicer znani hiperakumulacijski vrsti za Cd, vendar v neonesnaženih območjih vsebnosti Cd v kukmakih praviloma ne prekoračujejo 50 mg/kg (KALAC 2010). Jesenski goban, ki je hiperakumulatorska vrsta za Cd, pa kljub temu da bistveno prekoračuje MDK vrednost, ne dosega največjih doslej izmerjenih vsebnosti v okolici topilnic svinca in cinka na Češkem (LEPŠOVA / KRAL 1988; KOMÁREK / CHRASTNY / ŠTÍCHOVÁ 2007), na Norveškem (YTTRI *et al.* 2000; COLLIN-HANSEN *et al.* 2002) in na Finskem (LIUKKONEN-LILJA *et al.* 1983) oziroma v urbani krajini v okolici Helsinkov (KOJO / LODENIUS 1989; KUUSI *et al.* 1998).

Povečanih vsebnosti Cd v trosnjakih gliv iz Šaleške doline nismo izmerili le v zgoraj omenjenih hiperakumulatorskih vrstah (KALAC 2010; AL SAYEGH PETKOVŠEK / POKORNY 2011), marveč tudi v vrstah, za katere ne poročajo, da se v njih kopiči ta element (npr. sivorumena mraznica, poletni goban, kostanjasti goban, rdečebetni goban, navadna lisička, ovčarska in pečena lupljivka). V veliki tintnici so bile večje vsebnosti izmerjene le v okolici Idrije (BYRNE / RAVNIK / KOSTA 1976) in v Zgornji Mežiški dolini, enako velja za orjaški dežnik, kjer pa so največje vsebnosti izmerili v okolici topilnice bakra

in živega srebra (SVOBODA / ZIMMERMANNNOVA / KALAC 2000). Na podlagi slednjega zaključujemo, da je okolje Šaleške doline obremenjeno s Cd.

V Zgornji Mežiški dolini smo analizirali manjše število vrst (24) kot v Šaleški dolini, vendar povprečne vsebnosti Cd prekoračujejo vrednost MDK kar v 21 vrstah gliv, le v dveh vrstah (rumeni ježek in žolta lisička) pa je vsebnost manjša od 2 mg/kg (EEC Direktive 2001/22/EC; Ur. l. RS, št. 69/2003). V Zgornji Mežiški dolini so vsebnosti Cd praktično v vseh vrstah gliv bistveno večje kot v Šaleški dolini; v večini primerov so te razlike tudi statistično značilne (Mann-Whitney U test za vrste z vsaj tremi vzorci v obeh območjih: rdeča mušnica: $z = -2,66$, $p = 0,007$; jesenski goban: $z = -3,23$, $p = 0,001$; brezov turek: $z = -2,12$, $p = 0,03$; kostanjasti goban: $z = -2,29$, $p = 0,02$; navadna lisička: $z = -2,23$, $p = 0,02$; užitna sirovka: $z = -1,87$, $p = 0,06$).

V trosnjakih gliv iz Zgornje Mežiške doline nismo izmerili vsebnosti Cd, večjih od 50 mg/kg; slednje povezujemo z dejstvom, da v vzorcu gliv iz Zgornje Mežiške doline kukmaki, ki dosegajo največje vsebnosti Cd, praktično niso bili zastopani (izjema je bil le en vzorec travniškega kukmaka). Razmeroma velike vsebnosti Cd (vsaj 6-krat večje kot so vrednosti MDK) so bile izmerjene v jesenskem gobanu, v sivorumeni mraznici in v brezovem turku. V jesenskem gobanu so bile primerljive (YTTRI *et al.* 2000) oziroma večje kot v okolici izbranih topilnic (LIUKKONEN-LILJA *et al.* 1983; KOJO / LODENIUS 1989; KALAC / BURDA / STAŠKOVA 1991); le v okolici dveh topilnic so bile izmerjene večje vsebnosti Cd kot v Zgornji Mežiški dolini (COLLIN-HANSEN *et al.* 2002; KOMÁREK / CHRASTNY / ŠTÍCHOVÁ 2007). V mnogih vrstah gliv so bile izmerjene vsebnosti Cd med največjimi poznanimi iz literature (sivorumena mraznica, janeževa livka, veliki slinar, užitna sirovka, orjaški dežnik, ovčarska in macesnova lupljivka). Med naštetimi vrstami je s toksikološkega vidika še posebej zanimiva sivorumena mraznica (štorovka), ki je kulinarčno zelo priljubljena vrsta gliv. Poudariti sicer velja, da smo analizirali le dva vzorca te vrste, vendar pa sta bili izmerjeni vsebnosti Cd bistveno večji od tistih, izmerjenih v močno onesnaženih območjih (STANKEVIČIENE 1996; KALAC / BURDA

Preglednica 2: Vsebnosti Cd (mg/kg) v klobukih gob, nabranih v obdobju 2000 – 2007 na območju Šaleške in Zgornje Mežiške doline. Stolpci v preglednici si sledijo po vrsti: število vzorcev – aritmetične sredine z odkloni zaupanja – mediane – minimalne in maksimalne vsebnosti – delež vzorcev, ki so presejali s pravilnikom dovoljeno vrednost.

Table 2: Cd content (mg/kg) in caps of mushrooms, collected in the 2000 – 2007 period in the Šalek and the Upper Meža Valleys. Columns present data as follows: arithmetic means with confidence limits; medians; minimal and maximal values; percentage of samples exceeding the permitted levels.

SPECIES	VRSTA	ŠALEŠKA DOLINA						ZGORNJA MEŽIŠKA DOLINA					
		n	$\bar{x} \pm t_{0,05} * SE$	Me	Min	Max	MDK	n	$\bar{x} \pm t_{0,05} * SE$	Me	Min	Max	MDK*
<i>Agaricus arvensis</i>	poljski kukmak	6	117 ± 115	83	2,8	325	83 %	/	/	/	/	/	/
<i>Agaricus campestris</i>	travniški kukmak	20	2,42 ± 1,03	1,60	0,44	8,70	25 %	1	8,93	-	-	-	100 %
<i>Agaricus silvicola</i>	hostni kukmak	5	67,9 ± 65,0	56,5	2,73	182	100 %	/	/	/	/	/	/
<i>Albatrellus confluens</i>	zračeni mesnatovec	2	4,87	4,87	3,98	5,76	100 %	/	/	/	/	/	/
<i>Amanita rubescens</i>	rdečkasta mušnica	14	6,0 ± 2,17	5,71	1,42	17,2	90 %	2	9,88	9,88	3,95	15,8	100 %
<i>Amanita spissa</i>	čokata mušnica	2	3,15	3,15	1,82	4,47	50 %	/	/	/	/	/	/
<i>Armillaria mellea</i>	sivorumena mravnica	26	12,5 ± 2,0	11,2	5,49	24,7	100 %	2	20,3	20,3	18,2	22,4	100 %
<i>Boletus badius</i>	kostanjasti goban	24	2,86 ± 0,79	2,35	0,93	6,14	33 %	6	9,16 ± 8,86	7,59	1,60	24,8	83 %
<i>Boletus chrysenteron</i>	rdečebetni goban	4	8,67 ± 4,04	7,95	9,49	12,3	100 %	1	23,4	-	-	-	100 %
<i>Boletus edulis</i>	jesenski goban	38	9,26 ± 2,16	7,48	1,67	28,4	84 %	8	23,5 ± 8,4	26,8	7,43	33,5	100 %
<i>Boletus erythropus</i>	žametni goban	5	2,11 ± 1,41	2,27	0,95	3,65	20 %	2	11,2	11,2	10,4	12,0	100 %
<i>Boletus luridus</i>	svinjski goban	2	1,15	1,15	0,31	1,98	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Boletus reticulatus</i>	poletni goban	4	11,0 ± 11,9	7,62	6,46	22,1	100 %	/	/	/	/	/	/
<i>Boletus subtomentosus</i>	navadni goban	4	8,67 ± 4,04	7,95	9,49	12,3	100 %	1	23,4	-	-	-	100 %
<i>Bovista nigrescens</i>	jajčasti kadiček	2	1,77	1,77	1,13	2,41	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Cantharellus cibarius</i>	navadna lisička	7	1,25 ± 0,41	1,11	0,81	1,91	0 %	7	3,14 ± 1,70	2,45	0,94	5,50	43 %
<i>Cantharellus lutescens</i>	žolta lisička	/	/	/	/	/	/	3	1,78 ± 1,30	1,62	1,36	2,32	0 %
<i>Chroogomphus rutilus</i>	bakrenasti polžar	6	0,85 ± 0,72	0,73	0,19	2,00	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Citocybe odora</i>	janeževa livka	2	1,74	1,74	1,52	1,96	0 %	1	3,28	-	-	-	100 %
<i>Clitocybe nebularis</i>	poprhnjena livka	8	4,73 ± 5,67	2,11	1,75	21,4	25 %	/	/	/	/	/	/
<i>Coprinus atramentarius</i>	prava tintnica	7	2,5 ± 2,20	1,93	0,54	7,48	14,3 %	/	/	/	/	/	/
<i>Coprinus comatus</i>	velika tintnica	22	5,8 ± 1,49	6,11	0,58	13,9	82 %	2	7,77	7,77	4,03	11,5	100 %
<i>Cortinarius caperata</i>	pšenična poprhnjenka	13	19,0 ± 8,03	16,2	5,35	58,6	100 %	/	/	/	/	/	/
<i>Craterellus cornucopioides</i>	črna trobenta	2	0,95	0,95	0,51	1,40	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Elaphomyces granulatus</i>	zrnata košutnica	2	0,29 ± 0,14	0,29	0,15	0,43	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Gomphidius glutinosus</i>	veliki slinar	10	1,20 ± 0,93	0,96	0,22	4,69	10 %	2	2,39	2,39	0,20	4,57	50 %
<i>Hydnum repandum</i>	rumeni ježek	2	0,33	0,33	0,25	0,41	0 %	2	0,74	0,74	0,27	1,20	0 %
<i>Hypholoma capnoides</i>	sivolista zvepljenjača	7	2,64 ± 1,45	2,21	1,17	5,97	14 %	/	/	/	/	/	/
<i>Laccaria amethystina</i>	vijoličasta bledivka	21	5,64 ± 10,3	0,63	0,19	104	4,8 %	/	/	/	/	/	/
<i>Lactarius deliciosus</i>	užitna sirovka	12	3,73 ± 1,97	3,09	0,11	10,8	50 %	3	7,76 ± 8,80	7,97	4,11	11,2	100 %
<i>Leccinum aurantiacum</i>	trepetlikov turek	12	1,98 ± 2,58	0,73	0,28	14,8	8 %	/	/	/	/	/	/
<i>Leccinum quercinum</i>	hrastov turek	2	0,75	0,75	0,48	1,01	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Leccinum scabrum</i>	brezov ded	6	4,45 ± 4,06	3,76	0,52	10,0	67 %	/	/	/	/	/	/
<i>Leccinum versipelle</i>	brezov turek	3	0,54 ± 0,79	0,55	0,21	0,85	0 %	4	19,6 ± 27,1	14,8	4,03	44,8	100 %
<i>Lepista glaucocana</i>	bledovijol. kolesnica	5	4,33 ± 8,75	1,09	0,68	16,9	20 %	/	/	/	/	/	/
<i>Lepista inversa</i>	podvihana kolesnica	6	1,15 ± 1,78	0,44	0,25	4,59	17 %	/	/	/	/	/	/
<i>Lepista nuda</i>	vijoličasta kolesnica	25	1,77 ± 1,02	0,92	0,40	9,47	12 %	1	2,19	-	-	-	0 %
<i>Lycoperdon perlatum</i>	betičasta prašnica	26	1,86 ± 0,37	1,57	0,57	4,06	16 %	2	7,60	7,60	2,70	12,5	50 %
<i>Lycoperdon utriformis</i>	senožetna prašnica	16	4,51 ± 1,83	3,86	1,16	15,9	69 %	1	10,0	-	-	-	100 %
<i>Macrolepiota excoriata</i>	poljski dežnik	6	6,83 ± 3,56	7,90	0,29	11,3	83 %	/	/	/	/	/	/
<i>Macrolepiota procera</i>	orjaški dežnik	50	6,68 ± 2,11	5,22	0,27	47,3	72 %	5	12,7 ± 18,8	6,48	3,72	39,8	100 %
<i>Macrolepiota rhacodes</i>	rdečeči dežnik	2	17,0	17,0	8,95	25,0	100 %	/	/	/	/	/	/
<i>Russula cyanoxantha</i>	modrikasta golobica	4	2,38 ± 1,46	2,39	1,49	3,25	50 %	/	/	/	/	/	/
<i>Russula integra</i>	usnjata golobica	6	4,1 ± 3,72	2,53	0,86	9,11	33 %	/	/	/	/	/	/
<i>Russula lepida</i>	trda golobica	2	4,36	4,36	0,92	7,80	50 %	/	/	/	/	/	/
<i>Russula romellii</i>	malinova golobica	2	2,85	2,85	2,34	3,36	50 %	/	/	/	/	/	/
<i>Russula virescens</i>	zelenkasta golobica	2	4,13	4,13	1,51	6,75	50 %	/	/	/	/	/	/
<i>Russula xerampelina</i>	slanikova golobica	3	2,22 ± 1,53	1,89	1,83	2,93	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Sarcodon imbricatus</i>	rjavi ježevec	5	5,90 ± 4,97	3,74	3,42	12,8	100 %	2	5,47	5,47	4,64	6,30	100 %
<i>Suillus bovinus</i>	prožna lupljivka	23	1,36 ± 0,44	1,08	0,27	4,13	9 %	2	5,77	5,77	5,07	6,68	100 %
<i>Suillus cavipes</i>	volobetna lupljivka	5	2,30 ± 3,89	1,11	0,31	7,87	20 %	3	5,91 ± 3,74	5,21	4,88	7,64	100 %
<i>Suillus granulatus</i>	ovčarska lupljivka	4	3,46 ± 6,20	1,85	0,91	9,23	25 %	/	/	/	/	/	/
<i>Suillus grevillei</i>	macesnova lupljivka	8	5,96 ± 2,79	5,45	2,10	12,2	75 %	4	6,28 ± 10,0	4,70	0,54	15,2	75 %
<i>Suillus luteus</i>	maslena lupljivka	6	0,69 ± 0,41	0,56	0,27	1,31	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Suillus variegatus</i>	peščena lupljivka	4	2,67 ± 0,31	2,70	2,42	2,87	0 %	/	/	/	/	/	/

*Pod MDK je podan delež vzorcev, ki so prekoračevali s pravilnikom dovoljeno vsebnost (MDK: 3 mg/kg suhe snovi) (Ur. l. SFRJ, št. 59/1983); prekoračene dovoljene vsebnosti so označene krepko

* *Percentage of samples, which exceeded permitted (tolerable) values (MDK= 3 mg/kg dw), defined by Slovene regulations (Ur. l. SFRJ, No. 59/1983); the exceeded values are in bold*

/ STAŠKOVA 1991, LIUKKONEN-LILJA *et al.* 1983, MICHELOT *et al.* 1998; KALAČ / SVOBODA 2000; KALAČ 2010). Na podlagi primerjave z vsebnostmi Cd v trosnjakih gliv iz Šaleške doline, za katero smo predhodno že poudarili, da je obremenjena s Cd, in drugimi evropskimi ugotavljamo, da so trosnjaki gliv iz Zgornje Mežiške doline bolj obremenjeni s Cd kot Šaleška dolina ter da so vsebnosti Cd, izmerjene v mnogih vrstah, primerljive z močno onesnaženimi območji.

3.2 Svinec

3.2 Lead

Le v 3 trosnjakih gliv iz Šaleške doline (betičasta prašnica, poljski dežnik, bledovijoličasta kolesnica) (5,4 %) povprečne vsebnosti Pb prekoračujejo vrednost MDK (5 mg/kg) (Ur. l. SFRJ, št. 59/1983). Če bi upoštevali zakonodajo, ki velja za gojene glive in predpisuje kot mejno vrednost 3 mg/kg (EEC Direktive 2001/22/EC; Ur. l. RS, št. 69/2003), je teh vrst le 5 (9,1 %). Iz pregleda literature je razvidno, da se vsebnosti Pb v neonesnaženih območjih gibljejo v intervalu od < 0,5 mg/kg do 5 mg/kg, izjemoma (betičasta prašnica, velika tintnica, travniški kukmak) pa lahko dosejajo večje vsebnosti (KALAČ / SVOBODA 2000; KALAČ 2010; AL SAYEGH PETKOVŠEK / POKORNY 2011). Izračunane povprečne vsebnosti Pb za trosnjake gliv iz Šaleške doline ustrezajo vsebnostim iz navedenega intervala vsebnosti za neonesnažena območja. Upošteva je majhen delež vrst, v katerih smo izmerili povečane vsebnosti Pb, primerjaje z zakonodajo in literaturnimi vrednostmi, ugotavljamo, da trosnjaki gliv iz Šaleške doline niso obremenjeni s Pb. Ugotovitvam ustreza tudi več raziskav za isto območje (KUGONIČ / STROPNIK 2001, POKORNY 2003, 2006; AL SAYEGH PETKOVŠEK 2008; POLIČNIK 2008; VRBIČ KUGONIČ 2008).

Povsem drugače je v Zgornji Mežiški dolini, ki je zaradi stoletne tradicije rudarjenja in topilniške dejavnosti (kljub zmanjšanju emisij v zadnjih dveh desetletjih) še vedno izredno obremenjena s svincem (RIBARIČ LASNIK *et al.* 2002; KUGONIČ / POKORNY 2006; POKORNY *et al.* 2009). Med 24 analiziranimi vrstami gliv je vrednost MDK prekoračevalo 16 vrst gliv (66,7 %) , upošteva je zakonodajo za gojene glive pa kar 21 vrst gliv (87,5 %). Največjo vsebnost Pb smo izmerili v orjaškem dežniku in betičasti prašnici, kjer so bile vsebnosti okoli 50 mg/kg. Razmeroma velike vsebnosti (vsaj štirikrat večje kot MDK) so bile izmerjene v prožni lupljivki, brezovem turku, janeževi livki in vijoličasti kolesnici, vendar pa imajo omenjene vsebnosti le orientacijsko vrednost zaradi

premajhnega vzorca (preglednica 3). V raziskavi travniških tal v okolici topilnice v Žerjavu (v oddaljenosti od 0,3 do 5,9 km) je bilo potrjeno, da so preiskana tla onesnažena s Pb (kritična imisijska vsebnost za Pb je bila prekoračena na 95 % lokacij) (RIBARIČ LASNIK *et al.* 2002; KUGONIČ / POKORNY 2006). Povečane vsebnosti Pb v trosnjakih gliv iz okolice topilnice povezujemo s povečanimi vsebnostmi Pb v tleh.

Vsebnosti Pb v trosnjakih gliv iz Zgornje Mežiške doline so v vseh vrstah gliv bistveno večje (praviloma za cel velikostni razred) kot v Šaleški dolini (Mann-Whitney U test za vrste z vsaj tremi vzorci v obeh območjih – rdeča mušnica: $z = 3,10$, $p < 0,01$; orjaški dežnik: $z = 3,51$, $p < 0,001$; jesenski goban: $z = 3,41$, $p < 0,001$; brezov turek: $z = 2,12$, $p < 0,05$; macesnova lupljivka: $z = 2,64$, $p < 0,01$; kostanjasti goban: $z = 2,25$, $p < 0,05$; navadna lisička: $z = 2,35$, $p < 0,05$; užitna sirovka: $z = 2,59$, $p < 0,05$). V preteklosti so bile ekstremno velike vsebnosti Pb izmerjene ravno v trosnjakih gliv iz okolice topilnic svinca – do 223 mg/kg v betičasti prašnici (SVOBODA / ZIMMERMANNNOVA / KALAČ 2000), 91 mg/kg v sivorumeni mraznici, 144 mg/kg v vijoličasti kolesnici, 194 mg/kg v rdečem dežniku (KALAČ / BURDA / STRAŠKOVA 1991), 168 mg/kg v rdeči mušnici, 181 mg/kg v brezovem dedu, 243 mg/kg v rdečerjavi mlečnici, 290 mg/kg v kostanjastem gobanu, 370 mg/kg v čokati mušnici (LEPŠOVA / KRAL 1988), 170 mg/kg v orjaškem dežniku in 300 mg/kg v jesenskem gobanu (LIUKKONEN-LILJA *et al.* 1983). Tako ekstremnih vrednosti glive iz Zgornje Mežiške doline sicer ne dosejajo, kljub temu pa presegajo večino doslej poznanih vsebnosti v evropskem prostoru (travniški kukmak, janeževa livka, velika tintnica, veliki slinar, rumeni ježek, užitna sirovka), kar kaže na obremenjenost tega območja s Pb.

3.3 Živo srebro

3.3 Mercury

V Šaleški dolini povprečne vsebnosti Hg prekoračujejo MDK-vrednost (3 mg/kg) (Ur. l. SFRJ, št. 59/1983) v 11 vrstah užitnih vrst gliv (20,7 %) (poljski in travniški kukmak, čokata mušnica, jesenski ter poletni goban, poprhnjena livka, bledovijoličasta in vijoličasta kolesnica, senožetna plešivka, rdečeči dežnik ter zelenkasta golobica). Le v poletnem gobanu povprečna vsebnost Hg prekoračuje 10 mg/kg (preglednica 4), kar je zgornja meja vsebnosti Hg v trosnjakih gliv iz neonesnaženih območjih (KALAČ / ŠLAPETOVA 1997; KALAČ / SVOBODA 2000; KALAČ 2010; AL SAYEGH PETKOVŠEK / POKORNY 2011).

Preglednica 3: Vsebnosti Pb (mg/kg suhe snovi) v klobukih gob, nabranih v obdobju 2000 – 2007 na območju Šaleške in Zgornje Mežiške doline. Stolpci v preglednici si sledijo po vrsti: število vzorcev – aritmetične sredine z odkloni zaupanja – mediane – minimalne in maksimalne vsebnosti – delež vzorcev, ki so presegali s pravilnikom dovoljeno vrednost.

Table 3: Pb content (mg/kg dry weight) in caps of mushrooms, collected in the 2000 – 2007 period in the Šalek and the Upper Meža Valleys. Columns present data as follows: arithmetic means with confidence limits; medians; minimal and maximal values; percentage of samples exceeding the permitted levels.

SPECIES	VRSTA	ŠALEŠKA DOLINA						ZGORNJA MEŽIŠKA DOLINA					
		n	$\bar{x} \pm t_{0,05} \cdot SE$	Me	Min	Max	MDK	n	$\bar{x} \pm t_{0,05} \cdot SE$	Me	Min	Max	MDK
<i>Agaricus arvensis</i>	poljski kukmak	6	1,49 ± 0,95	1,67	0,34	2,42	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Agaricus campestris</i>	travniški kukmak	20	0,77 ± 0,23	0,65	0,28	2,27	0 %	1	13,6	-	-	-	100 %
<i>Agaricus silvicola</i>	hostni kukmak	5	2,63 ± 1,85	2,04	1,40	5,06	20 %	/	/	/	/	/	/
<i>Albatrellus confluens</i>	zraščeni mesnatovec	2	0,75	0,75	0,50	0,99	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Amanita rubescens</i>	rdečkasta mušnica	12	0,89 ± 0,57	0,45	0,07	2,69	0 %	2	3,61	3,61	1,45	5,77	50 %
<i>Amanita spissa</i>	čokata mušnica	2	1,26	1,26	0,44	2,08	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Armillaria mellea</i>	sivorumeni mrzavnica	26	0,49 ± 0,13	0,40	0,10	1,05	0 %	2	4,11	4,11	0,20	8,00	50 %
<i>Boletus badius</i>	kostanjasti goban	24	0,47 ± 0,21	0,24	0,07	1,83	0 %	6	5,18 ± 4,75	4,46	0,43	10,8	50 %
<i>Boletus chrysenteron</i>	rdečebetni goban	4	0,46 ± 0,26	0,49	0,25	0,60	0 %	1	1,24	-	-	-	0 %
<i>Boletus edulis</i>	jesenski goban	38	0,94 ± 0,24	0,67	0,24	3,14	0 %	8	5,22 ± 3,62	4,90	0,76	12,1	50 %
<i>Boletus erythropus</i>	žametasti goban	5	4,21 ± 7,34	1,70	1,13	14,8	20 %	2	3,04	3,04	2,30	3,79	0 %
<i>Boletus luridus</i>	svinjski goban	2	0,14	0,14	0,12	0,16	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Boletus reticulatus</i>	poletni goban	4	0,98 ± 1,82	0,50	0,24	2,69	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Bovista nigrescens</i>	jajčasti kadiček	2	1,14	1,14	0,95	1,33	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Cantharellus cibarius</i>	navadna lisička	7	0,99 ± 0,56	0,97	0,34	2,07	0 %	7	4,76 ± 3,17	3,68	1,02	11,2	43 %
<i>Chroogomphus rutilus</i>	bakrenasti polžar	6	1,22 ± 1,62	0,59	0,44	4,36	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Clitocybe nebularis</i>	poprhnjena livka	8	1,39 ± 0,59	1,26	0,45	2,46	0 %	/	/	/	/	/	0 %
<i>Clitocybe odora</i>	janeževa livka	2	1,42	1,42	1,20	1,64	0 %	1	42,5	-	-	-	100 %
<i>Coprinus atramentarius</i>	prava tintnica	7	0,49 ± 0,32	0,37	0,19	1,00	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Coprinus comatus</i>	velika tintnica	22	0,75 ± 0,31	0,52	0,12	3,09	0 %	2	8,41	8,41	5,01	11,8	100 %
<i>Cortinarius caperata</i>	pšenična poprhjenka	13	0,37 ± 0,16	0,21	0,10	0,91	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Craterellus cornucopioides</i>	črna trobenta	2	2,14	2,14	0,83	3,44	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Elaphomyces granulatus</i>	zrnata košutnica	2	0,74 ± 1,65	-	-	-	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Gomphidius glutinosus</i>	veliki slinar	10	1,13 ± 0,40	1,00	0,58	2,59	0 %	2	6,65	6,65	3,52	9,18	100 %
<i>Hydnum repandum</i>	rumeni ježek	2	0,46	0,46	0,05	0,87	0 %	2	6,21	6,21	0,71	11,7	50 %
<i>Hypoloma capnoides</i>	sivolista zvepljenjača	7	0,61 ± 0,82	0,29	0,11	2,60	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Laccaria amethystina</i>	vijoličasta bledivka	21	0,94 ± 0,16	0,95	0,29	1,55	0 %	2	5,38	5,38	3,77	6,98	50 %
<i>Lactarius deliciosus</i>	užitna sirovka	12	0,60 ± 0,33	0,42	0,09	1,74	0 %	3	7,25 ± 2,35	7,32	6,27	8,15	100 %
<i>Leccinum aurantiacum</i>	trepetlikov turek	12	0,69 ± 0,30	0,57	0,21	1,92	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Leccinum quercinum</i>	hrastov turek	2	0,50	0,50	0,17	0,83	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Leccinum scabrum</i>	brezov ded	5	0,58 ± 0,68	0,36	0,06	1,78	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Leccinum versipelle</i>	brezov turek	6	0,94 ± 2,16	0,46	0,42	1,95	0 %	4	19,9 ± 30,0	15,6	2,79	45,8	75 %
<i>Lepista glaucocana</i>	bledovijol. kolesnica	5	6,01 ± 9,23	2,11	1,58	19,0	40 %	/	/	/	/	/	/
<i>Lepista inversa</i>	podvihana kolesnica	6	1,41 ± 1,21	1,20	0,38	3,53	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Lepista nuda</i>	vijoličasta kolesnica	25	2,67 ± 0,55	2,53	0,76	5,50	4 %	1	36,8	-	-	-	100 %
<i>Lycoperdon perlatum</i>	betičasta prašnica	26	5,97 ± 1,61	5,80	0,71	16,8	56 %	2	50,0	50,0	39,3	60,7	100 %
<i>Lycoperdon utriformis</i>	senožetnprašnica	18	3,91 ± 1,77	2,43	0,87	12,4	25 %	1	50,7	-	-	-	100 %
<i>Macrolepiota excoriata</i>	poljski dežnik	7	8,54 ± 9,92	3,98	1,53	31,3	29 %	/	/	/	/	/	/
<i>Macrolepiota procera</i>	orjaški dežnik	50	2,58 ± 1,03	1,80	0,08	24,8	6 %	5	53,8 ± 83,0	27,3	7,11	171	100 %
<i>Macrolepiota rhacodes</i>	rdečeci dežnik	2	2,24	2,24	1,81	2,67	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Russula cyanoxantha</i>	modrikasta golobica	3	1,17 ± 1,74	0,99	0,57	1,94	0 %	1	2,90	-	-	-	0 %
<i>Russula integra</i>	usnjata golobica	6	2,09 ± 2,14	1,36	0,55	6,00	17 %	/	/	/	/	/	/
<i>Russula lepida</i>	trda golobica	2	0,40	0,40	0,34	0,46	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Russula romellii</i>	malinova golobica	2	2,68	2,68	2,15	3,20	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Russula virescens</i>	zelenkasta golobica	2	0,60	0,60	0,44	0,75	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Russula xerampelina</i>	slanikova golobica	3	1,48 ± 1,73	1,68	0,70	2,05	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Sarcodon imbricatus</i>	rjavi ježevec	5	0,78 ± 1,01	0,41	0,12	2,17	0 %	2	1,45	1,45	1,43	1,47	0 %
<i>Suillus bovinus</i>	prožna lupljivka	23	0,75 ± 0,27	0,59	0,09	2,84	0 %	2	28,3	28,3	16,3	40,2	100 %
<i>Suillus cavipes</i>	votlobetna lupljivka	5	0,93 ± 0,47	0,63	0,25	1,28	0 %	3	3,44 ± 6,77	2,95	0,99	6,38	33 %
<i>Suillus granulatus</i>	ovčarska lupljivka	4	0,41 ± 0,31	0,39	0,20	0,67	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Suillus grevillei</i>	macesnova lupljivka	8	0,61 ± 0,59	0,32	0,10	2,12	0 %	4	6,19 ± 7,15	5,01	2,32	12,4	50 %
<i>Suillus luteus</i>	maslena lupljivka	6	0,55 ± 0,50	0,33	0,18	1,34	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Suillus variegatus</i>	peščena lupljivka	4	0,40 ± 0,20	0,39	0,25	0,55	0 %	/	/	/	/	/	/

* Pod MDK je podan delež vzorcev, ki so prekoračevali s pravilnikom dovoljeno vsebnost (MDK: 5 mg/kg suhe snovi) (Ur. l. SFRJ, št. 59/1983); prekoračene dovoljene vsebnosti so označene krepko

* Percentage of samples, which exceeded permitted (tolerable) values (MDK= 5 mg/kg dw), defined by Slovene regulations (Ur. l. SFRJ, No.59/1983); the exceeded values are in bold

Preglednica 4: Vsebnosti Hg (mg/kg) v klobukih gob, nabranih v obdobju 2000 – 2007 na območju Šaleške in Zgornje Mežiške doline. Stolpci v preglednici si sledijo po vrsti: število vzorcev – aritmetične sredine z odkloni zaupanja – mediane – minimalne in maksimalne vsebnosti – delež vzorcev, ki so presegali s pravilnikom dovoljeno vrednost.

Table 4: Hg content (mg/kg) in caps of mushrooms, collected in the period between 2000 – 2007 in the Šalek and the Upper Meža Valleys. Columns present data as follows: arithmetic means with confidence limits; medians; minimal and maximal values; percentage of samples exceeding the permitted levels.

SPECIES	VRSTA	ŠALEŠKA DOLINA						ZGORNJA MEŽIŠKA DOLINA					
		n	$\bar{x} \pm t_{0,05} \cdot SE$	Me	Min	Max	MDK	n	$\bar{x} \pm t_{0,05} \cdot SE$	Me	Min	Max	MDK
<i>Agaricus arvensis</i>	poljski kukmak	4	5,23 ± 5,17	3,54	0,85	11,5	50 %	/	/	/	/	/	/
<i>Agaricus campestris</i>	travnjski kukmak	20	8,74 ± 5,14	4,48	1,18	44,5	70 %	1	2,63	-	-	-	0 %
<i>Agaricus silvicola</i>	hostni kukmak	5	1,75 ± 0,71	2,04	0,99	2,34	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Albatrellus confluens</i>	zraščeni mesnatovec	2	0,67	0,67	0,46	0,87	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Amanita rubescens</i>	rdečkasta mušnica	12	0,96 ± 0,54	0,83	0,17	3,26	8 %	2	1,70	1,70	0,58	2,82	0 %
<i>Amanita spissa</i>	čokata mušnica	2	3,18	3,18	2,28	4,07	50 %	/	/	/	/	/	/
<i>Armillaria mellea</i>	sivorumena mraznica	26	0,18 ± 0,03	0,16	0,07	0,35	0 %	2	0,17	0,17	0,16	0,18	0 %
<i>Boletus badius</i>	kostanjasti goban	24	0,35 ± 0,19	0,22	0,08	2,26	0 %	6	0,20 ± 0,09	0,19	0,09	0,30	0 %
<i>Boletus chrysenteron</i>	rdečebetna polstenka	4	0,27	0,29	0,08	0,42	0 %	1	0,33	-	-	-	-
<i>Boletus edulis</i>	jesenski goban	38	6,51 ± 2,82	4,18	0,55	40,1	66 %	8	5,20 ± 9,25	1,51	0,55	32,6	13 %
<i>Boletus erythropus</i>	žametasti goban	5	1,79 ± 1,40	1,68	0,72	3,66	20 %	2	1,29	1,29	1,02	1,56	0 %
<i>Boletus luridus</i>	svinjski goban	2	2,04	2,04	1,54	2,55	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Boletus reticulatus</i>	poletni goban	4	18,4 ± 39,1	8,07	2,49	55,0	75 %	/	/	/	/	/	/
<i>Bovista nigrescens</i>	jajčasti kadišček	2	1,44	1,44	0,85	2,03	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Cortinarius caperata</i>	pšenična poprhnjenka	13	1,91 ± 0,56	1,78	0,68	3,25	22 %	/	/	/	/	/	/
<i>C. cornucopioides</i>	črna trobenta	2	0,03	0,03	0,02	0,04	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Elaphomyces granulatus</i>	zrnata košutnica	2	0,15 ± 0,25	0,15	0,13	0,17	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Gomphidius glutinosus</i>	veliki slinar	10	0,25 ± 0,08	0,23	0,10	0,45	0 %	2	0,08	0,08	0,06	0,09	0 %
<i>Hydnum repandum</i>	rumeni ježek	2	1,65	1,66	1,14	2,17	0 %	2	0,34	0,34	0,17	0,51	0 %
<i>Hypoholoma capnoides</i>	sivolista zvepljenjača	7	0,49 ± 0,31	0,37	0,05	1,01	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Laccaria amethystina</i>	vijoličasta bledivka	21	0,05 ± 0,02	0,03	0,02	0,14	0 %	2	0,02	0,02	0,02	0,02	0 %
<i>Lactarius deliciosus</i>	užitna sirovka	12	0,45 ± 0,20	0,41	0,04	1,23	0 %	3	0,27 ± 0,19	0,26	0,20	0,35	0 %
<i>Leccinum aurantiacum</i>	trepetlikov turek	12	1,36 ± 0,47	1,14	0,34	2,93	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Leccinum quercinum</i>	hrastov turek	2	0,62	0,62	0,50	0,75	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Leccinum scabrum</i>	brezov ded	6	0,75 ± 0,56	0,59	0,17	1,41	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Leccinum versipelle</i>	brezov turek	3	1,12 ± 1,12	1,25	0,62	1,49	0 %	4	0,68 ± 0,83	0,67	0,11	1,28	0 %
<i>Lepista glaucocana</i>	bledovijol. kolesnica	5	3,97 ± 4,09	2,96	0,89	7,68	40 %	/	/	/	/	/	/
<i>Lepista inversa</i>	podvihana kolesnica	6	1,64 ± 0,80	1,60	0,73	2,68	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Lepista nuda</i>	vijoličasta kolesnica	18	4,93 ± 2,98	4,19	1,60	38,0	61 %	/	/	/	/	/	/
<i>Lycoperdon perlatum</i>	betičasta prašnica	25	1,94 ± 0,44	1,36	0,77	4,67	16 %	2	1,13	1,13	0,96	1,29	0 %
<i>Lycoperdon utriformis</i>	senožetna plešivka	18	6,04 ± 3,14	4,76	0,82	27,5	67 %	1	4,48	-	-	-	100 %
<i>Macrolepiota excoriata</i>	poljski dežnik	76	0,87 ± 0,53	0,71	0,08	1,97	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Macrolepiota procera</i>	orjaški dežnik	49	2,23 ± 0,33	1,96	0,48	5,23	25 %	5	2,09 ± 1,32	2,54	0,63	3,34	20 %
<i>Macrolepiota rhacodes</i>	rdečeči dežnik	2	5,03	5,03	2,63	7,43	50 %	/	/	/	/	/	/
<i>Russula cyanoxantha</i>	modrikasta golobica	3	1,67 ± 1,51	1,54	1,13	2,33	33 %	1	0,96	-	-	-	0 %
<i>Russula integra</i>	usnjata golobica	6	0,08 ± 0,10	0,04	0,02	0,26	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Russula lepida</i>	trda golobica	2	0,08	0,08	0,05	0,11	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Russula romellii</i>	malinova golobica	2	0,20	0,20	0,11	0,29	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Russula virescens</i>	zelenkasta golobica	2	6,59	6,59	2,61	10,7	50 %	/	/	/	/	/	/
<i>Russula xerampelina</i>	slanikova golobica	3	0,26 ± 0,19	0,23	0,21	0,35	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Sarcodon imbricatus</i>	rjavji ježevec	5	2,56 ± 1,38	2,55	0,78	3,59	40 %	2	0,87	0,87	0,84	0,90	0 %
<i>Suillus cavipes</i>	votlobetna lupljivka	5	0,48 ± 0,47	0,36	0,19	1,13	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Suillus granulatus</i>	ovčarska lupljivka	4	0,50 ± 0,49	0,48	0,19	0,83	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Suillus grevillei</i>	macesnova lupljivka	8	0,44 ± 0,16	0,44	0,20	0,85	0 %	4	0,30 ± 0,26	0,35	0,09	0,34	0 %
<i>Suillus luteus</i>	maslena lupljivka	6	0,42 ± 0,32	0,39	0,09	0,83	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Suillus variegatus</i>	peščena lupljivka	4	0,42 ± 0,71	0,27	0,07	1,07	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Cantharellus cibarius</i>	navadna lisička	7	0,07 ± 0,06	0,05	0,02	0,19	0 %	7	0,05 ± 0,04	0,02	0,02	0,13	0 %
<i>Chroogomphus rutilus</i>	bakrenasti polžar	6	0,08 ± 0,09	0,08	0,05	0,11	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Clitocybe nebularis</i>	poprhnjena livka	8	3,22 ± 2,44	2,41	0,68	10,1	25 %	/	/	/	/	/	/
<i>Clitocybe odora</i>	janeževa livka	2	1,29	1,29	1,22	1,36	0 %	1	0,67	-	-	-	0 %
<i>Coprinus atramentarius</i>	prava tintnica	7	0,29 ± 0,17	0,23	0,09	0,63	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Coprinus comatus</i>	velika tintnica	22	1,20 ± 1,18	1,36	0,10	5,95	14 %	2	1,98	1,98	1,31	2,65	0 %

*Pod MDK je podan delež vzorcev, ki so prekoračevali s pravilnikom dovoljeno vsebnost (MDK: 3 mg/kg suhe snovi) (Ur. l. SFRJ, št. 59/1983); prekoračene dovoljene vsebnosti so označene krepko

* Share of samples, which exceeded permitted (tolerable) values (MDK= 3 mg/kg dw), defined by Slovene regulations (Ur. l. SFRJ, No. 59/1983); the exceeded values are in bold

Vse povečane vsebnosti Hg, ki prekoračujejo MDK vrednost, pa so vsaj za en velikostni razred manjše od vsebnosti, ki so bile izmerjene v trosnjakih gliv s Hg najbolj onesnaženih območjih (območja v okolici topilnic in rudnikov živega srebra). V tako obremenjenih okoljih so izmerili vsebnosti Hg, ki so prekoračevale 100 mg/kg (vijoličasta kolesnica: 109 mg/kg; poljski kukmak: 116 mg/kg; senožetna plešivka: 120 mg/kg; velika tintnica: 144 mg/kg; orjaški dežnik: 200 mg/kg) (STEGNAR *et al.* 1973; FISHER *et al.* 1995; KALAC *et al.* 1996). Upošteva se prikazane vsebnosti Hg v trosnjakih gliv iz Šaleške doline in druge evropske raziskave ugotavljamo, da Šaleška dolina ni obremenjena s tem elementom. Enako velja tudi za trosnjake gliv iz Zgornje Mežiške doline. Zakonsko dovoljena vsebnost Hg je bila prekoračena le v jesenskem gobanu in senožetni plešivki (izmerjeno le v enem vzorcu), to sta vrsti, ki praviloma sprejemata večje količine Hg (KALAC *et al.* 1996; KALAC 2010; AL SAYEGH PETKOVŠEK / POKORNY 2011).

3.4 Arzen (As)

3.4 Arsenic

Kar v 26 od 44 (59,1 %) analiziranih vrst gliv iz Šaleške doline (preglednica 5) je bila povprečna vsebnost As večja od predpisane MDK-vrednosti (1 mg/kg) (Ur. l. SFRJ, št. 59/1983). Interval vsebnosti As v trosnjakih gliv iz neonesnaženih območjih se suče med < 0,5 mg/kg do 1 (2) mg/kg, le v nekaterih akumulatorskih vrstah so vsebnosti lahko večje (kukmaki, prašnice, dežniki, kolesnice, vijoličasta bledivka) (VETTER 2004; KALAC 2010; AL SAYEGH PETKOVŠEK / POKORNY 2011). Če upoštevamo zgornjo mejo intervala (2 mg/kg), značilnega za neonesnažena območja, tretjina analiziranih vrst gliv prekoračuje to vsebnost, kar kaže, da je Šaleška dolina obremenjena z As. Slednje potrjuje zlasti dejstvo, da smo povečane vsebnosti As izmerili tudi v vrstah gliv, ki nimajo genetsko določenih lastnosti za bolj učinkovit sprejem As. V gobanih (jesenski, žametasti, svinjski, poletni), tintnicah (prava, velika), lupljivkah (votlobetna, prožna, macesnova, peščena), užitni sirovki in rjavem ježevcu so vsebnosti As namreč med največjimi izmerjenimi v evropskem prostoru (BYRNE / RAVNIK / KOSTA 1976; STANKEVIČIENE 1996; VETTER 2004; AL SAYEGH PETKOVŠEK / POKORNY 2011). Naštete vrste so (z izjemo tintnic) mikorizne in praviloma ne sprejemajo velikih količin As v nasprotju s saprofitskimi akumulatorskimi vrstami. Največjo povprečno vsebnost smo izmerili v vijoličasti bledivki, ki je prepoznana hiperakumulatorska vrsta za As – 62 mg/kg, vendar je ta vsebnost še vedno manjša od izmerjenih v zelo onesnaženih območjih (LARSEN / HANSEN / GÖSSLER 1998).

V Zgornji Mežiški dolini je bil vzorec nekoliko manjši – raziskali smo vsebnosti As v 21 vrstah gliv, med

njimi je MDK-vrednost prekoračevalo 8 vrst gliv (38,1 %). Tudi tokrat je bilo največ As izmerjenega v vijoličasti bledivki in nato v votlobetni lupljivki, vendar pa sta bili vsebnosti As bistveno manjše kot v istih vrstah gliv iz Šaleške doline (16,0 mg/kg v primerjavi z 62,0 mg/kg (vijoličasta bledivka) oz. 14,8 mg/kg v primerjavi z 23,6 mg/kg (votlobetna lupljivka). Na podlagi predstavljenih rezultatov ugotavljamo, da Zgornja Mežiška dolina ni pomembno obremenjena z As, vendar je za dejansko potrditev te trditve treba povečati vzorec (število vrst in število vzorcev posamezne vrste).

4 Izračun dopustne količine zaužitih trosnjakov gliv

4 Calculation of tolerable volumes of edible mushrooms

V Šaleški dolini je problematično uživanje trosnjakov gliv predvsem z vidika Cd, v posameznih primerih (vrstah) pa tudi z vidika Hg in As (preglednica 7). V nekaterih vrstah gliv so dopustne količine zaužitih klobukov bistveno manjše od običajnega obroka (300 g); upošteva se slednje odsvetujemo uživanje poljskega in hostnega kukmaka, poletnega gobana ter vijoličaste bledivke. Zmerni pa moramo biti pri uživanju travniškega kukmaka, sivorumene mraznice, jesenskega gobana in votlobetne lupljivke, ki jih je priporočljivo jesti manj kot znašata dva obroka (< 600 g sveže teže). Upošteva se izmerjene vsebnosti kovin je povsem neproblematično uživanje kostanjastega gobana, navadne lisičke, bakrenastega polžarja, velikega slinarja, užitne sirovke, trepetlikovega turka, brezovega turka, betičaste prašnice, golobic in lupljivk (z izjemo votlobetne in macesnove). V Zgornji Mežiški dolini smo izračunali dopustne količine klobukov za manjše število vrst gliv v primerjavi s Šaleško dolino (18 v primerjavi s 36). Tudi v Zgornji Mežiški dolini je problematično uživanje trosnjakov gliv predvsem z vidika vsebnosti Cd in v manjšem številu vrst tudi z vidika povečanih vsebnosti Pb. Glede na priporočila WHO/FAO odsvetujemo uživanje trosnjakov jesenskega gobana, betičaste prašnice, brezovega turka, sivorumene mraznice in orjaškega dežnika, saj so maksimalno dopustne količine manjše od običajnega obroka; zmernost pri uživanju gob pa priporočamo za kostanjasti in žametni goban, veliko tintnico, užitno sirovko, betičasto prašnico, rjavega ježevca, prožno in macesnovo lupljivko. Med 18 analiziranimi vrstami gliv so neproblematične le tri vrste gliv: navadna lisička, veliki slinar in rumeni ježek. Opozoriti velja tudi, da v izračun oziroma vzorec niso uvrščeni kukmaki, ki praviloma vsebujejo največje vsebnosti Cd in Hg.

Pri vrednotenju podatkov o dopustnih količinah trosnjakov gliv je treba upoštevati nekatera dejstva:

Preglednica 5: Vsebnosti As (mg/kg) v klobukih gob, nabranih v obdobju 2000 – 2007 na območju Šaleške in Zgornje Mežiške doline. Stolpci v preglednici si sledijo po vrsti: število vzorcev – aritmetične sredine z odkloni zaupanja – mediane – minimalne in maksimalne vsebnosti – delež vzorcev, ki so presegali s pravilnikom dovoljeno vrednost.

Table 5: As content (mg/kg) in caps of mushrooms, collected in the period between 2000 – 2007 in the Šalek and the Upper Meža Valleys. Columns present data as follows: arithmetic means with confidence limits; medians; minimal and maximal values; percentage of samples exceeding the permitted levels.

SPECIES	VRSTA	ŠALEŠKA DOLINA						ZGORNJA MEŽIŠKA DOLINA					
		n	$\bar{x} \pm t_{0,05} \cdot SE$	Me	Min	Max	MDK	n	$\bar{x} \pm t_{0,05} \cdot SE$	Me	Min	Max	MDK
<i>Agaricus arvensis</i>	poljski kukmak	6	7,79 ± 8,95	5,27	0,30	21,3	67 %	/	/	/	/	/	/
<i>Agaricus campestris</i>	travniški kukmak	15	2,84 ± 1,23	2,42	0,30	7,60	80 %	1	0,30	-	-	-	0 %
<i>Agaricus silvicola</i>	hostni kukmak	5	16,6 ± 29,1	9,19	2,81	58,1	100 %	/	/	/	/	/	/
<i>Amanita rubescens</i>	rdečkasta mušnica	10	0,36 ± 0,08	0,35	0,16	0,55	0 %	2	0,46	0,46	0,42	0,50	0 %
<i>Armillaria mellea</i>	sivorumena mraznica	20	0,19 ± 0,07	0,12	0,05	0,50	0 %	2	0,18	0,18	0,05	0,30	0 %
<i>Boletus badius</i>	kostanjasti goban	19	0,58 ± 0,15	0,50	0,20	1,41	6 %	6	0,42 ± 0,20	0,44	0,16	0,69	0 %
<i>Boletus chrysenteron</i>	rdečebetni goban	4	0,66 ± 0,61	0,51	0,39	1,23	25 %	1	0,37	-	-	-	0 %
<i>Boletus edulis</i>	jesenski goban	36	1,31 ± 0,30	1,26	0,32	5,50	55 %	8	0,99 ± 0,60	0,77	0,30	2,48	38 %
<i>Boletus erythropus</i>	žametasti goban	5	1,02 ± 0,80	0,76	0,55	2,13	40 %	2	1,99	1,99	1,19	2,78	100 %
<i>Boletus luridus</i>	svinjski goban	2	1,54	1,54	0,51	2,58	50 %	/	/	/	/	/	/
<i>Boletus reticulatus</i>	poletni goban	4	1,54 ± 0,76	1,41	1,13	2,20	100 %	/	/	/	/	/	/
<i>Cantharellus cibarius</i>	navadna lisička	4	0,29 ± 0,28	0,22	0,17	0,54	0 %	5	0,40 ± 0,19	0,50	0,16	0,50	0 %
<i>Clitocybe nebularis</i>	poprhnjena livka	8	1,33 ± 1,05	0,50	0,50	3,57	38 %	/	/	/	/	/	/
<i>Coprinus atramentarius</i>	prava tintnica	5	10,2 ± 15,4	9,45	1,68	28,9	100 %	/	/	/	/	/	/
<i>Coprinus comatus</i>	velika tintnica	19	2,15 ± 0,65	2,22	0,50	5,31	74 %	2	1,17	1,17	0,30	2,03	50 %
<i>Cortinarius caperatus</i>	pšenična poprhnjenka	10	0,86 ± 0,50	0,59	0,17	2,26	50 %	/	/	/	/	/	/
<i>Craterellus cornucopioides</i>	črna trobenta	2	0,67	0,67	0,30	1,04	50 %	/	/	/	/	/	/
<i>Elaphomyces granulatus</i>	zrnata košutnica	2	60,6 ± 26,0	60,6	58,6	62,7	100 %	/	/	/	/	/	/
<i>Hydnum repandum</i>	rumeni ježek	2	3,11	3,11	0,30	5,92	50 %	2	0,45	0,45	0,40	0,50	0 %
<i>Hypoloma capnoides</i>	sivolista zveplenjača	5	0,73 ± 0,69	0,68	0,26	1,64	20 %	/	/	/	/	/	/
<i>Laccaria amethystina</i>	vijoličasta bledivka	21	62 ± 44,5	25,12	6,16	441	100 %	2	16,0	16,0	15,6	16,4	100 %
<i>Lactarius deliciosus</i>	užitna sirovka	10	2,02 ± 1,72	1,45	0,32	8,54	70 %	3	0,79 ± 1,12	0,88	0,30	1,19	33 %
<i>Leccinum aurantiacum</i>	trepetlikov turek	8	0,84 ± 0,32	0,80	0,32	1,39	25 %	/	/	/	/	/	/
<i>Leccinum quercinum</i>	hrastov turek	2	0,46	0,46	0,37	0,57	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Leccinum scabrum</i>	brezov ded	4	1,01 ± 1,43	0,93	0,15	2,04	50 %	/	/	/	/	/	/
<i>Leccinum versipelle</i>	brezov turek	2	0,63	0,63	0,52	0,73	0 %	4	0,65 ± 0,67	0,56	0,30	1,16	25 %
<i>Lepista glaucocana</i>	bledovijol. kolesnica	3	0,94 ± 1,34	0,80	0,50	1,51	33 %	/	/	/	/	/	/
<i>Lepista inversa</i>	podvihana kolesnica	3	3,87 ± 8,07	2,47	1,55	7,58	100 %	/	/	/	/	/	/
<i>Lepista nuda</i>	vijoličasta kolesnica	20	5,82 ± 6,73	2,08	0,50	40,6	85 %	1	0,99	-	-	-	0 %
<i>Lycoperdon perlatum</i>	betičasta prašnica	14	3,05 ± 2,14	1,67	0,64	14,1	57 %	2	0,70	0,70	0,30	1,09	50 %
<i>Macrolepiota excoriata</i>	poljski dežnik	6	5,09 ± 5,95	2,24	0,12	13,4	83 %	/	/	/	/	/	/
<i>Macrolepiota procera</i>	orjaški dežnik	45	3,24 ± 1,21	2,29	0,26	23,3	73 %	5	3,89 ± 9,48	0,30	0,30	17,5	40 %
<i>Russula cyanoxantha</i>	modrikasta golobica	3	0,19 ± 0,16	0,17	0,13	0,26	0 %	1	0,14	-	-	-	0 %
<i>Russula integra</i>	usnjata golobica	5	0,13 ± 0,03	0,15	0,10	0,16	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Russula romellii</i>	malinova golobica	2	0,37	0,37	0,20	0,54	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Russula virescens</i>	zelenkasta golobica	2	0,19	0,19	0,14	0,24	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Sarcodon imbricatus</i>	rjavi ježevec	5	1,62 ± 1,87	1,32	0,39	4,16	60 %	2	2,72	2,72	1,47	3,96	100 %
<i>Suillus bovinus</i>	prožna lupljivka	16	1,37 ± 0,70	0,93	0,49	5,87	50 %	2	0,56	0,56	0,30	0,82	0
<i>Suillus cavipes</i>	votlobetna lupljivka	3	23,6 ± 19,7	24,7	15,2	31,0	100 %	3	14,8 ± 10,3	17,1	10,0	17,3	100 %
<i>Suillus granulatus</i>	ovčarska lupljivka	2	0,63	0,63	0,55	0,72	0 %	/	/	/	/	/	/
<i>Suillus grevillei</i>	macesnova lupljivka	6	1,07 ± 0,58	0,84	0,64	2,21	33 %	4	2,33 ± 3,95	1,55	0,30	5,92	75 %
<i>Suillus luteus</i>	maslena lupljivka	5	0,97 ± 0,49	0,97	0,46	1,38	40 %	/	/	/	/	/	/
<i>Suillus variegatus</i>	peščena lupljivka	4	2,35 ± 1,07	2,50	1,44	2,97	100 %	/	/	/	/	/	/

*Pod MDK je podan delež vzorcev, ki so prekoračevali s pravilnikom dovoljeno vsebnost (MDK: 1 mg/kg suhe snovi) (Ur. l. SFRJ, št. 59/1983); prekoračene dovoljene vsebnosti so označene krepko

* Share (percentage) of samples, which exceeded permitted (tolerable) values (MDK= 1 mg/kg dw), defined by Slovene regulations (Ur. l. SFRJ, No. 59/1983); the exceeded values are in bold

(i) Negojene glive največkrat uživamo sezonsko, in sicer precej pogosto. (ii) Zgornji izračun upošteva, da so trosnjaki gliv izbrane vrste edini vir vnosa kovin v človeški organizem; ker zaužijemo pomembno količino kovin tudi z drugimi prehralnimi izdelki (tudi z drugimi vrstami

gliv), so dejansko priporočene količine zaužitih gob lahko manjše. Za Zgornjo Mežiško dolino je bilo izračunano, da se z zelenjavo vnaša v telo Pb (16,6 % dopustnega dnevnega vnosa (PTDI) in Cd (42 % PTDI) (VRBIČ KUGONIČ 2009). Podane priporočene količine trosnjakov gliv so še

Preglednica 6: Največja količina svežih klobukov gliv (g), ki jo je dovoljeno zaužiti v enem tednu glede na ugotovljene količine analiziranih elementov in skladno s priporočili WHO/FAO o dovoljenem tedenskem vnosu kovin v človeški organizem. Izračunane vrednosti veljajo za Zgornjo Mežiško dolino.

Table 6: Maximum weekly adult consumption of fresh fungi caps (g), considering the determined contents of metals as well as WHO/FAO directives about the permitted weekly intake of metals in human body. Calculated values are valid for the Upper Meža Valley.

SPECIES	VRSTA	Zgornja Mežiška dolina			
		Cd	Pb	Hg	As
<i>Armillaria mellea</i>	sivorumena mraznica	206,9	3.649,6	17.647,1	50.000,0
<i>Boletus badius</i>	kostanjasti goban	458,5	2.895,8	15.000,0	21.428,6
<i>Boletus edulis</i>	jesenski goban	178,7	2.873,6	576,9	9.090,9
<i>Boletus erythropus</i>	žametasti goban	375,0	4.934,2	2.325,6	4.522,6
<i>Cantharellus cibarius</i>	navadna lisička	1.337,6	3.151,3	60.000,0	22.500,0
<i>Coprinus comatus</i>	velika tintnica	540,5	1.783,6	1.515,2	7.692,3
<i>Gomphidius glutinosus</i>	veliki slinar	1.757,3	2.255,6	37.500,0	/
<i>Hydnum repandum</i>	rumeni ježek	5.675,7	2.415,5	8.823,5	20.000,0
<i>Lactarius deliciosus</i>	užitna sirovka	541,2	2.069,0	11.111,1	11.392,4
<i>Leccinum versipelle</i>	brezov turek	214,3	753,8	4.411,8	13.846,2
<i>Lycoperdon perlatum</i>	betičasta prašnica	552,6	300,0	2.654,9	12.857,1
<i>Macrolepiota procera</i>	orjaški dežnik	330,7	278,8	1.435,4	2.313,6
<i>Sarcodon imbricatus</i>	rjavi ježevcec	767,8	10.344,8	3.448,3	3.308,8
<i>Suillus bovinus</i>	prožna lupljivka	727,9	530,0	13.043,5	16.071,4
<i>Suillus cavipes</i>	votlobetna lupljivka	710,7	4.360,5	/	608,1
<i>Suillus grevillei</i>	macesnova lupljivka	668,8	2.423,3	10.000,0	3.862,7

*S krepkim smo označili maksimalne količine svežih klobukov gliv, ki jih je priporočljivo pojesti v enem tednu, upošteva najbolj problematično kovino za posamezno vrsto gliv.

*The maximum acceptable mass of fresh caps, which is recommended to be consumed by human per week, considering the most problematic trace element for each species (in bold).

manjše v primeru otrok in starejših, saj podane količine, izračunane za odraslo osebo s telesno težo 60 kg. (iii) Pri izračunu dopustne količine trosnjakov gliv smo uporabili celokupne vsebnosti kovin, kljub temu da je strupenost/problematičnost Hg in As povezana predvsem z njuno obliko (speciacijo) – z metil-Hg in anorganskimi oblikami As (arzenit). Anorganske oblike As se sicer večinoma preoblikujejo v glivah v manj strupene organske oblike (npr. arzenobetain) (SLEKOVEC 2005; ŠLEJKOVEC *et al.* 1996, 1997). Zato velike vsebnosti As v večini vrst gliv iz Šaleške doline z ekotoksikološkega vidika niso tako problematične, kot bi se dalo sklepati zgolj na podlagi primerjave z zakonsko predpisanimi vrednostmi. Od 3 % do 20 % skupnega Hg v glivah je v organski obliki (metil-Hg), ki je za sesalce izredno strupena. Metil-Hg je topen v maščobah in se zato učinkovito akumulira v tkivih sesalcev (GNAMUŠ / BYRNE / HORVAT 2000). Določene vrste gliv lahko preoblikuje anorganski Hg v metil-Hg, zato je pri teh vrstah kopičenje še večje (FISCHER *et al.* 1995, ALONSO *et al.* 1999). Velike vsebnosti Hg v nekaterih užitnih vrstah gliv lahko zato pomenijo veliko tveganje za zdravje ljudi (KOJO / LODENIUS 1989, GARCIA *et al.* 1998, MELGAR *et al.* 1998). Če bi želeli natančneje oceniti tveganje zaradi prehranjevanja s trosnjaki gliv s povečanimi vsebnostmi Hg in As, bi morali posebej obravnavati vsebnosti metil-živega srebra in arzenita.

5 Zaključki

5 Conclusions

Vsebnosti Cd, Pb, Hg in As smo izmerili v 55 (Šaleška dolina) oz. 24 vrstah užitnih vrst gliv (Zgornja Mežiška dolina), vzorčenih v obdobju 2000 – 2007. Na podlagi predstavljenih vsebnosti kovin v trosnjakih užitnih vrst gliv ter izračuna dopustnih količin, upošteva priporočila WHO/FAO o dovoljenem tedenskem vnosu kovin v človeški organizem, smo oblikovali naslednje zaključke:

- Upošteva primerjavo z MDK-vrednostmi je najbolj problematičen Cd v trosnjakih gliv iz Zgornje Mežiške doline, saj je prekoračena MDK-vrednost kar v 87 % vrst gliv. V več kot polovici analiziranih vrst gliv pa so prekoračene MDK-vrednosti za Pb v Zgornji Mežiški dolini (66 %) in za As (59,1 %) ter Cd (49 %) v Šaleški dolini. Trosnjaki gliv v nobenem izmed raziskovalnih območij niso obremenjeni s Hg. Primerjava izmerjenih vsebnosti kovin s standardi WHO/FAO je potrdila, da je najbolj problematičen element Cd, saj ta element v največjem številu vrst zmanjšuje dopustno količino zaužitih gob. Le v posameznih vrstah dopustno količino pomembno

Preglednica 7: Največja količina svežih klobukov gliv (g), ki jo je dovoljeno zaužiti v enem tednu glede na ugotovljene količine analiziranih elementov in skladno s priporočili WHO/FAO o dovoljenem tedenskem vnosu kovin v človeški organizem. Izračunane vrednosti veljajo za Šaleško dolino.

Table 7: Maximum weekly adult consumption of fresh fungi caps (g), considering the determined contents of metals as well as WHO/FAO directives about the permitted weekly intake of metals in human body. Calculated values are valid for the Šalek Valley.

SPECIES	VRSTA	Šaleška dolina			
		Cd	Pb	Hg	As
<i>Agaricus arvensis</i>	poljski kukmak	35,9*	10.067,1	709,2	1.155,3
<i>Agaricus campestris</i>	travniški kukmak	1.735,5	19.480,5	343,2	3.169,0
<i>Agaricus silvicola</i>	hostni kukmak	61,9	5.703,4	1.714,3	542,2
<i>Armillaria mellea</i>	sivorumena mraznica	336,0	30.612,2	16.666,7	47.368,4
<i>Boletus badius</i>	kostanjasti goban	1.468,5	31.914,9	8.571,4	15.517,2
<i>Boletus edulis</i>	jesenski goban	453,6	15.957,4	460,8	6.870,2
<i>Boletus reticulatus</i>	poletni goban	381,8	15.306,1	163,0	5.844,2
<i>Cantharellus cibarius</i>	navadna lisička	3.360,0	15.151,5	42.857,1	31.034,5
<i>Chroogomphus rutilus</i>	bakrenasti polžar	4.941,2	12.295,1	37.500,0	/
<i>Clitocybe nebularis</i>	poprhnjena livka	887,9	10.791,4	931,7	6.766,9
<i>Coprinus atramentarius</i>	prava tintnica	1.680,0	30.612,2	10.344,8	882,4
<i>Coprinus comatus</i>	velika tintnica	724,1	20.000,0	2.500,0	4.186,0
<i>Cortinarius caperata</i>	pšenična poprhnjenka	221,1	40.540,5	1.570,7	10.465,1
<i>Gomphidius glutinosus</i>	veliki slinar	3.500,0	13.274,3	12.000,0	/
<i>Laccaria amethystina</i>	vijoličasta bledivka	744,7	15.957,4	60.000,0	145,2
<i>Lactarius deliciosus</i>	užitna sirovka	1.126,0	25.000,0	6.666,7	4.455,4
<i>Leccinum aurantiacum</i>	treptlikov turek	2.121,2	21.739,1	2.205,9	10.714,3
<i>Leccinum scabrum</i>	brezov ded	943,8	25.862,1	4.000,0	8.910,9
<i>Leccinum versipelle</i>	brezov turek	7.777,8	15.957,4	2.678,6	/
<i>Lepista glaucocana</i>	bledovijol. kolesnica	970,0	2.495,8	755,7	9.574,5
<i>Lepista inversa</i>	podvihana kolesnica	3.652,2	10.638,3	1.829,3	2.325,6
<i>Lepista nuda</i>	vijoličasta kolesnica	2.372,9	5.618,0	608,5	1.546,4
<i>Lycoperdon perlatum</i>	betičasta prašnica	2.258,1	2.512,6	1.546,4	2.950,8
<i>Lycoperdon utriformis</i>	senožetna prašnica	931,3	3.836,3	496,7	1.557,1
<i>Macrolepiota excoriata</i>	poljski dežnik	614,9	1.756,4	3.448,3	1.768,2
<i>Macrolepiota procera</i>	orjaški dežnik	628,7	5.814,0	1.345,3	2.777,8
<i>Russula cyanoxantha</i>	modrikasta golobica	1.764,7	12.820,5	1.796,4	47.368,4
<i>Russula integra</i>	usnjata golobica	1.024,4	7.177,0	37.500,0	69.230,8
<i>Russula xerampelina</i>	slanikova golobica	1.891,9	10.135,1	11.538,5	/
<i>Sarcodon imbricatus</i>	rjavi ježevec	711,9	19.230,8	1.171,9	5.555,6
<i>Suillus bovinus</i>	prožna lupljivka	3.088,2	20.000,0	5.000,0	6.569,3
<i>Suillus cavipes</i>	vošobetna lupljivka	1.826,1	16.129,0	6.250,0	381,4
<i>Suillus granulatus</i>	ovčarska lupljivka	1.213,9	36.585,4	6.000,0	/
<i>Suillus grevillei</i>	macesnova lupljivka	704,7	24.590,2	6.818,2	8.411,2
<i>Suillus luteus</i>	maslena lupljivka	6.087,0	27.272,7	7.142,9	9.278,4
<i>Suillus variegatus</i>	peščena lupljivka	1.573,0	37.500,0	7.142,9	3.829,8

*S krepkim smo označili maksimalne količine svežih klobukov gliv, ki jih je priporočljivo pojesti v enem tednu, upoštevaje najbolj problematično kovino za posamezno vrsto gliv.

*The maximum acceptable mass of fresh caps, which is recommended to be consumed by human per week, considering the most problematic trace element for each species (in bold).

omejujeta Pb (betičasta prašnica, orjaški dežnik in prožna lupljivka v Zgornji Mežiški dolini) in Hg (travniški kukmak, senožetna prašnica in poletni goban v Šaleški dolini). Pri prikazanem izračunu dopustnih količin velja upoštevati, da se z gobami prehranjujemo sezonsko in da dopustne količine pomembno zmanjšujejo tudi drugi prehranski viri, še zlasti v Zgornji Mežiški dolini.

• Prehranjevanje s trosnjaki nekaterih vrst gliv iz okolice bivše topilnice svinca (Zgornja Mežiška dolina) in največjega termoenergetskega objekta v Sloveniji (Šaleška dolina) lahko pomeni tveganje za zdravje ljudi. V Šaleški dolini odsvetujemo uživanje poljskega in hostnega kukmaka, poletnega gobana ter vijoličaste bledivke, v Zgornji Mežiški dolini pa jesenskega gobana, betičaste prašnice, brezovega

turka, sivorumene mraznice in orjaškega dežnika. Dopustne tedenske količine so bile za vse našete vrste gliv manjše od enega običajnega obroka (300 g). Za številne druge vrste gliv smo priporočili zmernost pri prehranjevanju z njimi. V Šaleški dolini se lahko povsem brez omejitev (upoštevaje le trosnjake gliv) prehranjujemo s trosnjaki kostanjastega gobana, navadne lisičke, bakrenastega polžarja, velikega slinarja, užitne sirovke, trepetlikovega turka, brezovega turka, betičaste prašnice, golobic in lupljivk (z izjemo votlobetne in macesnove). Nasprotno pa so med 18 analiziranimi vrstami gliv iz Zgornje Mežiške doline neproblematične le tri vrste gliv: navadna lisička, veliki slinar in rumeni ježek.

- Zaradi prepoznanega tveganja za zdravje ljudi predlagamo tako kot v predhodnem članku (AL SAYEGH PETKOVŠEK / POKORNY 2011) vzpostavitev biomonitoringa v degradiranih območjih v Sloveniji, kjer podobne raziskave še niso bile opravljene (npr. Jesenice, Celjska kotlina), in v tradicionalno nabiralniških območjih (npr. Pokljuka, Smrekovec). Tovrsten biomonitoring smo predlagali kot del državnega okoljskega biomonitoringa (KONONENKO 2009), saj z njim lahko ugotavljamo obremenitev gozdnega ekosistema s kovinami, spremljamo trende v onesnaženosti okolja in hkrati ocenjujemo vnos kovin v višje člene prehranjevalnih verig (vključno s človekom).

6 Summary

Cd, Pb, Hg, and As contents were measured in fruiting bodies of edible mushrooms species collected in the vicinity of the abandoned smelter (Upper Meža Valley) and the biggest thermal power plant in Slovenia (Šalek Valley) in the 2000 – 2007 period. The survey was performed with the aim to compare our results with other European studies and to assess the potential human risk due to mushroom consumption. In general, wild growing mushrooms do not constitute a significant portion in human diet. However, the consumption of wild growing mushrooms continues to increase in many countries, especially in Eastern and Central Europe. Since various species of wild growing fungi are affective accumulators of metals, the assessment of potential human risk due to mushroom consumption is required. On the basis of provided results, the following conclusions can be made:

Comparison of average values of trace elements in fruiting bodies and tolerable (permitted) values (MDK) valid in Slovenia revealed that the most problematic element is Cd in fruiting bodies from the Upper Meža Valley, where the Cd levels exceeded MDK value in 87% of mushroom species. In a half of the analysed mushroom

species, measured metal contents exceeded MDK values for Pb in the Upper Meža Valley (66%) as well as for As (59,1%) and Cd (49%) in the Šalek Valley. Furthermore, it was confirmed that Cd was probably the most detrimental metal in both areas, considering the WHO/FAO directives regarding tolerable weekly intake of metals in human body. Only in several species, the maximum acceptable biomass of mushrooms was significantly restricted due to the Pb content (*Lycoperdon perlatum*, *Macrolepiota procera*, *Suillus bovinus* from the Upper Meža Valley) and Hg levels (*Agaricus campestris*, *Boletus reticulatus*, *Lycoperdon utriformis* from the Šalek Valley). Mushrooms are not the only source of metals for humans; therefore the provided maximum acceptable biomass of consumed mushrooms should be even lower than the values presented in the paper.

The level of tolerable weekly intake in the study was calculated for a 60 kg healthy adult person, who consumed a portion of less than 300g. Based on results for the Šalek Valley, tolerable weekly consumption levels were exceeded in *Agaricus arvensis*, *Agaricus silvicola*, *Boletus reticulatus* and *Laccaria amethystina*, while *Boletus badius*, *Cantharellus cibarius*, *Chroogomphus rutilus*, *Gomphidius glutinosus*, *Lactarius deliciosus*, *Leccinum aurantiacum*, *Leccinum versipelle* and *Lycoperdon perlatum*, and representatives from the genera *Russula* and *Suillus* (with exception of *S. cavipes* and *S. grevillei*) can be consumed with no restriction. In the Upper Meža Valley, the tolerable weekly intake values were exceeded for *Boletus edulis*, *Lycoperdon perlatum*, *Leccinum versipelle*, *Armillaria mellea*, and *Macrolepiota procera*. Only three species from the Upper Meža Valley were suitable for human consumption (*Cantharellus cibarius*, *Gomphidius glutinosus* and *Hydnum repandum*). Other analysed species from either of both sites should be consumed with care.

The country's wide monitoring programme of the most problematic metals in mushrooms has not been established yet, although proposed as early as in 2009 (KONONENKO 2009). The proposal predicted a parallel fruiting body focused sampling in all degraded or polluted areas, including traditional fungi picking areas. However, the sampling should be systematically extended throughout the country area. The monitoring programme was proposed as part of the »Slovenian environmental biomonitoring programme«, i.e. as an essential part if the risk assessment for higher links of the food chain (including human), as a monitoring of changes at the pollution level, and as an assessment of the exposure of forest ecosystem to metals.

7 Zahvala

7 Acknowledgement

Izvedba prikazanih raziskav o vsebnosti kovin v vplivnem območju Termoelektrarne Šoštanj in v Zgornji Mežiški dolini ne bi bila mogoča brez finančne podpore Termoelektrarne Šoštanj

in brez sredstev Javne agencije za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije, ki je financirala raziskavo "Glive kot odzivni in akumulacijski bioindikatorji onesnaženosti gozdnih rastišč" (L1-6404-10076-05). Večina kemijskih analiz je bila opravljena v laboratoriju inštituta ERICo Velenje. Vsem, ki so sodelovali pri vzorčenju, pripravi vzorcev in kemijskih analizah, se za njihovo vestno delo zahvaljujemo. Karto je izdelala Ida Jelenko, za kar se ji ob tej priložnosti zahvaljujemo.

8 Viri

8 References

- AL SAYEGH PETKOVŠEK, S. / POKORNY, B. / RIBARIČ LASNIK, C. / VRTAČNIK, J. 2002. Vsebnost Cd, Pb, Hg in As v trosnjakih gliv iz gozdnate krajine Šaleške doline.- Zbornik gozdarstva in lesarstva 67: 5-46.
- AL SAYEGH PETKOVŠEK, S. / POKORNY, B. 2011. Pregled vsebnosti Cd, Hg, Pb in As v trosnjakih evropskih vrst iz gozdne krajine. - Zbornik gozdarstva in lesarstva 94: 3-20.
- AL SAYEGH PETKOVŠEK, S. 2008. Glive kot odzivni in akumulacijski bioindikatorji onesnaženosti gozdnih rastišč v Šaleški dolini. Doktorska disertacija.- Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive vire: 251 str.
- AL SAYEGH PETKOVŠEK, S. / POLIČNIK, H. / RAMŠAK, R. / MAVEC, M. / POKORNY, B. 2010. Ecological remediation of the Šoštanj Thermal Power Plant with respect to sustainable development of the Šalek Valley, Slovenia.- Thermal Science 14 (3): 773-782.
- ALONSO, J. / GARCIA, M. A. / PEREZ-LOPEZ, M. / MELGER, M. J. 2003. The concentration and bioaccumulation factors of copper and zinc in edible mushrooms.- Archives of Environmental Contamination and Toxicology 224: 180-188.
- ALONSO, J. / SALGRADO, M. J. / GARCIA, M. A. / MELGAR, M. J. 1999. Accumulation of mercury in edible macrofungi: Influence of some factors.- Archives of Environmental Contamination and Toxicology 38: 158-162.
- ARZENŠEK, B. 2001. Dodatek k Seznamu gliv Slovenije.- Ljubljana, Zveza gobarskih društev Slovenije, 11 str.
- ATSDR 2005. CERCLA list of priority hazardous substances.- Agency for toxic substances and disease registry, www.atsdr.cdc.gov./99list (31.3.2008).
- BERTOLINO, S. / VIZZINI, A. / WAUTERS, L. A. / TOSI, G. 2004. Consumption of hypogeous fungi by the red squirrel (*Sciurus vulgaris*) in subalpine conifer forests.- Forest ecology and management 202, 1/3: 227-233.
- BREITENBACH, J. / KRAENZLIN, F. 1984. Fungi of Switzerland. Vol. 1, Ascomycetes. Luzern, Verlag Mycologia, 310 str.
- BREITENBACH, J. / KRAENZLIN, F. 1986. Fungi of Switzerland. Vol. 2, Non gilled fungi. Luzern, Verlag Mycologia, 412 str.
- BREITENBACH, J. / KRAENZLIN, F. 1991. Fungi of Switzerland. Vol. 3, Boletes and agarics, 1st part. Luzern, Verlag Mycologia, 361 str.
- BREITENBACH, J. / KRAENZLIN, F. 1995. Fungi of Switzerland. Vol. 4, Agarics 3rd part. Luzern, Verlag Mycologia, 368 str.
- BREITENBACH, J. / KRAENZLIN, F. 2000. Fungi of Switzerland. Vol. 5, Agarics 2nd part. Luzern, Verlag Mycologia, 338 str.
- BUIGUT, S. K. 2002. Mushroom production in sustainable small-scale farming system opportunities and constraints: a survey of Uasin Gishu district.- Proceeding of the Horticulture seminar on sustainable horticultural production in the tropics at Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology, 3-6 October: 1-5.
- BYRNE, A. R. / RAVNIK, V. / KOSTA, L., 1976. Trace element concentration in higher fungi.- Science of the Total Environment 6: 65-78.
- COCCHI, L. / VESCOVI, L. / PETRINI, L.E. / PETRININI, O. 2006. Heavy metals in edible mushrooms in Italy.- Food Chemistry 98: 277-284.
- COLLIN-HANSEN, C. / YTTRI, K. E. / ANDERSEN, R. A. / BERTHELSE, B. O. / STEINNES, E. 2002. Mushrooms from two metal-contaminated areas in Norway: Occurrence of metals and metallothionein-like proteins.- Geochemistry, Exploration, Environment, Analysis 2: 2074-2076.
- Commission Directive 2001/22/EC of 8 March 2001 laying down the sampling methods and the methods of analysis for the official control of the levels of lead, cadmium, mercury and 3-MCPD in foodstuffs, No. L 77, str. 14-21.
- COURTECUISSÉ, R. 1999. Mushrooms of Britain & Europe.- London, Harper Collins publishers, 904 str.
- DEMIRBAS, A. 2000. Accumulation of heavy metals in some edible mushrooms from Turkey.- Food Chemistry 68: 415-419.
- JECFA 2011. Evaluation of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA).- <http://appa.who.int/ipsc/database/evaluations> (14.2.2011).
- EY, J. / SCHÖMIG, E. / TAUBERT, D. 2007. Dietary sources and antioxidant effects of ergothioneine.- Journal of Agricultural and Food Chemistry 55: 6466-6474.
- FALANDYSZ, J. / BIELAWSKI, L. 2001. Mercury content of wild edible mushrooms collected near the town of Augustow.- Polish Journal of Environmental Studies 10, 1: 67-71.
- FALANDYSZ, J. / BIELAWSKI, L. 2007. Mercury and its bioconcentration factor in Brown Birch Scaber Stalk (*Leccinum scabrum*) from various sites in Poland.- Food Chemistry 105: 635-640.
- FALANDYSZ, J. / FRANKOWSKA, A. / MAZUR, A. 2007a. Mercury and its bioconcentration factors in King Bolete (*Boletus edulis* Bull. Fr.).- Journal of Environmental Science and Health Part B 42: 1089-2095.
- FALANDYSZ, J. / GUCIA, M. / MAZUR, A. 2007b. Content and bioconcentration factors of mercury by Parasol Mushroom *Macrolepiota procera*.- Journal of Environmental Science and Health Part B 42: 735-740.
- FISCHER, R. G. / RAPSOMANIKIS, S. / ANDREAE, M. O. / BALDI, F. 1995. Bioaccumulation of methylmercury and transformation of inorganic mercury by macrofungi.- Environmental Science & Technology 29: 993-999.
- GARCIA, M. A. / ALONSO, J. / FERNANDEZ, M. I. / MELGAR, M. J. 1998. Lead content in edible wild mushrooms in north-west Spain as indicator of environmental contamination.-

- Archives of Environmental Contamination and Toxicology 34: 330-335.
- GNAMUŠ, A. / BYRNE, A. R. / HORVAT, M. 2000. Mercury in the soil-plant-deer-predator food chain of a temperate forest in Slovenia.- *Environmental Science & Technology* 34: 3337-3345.
- JAMNICKA, G. / BUČINOVA, K. / HAVROVANOVA, I. / URBAN, A. 2007. Current state of mineral nutrition and risk elements in a beech ecosystem situated near the aluminium smelter in Žiar nad Hronom, Central Slovakia.- *Forest Ecology and management* 248: 26-35.
- KALAC, P. / BURDA, J. / STAŠKOVA, I. 1991. Concentration of lead, cadmium, mercury and copper in mushrooms in the vicinity of a lead smelter.- *Science of the Total Environment* 105: 109-119.
- KALAC, P. / NIZNANSKA, M. / BEVILAQUA, D. / STAŠKOVA, I. 1996. Concentrations of mercury, copper, cadmium and lead in fruiting bodies of edible mushrooms in the vicinity of a mercury smelter and a copper smelter.- *Science of the Total Environment* 177: 251-258.
- KALAC, P. / SVOBODA, L. 2000. A review of trace element concentrations in edible mushrooms.- *Food Chemistry* 69: 273-281.
- KALAC, P. / ŠLAPETOVA, M. 1997. Mercury contents in fruiting bodies of wild growing edible mushrooms.- *Potrav Vedy* 15: 405-410.
- KALAC, P. 2009. Chemical composition and nutrient value of European species of wild growing mushrooms: A review.- *Food Chemistry* 113: 9-16.
- KALAC, P. 2010. Trace element content in European species of wild growing edible mushrooms: A review for the period 2000 – 2009.- *Food Chemistry* 122: 2-15.
- KALAR, M. 2008. Biološko aktivne snovi v vodnih ekstraktih nekaterih bazidiomicet. Diplomsko delo.- Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo.
- KALYONCU, F. / ERGÖNÜL, B. / YILDIZ, H. / KALMIS, E. / SOLAK, M. H. 2010. Chemical composition of four wild edible mushroom species collected from Southwest Anatolia.- *Gazi University Journal of Science* 23: 375-379.
- KOJO, M. / LODENIUS, M. 1989. Cadmium and mercury in macrofungi – mechanisms of transport and accumulation.- *Angewandte Botanik* 63: 279-292.
- KOMAREK, M. / CHRASTNY, V. / ŠTICHOVA, J. 2007. Metal/metalloid contamination and isotopic composition of lead in edible mushrooms and forest soil originating from a smelting area.- *Environment International* 33: 677-684.
- KONONENKO, L. (ur.) 2009. Biomonitoring kemikalij v okolju. Predlog pilotnega programa okoljskega biomonitoringa za obdobje 2010-2012.- Republika Slovenije, Ministrstvo za zdravje, Urad RS za kemikalije.
- KRAENZLIN, F. 2005. Fungi of Switzerland. Vol. 6, Russulaceae.- Luzern, Verlag Mycologia, 317 str.
- KUGONIČ, N. / POKORNY, B. 2006. Impact of heavy metal pollution on soils and plants in the vicinity of the abandoned lead smelter in the Upper Meža Valley (Slovenia).- *Mitteilungen der Österreichischen Bodenkund-lichen Gesellschaft* 73: 113-119.
- KUGONIČ, N. / STROPNIK, M. 2001. Vsebnosti težkih kovin v tleh in rastlinah na kmetijskih površinah v Šaleški dolini.- Velenje, ERICo Velenje, DP-24/02/01: 164 str.
- KUUSI, T. / LAAKSOVIRTA, K. / LIUKKONEN-LILJA, H. / LODENIUS, M. / PIEPPONEN, S. 1981. Lead, cadmium and mercury contents of fungi in Helsinki area and in unpolluted control areas.- *Z Lebensm Unters Forsch* 173: 261-267.
- LARSEN, E. H. / HANSEN, M. / GÖSSLER, W. 1998. Speciation and health risk consideration of arsenic in the edible mushroom *Laccaria amethystina* collected from contaminated and uncontaminated locations.- *Applied Organometallic Chemistry* 12: 285-291.
- LEPŠOVA, A. / KRAL, R. 1988. Lead and cadmium in fruiting bodies of macrofungi in the vicinity of a lead smelter.- *Science of the Total Environment* 76: 129-183.
- LIUKKONEN-LILJA, H. / KUUSI, T. / LAAKSOVIRTA, K. / LODENIUS, M. / PIEPPONEN, S. 1983. The effect of a lead processing works on the lead, cadmium and mercury contents of fungi.- *Z Lebensm Unters Forsch* 176: 120-123.
- MALINOWSKA, E. / SZEFER, P. / FALANDYSZ, J. 2004. Metals bioaccumulation by bay bolete, *Xerocomus badius*, from selected sites in Poland.- *Food Chemistry* 84: 405-416.
- MASER, C. / TRAPPE J. M. / NUSSBAUM R. A. 1978. Fungal-small-mammal interrelationships with emphasis on Oregon coniferous forests.- *Ecology* 59: 799-809.
- MELGAR, M. J. / ALONSO, M. / PEREZ-LOPEZ, M. / GARCIA, M. A., 1998. Influence of some factors in toxicity and accumulation of cadmium from edible wild macrofungi in NW Spain.- *Journal of Environmental Science and Health* 33, 4: 439-455.
- MELGER, M. J. / ALONSO, J. / GARCIA, M. A. 2009. Mercury in edible mushrooms and underlying soil: Bioconcentrations factors and toxicological risk.- *Science of the Total Environment* 407: 5328-5334.
- MICHELOT, D. / SIOBUD, E. / DORE, J. C. / VIEL, C. / POIRIER, F. 1998. Update on metal content profiles in mushrooms – toxicological implications and tentative approach to the mechanisms of bioaccumulation.- *Toxicon* 36, 12: 1997-2012.
- MOLINA, R. / PILZ, D. / SMITH, J. / DUNHAM, S. / DREISBACH, T. / O'DELL, T. / CASTELLANO, M. 2001. Conservation and management of forest fungi in the Pacific Northwestern United States: an integrated ecosystem approach.- V: Moore, D. / Nauta, M.M. / Evans, S.E. / Rotheroe, M. (ur.), *Fungal conservation: issues and solutions*. Cambridge, University Press, 19-63.
- MOSER, M. 1978. Die Röhrlinge und Blätterpilze.- Stuttgart, Gustav Fisher Verlag, 532 str.
- PHILLIPS, R. 1981. Mushrooms and other fungi of Great Britain & Europe.- London, Basingstone, Oxford, Pan Books, Macmillan Publisher, 287 str.
- POKORNY, B. / AL SAYEGH PETKOVŠEK, S. / RIBARIČ LASNIK, C. / VRTAČNIK, J. / DOGANOC, D. Z. / ADAMIČ, M. 2004. Fungi ingestion as an important factor influencing heavy metal intake in roe deer: evidence from faeces.- *Science of the Total Environment* 324: 223-234.
- POKORNY, B. / AL SAYEGH PETKOVŠEK, S. 2008. Trosnjaki gliv v prehrani srnjadi in nekaterih drugih vrst prostoživečih prežvekovalcev: rekonstrukcija prehrane na podlagi analiz iztrebkov.- V: Pokorny, B., Savinek, K., Poličnik, H. (ur.), *1. slovenski posvet z mednarodno udeležbo o opravljanju z divjadjo: srnjad*. ERICo, d.o.o., 42-45.

- POKORNY, B. / JELENKO, I. / KIERDORF, U. / KIERDORF, H. 2009. Roe deer antlers as historical bioindicators of lead pollution in the vicinity of a lead smelter, Slovenia.- *Water Air Soil Pollution* 203: 317-324.
- POKORNY, B. 2003. Notranji organi in rogovje srnjadi (*Capreolus capreolus* L.) kot bioindikatorji onesnaženosti okolja z ioni težkih kovin. Doktorska disertacija.- Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 193 str.
- POKORNY, B. 2006. Roe deer (*Capreolus capreolus* L.) antlers as an accumulative and reactive bioindicator of lead pollution near the largest Slovene thermal power plant.- *Veterinarski Arhiv* 76: S131-S142.
- POLER, A. 1998. Seznam gliv Slovenije. 2. dopolnjena in posodobljena izdaja.- Ljubljana, Zveza gobarskih društev Slovenije, 120 str.
- POLIČNIK, H. / SIMONČIČ, P. / BATIČ, F. 2008. Monitoring air quality with lichens: a comparison between mapping in forest sites and in open areas.- *Environmental Pollution* 151: 395-400
- POLIČNIK, H. 2008. Ugotavljanje onesnaženosti zraka s kartiranjem epifitskih lišajev in z analizo akumulacije težkih kovin. Doktorska disertacija.- Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 135 str.
- Pravilnik o količinah pesticidov in drugih strupenih snovi, hormonov, antibiotikov in miktoksinov, ki smejo biti v živilih.- Ur. l. SFRJ, št. 59/83.
- Pravilnik o onesnaževalcih v živilih.- Ur. l. RS, št. 69/2003.
- RIBARIČ LASNIK, C. / ERŽEN, I. / KUGONIČ, N. / POKORNY, B. / KONČNIK, D. / SVETINA, M. / JUSTIN, B. / DRUKS, P. / BOLE, M. / ROŠER DREV, A. / VETRIH, M. / FLIS, J. / KOTNIK, K. / MAVSAR, R. / PAČNIK, L. / AL SAYEGH PETKOVŠEK, S. / SAVINEK, K. 2002. Primerjalna študija onesnaženosti okolja v Zgornji Mežiški dolini med stanjih v letih 1989 in 2001.- *ERICo Velenje*, DP 24/02/02, 720 str.
- ROTNIK, U. 2008. Ekološke obremenitve okolja.- Bilten TEŠ.
- RUDAWSKA, M. / LESKI, T. 2005a. Macro- and microelement contents in fruiting bodies of wild mushrooms from the Notecka forest in west-central Poland.- *Food chemistry* 92: 499-506.
- RUDAWSKA, M. / LESKI, T. 2005b. Trace elements in fruiting bodies of ectomycorrhizal fungi growing in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands in Poland.- *Science of the Total Environment* 339: 103-115.
- SLEKOVEC, M. 1995. Determination of total arsenic and arsenic compounds in mushrooms.- Dissertation, Graz, Karl-Franzens Universität, 130 s.
- SOYLAK, M. / SARACOGLU, S. / TÜZEN, M. / MENDILL, D. 2005. Determination of trace metals in mushroom samples from Kayseri, Turkey.- *Food Chemistry* 92: 649-652.
- STANKEVIČIENE, D. 1996. Mycological and lichenological investigations in the former Soviet military forestries in Lithuania: Heavy metals in macromycetes.- *Botanica Lithuanica* 2, 4: 379-394.
- StatSoft 2006. Statistica for Windows 7.1.- Tulsa, StatSoft: CD
- STEGNAR, P. / KOSTA, L. / BYRNE, A. R. / RAVNIK, V. 1973. The accumulation of mercury by, and the occurrence of methyl mercury in, some fungi.- *Chemosphere* 2: 57-63.
- SVOBODA, L. / HAVLIČKOVA, B. / KALAIČ, P. 2006. Contents of cadmium, mercury and lead in edible mushrooms in a historical silver-mining area.- *Food Chemistry* 96: 580-585.
- SVOBODA, L., ZIMMERMANNNOVA, K. / KALAIČ, P. 2000. Concentration of mercury, lead and copper in fruiting bodies of edible mushrooms in an emission area of a copper smelter and a mercury smelter.- *Science of Total Environment* 246: 61-67.
- ŠIŠAK, L. 1996. The importance of forests as source of mushrooms and berries in the Czech Republic.- *Mykologicky Sbornik* 73: 98-101.
- ŠLEJKOVEC, Z. / BYRNE, A. R. / GOESSLER, W. / KUEHNELT, D. / IRGOLIČ, K. J. / POHLEVEN, F. 1996. Methylation of arsenic of *Pleurotis* sp. and *Agaricus placomyces*.- *Acta Chimica Slovenica* 43: 269-283.
- ŠLEJKOVEC, Z. / BYRNE, A. R. / STIJVE, T. / GÖSSER, W. / GAILER, J. / IRGOLIČ, K. J. 1997. Arsenic compounds in higher fungi.- *Appl. Organometal. Chem.* 11: 673-682.
- VETTER, J. 2004. Arsenic content of some edible mushroom species.- *European Food Research and Technology* 219: 71-74.
- VOVK, T. (ur.). 2010. Poročilo o stanju kmetijstva, živilstva in gozdarstva v letu 2009.- Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Kmetijski inštitut Slovenije, Ljubljana.
- VRBIČ KUGONIČ, N. 2009. Privzem kovin pri izbranih rastlinskih vrstah na območjih obremenjenih z energetsko in topilniško dejavnostjo. Doktorska disertacija.- Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Podiplomski študij bioloških in biotehniških znanosti, 98 str.
- YTTRI, K. E. / ANDERSEN, R. A. / BERTHELSEN, B. O. / COLLIN-HANSEN, C. / STEINNES, E. 2000. Mushrooms from a Cd and Zn contaminated spruce forest: Occurrence of heavy metals and heavy metal binding proteins.- V: Nriagu, J. (ur.), 11th Annual international conference on the heavy metals in the environmental. Ann Arbor, University of Michigan, Contribution number 1385.
- ZHANG, D. / GAO, T. / MA, P. / LUO, Y. / SU, P. 2008. Bioaccumulation of heavy metal in wild growing mushrooms from Liagshan.- *Wuhan University J. Nat. Sci.* 13: 267-272.

