

Univerzita Hradec Králové

Přírodovědecká fakulta

Katedra biologie

**Kvantifikace nejvýznamnějších těžkých kovů v plodnicích
jedlých hub rostoucích v centru Hradce Králové**

Bakalářská práce

Autor: Žaneta Závišková
Studijní program: B1501 Biologie
Studijní obor: Biologie se zaměřením na vzdělávání,
Tělovýchovné a sportovní aktivity se
zaměřením na vzdělávání
Vedoucí práce: Mgr. Jan Wipler
Odborný konzultant: Ing. Vladimír Dvořák, Ph. D.
Oponent práce: doc. RNDr. František Malíř, Ph.D.

Univerzita Hradec Králové

Přírodovědecká fakulta

Zadání bakalářské práce

Autor: Žaneta Závišková

Studijní program: B1501 Biologie

Studijní obor: Biologie se zaměřením na vzdělávání, Tělovýchovné a sportovní aktivity se zaměřením na vzdělávání

Název práce: **Kvantifikace nejvýznamnějších těžkých kovů v plodnicích jedlých hub rostoucích v centru Hradce Králové**

Název práce v AJ: Quantification of significant heavy metals in fruiting bodies of edible mushrooms growing in the center of Hradec Králové

Cíl a metody práce:

Práce má poukázat na možná zdravotní rizika spojená s konzumací plodnic jedlých hub ve městech s frekventovanými dopravními komunikacemi. Cílem výzkumu je monitoring druhové diverzity jedlých hub v centru města Hradce Králové. Dalším cílem bude monitoring koncentrace vybraných těžkých kovů v plodnicích jedlých hub. Naměřené hodnoty obsahu těžkých kovů budou srovnávány s nejnovějším zněním hygienické normy ustanovené Evropskou unií.

Garantující pracoviště: Katedra biologie Přírodovědecké fakulty UHK

Vedoucí práce: Mgr. Jan Wipler

Konzultant: Ing. Vladimír Dvořák, Ph. D.

Oponent: doc. RNDr. František Malíř, Ph.D

Datum zadání práce: 2014

Datum odevzdání práce:

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a že jsem v seznamu použité literatury uvedla všechny prameny, ze kterých jsem vycházela.

V Hradci Králové dne

Žaneta Závíšková

Poděkování

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce, Mgr. Janu Wiplerovi, za odborné konzultace, cenné rady a důležité připomínky, které mi výrazně pomohly při jejím vypracování. Dále bych chtěla poděkovat Prof. Ing. Jiřině Szákové, CSc. a jejímu týmu odborných pracovníků a studentů Katedry agroenvironmentální chemie a výživy rostlin Fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů (FAPPZ) České zemědělské univerzity (ČZU) v Praze za spolupráci s laskavým dovolením použití jejich výsledků pro srovnání s těmi našimi. Mé poděkování rovněž patří panu Ing. Vladimíru Dvořákovi, Ph. D. za vstřícnou pomoc při práci v laboratoři a Mgr. Ladě Kacálkové, Ph. D. za zprostředkování spolupráce s ČZU. Také bych chtěla poděkovat své rodině a blízkým, kteří mě v průběhu celého studia podporovali.

Anotace

ZÁVIŠKOVÁ, Ž. *Kvantifikace nejvýznamnějších těžkých kovů v plodnicích jedlých hub rostoucích v centru Hradce Králové*. Hradec Králové, 2015. Bakalářská práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí bakalářské práce Mgr. Jan Wipler. 67 s.

Houby jsou již tisíciletí součástí jídelníčku většiny národů. Jejich obliba spíše stoupá, proto je tato práce zaměřena na problematiku monitoringu a kvantifikace těžkých kovů, jež se kumulují v myceliu hub, a tedy i v jejich plodnicích. Ty tvoří jedlou část celého mykoorganismu. Teoretická část práce je zaměřena na uvedení do řešené problematiky. Obsahuje stručný popis toxicity vybraných těžkých kovů a jejich dopad na zdraví člověka. Dále obsahuje recentní poznatky mykoremediace, tj. ochotu hub absorbovat a degradovat těžké kovy ze substrátu, jehož využívají k růstu.

Praktická část práce bude sledovat druhové bohatství hub, které fruktifikují v blízkosti silnic v centru města Hradce Králové se zaměřením na městské parky, a kvantifikuje obsah těžkých kovů (například Pb, Cd, Hg, Al, As).

Cílem výzkumu bude monitoring druhové diverzity jedlých hub v centru města Hradce Králové fruktifikujících ve významném množství během roku. Dalším cílem bakalářské práce bude monitoring koncentrace vybraných těžkých kovů v plodnicích jedlých hub. Naměřené hodnoty obsahu těžkých kovů budou srovnávány s nejnovějším zněním hygienické normy ustanovené Evropskou Unií.

Práce má poukázat na možná zdravotní rizika spojená s konzumací plodnic jedlých hub ve městech s frekventovanými dopravními komunikacemi.

Klíčová slova

biomonitoring, jedlé houby, toxicita, těžké kovy, zdravotní rizika

Annotation

ZÁVIŠKOVÁ, Ž. *Quantification of significant heavy metals in fruiting bodies of edible mushrooms growing in the center of Hradec Králové*. Hradec Králové, 2015. Bachelor's Thesis at Faculty of Science University of Hradec Králové. Thesis Supervisor Mgr. Jan Wipler. 67 pp.

Mushrooms have already been a part of many nations diet for many millennia. Their popularity has been rather growing, so this work has been focusing on the issues of monitoring and quantification of heavy metals that accumulate in the mycelium of fungi and thus in their fruiting bodies. Those represent the edible part of the whole mycoorganism.

The theoretical part of the thesis focuses on the introduction to the issue. It includes brief characteristics of the toxicity of heavy metals and their effect on human health. In addition it also contains the recent findings of mycoremediation (i. e. affinity of fungi to absorb and degrade the heavy metals from the substrate, that are used to grow from).

The practical part of this thesis shows the richness of biodiversity of fungi that form its fruiting bodies near roads in the city center of Hradec Králové with focus on urban parks and quantities the content of heavy metals (for example Pb, Cd, Hg, Al, As)

The aim of the research is the species diversity monitoring of edible mushrooms in the center of Hradec Králové producing the fruiting bodies in significant quantities during the year. Another aim of the thesis is monitoring of the concentration of these heavy metals in fruiting bodies of edible mushrooms. The measured concentrations of the heavy metals are compared with the latest versions of hygienic standards established by the European Union.

This bachelor thesis should point out the potential health risks associated with the consumption of fruit bodies of edible mushrooms in the cities with busy streets.

Keywords

biomonitoring, edible mushrooms, toxicity, heavy metals, health risks

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AAS	Atomic Absorption Spectrometry
Ag	Stříbro
AMA	Advanced Mercury Analyser
As	Arsen
Ca	Vápník
Cd	Kadmium
Cu	Měď
FAAS	Flame Atomic Emission Spectrometry
GIMP	GNU Image Manipulation Program
GPS	Global Positioning System
Hg	Rtuť
ICP-MS	Inductively coupled plasma mass spektrometry
Mg	Hořčík
Mn	Mangan
Na	Sodík
Ni	Nikl
Pb	Olovo
S	Síra
Se	Selen
WHO	World Health Organization
Zn	Zinek

OBSAH

ÚVOD	10
1. TEORETICKÁ ČÁST.....	12
1.1. TRADICE SBĚRU HUB	12
1.2. EKOLOGICKÝ VÝZNAM HUB.....	13
1.3. VÝŽIVOVÉ SLOŽKY HUB	13
1.3.1. Bílkoviny	14
1.3.2. Minerální látky a vitaminy.....	14
1.3.3. Lipidy	15
1.3.4. Cukerné alkoholy.....	15
1.3.5. Sacharidy	15
1.3.6. Ostatní minoritní látky	15
1.4. VYBRANÉ TĚŽKÉ KOVY.....	17
1.4.1. Kadmium	17
1.4.2. Rtuť.....	17
1.4.3. Olovo	18
1.4.4. Arsen	18
1.4.5. Beryllium	18
1.4.6. Kobalt	18
1.4.7. Nikl	18
1.4.8. Hygienické limity	19
1.4.9. Intoxikace těžkými kovy	20
1.5. MYKOREMEDIACE A DEGRADACE TĚŽKÝCH KOVŮ	20
1.6. RIZIKOVOST KONTAMINACE TĚŽKÝMI KOVY PODÉL SILNIC.....	21
2. CÍLE PRÁCE	23
3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....	24
3.1. PŘÍSTROJOVÁ TECHNIKA A MATERIÁLY	24
3.1.1. Pomůcky	24
3.1.2. Přístroje	24
3.1.3. Programy.....	24
3.2. METODIKA PRÁCE	25
3.2.1. Odběr vzorků.....	25
3.2.2. Příprava vzorků.....	25
3.2.3. Kvantifikace těžkých kovů	25
3.3. VÝSLEDKY	26

3.3.1.	Charakteristika studovaného vzorku.....	26
3.3.2.	Zpracování výsledků.....	29
3.3.3.	Analýza dat.....	41
4.	DISKUZE	48
5.	ZÁVĚR	51
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	52
	PŘÍLOHY	56

ÚVOD

Houby (*Fungi*) představují samostatnou říši v rámci superskupiny Opistoconta (Cavalier-Smith and Chao 1995; Cavalier-Smith 1996) a zásadním způsobem ovlivňují koloběh živin v přírodě. Jsou schopny absorbovat různé ionty, včetně toxických a těžkých kovů, které se navážou na hyfu a poté se dostávají do nitra buňky. Záleží ovšem na kumulační způsobilosti daného druhu a koncentraci prvků v půdě. Tyto kontaminanty životního prostředí nejčastěji pocházejí z antropogenních činností. Rizikové prvky se tak dostávají do půdy a mají nepříznivé účinky na půdní procesy a následně i na celý potravní řetězec. V České republice je houbaření velice oblíbenou a tradiční činností. Houby se sbírají nejenom v lese, ale i v městských parcích a v blízkosti silnic center velkých měst. Tato studie je zaměřena na houby jedlé, rostoucí v centru města Hradce Králové.

V současnosti však konzumace plodnic z těchto oblastí může představovat velké riziko pro zdraví člověka a to kvůli velkému množství těžkých kovů (olovo, kadmium, rtuť), které jsou absorbovány jejich myceliem. Zdroje těžkých kovů ve větších městech jsou např. strojírenský průmysl, automobilový průmysl, spalovny fosilních paliv nebo elektrické články. Do těla člověka se tak dostávají alimentární cestou.

Práce je rozdělena na teoretickou a experimentální část. Teoretická část je zaměřena na význam hub v přírodě. Jsou zde popsány výživové složky hub a charakteristika vybraných těžkých kovů i s jejich dopadem na zdraví člověka. Obsahuje především popis kadmia, rtuti a olova. Jsou zde zpracovány poznatky mykoremediace a rizikivosti kontaminace těžkými kovy podél silnic.

Experimentální část práce proběhla nejprve v terénu, kde byly odebrány vzorky plodnic a substrátu. Základní zpracování sebraných vzorků (exsikace a vážení) probíhalo ve specializované laboratoři na Přírodovědecké fakultě UHK. Vlastní měření (koncentrace vybraných těžkých kovů v plodnicích), pak proběhlo ve spolupráci s Českou zemědělskou univerzitou v Praze na Fakultě agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů. Výsledky jsou zaznamenány v experimentální části bakalářské práce.

Cílem předkládané studie je mykofloristický monitoring biodiverzity jedlých hub rostoucích v Hradci Králové v roce 2014 (duben – listopad). Dalším cílem je pak kvantifikace vybraných těžkých kovů v plodnicích těchto jedlých druhů hub z různých stanovišť v Hradci Králové a porovnání s hygienickou normou stanovenou dle ČZU (Tabulka 3). Pomocí statistického hodnocení je zde také testována hypotéza, zda vzdálenost od silnice, kde plodnice hub vyrostly souvisí se zvýšenou koncentrací těžkých kovů v nich a odpovídá-li koncentrace těžkých kovů v půdě i zvýšené koncentraci těžkých kovů v plodnicích. Práce má poukázat na sílu mykoremediace a možná zdravotní rizika spojená s konzumací plodnic jedlých hub, které jsou sbírány ve městech v blízkosti frekventovaných komunikací.

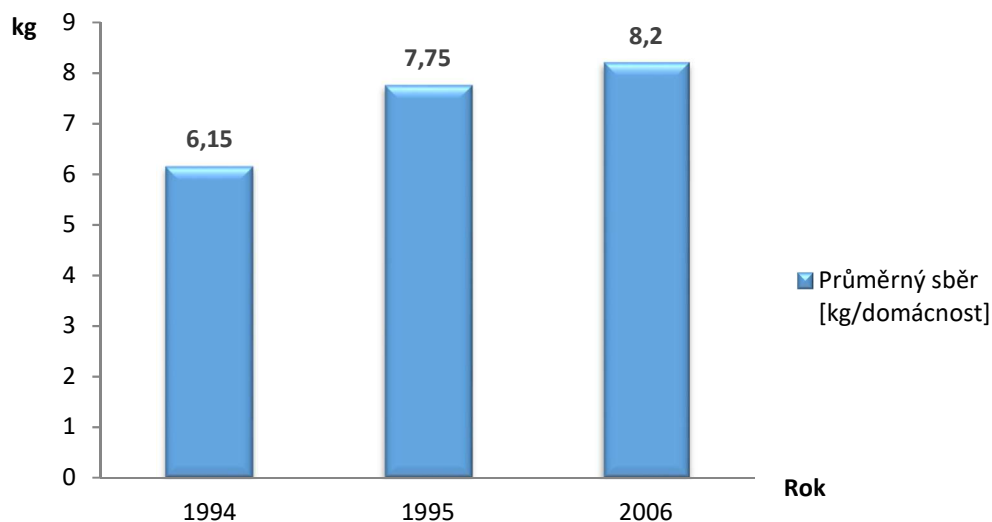
Důležitost práce spočívá v tom, aby konzumenti hub věděli, zda obsah těžkých kovů v plodnicích jedlých hub ve městech odpovídá stanoveným hygienickým normám. Pro lepší přehlednost byla vypracována jako samostatná součást předkládané bakalářské práce také praktická příručka s fotografiemi vybraných jedlých hub, která obsahuje charakteristiku vybraných druhů hub a typografické vyobrazení obsahu těžkých kovů.

1. TEORETICKÁ ČÁST

1.1. TRADICE SBĚRU HUB

První záznamy o konzumaci pocházejí ze starověkého Řecka a Říma a první zmínky o sběru hub na našem území pocházejí ze 14. století (Mieslerová et al., 2016). Sběr a konzumace volně rostoucích hub se těší největší tradici ve střední a východní Evropě. Česká republika je národem houbařů a je tím proslavena takřka po celém světě. V polovině 90. let sbíralo houby 70 % domácností. Výzkum Lesnické fakulty České zemědělské univerzity v Praze dospěl k zjištění, že v roce 1994 připadlo na domácnost 6,15 kg hub, v roce 1995 to bylo 7,75 kg hub. V těchto letech se nasbíralo 27 000 tun plodnic/rok. V přepočtu na jednoho obyvatele 2,25 kg plodnic. Nejvíce se sbíralo v Západočeském kraji, následovaly střední a východní Čechy. Menší aktivita byla zaznamenána na Moravě (Kalač, 2008). Podle České zemědělské univerzity v roce 2006 spotřeba činila již 8,2 kg hub, což naznačuje, že oblíbenost sběru u nás stoupá (Graf 1).

Graf 1 - Průměrný sběr hub v ČR



Přístup ke sběru hub jako ke koníčku je v každé zemi zcela odlišný, což je pravděpodobně dáno historickým vývojem zemí a jejich kulturou. Houbaření je dále oblíbené u Slováků, Poláků a Rusů. Naopak v některých státech, jako je Rakousko

a Švýcarsko, mají předepsanou hmotnost plodnic na osobu, která nesmí být při sběru překročena.

1.2. EKOLOGICKÝ VÝZNAM HUB

V posledních desetiletích se průmyslově vyspělé státy potýkají se stále větším znečišťováním přírody odpady. V přírodě významně nezasazené člověkem je tento problém vyřešen. Zde probíhá věčný koloběh mezi producenty, konzumenty a destruenty. Důležitými destruenty vedle bakterií jsou právě houby, které se vyskytují kosmopolitně (Knoop, 1999).

Všechny houby jsou typické heterotrofní absorptivní výživou. V případě konkrétních druhů makromycetů tento způsob výživy uplatňují zejména saprotrofové, mutualisti nebo parazité, méně často i jako lichenizované houby nebo endofyti. V řadě případů to ale není jednoznačné (Holec, 2006).

Využití hub má v životě člověka velký význam. Radíme sem např. kvašení a produkci alkoholu, využití metabolitů (antibiotik, hormonů k ovlivnění růstu rostlin), dále houby vykazují enzymatickou aktivitu, která způsobuje zrání sýrů. Významná je rovněž produkce houbové biomasy (potravinářské kvasinky, mykoproteiny), biologická kontrola škůdců a patogenů pomocí parazitických hub. Využívá se symbiotických hub, mykorhizy a v neposlední řadě velkovýrobní produkce konzumních hub (Mieslerová et al., 2016).

Navíc houby plní významnou ekologickou roli v ochraně kořenů rostlin před toxickými kovy. V porovnání se zelenými rostlinami jsou houby schopny nashromáždit mnohem větší množství těžkých kovů (Grünert, 2011).

1.3. VÝŽIVOVÉ SLOŽKY HUB

Houby patří mezi organismy s vysokým obsahem vody, jež se u většiny pohybuje v rozmezí 86-94 %, zbytek tvoří sušina. Právě nízký obsah sušiny a také tuků je příčinou nízké energetické hodnoty hub. Kalorická hodnota hub je různá. Byly zjištěny hodnoty 1,55 kJ/100 g pro muchomůrku růžovku (*Amanita rubescens*), která je u houbařů velmi oblíbená, ale například hodnoty čirůvky fialové (*Lepista nuda*) činily 259 kJ/g. Mezi dominanty sušiny se řadí dusíkaté látky, lipidy,

popeloviny, vláknina a sacharidy. Složení sušiny je u každého druhu odlišné (Kalač, 2008).

Podle Colak et al. (2009) některé houby produkují specifickou sadu metabolitů, které potlačují růst mikrobů.

1.3.1. Bílkoviny

Obsah bílkovin v houbách se pohybuje v průměru kolem 32,6 % v sušině, přičemž nejnižší hodnoty byly zjištěny u lišky obecné (*Cantharellus cibarius*), naopak nejvyšší hodnoty má čirůvka májovka (*Calocybe gambosa*) a bedla útlá (*Macrolepiota mastoidea*) (Kalač, 2008).

Sušením při 40°C a zmrazením na -20°C se obsah bílkovin téměř nezměnil, naproti tomu při vaření čerstvých hub došlo k výraznému poklesu bílkovin. Na tomto jevu se zřejmě podílí vyluhování do vody a reakce bílkovin s jinými složkami (Barrose et al., 2007).

Podle Diéze a Alvareze (2001) je zastoupení esenciálních aminokyselin v bílkovinách hub výživově příznivé. Volných aminokyselin je v houbách málo, kolem 1 % a podílí se spíše na sensorických vlastnostech hub, jako jsou vůně a chuť.

1.3.2. Minerální látky a vitaminy

Celkový obsah minerálních látek se označuje jako popeloviny. Majoritní minerální látky jsou sodík, draslík, vápník, hořčík, fosfor a síra. Samozřejmě se v houbách vyskytují i další stopové prvky, ale jejich význam pro člověka není tak velký (Mikšík, 2015).

Nejvyšší obsah sodíku byl zjištěn u čeledi Coprinaceae, nadprůměrný u Agaricaceae a nejnižší u Polyporaceae. Podobné hodnoty u těchto čeledí byly zjištěny u draslíku. Je zajímavé, že není v plodnici obsažen rovnoměrně. Jeho obsah klesá v pořadí: klobouk, třeň, hymenium, basidiospory. Obsah draslíku byl naměřen v plodnicích 20 – 40x vyšší než v půdě, což svědčí o vysoké schopnosti plodnic kumulovat tento prvek. Nejvyšší obsah vápníku byl zjištěn u Polyporaceae, naopak nízký v čeledi Lycoperdaceae. Hořčík byl nejvíce obsažen u Coprinaceae nejnižší u Boletaceae. Nejvyšší obsah síry byl zjištěn u suchohříbu žlutomasého (*Xerocomellus*

chrysesteron). Poměrně vysoké hodnoty termostabilních vitamínů v houbách byly naměřeny u riboflavin (B2), niacinu (PP) a ergokalciferolu (D₂) (Kalač, 2008).

1.3.3. Lipidy

Obsah lipidů se v průměru pohybuje v rozpětí 2-6 % v sušině. Výjimkou je pouze *A. rubescens* s hodnotou 27,5 % lipidů v sušině. Z vyšších nenasycených mastných kyselin (MK) převládají kyseliny olejová, linolová a z vyšších nasycených MK pak kyselina palmitová. Vaskovsky et al. (1998) prokázali, že hlavním fosfolipidem hub je fosfatidylcholin (lecitin).

1.3.4. Cukerné alkoholy

Podstatnou součástí hub tvoří cukerný alkohol D-mannitol, významný pro objemový růst plodnic. Zpevňuje především třeň. Dalším významným transportním alkoholem je arabinitol a přirozeně se v některých houbách vyskytují také galaktitol, erythritol či xylitol, který kromě hub můžeme najít rovněž v ovoci a zelenině (Tan a Moore, 1994).

1.3.5. Sacharidy

Z monosacharidů v houbách převažuje glukóza. Z disacharidů je charakteristická trehalosa, která plní především zásobní funkci, ale houby nejsou významným zdrojem této skupiny živin. Stejně jako u bílkovin dochází k poklesu obsahu sacharidů v plodnicích hub během varu, ale při sušení a mrazení byly úbytky minimální (Barros et al., 2007).

Základní složkou buněčných stěn hub je polysacharid chitin, který slouží především k jejich zpevnění. Zásobní polysacharid hub glykogen představuje zhruba 5-10 % sušiny. Kromě chitinu houby obsahují další stavební polysacharidy – hemicelulózy a pektinové látky (Cheung, 1997).

1.3.6. Ostatní minoritní látky

V houbách se nacházejí další specifické látky, jejichž funkce není vždy zcela probádaná. Ovlivňují chuť, vůni či barevnou reakci dužniny houbové stélky, čímž usnadňují přesnější identifikaci, mnohdy až do druhu. Patří sem látky netěkavé a těkavé, např. alkoholické deriváty oktenu a oktenu. Za senzorycky nejučinnější se

považuje tzv. „houbový alkohol“, 1-okten-3-ol, který v řadě druhů volně rostoucích hub představuje 50-90 % těkavých látek (Hadar a Dosoretz, 1991).

Z terpenů se pak v houbách vyskytují limonen, α -pinen, kamfen, β -fellandren a linalool. Jedná se o látky specifické vůně s antibakteriálním účinkem. K netěkavým látkám se řadí kyselina L-glutamová, kyselina L-asparagová a kyselina γ -aminomáselná. Z karboxylových kyselin jde o kyselinu jablečnou, citronovou, ketoglutarovou, jantarovou a fumarovou, které se vyskytovaly u ryzce pravého (*Lactarius deliciosus*) a hříbu smrkového (*Boletus edulis*). Dalšími látkami, které se u hub objevují, jsou polyaminy, zejména spermidin a spermin, které se podílejí na růstu, dělení buněk a také biosyntéze bílkovin a nukleových kyselin. Tyto dvě látky sice nejsou karcinogenní, ale urychlují proliferaci již vzniklých neoplazií (Kalač, 2008).

Ve většině plodnic jedlých druhů hub převládají dusíkaté látky a sacharidy. Dohromady tvoří více než polovinu procentuálního zastoupení látek v sušině (Tabulka 1).

Tabulka 1 Základní složení sušiny vybraných plodnic hub podle Kalače (2008)

Druh	Dusíkaté látky [%]	Lipidy [%]	Popel (celkový obsah minerálních látek) [%]	Sacharidy (včetně vlákniny) [%]
<i>L. nuda</i>	44,2	9	4	41,4
<i>A. rubescens</i>	31,9	27,5	10	30,6
<i>A. arvensis</i>	56,3	2,7	3,5	37,5
<i>L. deliciosus</i>	29,8	2,2	5,1	62,9
směsi sušených hřibů (8 vzorků)	21,6 - 25,8	3 - 5,8	5,7 - 8,2	61,7 - 75

1.4. VYBRANÉ TĚŽKÉ KOVY

Těžké kovy nejsou v literatuře zcela jednoznačně definovány. Základním kritériem je stanovená hustota vyšší než 5 g/cm^3 . Je to skupina persistentních a neodbouratelných prvků s vysokým bioakumulačním potenciálem (Víden, 2005).

Ionty těžkých kovů mají negativní vliv nejen na mykoorganismy, ale i na celé ekosystémy. Vstup těchto prvků do lesního ekosystému je antropogenní nebo litogenní (Rotter et al., 2013).

Ke vstupu toxických prvků do prostředí přispívá tak řada zdrojů jak přirozeného původu, tak z průmyslových výrob a mobilních zdrojů. Jako přenosová média slouží vzduch a voda (Bína, Uhlířová, 2004; Uhlířová, Hejdová, 1999).

1.4.1. Kadmium

Kadmium (Cd) bylo objeveno v roce 1817 chemikem Friedrichem Stromeyerem. Je to stříbřitě lesklý kov. Je součástí nejrůznějších slitin a slouží k ochraně kovů před korozi. Má nízké koeficienty tření a používá se v elektroprůmyslu při výrobě pájek, nikl-kadmiových akumulátorů, ale i televizních obrazovek (Husted, 2011).

České hygienické limity do roku 2004 byly $0,2 \text{ mg/kg}$ čerstvých hub a $2,0 \text{ mg/kg}$ hub suchých. Podle Světové zdravotnické organizace (WHO) je přijatelná týdenní dávka kadmia $0,007 \text{ mg/kg}$ tělesné hmotnosti. Výrazně kumulující skupinu představuje rod *Agaricus* (u volně rostoucích až $100\text{-}300 \text{ mg/kg}$ sušiny) (Kalač, 2008).

1.4.2. Rtuť

Rtuť (Hg) je jediný kov, který je při běžných teplotách kapalný. V přírodě se vyskytuje vzácně. Hlavním zdrojem pro výrobu je cinabarit známý jako sulfid rtuťnatý HgS. S některými kovy, jako je zlato, stříbro, cín, vytváří slitiny zvané amalgámy. Rtuť se používá pro výrobu teploměrů, barometrů, ale i v zubním lékařství (Bencko, 1995).

Vyhláška č. 53/2002 Sb. uváděla nejvyšší přípustné hodnoty pro čerstvé houby $0,5 \text{ mg/kg}$, pro sušinu $5,0 \text{ mg/kg}$. V tomto případě podle WHO je přijatelná týdenní dávka $0,005 \text{ mg/kg}$. Ukázalo se, že druhy jedlých hub, které výrazně kumulují rtuť, jsou *C. gambosa*, *L. nuda* a *A. arvensis* (Kalač, 2008).

1.4.3. Olovo

Olovo (Pb) je modrobílý kov, jehož povrch se na vzduchu rychle pokrývá vrstvičkou oxidu olovnatého. Je to měkký kov, na čerstvém řezu lesklý (Husted, 2011).

Mezi výrazně kumulující druhy patří pýchavka obecná (*Lycoperdon perlatum*), bedla červenající (*Chlorophyllum rhacodes*) a *L. nuda*. Podle vyhlášky č.53/2002 Sb. byly limity pro čerstvé houby 1,0 mg/kg a pro sušené houby 10,0 mg/kg. Přijatelný příjem je podle WHO 0,025 mg/kg. Vysoké koncentrace olova 100-300 mg/kg sušiny byly zjištěny především v bezprostředním okolí olovářských hutí (Kalač, 2008).

1.4.4. Arsen

Arsen se v organismu metabolizuje na toxické látky, především na oxid arsenitý (As_2S_3) tzv. arsenik. Letální dávka pro člověka je 0,2 g. Některé rozpustné sloučeniny se používají k hubení škůdců, ale některé se dokonce používají jako bojové chemické látky (Husted, 2011).

1.4.5. Beryllium

Beryllium se nejběžněji využívá jako součást slitin, pro jadernou techniku a při výrobě rentgenových trubic. Samotné beryllium i jeho sloučeniny jsou toxické. Mohou poškozovat ledviny, játra a mají i hematotoxické účinky. Tento prvek objevil Friedrich Woehler roku 1798 (Husted, 2011).

1.4.6. Kobalt

Objevitelem kobaltu je švédský chemik Georg Brandt. V metalurgii se využívá ke zlepšování řezivosti, zvyšování magnetičnosti i pevnosti oceli. V přírodě se vyskytuje vždy v přítomnosti niklu. Je součástí vitamínu B12 (kobalaminu) (Husted, 2011).

1.4.7. Nikl

Nikl a jeho sloučeniny se řadí mezi významné kožní alergeny. Využívá se především ve slitinách. Intoxikace se projevuje poškozením GIT a CNS. Tento prvek objevil Švéd A. F. Cronstedt (Husted, 2011).

1.4.8. Hygienické limity

Do roku 2004 byly pro těžké kovy v houbách stanoveny české hygienické limity. Pro kadmium činila hodnota 2 mg/kg, pro rtuť 5 mg/kg a pro olovo 10 mg/kg. Tyto hodnoty byly stanoveny pro sušinu. Podle Světové zdravotnické organizace (WHO) byly přijatelné týdenní dávky pro Cd 0,007 mg/kg, pro Hg 0,005 mg/kg a pro Pb 0,025 mg/kg. Tyto tři kovy jsou ze zdravotnického hlediska pro člověka nejnebezpečnější, proto jsou zde uváděny. Současná česká legislativa od vstupu ČR do EU v roce 2004 nejvyšší přípustné obsahy v jedlých houbách neuvádí (vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 305/2004 Sb.). Předchozí vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 53/2002 Sb. však byla pravděpodobně jedinou na světě, která stanovila limity těžkých kovů odděleně pro volně rostoucí a pěstované houby. Pro všech šest prvků, které byly předmětem této studie, jsou uvedené hygienické normy uvedeny v tabulkách 2 a 3. Podle vyhlášky č. 53/2002 Sb a dle hygienické normy podle ČZU.

Tabulka 2 Hygienické limity podle vyhlášky č. 53/2002 Sb

Prvek	Sušené houby [mg/kg]	Čerstvé houby [mg/kg]
As (arsen)	3	0,3
Be (beryllium)	-	-
Cd (kadmium)	2	0,2
Co (kobalt)	-	-
Ni (nikl)	-	-
Pb (olovo)	10	1

Tabulka 3 Hygienické limity dle ČZU v plodnicích a substrátu (2004)

Prvek	Norma pro obsah prvků v plodnicích, substrátu [mg/kg]
As (arsen)	4,5
Be (beryllium)	2
Cd (kadmium)	1
Co (kobalt)	25
Ni (nikl)	25
Pb (olovo)	70

1.4.9. Intoxikace těžkými kovy

Požítí potravy kontaminované kadmíem vyvolává poruchy trávicího ústrojí. Mezi akutní poruchy patří nauzea, vomitus, diarea, bolesti hlavy a intenzivní salivace. Při dlouhodobé expozici kadmia v prachu nebo v parách, kde je vysoká koncentrace kadmia v prachu nebo parách, může nastat těžké podráždění dýchacího ústrojí. U postižených se pak projeví kašel, bolesti hlavy, závratě, slabost, bolesti hrudníku a poruchy dýchání. V konečné fázi se objeví edém plic. První zpráva o karcinogenním účinku kadmia u člověka pochází z roku 1965. U pracovníků po prašné expozici byly zjištěny karcinomy prostaty, maligní procesy v gastrointestinálním traktu (GIT), ledvinách, játrech a plicích. Nejčastější formou akutní otravy olovem je postižení GIT. Mezi počáteční příznaky patří anorexie, dyspepsie, zácpa. U chronické otravy olovem zpočátku převládá malátnost, pocit únavy, nechutenství, nespavost, těžkost v dolních končetinách. Nemocní jsou bledí, často mají šedý lem na dásních. Nadýchání se vysokých koncentrací par rtuti, je kritické pro plíce. Vzniká bronchitida, hrozí exitus v důsledku hypoxie. Příznaky poškození dýchacího ústrojí mohou být provázeny známkami postižení centrální nervové soustavy (CNS) (Bencko, 1995).

1.5. MYKOREMEDIACE A DEGRADACE TĚŽKÝCH KOVŮ

Činností člověka se do půdy dostávají cizorodé látky, jejichž rozklad je velmi zdoluhavý. Největší nebezpečí pro člověka tkví v tom, že některé látky mohou být navíc toxické. Při rozkladu těchto látek jsou využívány mikroorganismy, které toxické látky degradují na látky netoxické. Doba degradace těžkých kovů je ovlivněna přírodními podmínkami (Mieslerová, Sedlářová, Lebeda 2016).

Remediace je obecně uznávaný termín pro odstraňování příčin nebo důsledků kontaminace půdy. Remediační techniky v současnosti zahrnují široké spektrum kontaminantů. Speciálními případy biologické remediace jsou fytoremediace a mykoremediace. Fytoremediačními procesy se rizikové prvky dostávají do rostlin kořenovým systémem z půdy nebo atmosférickými spady. Míra přestupu těchto rizikových prvků závisí na vlastnostech půdy, ale i na schopnostech rostliny (Němeček et al., 2010).

Mykoremediace je druh techniky, která využívá stélky hub k odstranění kontaminantů ze substrátu. K degradaci látek se používají kvasinky, mikromycety, ale právě i některé druhy makromycet. Díky mykoremediaci dochází k redukci odpadů ze zemědělství, dřevozpracujícího a potravinářského průmyslu. Rovněž dochází ke snížení zdrojů znečištění v povodích i k minimalizaci kontaminantů ze silnic. Příkladem může být mycelium hlívy ústříčné (*Plerotus ostreatus*). Rozkládá celulózu a lignin, které mají podobnou chemickou strukturu jako některé organické polutanty: ropa, pesticidy a herbicidy. V těchto houbách, které rostou na takto znečištěných půdách, se akumulují těžké kovy a karcinogeny, a proto se je nedoporučuje konzumovat (Mieslerová, Sedlářová, Lebeda 2016).

V první fázi se kov naváže na vnější stěnu myceliového vlákna a ve druhé se dostává do nitra buňky. Nitrobuněčný příjem je proces energeticky náročný, spojený s vylučováním draslíku. Na jeden přijatý iont kadmia se vylučují dva ionty draslíku. Kovový iont uvnitř buněk může být zabudován do molekuly zvláštních bílkovin vázajících kovy na své sulfhydrylové skupiny (SH) – metalothioneiny či fytochelatiny (Cibulka, 1996).

Obsah kovů je závislý především na druhu houby, popřípadě rodu a na složení substrátu, ze kterého houba získává živiny. Vztahy mezi obsahem prvků v plodnicích a substrátem určuje bioakumulační faktor, který udává poměr obsahu stopového prvku v sušině plodnice k obsahu v sušině substrátu. Méně významným faktorem je stáří a velikost plodnice. Podle výzkumů se v plodnicích kumulují především kadmium, rtuť a měď, zatímco obsah olova a železa je v plodnicích nižší než v substrátu. Obsah manganu a zinku v plodnicích je přibližně stejný jako v substrátu (Kalač, 2008).

1.6. RIZIKOVOST KONTAMINACE TĚŽKÝMI KOVY PODÉL SILNIC

Kontaminace je stav, kde se v jakémkoliv složce životního prostředí vyskytují chemické látky pro dané prostředí cizorodé. Ke znečištění dochází geogenními procesy, častěji však v důsledku lidské činnosti (Kacálková, Tlustoš, 2007).

Jedním ze zdrojů kontaminace je doprava, mezi jejíž nejzávažnější problémy, ovlivňující zdraví člověka, patří znečištění ovzduší emisemi, znečištění povrchových a podzemních vod i půdy. Dlouhodobá kontaminace půd v okolí silničních

komunikací je způsobena splachem škodlivin z povrchu dopravních komunikací, rovněž posypovými materiály, kde se používají např. chlorid sodný (NaCl), chlorid vápenatý (CaCl₂). Dochází tak ke kontaminaci chloridy. Jejich přítomnost způsobuje korozi kovů vybavení komunikací a zvýšené uvolňování škodlivin z jejich ochranných nátěrů, které může vést k následnému znečištění těžkými kovy. Existuje několik případů kontaminace životního prostředí těžkými kovy. Půdní i vodní mikroorganismy způsobují, že část těžkých kovů vstupuje do vazby s organickými látkami, čímž se v několika případech jejich toxicita znásobuje. Olovo se v minulosti uvolňovalo z olovnatých benzinů, které se již od roku 2001 nepoužívají, nicméně jeho obsah v životním prostředí je stále patrný. V současnosti jsou zdrojem olova např. vyvažovací tělíska pneumatik, maziva, oleje a částice. Zdroje kadmia vznikají opotřebením různých součástí dopravních prostředků. K ochraně před kontaminací vod a půdy z komunikací slouží sedimentační nádrže, do nichž ústí sběrné kanalizace. Tyto nádrže odvádějí dešťovou vodu z povrchu silnic, která je zbavena částic těžších než voda. Sedimentační nádrže jsou zřizovány především u dálnic a frekventovaných silnic (Adamec, 2008).

Neboť lze předpokládat, že dopravní síť se bude nadále rozšiřovat, je nutné tuto složitost řešit. Problém kontaminace životního prostředí toxickými kovy ukazuje na nezbytnost mezinárodní spolupráce (Bencko, 1995).

2. CÍLE PRÁCE

1. Mykofloristické mapování biodiverzity jedlých druhů makromycet v centru HK
2. Měření koncentrace těžkých kovů na hmotnost plodnice
3. Porovnání výsledků měření s tabulkami hygienických norem
4. Analýza naměřených dat

3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1. PŘÍSTROJOVÁ TECHNIKA A MATERIÁLY

3.1.1. Pomůcky

- Keramický univerzální nůž – NOIR/LT 2012
- Filtrační papír
- Papírové sáčky se štítky
- Kyvety
- Zkumavky

3.1.2. Přístroje

- Analytické váhy Ohaus pioneer (VERKON s r.o., Česká republika)
- Atomový absorpční spektrometr AA 280 FS (Varian, Austrálie – nyní Agilent Technologies, USA)
- GPS – My GPS Coordinates, verze 1.74 (GPS Tools, USA)
- Laboratorní mlýnek IKA (VERKON s r.o., Česká republika)
- Mikrovlnný rozkladný systém Ethos ONE (CHROMSPEC s r.o., Česká republika)
- Optický emisní spektrometr s indukčně vázaným plazmatem ICP-OES (Agilent Technologies, USA)
- Analyzátor rtuti (spektrofotometr) AMA 254 (Altec, Česká republika)

3.1.3. Programy

- GIMP
- Microsoft Excel
- Google Earth
- Mapy Google
- NCSS

3.2. METODIKA PRÁCE

3.2.1. Odběr vzorků

Sběr probíhal od dubna do listopadu roku 2014 a celkem bylo získáno 88 vzorků, které tvořilo 46 druhů jedlých hub dvaceti čeledí. Souřadnice každého nálezu byly změřeny pomocí GPS navigace a tyto hodnoty byly následně přeneseny do mapy (příloha C).

Plodnice byly odebírány v oblastech nacházejících se blízko frekventovaných komunikací i např. v městských parcích. Záměrně byly vybrány oblasti, které jsou dostupné pro sběr hub. Plodnice byly na místě sběru ihned očištěny keramickým nožem, aby nedošlo k sekundární kontaminaci ionty kovů.

3.2.2. Příprava vzorků

Každá plodnice byla zvážena. Po navážení byly plodnice rozkrájeny na 2-3 mm plátky. Nakrájené druhy hub byly separovaně sušeny při laboratorní teplotě 25°C. Po usušení byl každý vzorek umístěn do papírového sáčku s etiketou, který byl označen názvem druhu, datem, GPS lokalizací a pořadovým číslem. Takto připravené vzorky byly odeslány k analýze a kvantifikaci těžkých kovů. Nakonec byl vypočten obsah těžkých kovů na průměrnou hmotnost plodnice.

3.2.3. Kvantifikace těžkých kovů

Vzorky byly analyzovány na pracovišti ČZU v Praze. Vysušené vzorky byly rozemlety laboratorním mlýnkem. Rozemleté vzorky byly rozloženy v uzavřeném mikrovlnném systému Ethos ONE při použití deseti pozičních rotorů vysokotlakého rozkladu. Pro další práci byly použity kyvety. Do kyvet se navážilo zhruba 0,5 g vzorku, který se zalil 7 ml koncentrované 65% kyseliny dusičné (HNO₃) a 2 ml 30% peroxidu vodíku (H₂O₂). Rozklad probíhal za zvyšující se teploty od 160 – 210°C a výkonu 800 – 1000 W po dobu 37 min. Rozložený vzorek byl převeden do zkumavek a zředěn demineralizovanou vodou na objem 20 ml. Stanovené prvky byly poté měřeny na optickém emisním spektrometru. Výjimkou byly vyšší hodnoty draslíku, které byly měřeny atomovou absorpční spektrometrií, a také rtuť, která byla měřena přímo v pevném stavu na analyzátoru rtuti.

3.3. VÝSLEDKY

3.3.1. Charakteristika studovaného vzorku

Celkem bylo sebráno 88 vzorků v centru Hradce Králové. Sebrané vzorky sestávaly z 46 druhů jedlých hub, z 20 různých čeledí. Mezi nejčastěji sbírané plodnice patřily: *C. gambosa* a *L. personata* (Tabulka 4).

Tabulka 4 Přehled vzorků

Číslo vzorku	Druh jedlé houby	GPS souřadnice	Hmotnost živé plodnice [g]
1.	<i>C. gambosa</i>	50°11'52,11" S; 15°50'45,35" V	17,64
2.	<i>C. gambosa</i>	50°11'36,96" S; 15°52'04,12" V	8,99
3.	<i>C. gambosa</i>	50°12'55,3" S; 15°49'57,88" V	8,35
4.	<i>C. gambosa</i>	50°12'25,21" S; 15°50'28,43" V	17,97
5.	<i>C. gambosa</i>	50°12'38,44" S; 15°51'9,44" V	9,36
6.	<i>C. gambosa</i>	50°12'29,98" S; 15°50'32,01" V	13,74
7.	<i>C. gambosa</i>	50°12'46,02" S; 15°50'28,39" V	4,97
8.	<i>C. gambosa</i>	50°12'46,07" S; 15°50'28,71" V	10,41
9.	<i>C. gambosa</i>	50°12'20,19" S; 15°49'09,64" V	16,90
10.	<i>L. tigrinus</i>	50°12'58,84" S; 15°50'14,36" V	14,23
11.	<i>B. luridus</i>	50°12'04,39" S; 15°49'59,25" V	43,26
12.	<i>P. squamosus</i>	50°12'17,54" S; 15°50'24,28" V	157,92
13.	<i>K. mutabilis</i>	50°12'33,51" S; 15°50'43,42" V	12,42
14.	<i>A. praecox</i>	50°11'45,42" S; 15°50'49,51" V	5,49
15.	<i>L. sulphureus</i>	50°12'27,31" S; 15°50'28,04" V	130,25
16.	<i>M. conica var. costata</i>	50°11'55,99" S; 15°49'43,93" V	20,96
17.	<i>M. conica var. costata</i>	50°13'1,33" S; 15°49'59,52" V	27,39
18.	<i>M. oreades</i>	50°12'47,52" S; 15°50'18,39" V	0,26
19.	<i>P. cervinus</i>	50°12'24,87" S; 15°50'27,28" V	14,12
20.	<i>P. squarrosa</i>	50°12'43,02" S; 15°50'29,60" V	23,46
21.	<i>A. arvensis</i>	50°12'59,14" S; 15°50'12,54" V	36,67
22.	<i>X. rubellus</i>	50°12'29,32" S; 15°49'31,63" V	17,51
23.	<i>L. sulphureus</i>	50°12'7,49" S; 15°49'28,85" V	118,72
24.	<i>C. persicolor</i>	50°12'41,39" S; 15°49'54,39" V	1,03
25.	<i>B. luridus</i>	50°12'41,97" S; 15°50'20,75" V	59,87
26.	<i>B. luridus</i>	50°11'57,93" S; 15°49'45,87" V	101,07
27.	<i>X. rubellus</i>	50°11'58,39" S; 15°49'45,84" V	2,83

28.	<i>P. candolleana</i>	50°12'24,67''S; 15°49'6,26''V	6,05
29.	<i>M. oreades</i>	50°12'16,15''S; 15°49'12,58''V	0,35
30.	<i>A. bitorquis</i>	50°12'9,34''S; 15°49'17,41''V	74,59
31.	<i>A. arvensis</i>	50°12'10,7''S; 15°49'15,7''V	35,67
32.	<i>A. bisporus</i>	50°12'10,69'' S; 15°49'15,66''V	60,39
33.	<i>A. rubescens</i>	50°12'5,27''S; 15°50'4,28''V	21,13
34.	<i>G. erythropus</i>	50°12'24,09''S; 15°50'27,9''V	0,74
35.	<i>M. giganteus</i>	50°11'57,12''S; 15°49'38,23''V	105,98
36.	<i>C. prunulus</i>	50°12'52,43''S; 15°49'43,39''V	12,23
37.	<i>L. deterrimus</i>	50°12'21,47''S; 15°50'10,99''V	8,32
38.	<i>C. carnea</i>	50°12'52,61''S; 15°49'43,56''V	0,95
39.	<i>B. pulverulentus</i>	50°12'34,22''S; 15°50'47,31''V	51,71
40.	<i>L. leucothites</i>	50°12'42,20''S; 15°49'53,74''V	43,06
41.	<i>L. semisanguifluus</i>	50°12'41,19''S; 15°49'54,57''V	8,83
42.	<i>P. squarrosa</i>	50°12'32,65''S; 15°50'14,62''V	21,45
43.	<i>L. personata</i>	50°12'34,19''S; 15°50'50,67''V	9,07
44.	<i>X. engelii</i>	50°12'43,44''S; 15°49'44,91''V	51,18
45.	<i>C. comatus</i>	50°12'30,57''S; 15°50'17,96''V	21,66
46.	<i>L. griseum</i>	50°12'58,32''S; 15°50'15,2''V	34,25
47.	<i>A. peronatus</i>	50°12'10,69'' S; 15°49'15,66''V	75,11
48.	<i>L. laccata</i>	50°12'8,77''S; 15°49'20,02	1,26
49.	<i>P. dryinus</i>	50°12'7,44''S; 15°50'4,94''V	134,44
50.	<i>A. gallica</i>	50°11'40,19''S; 15°50'7,91''V	41,68
51.	<i>A. peronatus</i>	50°11'42,12''S; 15°50'9,7''V	110,57
52.	<i>L. fumosum</i>	50°11'44,28''S; 15°50'17,49''V	25,50
53.	<i>L. personata</i>	50°12'42,11''S; 15°48'51,37''V	8,35
54.	<i>L. nuda</i>	50°12'38,81''S; 15°49'8,41''V	8,44
55.	<i>P. squarrosa</i>	50°12'43,05''S; 15°50'29,88''V	73,96
56.	<i>C. cinerea</i>	50°11'58,39''S; 15°49'45,86''V	21,36
57.	<i>C. comatus</i>	50°12'22,68''S; 15°50'26,47''V	17,67
58.	<i>A. arvensis</i>	50°12'59,95''S; 15°50'21,4''V	36,78
59.	<i>P. ostreatus</i>	50°12'23,52''S; 15°49'7,63''V	58,77
60.	<i>X. armeniacus</i>	50°12'33,85''S; 15°50'44,62''V	18,83
61.	<i>A. bitorquis</i>	50°12'40,84''S; 15°51'0,23''V	70,07
62.	<i>L. personata</i>	50°12'40,74''S; 15°51'0,05''V	16,28
63.	<i>L. personata</i>	50°12'13,39''S; 15°50'53,67''V	18,78
64.	<i>M. grammopodia</i>	50°12'17,84''S; 15°50'36,56''V	6,12
65.	<i>L. personata</i>	50°11'50,94''S; 15°50'2,27''V	10,44
66.	<i>L. personata</i>	50°11'39,7''S; 15°50'8,42''V	8,02

67.	<i>L. personata</i>	50°12'34,85''S; 15°49'37,52''V	7,41
68.	<i>T. argyraceum</i>	50°12'12,71''S; 15°50'15,76''V	7,60
69.	<i>T. argyraceum</i>	50°12'13,53''S; 15°50'7,03''V	8,73
70.	<i>L. nuda</i>	50°11'39,41''S; 15°50'8,09''V	7,73
71.	<i>L. personata</i>	50°12'39,69''S; 15°50'49,7''V	50,67
72.	<i>L. personata</i>	50°11'55,67''S; 15°49'50,99''V	78,20
73.	<i>C. comatus</i>	50°11'43,85''S; 15°50'17,73''V	36,51
74.	<i>L. scabrum</i>	50°11'58,57''S; 15°49'46,13''V	78,95
75.	<i>L. fumosum</i>	50°11'56,02''S; 15°49'42,04''V	13,19
76.	<i>C. prunulus</i>	50°12'6,73''S; 15°50'3,4''V	3,39
77.	<i>F. velutipes</i>	50°11'42,72''S; 15°50'14,56''V	1,15
78.	<i>M. oreades</i>	50°11'56,54''S; 15°49'41,8''V	0,37
79.	<i>H. lucorum</i>	50°11'39,61''S; 15°50'7,83''V	9,35
80.	<i>P. cervinus</i>	50°11'44,06''S; 15°50'4,62''V	10,83
81.	<i>M. grammopodia</i>	50°12'42,17''S; 15°50'54,73''V	5,83
82.	<i>M. grammopodia</i>	50°11'43,53''S; 15°50'10,23''V	1,76
83.	<i>M. grammopodia</i>	50°11'56,34''S; 15°50'1,48''V	7,84
84.	<i>H. virginea</i>	50°12'42,1''S; 15°50'52,84''V	19,64
85.	<i>L. personata</i>	50°11'33,95''V, 15°50'52,74''V	48,15
86.	<i>F. velutipes</i>	50°12'7,84''S; 15°50'7,03''V	7,57
87.	<i>P. ostreatus</i>	50°12'7,41''S; 15°50'6,91''V	20,65
88.	<i>M. galericulata</i>	50°12'31,83''S; 15°50'30,84''V	1,98

3.3.2. Zpracování výsledků

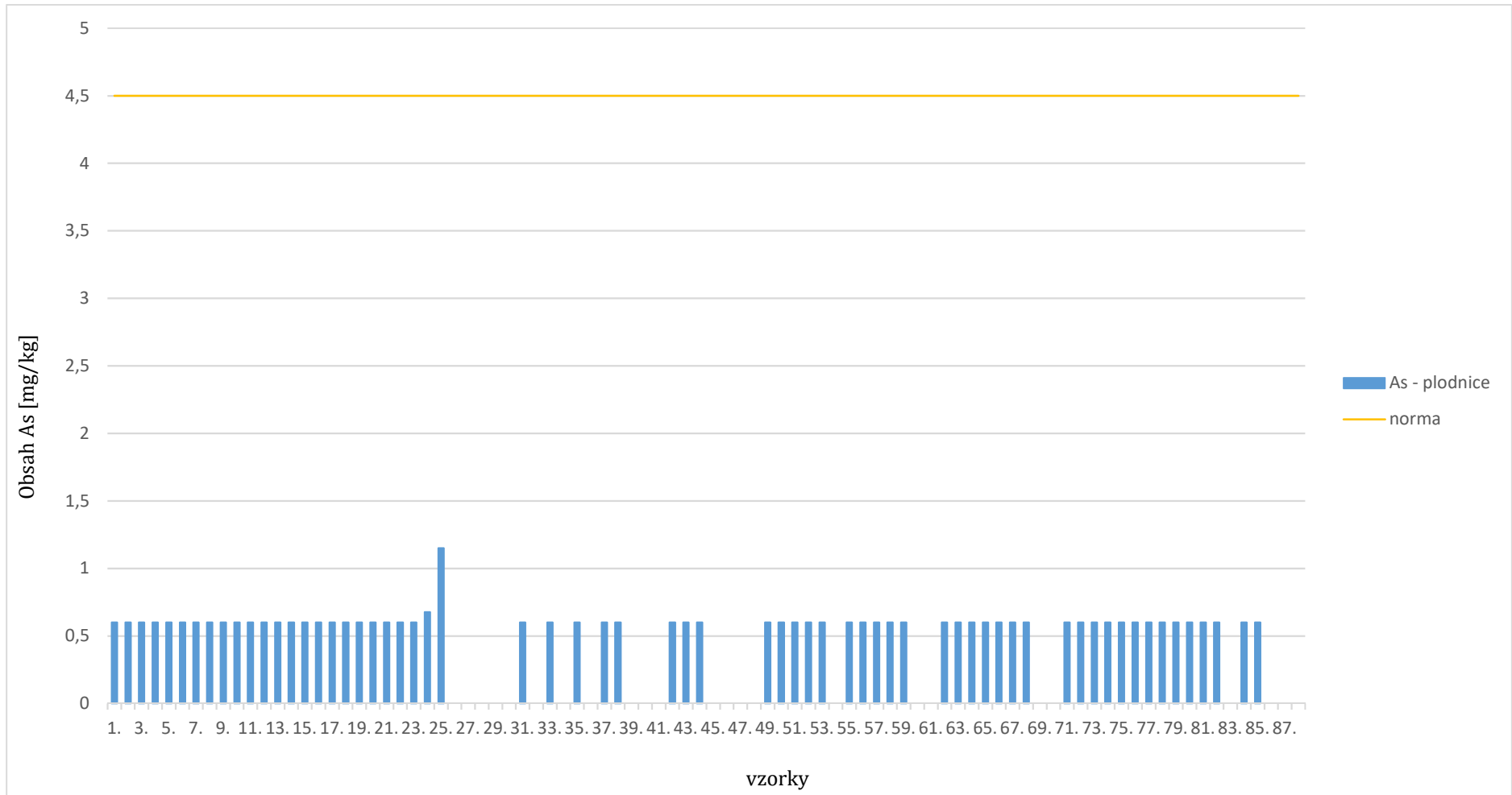
- **Kvantifikace těžkých kovů v plodnicích**

Ionty kovů (arsen, beryllium, kadmium, kobalt, nikl a olovo) byly kvantifikovány pomocí dvoumolární kyseliny dusičné (2M HNO₃).

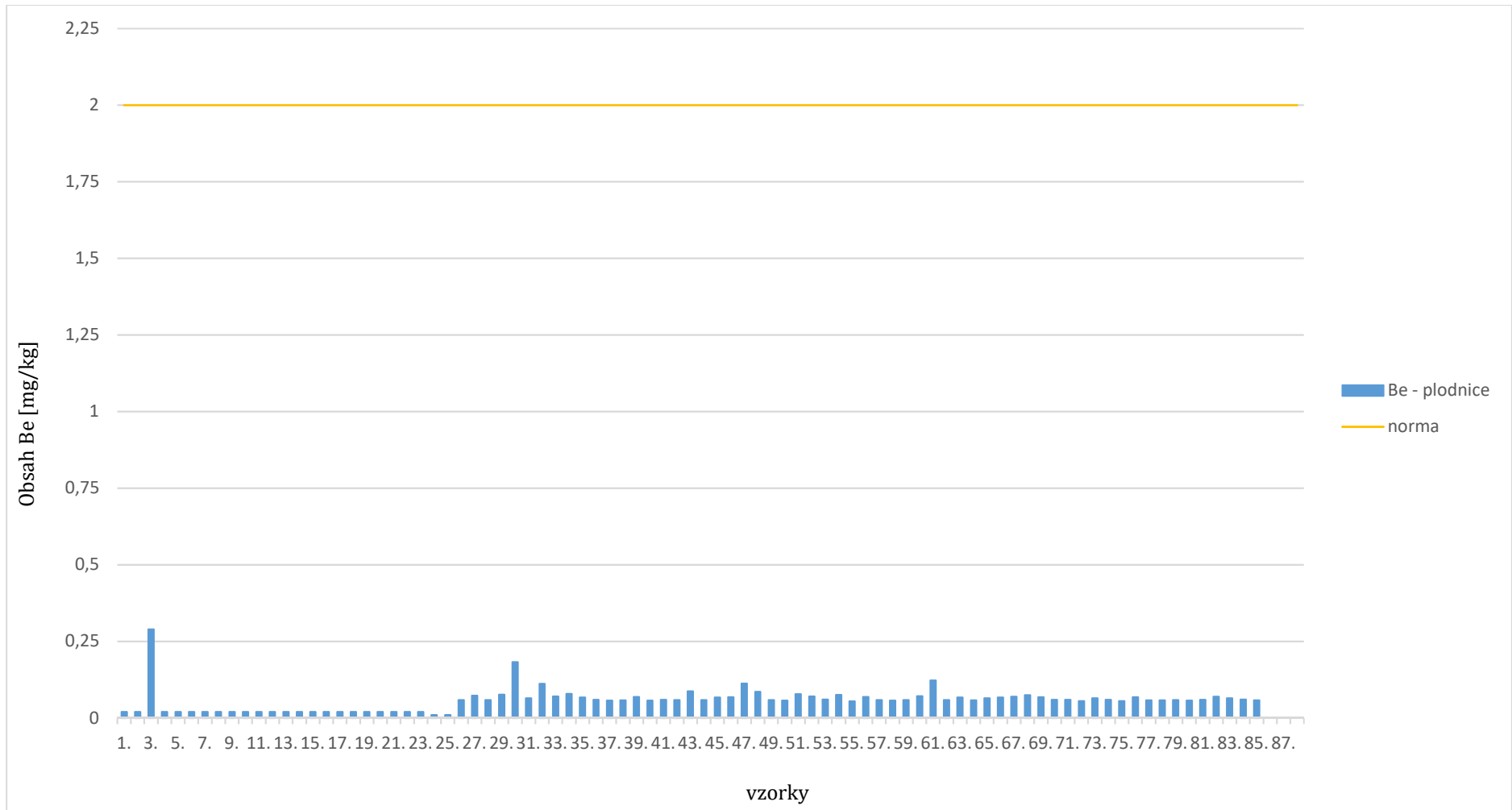
Žádný ze vzorků nepřekročil stanovenou normu obsahu arsénu. Nejvyšší hodnotu, která byla naměřena, měl vzorek 25 (*B. luridus*). Ani obsah beryllia nebyl z hygienického hlediska u nasbíraných vzorků překročen. Hodnoty nedosahovaly ani hodnoty 1,00 mg/kg. Nejvyšší hodnota byla zjištěna u vzorku 3 (*C. gambosa*) (Graf 3).

Kadmium překročilo normu u 53 vzorků. Nejvyšší hodnotu měl vzorek 81 (*M. grammopodia*) 25,2 mg/kg (Graf 4). U kobaltu, niklu a olova normy nebyly překročeny. Nejvyšší hodnotu u kobaltu i niklu měl vzorek 30 *A. bitorquis* (Graf 5, Graf 6). Nejvyšší hodnota olova byla zjištěna u vzorku 46 *L. griseum* (Graf 7).

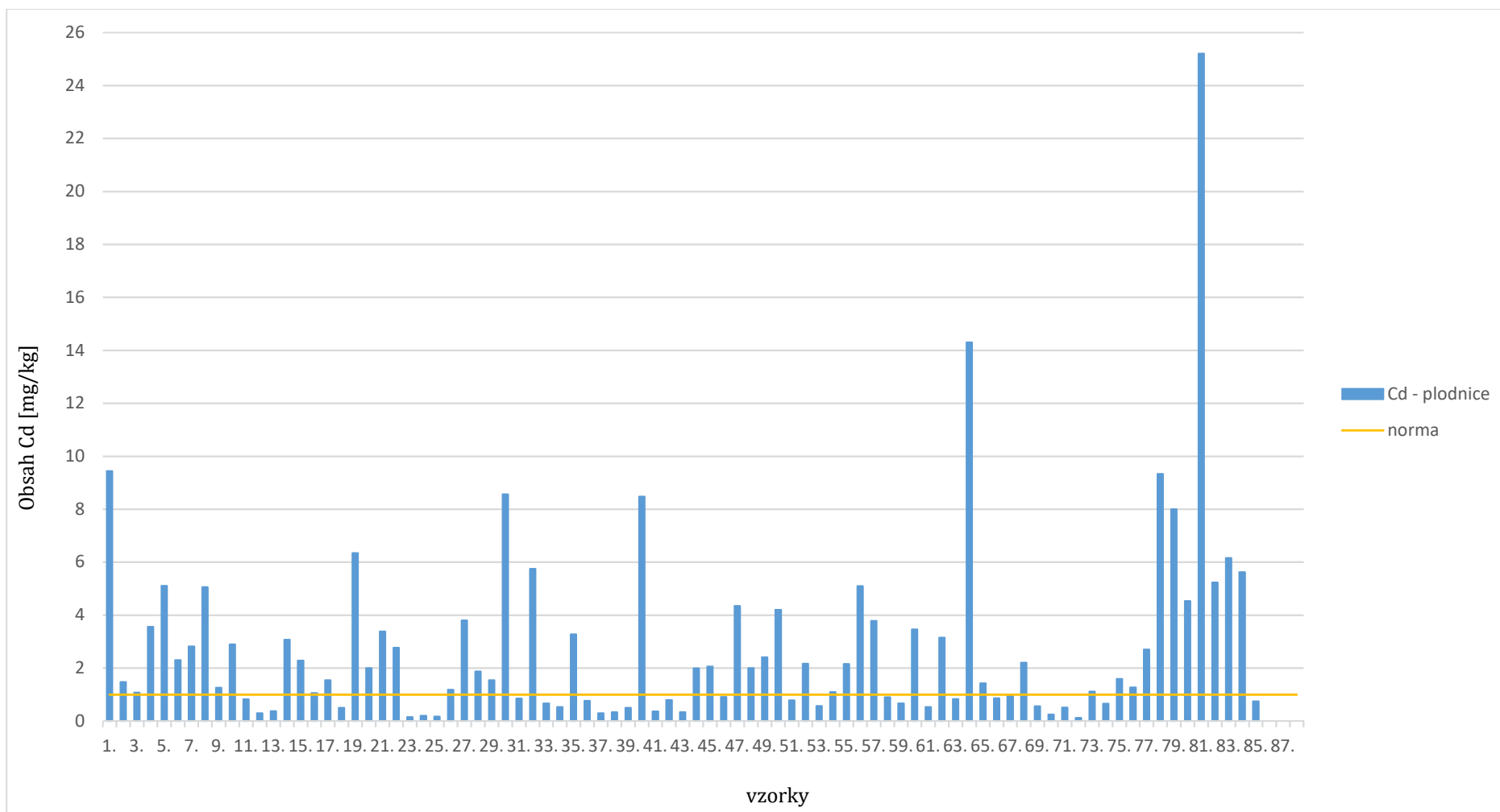
Graf 2 Arsen v plodnicích



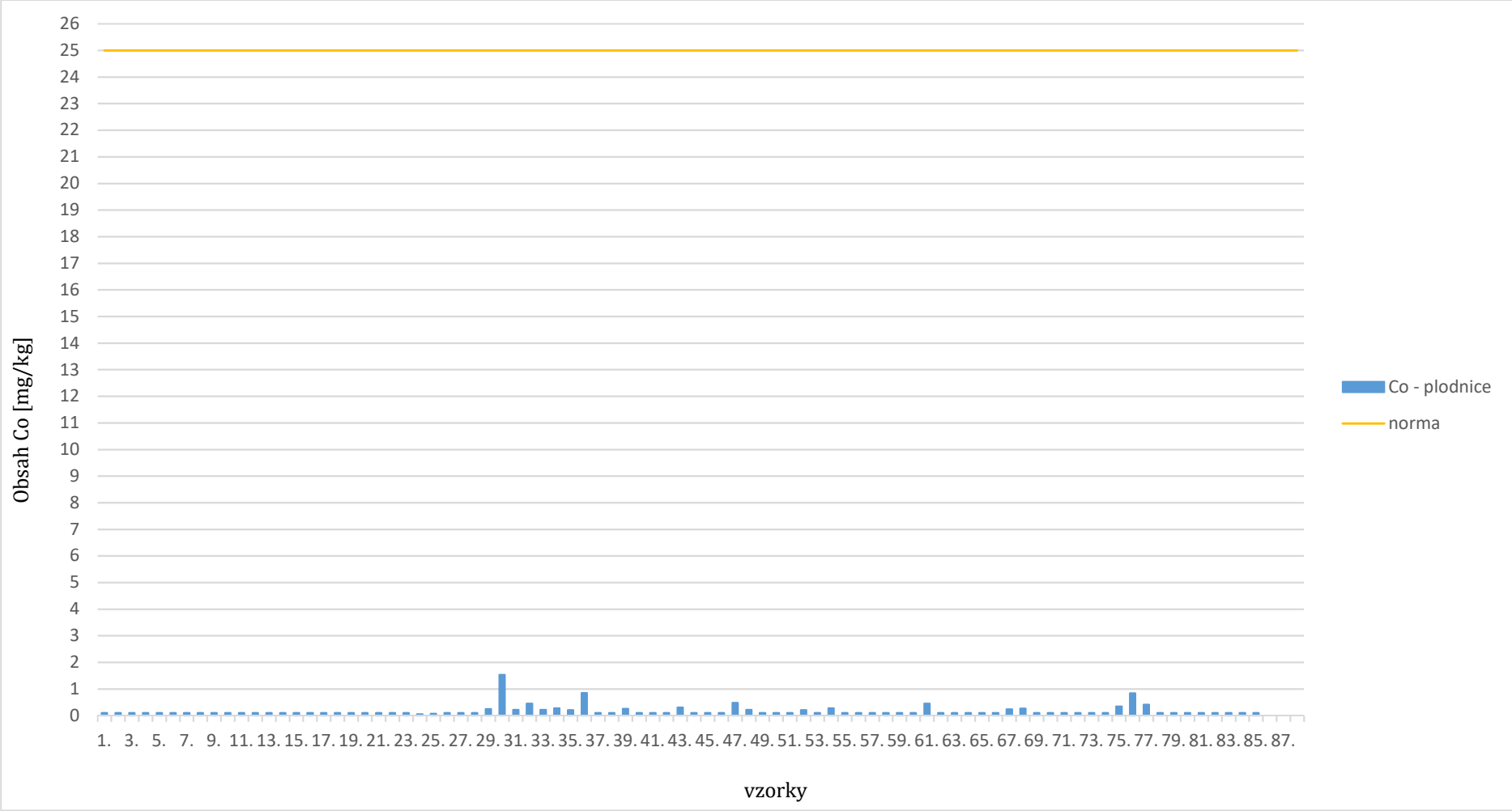
Graf 3 Beryllium v plodnicích



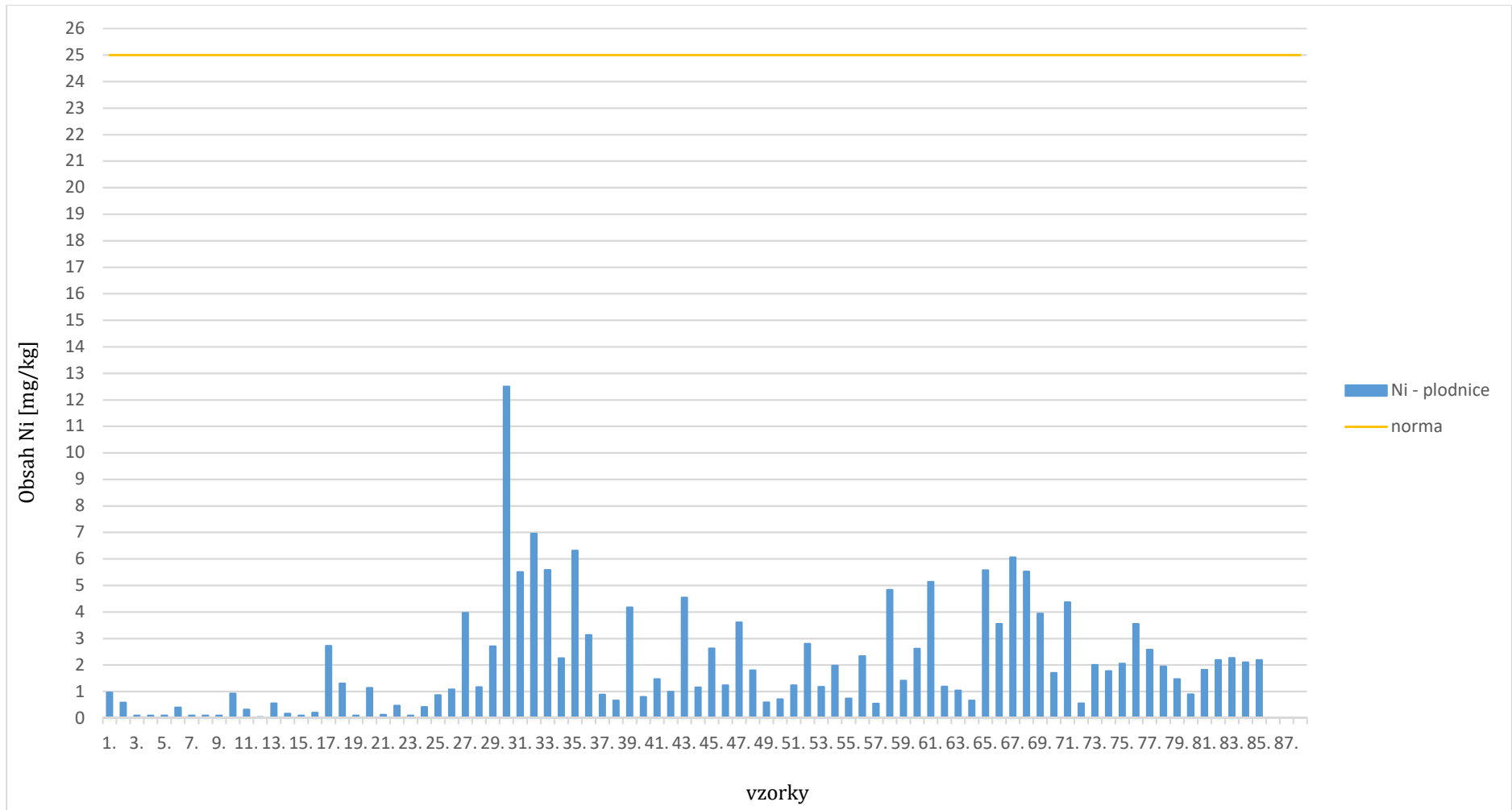
Graf 4 Kadmium v plodnicích



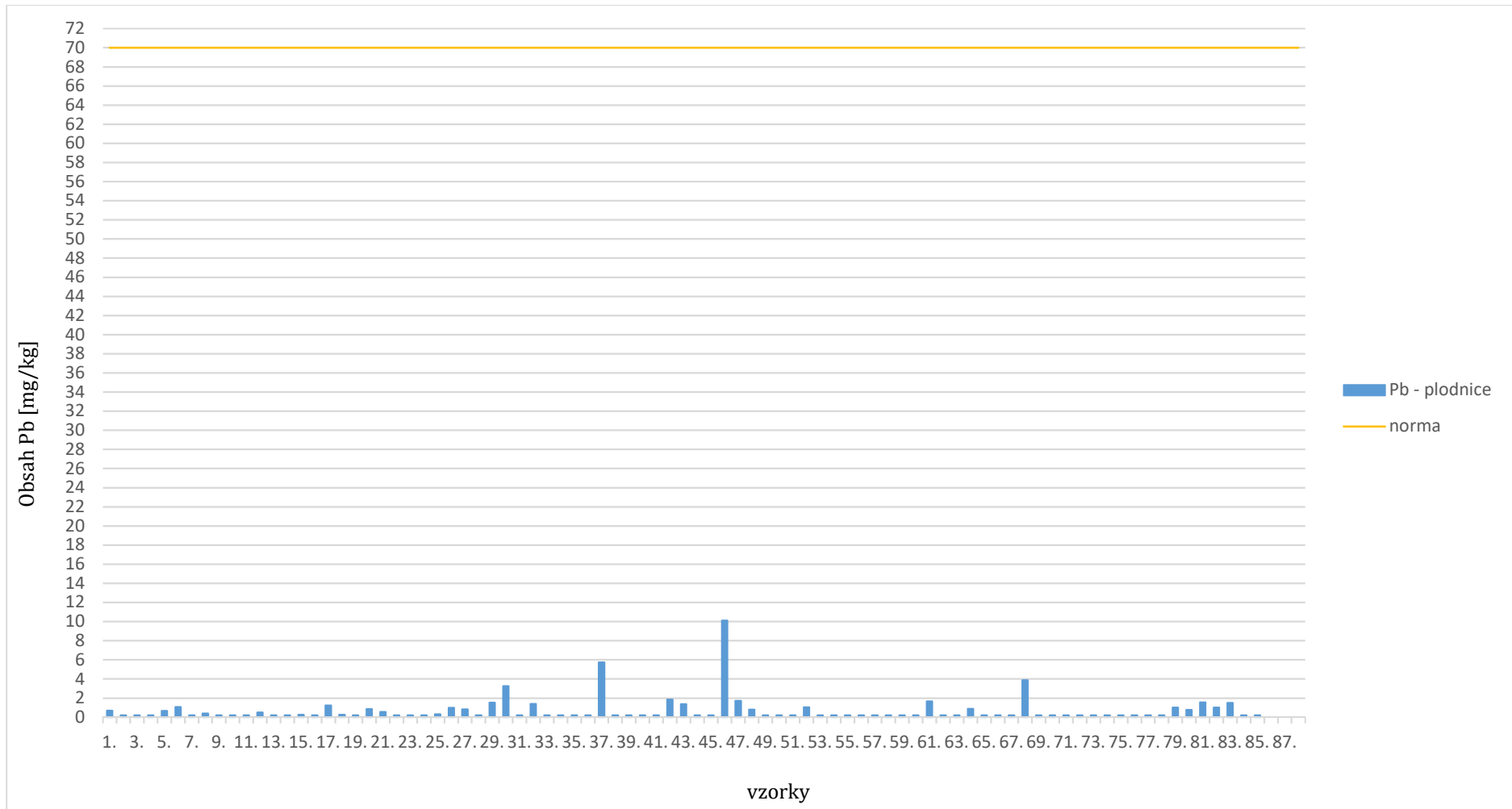
Graf 5 Kobalt v plodnicích



Graf 6 Nikl v plodnicích



Graf 7 Olovo v plodnicích



- **Kvantifikace těžkých kovů v substrátu**

Z nalezišť byl rovněž odebrán substrát, z něhož plodnice rostly. Arsen byl v substrátu obsažen nejvíce. Norma byla překročena u 15 vzorků. Nejvyšší hodnotu měl vzorek 9 (18,40 mg/kg) (Tabulka 5).

Tabulka 5 Porovnání vzorků se zvýšenými hodnotami As

č. vzorku	Druh jedlé houby	Obsah As [mg/kg]		
		plodnice	norma	substrát
9	Čirůvka májovka (<i>C. gambosa</i>)	<0,60	4,50	18,40
17	Smrž štěpkový (<i>M. conica</i> var. <i>costata</i>)	<0,60		6,44
18	Špička obecná (<i>M. oreades</i>)	<0,60		8,57
20	Šupinovka kostrbatá (<i>P. squarrosa</i>)	<0,60		7,52
29	Špička obecná (<i>M. oreades</i>)	<0,60		5,00
35	Vějířovec obrovský (<i>M. giganteus</i>)	<0,60		8,06
38	Čirůvka masová (<i>C. carnea</i>)	<0,60		4,91
40	Bedla zardělá (<i>L. leucothites</i>)	0,00		4,75
44	Suchohřib Engelův (<i>X. engelii</i>)	<0,60		4,51
53	Čirůvka dvoubarvá (<i>L. personata</i>)	<0,60		5,62
68	Čirůvka vláknovitá (<i>T. argyraceum</i>)	<0,60		7,07
70	Čirůvka fialová (<i>L. nuda</i>)	0,00		4,60
72	Čirůvka dvoubarvá (<i>L. personata</i>)	<0,60		4,92
73	Hnojník obecný (<i>C. comatus</i>)	<0,60		5,63
88	Helmovka tuhonohá (<i>M. galericulata</i>)	0,00		7,42

Hodnoty beryllia nepřekročily stanovenou normu. Nejvyšší hodnotu měl opět vzorek 9 (1,12 mg/kg).

Hygienickou normu kadmia přesáhla pouze hodnota vzorku 47 (1,32 mg/kg). Hodnota v plodnici *A. peronatus* byla trojnásobně vyšší než v substrátu (Tabulka 5).

Tabulka 6 Porovnání vzorků se zvýšenými hodnotami Cd

č. vzorku	Druh jedlé houby	Obsah Cd [mg/kg]		
		plodnice	norma	substrát
1	Čirůvka májovka (<i>C. gambosa</i>)	9,44	1,00	0,20
2	Čirůvka májovka (<i>C. gambosa</i>)	1,48		0,07
3	Čirůvka májovka (<i>C. gambosa</i>)	1,08		0,22
4	Čirůvka májovka (<i>C. gambosa</i>)	3,56		0,23
5	Čirůvka májovka (<i>C. gambosa</i>)	5,11		0,14

6	Čirůvka májovka (<i>C. gambosa</i>)	2,30	1,00	0,17
7	Čirůvka májovka (<i>C. gambosa</i>)	2,82		0,23
8	Čirůvka májovka (<i>C. gambosa</i>)	5,06		0,38
9	Čirůvka májovka (<i>C. gambosa</i>)	1,26		0,48
10	Houževnatec tygrovaný (<i>L. tigrinus</i>)	2,90		0,22
14	Polnička raná (<i>A. praecox</i>)	3,07		0,29
15	Sírovec žlutooranžový (<i>L. sulphureus</i>)	2,28		0,26
16	Smrž štěpkový (<i>M. conica</i> var. <i>costata</i>)	1,06		0,13
17	Smrž štěpkový (<i>M. conica</i> var. <i>costata</i>)	1,54		0,42
19	Štítovka jelení (<i>P. cervinus</i>)	6,34		0,35
20	Šupinovka kostřbatá (<i>P. squarrosa</i>)	2,00		0,19
21	Pečárka ovčí (<i>A. arvensis</i>)	3,38		0,26
22	Hřib červený (<i>X. rubellus</i>)	2,77		0,28
26	Hřib koloděj (<i>B. luridus</i>)	1,18		0,18
27	Hřib červený (<i>X. rubellus</i>)	3,80		0,16
28	Křehutka Candolleova (<i>P. candolleana</i>)	1,88		0,24
29	Špička obecná (<i>M. oreades</i>)	1,54		0,28
30	Pečárka opásaná (<i>A. bitorquis</i>)	8,56		0,23
32	Pečárka pařeništní (<i>A. bisporus</i>)	5,75		0,31
35	Vějířovec obrovský (<i>M. giganteus</i>)	3,28		0,30
40	Bedla zardělá (<i>L. leucothites</i>)	8,48		0,31
44	Suchohřib Engelův (<i>X. engelii</i>)	1,99		0,36
45	Hnojník obecný (<i>C. comatus</i>)	2,06		0,09
47	Pečárka pařeništní (<i>A. peronatus</i>)	4,35		1,32
48	Lakovka laková (<i>L. laccata</i>)	2,00		0,17
49	Hlíva dubová (<i>P. dryinus</i>)	2,41		0,24
50	Václavka hlíznatá (<i>A. gallica</i>)	4,20		0,05
52	Líha klubčítá (<i>L. fumosum</i>)	2,17		0,54
54	Čirůvka fialová (<i>L. nuda</i>)	1,10		0,27
55	Šupinovka kostřbatá (<i>P. squarrosa</i>)	2,16		0,30
56	Kuřátečko popelavé (<i>C. cinerea</i>)	5,10		0,12
57	Hnojník obecný (<i>C. comatus</i>)	3,78		0,24
60	Suchohřib meruňkový (<i>X. armeniacus</i>)	3,46	0,14	
62	Čirůvka dvoubarvá (<i>L. personata</i>)	3,15	0,16	
64	Tmavobělka rýhonohá (<i>M. grammopodia</i>)	14,3	0,16	
65	Čirůvka dvoubarvá (<i>L. personata</i>)	1,43	0,65	
68	Čirůvka vláknovitá (<i>T. argyraceum</i>)	2,21	0,44	
73	Hnojník obecný (<i>C. comatus</i>)	1,12	0,32	
75	Líha klubčítá (<i>L. fumosum</i>)	1,59	0,10	

76	Mechovka obecná (<i>C. prunulus</i>)	1,27	1,00	0,22
77	Penízovka sametonohá (<i>F. velutipes</i>)	2,70		0,24
78	Špička obecná (<i>M. oreades</i>)	9,33		0,09
79	Šťavnatka modřínová (<i>H. lucorum</i>)	8,00		0,16
80	Štítovka jelení (<i>P. cervinus</i>)	4,53		0,37
81	Tmavobělka rýhonohá (<i>M. grammopodia</i>)	25,2		0,19
82	Tmavobělka rýhonohá (<i>M. grammopodia</i>)	5,23		0,10
83	Tmavobělka rýhonohá (<i>M. grammopodia</i>)	6,16		0,14
84	Voskovka panenská (<i>H. virginea</i>)	5,62		0,00

U kobaltu a niklu normy nebyly překročeny ani v jednom případě.

U olova byla norma překročena u čtyř vzorků. Nejvyšší hodnota 184 mg/kg byla zjištěna u vzorku 46 (Tabulka 7).

Tabulka 7 Porovnání vzorků se zvýšenými hodnotami Pb

č. vzorku	Druh jedlé houby	Obsah Pb [mg/kg]		
		plodnice	norma	substrát
20	Šupinovka kostrbatá (<i>P. squarrosa</i>)	0,86	70,00	77,20
24	Čirůvka masová (<i>C. carnea</i>)	<0,20		87,40
25	Hřib koloděj (<i>B. luridus</i>)	0,33		91,15
46	Kozák kapucínek (<i>L. griseum</i>)	10,10		184,00

Výsledky kvantifikace těžkých kovů v substrátu jsou uvedeny jen pro srovnání s našimi výsledky s laskavým dovořením pracovníků Katedry agroenvironmentální chemie a výživy rostlin FAPPZ ČZU v Praze.

Vzdálenost nalezišť jedlých hub od hlavní silnice byly změřeny pomocí GPS souřadnic a zaznamenány do tabulky (Tabulka 8).

Tabulka 8 Vzdálenost naleziště od silnice

č. vzorku	Druh	Vzdálenost naleziště od silnice [m]
1.	Čirůvka májovka	5,4
2.	Čirůvka májovka	3
3.	Čirůvka májovka	14,45
4.	Čirůvka májovka	69,7
5.	Čirůvka májovka	195,51
6.	Čirůvka májovka	81,33

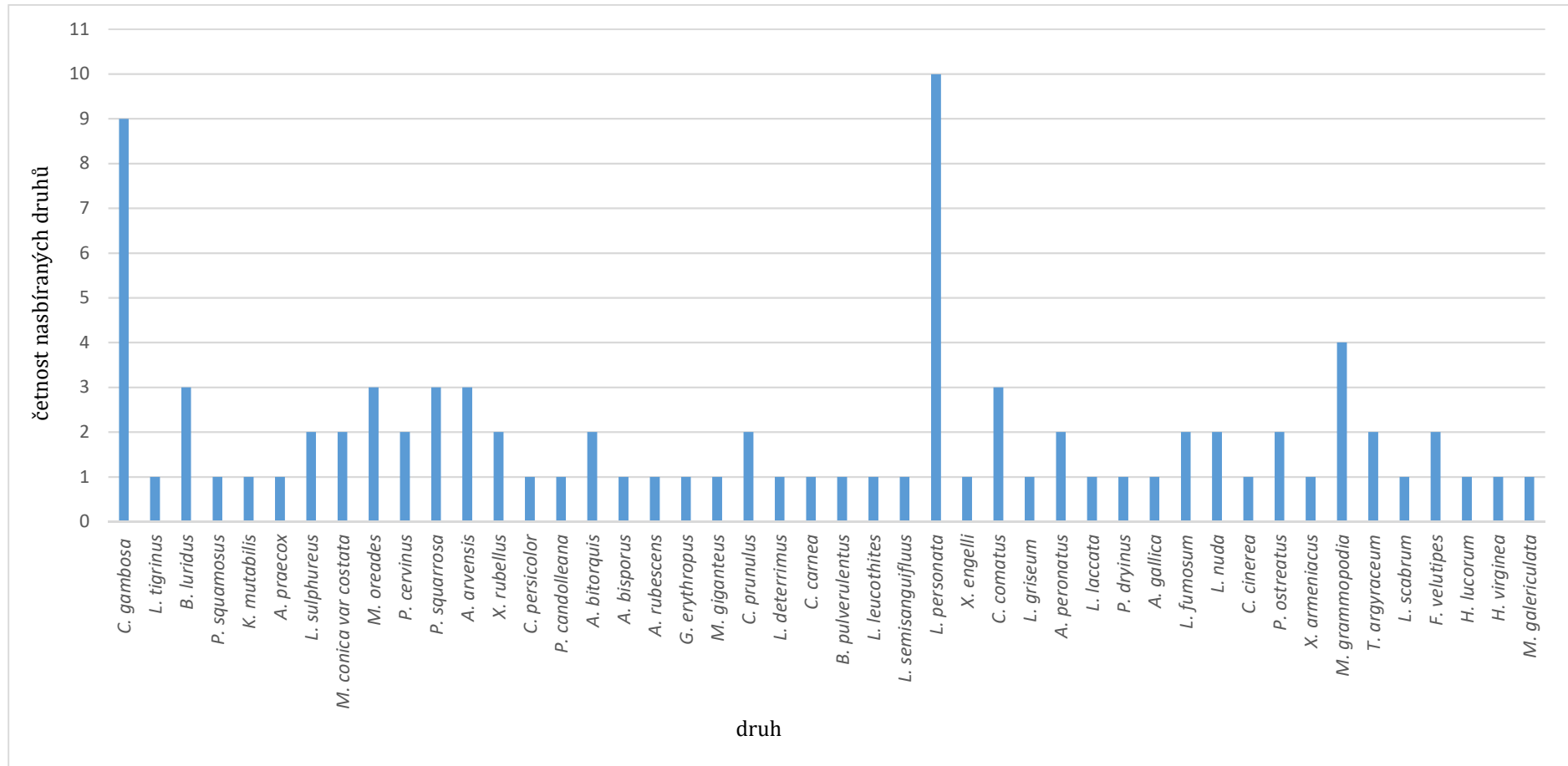
č. vzorku	Druh	Vzdálenost naleziště od silnice [m]
7.	Čirůvka májovka	16
8.	Čirůvka májovka	52,19
9.	Čirůvka májovka	15,5
10.	Houževnatec tygrovaný	47,24
11.	Hřib koloděj	4,29
12.	Choroš šupinatý	91,85
13.	Opeňka měnlivá	178,22
14.	Polnička raná	25,94
15.	Sírovec žlutooranžový	24,38
16.	Smrž štěpkový	15,46
17.	Smrž štěpkový	15,29
18.	Špička obecná	6,96
19.	Štítovka jelení	78,06
20.	Šupinovka kostrbatá	103,23
21.	Pečárka ovčí	46,54
22.	Hřib červený	16,9
23.	Sírovec žlutooranžový	29,48
24.	Čirůvka masová	24,19
25.	Hřib koloděj	29,94
26.	Hřib koloděj	54,02
27.	Hřib červený	67,79
28.	Křehutka Candolleova	25,65
29.	Špička obecná	11,92
30.	Pečárka opásaná	13,36
31.	Pečárka ovčí	12,85
32.	Pečárka pařeništní	20,5
33.	Muchomůrka růžovka	48,47
34.	Penízovka červenonohá	90,56
35.	Vějířovec obrovský	6,25
36.	Mechovka obecná	251,93
37.	Ryzec smrkový	62,78
38.	Čirůvka masová	248,19
39.	Hřib modračka	98,72
40.	Bedla zardělá	13,67
41.	Ryzec polokrvomléčný	31,08
42.	Šupinovka kostrbatá	21,51
43.	Čirůvka dvoubarvá	32,68
44.	Suchohřib Engelův	17,56
45.	Hnojník obecný	2,71
46.	Kozák kapucínek	56,16
47.	Pečárka pařeništní	19,14

č. vzorku	Druh	Vzdálenost naleziště od silnice [m]
48.	Lakovka laková	23,27
49.	Hlíva dubová	8,21
50.	Václavka hlíznatá	23,62
51.	Pečárka pařeništní	17,23
52.	Líha klubčítá	43,82
53.	Čirůvka dvoubarvá	12,72
54.	Čirůvka fialová	37,25
55.	Šupinovka kostrbatá	105,37
56.	Kuřátečko popelavé	67,79
57.	Hnojník obecný	142,25
58.	Pečárka ovčí	11,01
59.	Hlíva ústřičná	12,79
60.	Suchohřib meruňkový	152,82
61.	Pečárka opásaný	58,35
62.	Čirůvka dvoubarvá	49,75
63.	Čirůvka dvoubarvá	57,17
64.	Tmavobělka rýhonohá	61
65.	Čirůvka dvoubarvá	7,85
66.	Čirůvka dvoubarvá	15,29
67.	Čirůvka dvoubarvá	9,02
68.	Čirůvka vláknovitá	113,07
69.	Čirůvka vláknovitá	101,77
70.	Čirůvka fialová	22,44
71.	Čirůvka dvoubarvá	18,08
72.	Čirůvka dvoubarvá	105,95
73.	Hnojník obecný	42,64
74.	Kozák březový	73,48
75.	Líha klubčítá	17,69
76.	Mechovka obecná	13,08
77.	Penízovka sametonohá	113,08
78.	Špička obecná	5,2
79.	Šťavnatka modřínová	27,21
80.	Štítovka jelení	64,85
81.	Tmavobělka rýhonohá	4,72
82.	Tmavobělka rýhonohá	25,42
83.	Tmavobělka rýhonohá	5,62
84.	Voskovka panenská	15,67
85.	Čirůvka dvoubarvá	10,27
86.	Penízovka sametonohá	24,03
87.	Hlíva ústřičná	24,69
88.	Helmovka tuhonohá	111,91

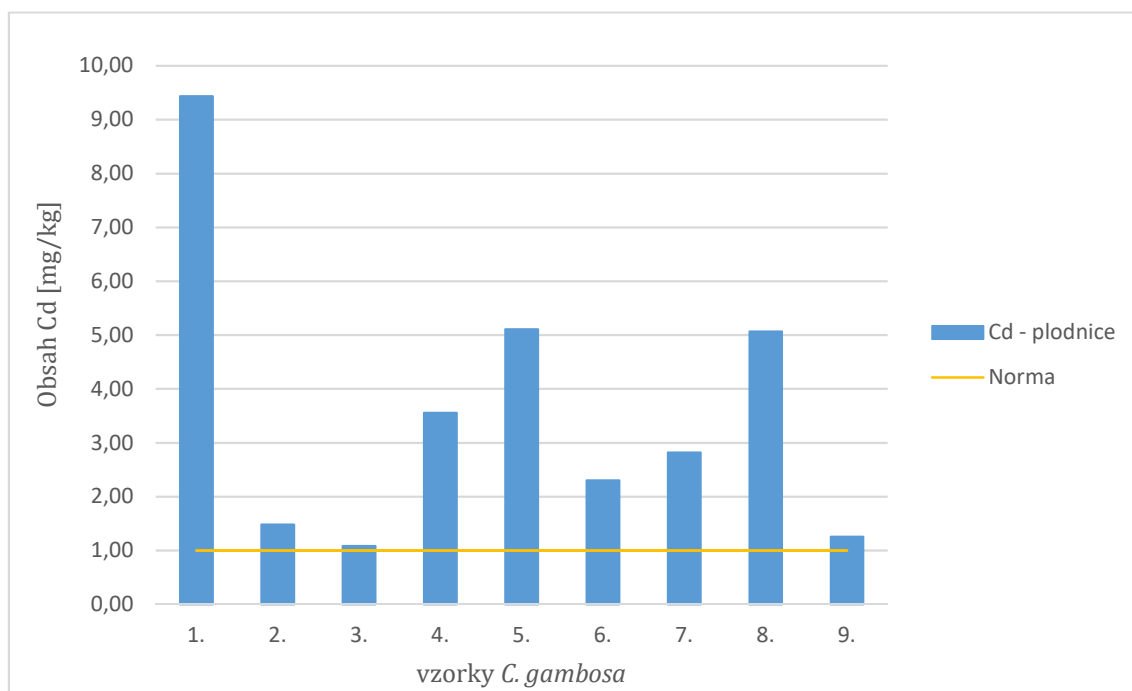
3.3.3. Analýza dat

V Hradci Králové jsou nejčastějšími jedlými druhy *C. gambosa* (9 vzorků) a *L. personata* (10 vzorků) (Graf 8).

Graf 8 - Přehled sesbíraných druhů jedlých hub

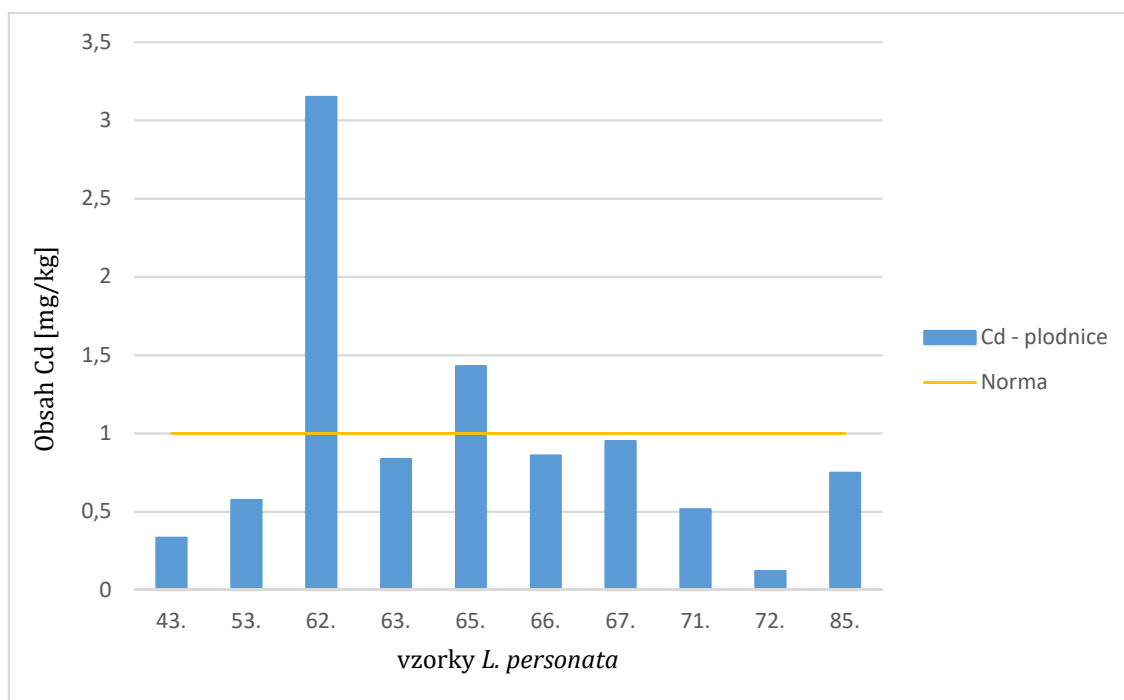


Graf 9 Obsah Cd v plodnicích *Calocybe gambosa*



Obsah kadmia čirůvky májovky (*C. gambosa*) byl nadlimitní u všech vzorků.

Graf 10 Obsah Cd v plodnicích *Lepista personata*



Obsah kadmia čirůvky dvoubarvé (*L. personata*) byl nadlimitní u vzorků 62 a 65, které se nachází 50 a 57 m od silnice.

- **Analýza naměřených výsledků**

Hypotéza 1:

H0: Pokud je zvýšená hodnota těžkého kovu v plodnici, je zvýšená i v půdě

CROSS TABULATION REPORT

Dataset O:\data stat\2017\tezkekovy.NCSS
 Row Variable plodniceK
 Column Variable pudaK

Counts Table

<u>plodniceK</u>	<u>pudaK</u>		Total
	0	1	
0	34	0	34
1	55	1	56
Total	89	1	90

Row Percentages Table

<u>plodniceK</u>	<u>pudaK</u>		Total
	0	1	
0	100.00%	0.00%	100.00%
1	98.21%	1.79%	100.00%
Total	98.89%	1.11%	100.00%

Column Percentages Table

<u>plodniceK</u>	<u>pudaK</u>		Total
	0	1	
0	38.20%	0.00%	37.78%
1	61.80%	100.00%	62.22%
Total	100.00%	100.00%	100.00%

Tests for Row-Column Independence

(plodniceK by pudaK)

H0: "plodniceK" and "pudaK" are independent.

H1: "plodniceK" and "pudaK" are associated (not independent).

Test	Type	Chi-Square Value	DF	Prob Level	Reject H0 at $\alpha =$
0.05? Fisher's Exact	2-Sided			1.00000	No

Pro testování hypotézy 1 jsme vycházeli ze zvýšených hodnot v plodnicích a k nim příslušným hodnotám v půdě. Při testování této hypotézy byl použit soubor testů tzv. Křížová tabulka, kde nás zajímal pouze oboustranný typ přesného Fisherova

testu (F-test). V tomto případě hypotézu H_0 zamítáme na 100 % hladině významnosti.

Hypotéza 2:

H_0 : Zvýšený obsah těžkých kovů je ovlivněn vzdáleností od silnice

TWO-SAMPLE TEST REPORT

Dataset O:\data stat\2017\tezkekovy.NCSS
Variable vzdalenost

Descriptive Statistics

Variable	95.0% UCL		Standard	Standard	95.0% LCL
	Count	Mean of Mean	Deviation	Error	of Mean
plodniceK=0	34	56.93029	63.50758	10.89146	34.77145
plodniceK=1	56	41.91232	41.72622	5.575901	30.73797

Note: T^* (plodniceK=0) = 2.0345; T^* (plodniceK=1) = 2.0040

Descriptive Statistics for the Median

Variable	Count	Median	95.0% LCL of Median	95.0% UCL of Median
plodniceK=0	34	27.085	17.23	58.35
plodniceK=1	56	24.9	16.9	43.82

Two-Sided Confidence Interval for $\mu_1 - \mu_2$

$\mu_1 - \mu_2$	Variance	Mean	Standard	Standard	95.0% C. I. of	
					Lower	Upper
Assumption	DF	Difference	Deviation	Error	T^*	Limit
Equal	88	15.01797	50.99635	11.08733	1.9873	-7.015761
Unequal	50.48	15.01797	75.98875	12.23579	2.0081	-9.552493

Equal-Variance T-Test

$\mu_1 - \mu_2$: (plodniceK=0) - (plodniceK=1)

Alternative Hypothesis	Mean Difference at $\alpha = 0.050$	Standard Error of Difference	T-Statistic	d.f.	Prob Level
$\mu_1 - \mu_2 \neq 0$	15.01797	11.08733	1.3545	88	0.17904

Power for the Equal-Variance T-Test

This section assumes the population means and standard deviations are equal to the sample values.

$\mu_1 - \mu_2$: (plodniceK=0) - (plodniceK=1)

Alternative Hypothesis	Power (α = 0.01)		μ1	μ2	σ1	σ2	Power (α = 0.05)
$\mu_1 - \mu_2 \neq 0$	34	56	56.93029	41.91232	63.50758	41.72622	0.26804
	0.10630						

Aspin-Welch Unequal-Variance T-Test

$\mu_1 - \mu_2$: (plodniceK=0) - (plodniceK=1)

Alternative Hypothesis	Mean Reject H0 Difference at α = 0.050	Standard Error of Difference	T-Statistic	d.f.	Prob Level
$\mu_1 - \mu_2 \neq 0$	15.01797	12.23579	1.2274	50.48	0.22537
	No				

TWO-SAMPLE TEST REPORT

Dataset: O:\datar\2017\tezkekovy.NCSS
Variable: vzdalenost

Power for the Aspin-Welch Unequal-Variance T-Test

This section assumes the population means and standard deviations are equal to the sample values.

$\mu_1 - \mu_2$: (plodniceK=0) - (plodniceK=1)

Alternative Hypothesis	Power (α = 0.01)		μ1	μ2	σ1	σ2	Power (α = 0.05)
$\mu_1 - \mu_2 \neq 0$	34	56	56.93029	41.91232	63.50758	41.72622	0.22564
	0.08261						

Mann-Whitney U or Wilcoxon Rank-Sum Test for Difference in Location

Variable	Mann Whitney U	W Sum Ranks	Mean of W	Std Dev of W
plodniceK=0	1052.5	1647.5	1547	120.158
plodniceK=1	851.5	2447.5	2548	120.158

Number Sets of Ties = 3, Multiplicity Factor = 36

Correction Alternative Hypothesis	Exact Probability*		Approx. Without Correction		Approx. With	
	Prob Level (α = 0.050)	Reject H0 (α = 0.050)	Z-Value	Level	Prob Level	Reject H0 (α = 0.050)
Diff ≠ 0	0.405275	No	0.8364	0.402931	No	0.8322

*Exact probabilities are given only when there are no ties and the sample sizes in both groups are ≤ 20.

Kolmogorov-Smirnov Test For Comparing Distributions

Alternative Hypothesis	Largest-Difference Criterion Value	Prob Level	Reject H0 ($\alpha = 0.050$)
D(1) \neq D(2)	0.139706	0.740333	No

Tests of Assumptions

Assumption	Value	Prob Level	Decision ($\alpha = 0.050$)
Skewness Normality (plodniceK=0)	3.8831	0.000103	Reject normality
Kurtosis Normality (plodniceK=0)	2.7088	0.006752	Reject normality
Omnibus Normality (plodniceK=0)	22.4159	0.000014	Reject normality
Skewness Normality (plodniceK=1)	4.3072	0.000017	Reject normality
Kurtosis Normality (plodniceK=1)	2.8178	0.004835	Reject normality
Omnibus Normality (plodniceK=1)	26.4918	0.000002	Reject normality
Variance-Ratio Equal-Variance Test	2.3165	0.005699	Reject equal variances
Modified-Levene Equal-Variance Test	1.7525	0.188989	Cannot reject equal variances

Při testování hypotézy 2 byl použit Dvouvýběrový t-test. Tato metoda je nejvhodnější, jelikož pracujeme s dvěma nezávislými proměnnými. Srovnávali jsme plodnice se zvýšenými hodnotami vzhledem ke vzdálenosti od silnice a plodnice s nezvýšenými hodnotami vzhledem ke vzdálenosti od silnice. I v tomto případě hypotézu H_0 zamítáme.

4. DISKUZE

Česká republika je národem houbařů. V této bakalářské práci byly sledovány houby jedlé. Jak už bylo zmiňováno, nejnebezpečnějším kovem pro člověka je kadmium a olovo. V tomto výzkumu to bylo právě kadmium, které se v houbách vyskytovalo nejčastěji.

Podle Kalače (2008) výrazně kumulující skupinu u kadmia představuje rod *Agaricus*, u volně rostoucích se hodnoty pohybují v rozpětí 100-300 mg/kg.

Naše nejvyšší hodnoty byly naměřeny u tmavobělky rýhonohé, která rostla necelých 5 m od velmi frekventované silnice (výjezd z HK směr Třebechovice pod Orebem), navíc u nákupního centra Orlice park shopping, kde projede denně tisíce aut, což by mohlo mít vliv na vysokou hodnotu kadmia v plodnici *M. grammopodia*. Navíc u všech analyzovaných tmavobělek byly hodnoty zvýšené, což vypovídá o extrémní schopnosti absorbovat a kumulovat Cd v plodnicích. Vyšší hodnoty Cd oproti normě jsme zaznamenaly především u čirůvek a pečárek (žampionů).

To, že rod *Agaricus* představuje skupinu, u které kadmium kumuluje nejvíce, tato práce zcela nevylučuje, ale naše druhy pečárek mají zřejmě nižší mykoremediační schopnost než druhy tmavobělek. Podle mého názoru je to právě tento důvod, jelikož jsme zjistili, že vzdálenost naleziště od silnice zřejmě nesouvisí s obsahem těžkých kovů v plodnicích.

Zvýšené hodnoty Cd v plodnicích vyšly nejenou v naší studii, ale i např. ve výzkumech Kalače, Komárka, Svobody. Zřejmě je to dáno vysokou mykoremediační schopností hub.

Stanovené normy arsenu nebyly v plodnicích překročeny, ovšem v substrátu byla norma překročena u 25 % vzorků. V tomto případě však neměli plodnice schopnost mykoremediace.

Zdrojem zvýšených hodnot As v substrátu by zřejmě mohla být uhelná elektrárna Opatovice nad Labem, která je vzdálená zhruba 12 km od Hradce Králové.

Pro srovnání s naší studií byly vybrány oblasti: Těžební oblast stříbra (Borek u Českých Budějovic), kde bylo studováno 285 vzorků 15 druhů hub. Tato

pozorovaná oblast se nacházela přibližně 250 m od frekventované silnice. Nejvyšší hodnoty Cd v této oblasti byly zjištěny u pečárky lesní (*A. sylvaticus*) 149 mg/kg (L. Svoboda et al., 2005).

Naše nejvyšší hodnota u Cd činila 25,2 mg/kg (*M. grammopodia*), což je téměř 6krát méně, než v této zkoumané oblasti. Dále bylo sledováno olovo. Žádný vzorek u tohoto prvku zde nepřekročil stanovenou normu, stejně jako v naší studii.

Oblast, kterou jsme zkoumali, nebyla v minulosti zasažena těžbou stříbra, což by vysvětlovalo, že zde koncentrace Cd nebyly extrémně vysoké.

Další oblastí pro porovnání jsou tavící vysoké pece na železnou rudu v oblasti Příbrami. Tato plocha je značně zasažena vysokými koncentracemi olova. Mimo jiné těžké kovy a polokovy zde byly pozorovány As, Cd a Pb. Koncentrace těchto kovů byly zjišťovány u třech druhů *B. edulis*, *X. chryserveron* a *X. badius*. Nejvyšší hodnota Cd byla naměřena u *B. edulis*, která činila 55 mg/kg, což je opět vyšší naměřená hodnota než v naší studii. Nejvyšší hodnoty olova byly rovněž naměřeny u *B. edulis* 165 mg/kg (Komárek et al., 2007).

V naší studii žádný ze vzorků nepřekročil normu olova, což je pravděpodobně způsobeno tím, že se v blízké vzdálenosti nenachází žádný velký zdroj Pb.

Pro další srovnání byly vybrány oblasti v Krkonoších a v okolí Třince. Zde byly sledovány celkem tři lokality, které byly různě antropogenně znečištěny. Studováno bylo 51 vzorků deseti druhů hub. První lokalita se nacházela v Královéhradeckém kraji na rozhraní ochranného pásma a třetí zóny Krkonošského národního parku. V tomto okolí nebyl nalezen žádný větší zdroj možného znečištění a kontaminace životního prostředí. V této oblasti vykazovala nejvyšší naměřené hodnoty *Lycoperdon perlatum*, avšak žádný ze vzorků normu nepřekročil. Druhá a třetí lokalita se nacházely v Moravskoslezském kraji, podél hranice CHKO Moravskoslezské Beskydy. Jednalo se o okrajovou lokalitu města Třince. V těchto lokalitách byla situace výrazně odlišná, co se týká stavu životního prostředí. Lokality byly zasaženy průmyslovou výrobou Třineckých železáren. Zjištěny byly mnohem vyšší koncentrace než v předchozí oblasti. Nejvyšší koncentrace kadmia byla zjištěna u *X. chryserveron* 8,5 mg/kg. V okrajové oblasti Třince měla nejvyšší hodnoty Cd václavka obecná (*Armillaria mellea*) 1,6 mg/kg (Pacner, 2005).

Kadmium je prvek, který se v houbách vyskytuje nejvíce. Ze všech kovů v Krkonošském národním parku bylo Cd zkoumáno v letech 1998-2005 i v jiných organismech. Zkoumalo se, jak ovlivňuje potravní řetězec. Jeho koncentrace byla zjišťována nejen v plodnicích jedlých hub, ale i v mechorostech, jehličí, bukových listech, a také keřících a plodech borůvky černé. Ovšem největšími bioakumulátory kadmia se ukázaly být houby. V ostatních organismech byly hodnoty nepatrné a u borůvky černé (*Vaccinium myrtillus L.*) nebyly nalezeny žádné koncentrace Cd. Koncentrace kadmia zjištěné v bukovém listí a smrkovém jehlicí byly poměrně nízké 0,1-0,24 mg/kg. V mechorostech byly zjištěny hodnoty jen nepatrně vyšší a to v bukovém porostu maximálně 0,32 a ve smrkovém porostu maximálně 0,66 mg/kg. Za nejvýznamnější bioakumulátory kadmia byly tedy označeny houby a to především hřibovité druhy, u kterých byly na území parku zjištěny koncentrace v rozmezí 2,32-38,7 mg/kg v sušině. Z potravinářského hlediska lze označit tyto vzorky jako nadlimitní, představující riziko pro konzumenty. Z hlediska lesnického je možno na akumulaci Cd mykorrhizními houbami nahlížet jako na pozitivní faktor. Některé mykorrhizní houby mají vysokou kapacitu pro ochranu hostitelské rostliny před zvýšeným příjmem toxických těžkých kovů, včetně kadmia. Právě s chybějící mykorrhizou souvisí zvýšená citlivost bylin a některých listnatých dřevin ke kontaminaci těžkými kovy ve srovnání s jehličnany a s jejich více rozvinutou metal-tolerantní ektomykorrhizou (Uhlířová, 2005).

V současné době se zvyšuje riziko shromažďování těžkých kovů v plodnicích hub a s tím i zdravotní rizika při jejich konzumaci. Česká republika patří k národům s vysokou konzumací hub, a proto je nutné analyzovat vzorky a zasvětit společnost do problematiky, aby získala přehled o postižených oblastech a mohla se tak případným rizikům vyhnout. V našem případě působíme na populaci města Hradce Králové s výzkumem, který proběhl v roce 2014. Myslím si, že by bylo dobré zopakovat ten samý výzkum za pár let na těchto druzích a zjistit, zda se hodnoty kadmia nějak změnily.

5. ZÁVĚR

V centru Hradce Králové roste 46 druhů jedlých hub. Mezi nejčastěji se vyskytující druhy patří *Calocybe gambosa* a *Lepista personata*.

Analýzou získaných vzorků bylo zjištěno, že ve sledované oblasti Hradce Králové kadmium jako jediné ze sledovaných těžkých kovů, překročilo stanovenou normu v plodnicích jedlých hub. Celkem 60,2 % vzorků obsahovalo jeho nadlimitní množství. Vzorky druhu tmavobělky rýhonohé (*Melanoleuca grammopodia*) dosahovaly nejvyšších hodnot ze všech. Nejedná se naštěstí o kodexový druh. Kadmium v plodnicích bylo koncentrováno až 25x více než v půdě. Dále bylo Cd kvantifikováno ve vysokém množství v plodnicích rodu *Tricholoma* a *Agaricus*, naopak nejméně u rodu *Lactarius*. Nejnižší překročená hodnota byla ve vzorku štěpkového smrže (*M. conica* var. *costata*). Naopak arsen, kromě 2 vzorků (jejich hodnota nebyla nadlimitní), nebyl naměřen v plodnicích téměř vůbec. Obsah arsenu byl u 86 vzorků menší než 0,6 mg/kg, což je zanedbatelné vzhledem k normě, přestože v půdě byl naměřen ze všech prvků největším obsahem (Tabulka 5). Z hlediska tržních (kodexových) hub by konzumenta měly zajímat zvýšené hodnoty u čirůvky májovky (*C. gambosa*), líhy klubčité (*L. fumosum*), čirůvky dvoubarvé (*L. personate*), špičky obecné (*M. oreades*) a hříbu koloděje (*S. luridus*). Sběr plodnic ve městě v blízkosti frekventovaných silnic není vhodný.

Výsledky hypotéz:

Dle našich výsledků zvýšené hodnoty obsahu TK v plodnicích neznamenaají zvýšenou hodnotu obsahu TK v substrátu, z něhož plodnice vyrůstaly. Tmavobělky mají extrémní schopnost absorbovat a kumulovat kadmium ze substrátu (až 25x více kadmia v plodnicích než v substrátu), ale tento rod není pro konzumní houbaře atraktivní, neboť ani jeden z druhů nepatří mezi druhy kodexové (tržní). Rizikové jsou však pečárky (žampiony) a bedly. V jejich plodnicích bylo kadmium zvýšeno až osmkrát oproti substrátu, a proto jejich sběr ve městech není vhodný. U žádného jiného měřeného prvku hygienická norma v plodnicích jedlých hub překročena nebyla, přestože v substrátu byl obsah těžkých kovů nadlimitní.

Vzdálenost od silnice zřejmě nesouvisí s obsahem těžkých kovů v plodnicích.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ADAMEC, Vladimír. *Doprava, zdraví a životní prostředí*. 1. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2156-9.

BARROS, L. et al. Antimicrobial activity and bioactive compounds of Portuguese wild edible mushrooms methanolic extracts. *European Food Research Technology* [online]. 2007, 151-156 [cit. 2016-04-27]. DOI: 10.1007/s00217-006-0394-x. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/225707760_Barros_L_et_al_Antimicrobial_activity_and_bioactive_compounds_of_Portuguese_wild_edible_mushrooms

BENCKO, Vladimír, Jaroslav LENER a Miroslav CIKRT. *Toxické kovy v životním a pracovním prostředí člověka*. 2. přepracované a doplněné vyd., v Grada Publishing 1. vyd. Praha: Grada, 1995. ISBN 80-716-9150-X.

BÍBA, M. a H. UHLÍŘOVÁ. *Monitoring lesních ekosystémů s vazbou na potravní řetězec: Zpráva o řešení úkolu v roce 2004*. *Turkish Journal Of Biochemistry* [online]. 2009, (1), 25-31 [cit. 2016-04-27]. ISSN 1303-829X. Dostupné z: http://www.vulhm.cz/monitoring_cizorodych_latek

BioLib: Biological Library [online]. c1999-2016 [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.biolib.cz/cz/help/id24/>

CIBULKA, J. Cizorodé prvky v houbách. *Vesmír* [online]. 1996/7 [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <http://casopis.vesmir.cz/clanek/cizorode-prvky-v-houbach>

CHEUNG, Peter C-K. Dietary fibre content and composition of some edible fungi determined by two methods of analysis. *Science of Food and Agriculture* [online]. 1997, (73), 255 [cit. 2016-04-24].

GABRIEL, J., P. BALDRIAN, P. RYCHLOVSKÝ a M. KRENZELOK. Heavy Metal Content in Wood-Decaying Fungi Collected in Prague and in the National Park Šumava in the Czech Republic. *Bulletin of environmental contamination and toxicology* [online]. 1997, (59), 595-602 [cit. 2016-01-26].

GPS Převodník. *GPS pomocníci* [online]. 2011 [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://geo.hermansky.net/index.php?co=convert>

GMINDER, Andreas a Tanja BÖHNING. *Houby: nový průvodce přírodou*. Vyd. 2. Překlad Jiří Váňa. Praha: Knižní klub, 2014. Nový průvodce přírodou. ISBN 978-80-242-4671-0.

GRÜNERT, Helmut a Renate GRÜNERT. *Houby*. Vyd. 3. Překlad Eva Pátková. Praha: Knižní klub, 2011. Průvodce přírodou (Knižní klub). ISBN 978-80-242-3220-1.

HADAR, Y., C. G. DOSORETZ. Mushroom mycelium as a potential source of food flavour. *Trends in Food Science and Technology* [online]. 1991, 214-218 [cit. 2016-04-27].

HAGARA, Ladislav, Jiří BAIER a Vladimír ANTONÍN. *Velký atlas hub*. Ottovo nakladatelství, 2005. ISBN 978-80-7360-334-2.

HANUŠOVÁ, Johana. *Monitoring přenosu bakteriálního infekčního agens z domácích zvířat na člověka*. Hradec Králové, 2014. Diplomová práce. Univerzita Hradec Králové, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce MVDr. Zuzana Čermáková, Ph.D.

HOLEC, J. a M. BERAN. *Červený seznam hub (makromycetů) České republiky* [online]. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2006 [cit. 2016-04-27]. ISSN 1211-3603. Dostupné z: http://portal.nature.cz/publik_syst/files/RL_hub.pdf

Periodic Table of Elements: LANL [online]. Los Alamos National Security, 2016 [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://periodic.lanl.gov/index.shtml>

KALÁČ, Pavel. A review of chemical composition and nutritional value of wild-growing and cultivated mushrooms. *Society of Chemical Industry* [online]. 2012, (93), 209-218 [cit. 2016-01-26]. DOI: 10.1002/jsfa.5960.

KALÁČ, Pavel. Trace element contents in European species of wild growing edible mushrooms: A review for the period 2000–2009. *Food Chemistry* [online]. 2010, (122), 2-15 [cit. 2016-01-26]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.02.045.

KALÁČ, Pavel. *Houby: víme, co jíme?*. České Budějovice: Dona, 2008, 114 s., [8] s. barev. obr. příl. ISBN 978-80-7322-112-6.

KALÁČ P., Svoboda L. a Havlíčková B. Contents of cadmium and mercury in edible mushrooms. *Journal of Applied Biomedicine* [online]. 2003, (2), 15-20 [cit. 2016-02-04]. ISSN 1214-0287. Dostupné z: <http://kch.zf.jcu.cz/vyzkum/publikace/separaty/2004-0020.pdf>

KNOOP, Martin. *Houby: určování, sběr, příprava*. V Praze: Knižní klub, 1999, 254 s. ISBN 80-717-6947-9.

KOMÁREK, Michael, Vladislav CHRASTNÝ a Jana ŠTÍCHOVÁ. Metal/metalloid contamination and isotopic composition of lead in edible mushrooms and forest soils originating from a smelting area. *Environment International* [online]. Elsevier, 2007, 677-684 [cit. 2016-01-26].

MIESLEROVÁ, Barbora, Michaela SEDLÁŘOVÁ a Aleš LEBEDA. *Houby a houbám podobné organismy v biotechnologiích*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2016. ISBN 978-80-244-4983-8.

MIKŠÍK, Michal. *1000 českých a slovenských hub*. Praha: Svojtka, 2015. ISBN 978-80-256-1190-6.

NĚMEČEK, Jan, Radim VÁCHA a Eliška PODLEŠÁKOVÁ. *Hodnocení kontaminace půd v ČR*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2010. ISBN 978-80-86561-02-4.

PACNER, M. *Vybrané těžké kovy v plodnicích stopkovýtrosých hub v Krkonoších a okolí Třince* [online]. 2005, (42), 91-97 [cit. 2016-02-04]. Dostupné z: http://opera.krnap.cz/_pdf/42/oc42-8.pdf

ROTTER, P. et al. Rizikové prvky v lesních půdách. *Zprávy lesnického výzkumu* [online]. 2013, 17-27 [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <http://www.vulhm.cz/sites/File/ZLV/fulltext/283.pdf>

Species Fungorum [online]. 2016 [cit. 2016-12-06]. Dostupné z: <http://www.speciesfungorum.org/names/Names.asp>

SVOBODA, L. a P. KALAČ. Contamination of Two Edible *Agaricus* spp. Mushrooms Growing in a Town with Cadmium, Lead, and Mercury. *Environmental Contamination and Toxicology* [online]. 2003, (71), 123-130 [cit. 2016-04-24]. DOI: 10.1007/s00128-003-0138-6.

SVOBODA, L., B. HAVLÍČKOVÁ a P. KALAČ. Contents of cadmium, mercury and lead in edible mushrooms growing in a historical silver-mining area. *Food Chemistry* [online]. 2005, 580-585 [cit. 2016-01-26]. DOI: <http://kch.zf.jcu.cz>.

SVOBODA, L., K. ZIMMERMANNOVÁ a P. KALAČ. Concentrations of mercury, cadmium, lead and copper in fruiting bodies of edible mushrooms in an emission area of a copper smelter and a mercury smelter. *The Science of the Total Environment* [online]. Elsevier, 1999, 61-67 [cit. 2016-01-26].

TAN, Y. H. a D. MOORE. *High concentrations of mannitol in the shiitake mushroom Lentinula edodes* [online]. 1994, (79), 31-35 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: http://davidmoore.org.uk/Assets/Printed_documents/my_reprints/1994_TanMoore_High_concentrations_mannitolshiitake.pdf

UHLÍŘOVÁ, H. a J. HEJDOVÁ. *Těžké kovy v lesních ekosystémech České republiky: Zprávy lesnického výzkumu* [online]. 1999, (3) [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <http://www.mzp.cz/ris/ais-ris-info-copy.nsf/6d13b004071d0140c12569e700154acb/12171da96085c116c12569a2002162db?OpenDocument>

UHLÍŘOVÁ, H., HELLEBRANDOVÁ, K. (2007). Biomonitoring kadmia v lesním prostředí krkonošského národního parku s vazbou na potravní řetězec. Výsledky z let 1998-2005/Biomonitoring of cadmium in the forest environment of the krkonose national park in the connection to the food chain. results from 1998-2005. *Opera Corcontica*, (44), 517-521. Dostupné z: <http://ezproxy.techlib.cz/login?url=http://search.proquest.com/docview/219272952?accountid=119841>

VÍDEN, Ivan. *Chemie ovzduší*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2005, s. 15. ISBN 80-708-0571-4.

PŘÍLOHY

Příloha A Seznam tabulek	57
Příloha B Seznam grafů	58
Příloha C Mapy	59
Příloha D Obrazová část	67

PŘÍLOHA A – SEZNAM TABULEK

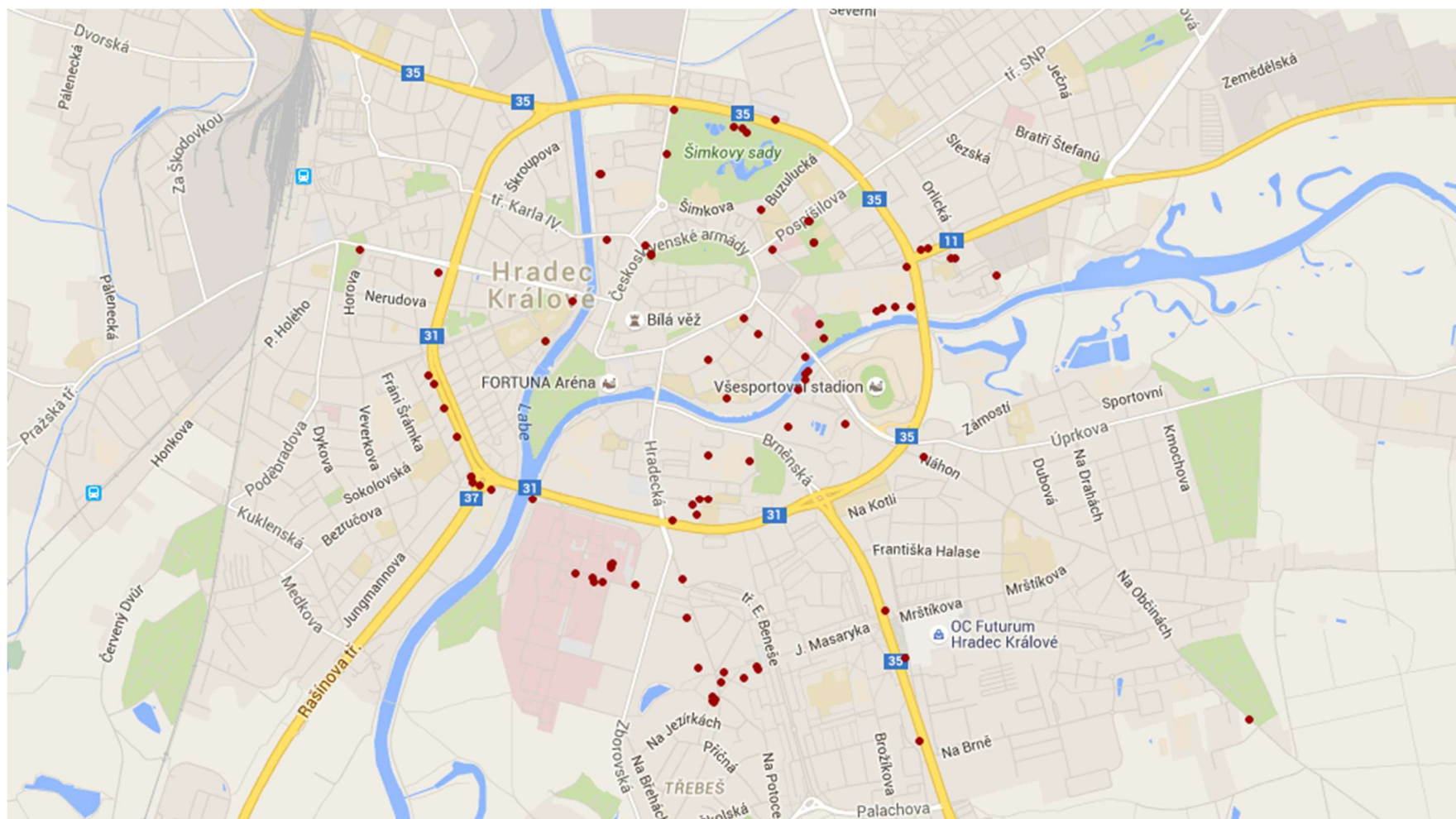
Tabulka 1 Základní složení sušiny vybraných plodnic hub podle Kalače (2008)....	16
Tabulka 2 Hygienické limity podle vyhlášky č. 53/2002 Sb.....	19
Tabulka 3 Hygienické limity dle ČZU v plodnicích a substrátu (2004).....	19
Tabulka 4 Přehled vzorků.....	26
Tabulka 5 Porovnání vzorků se zvýšenými hodnotami As	36
Tabulka 6 Porovnání vzorků se zvýšenými hodnotami Cd.....	36
Tabulka 7 Porovnání vzorků se zvýšenými hodnotami Pb.....	38
Tabulka 8 Vzdálenost naleziště od silnice.....	38

PŘÍLOHA B – SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 - Průměrný sběr hub v ČR	12
Graf 2 Arsen v plodnicích	30
Graf 3 Beryllium v plodnicích	31
Graf 4 Kadmium v plodnicích	32
Graf 5 Kobalt v plodnicích	33
Graf 6 Nikl v plodnicích	34
Graf 7 Olovo v plodnicích	35
Graf 8 - Přehled sesbíraných druhů jedlých hub	42
Graf 9 Obsah Cd v plodnicích Calocybe gambosa	43
Graf 10 Obsah Cd v plodnicích Lepista personata	43

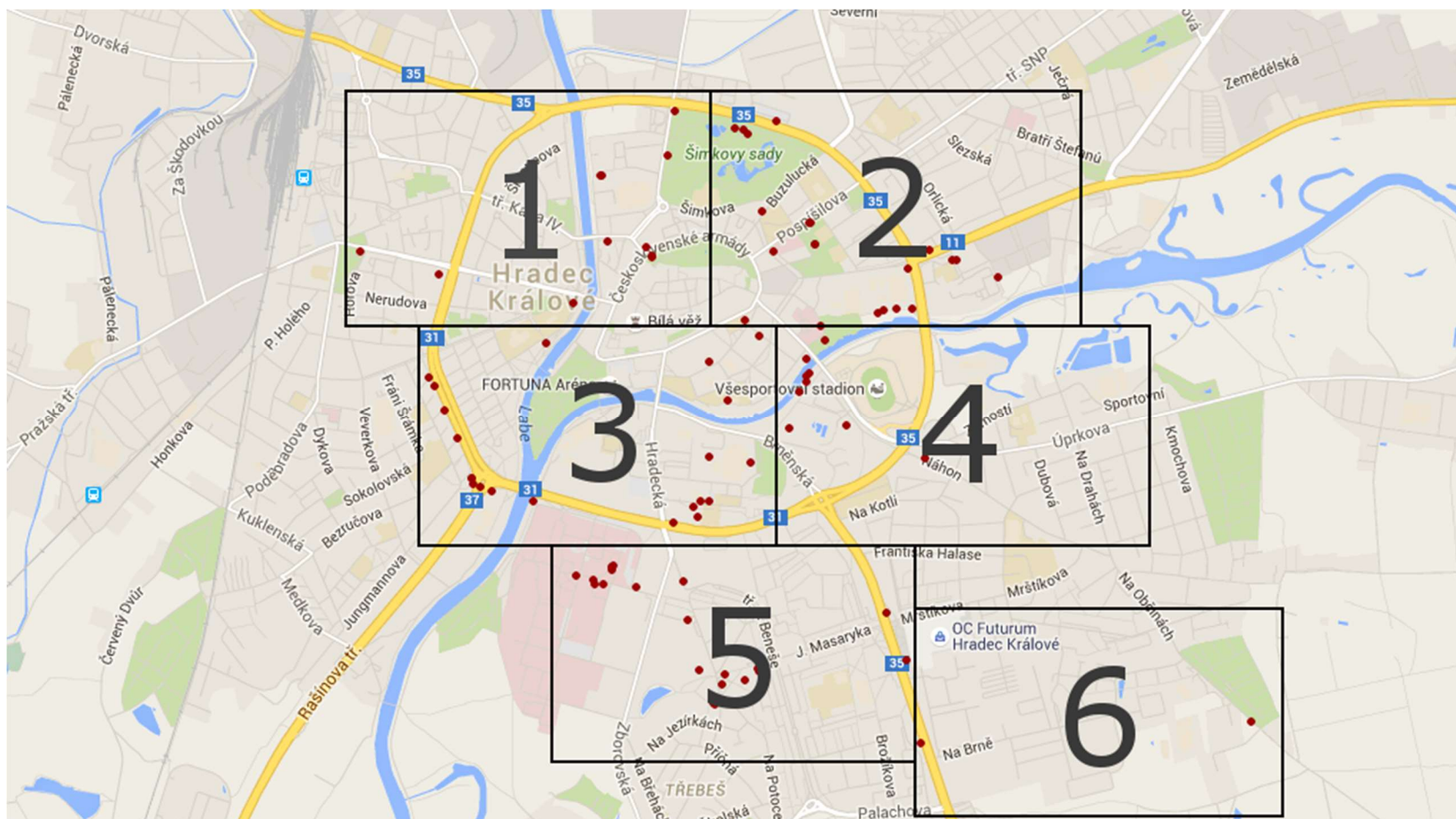
PŘÍLOHA C - MAPY

C1 Přehled stanovišť jedlých hub v HK

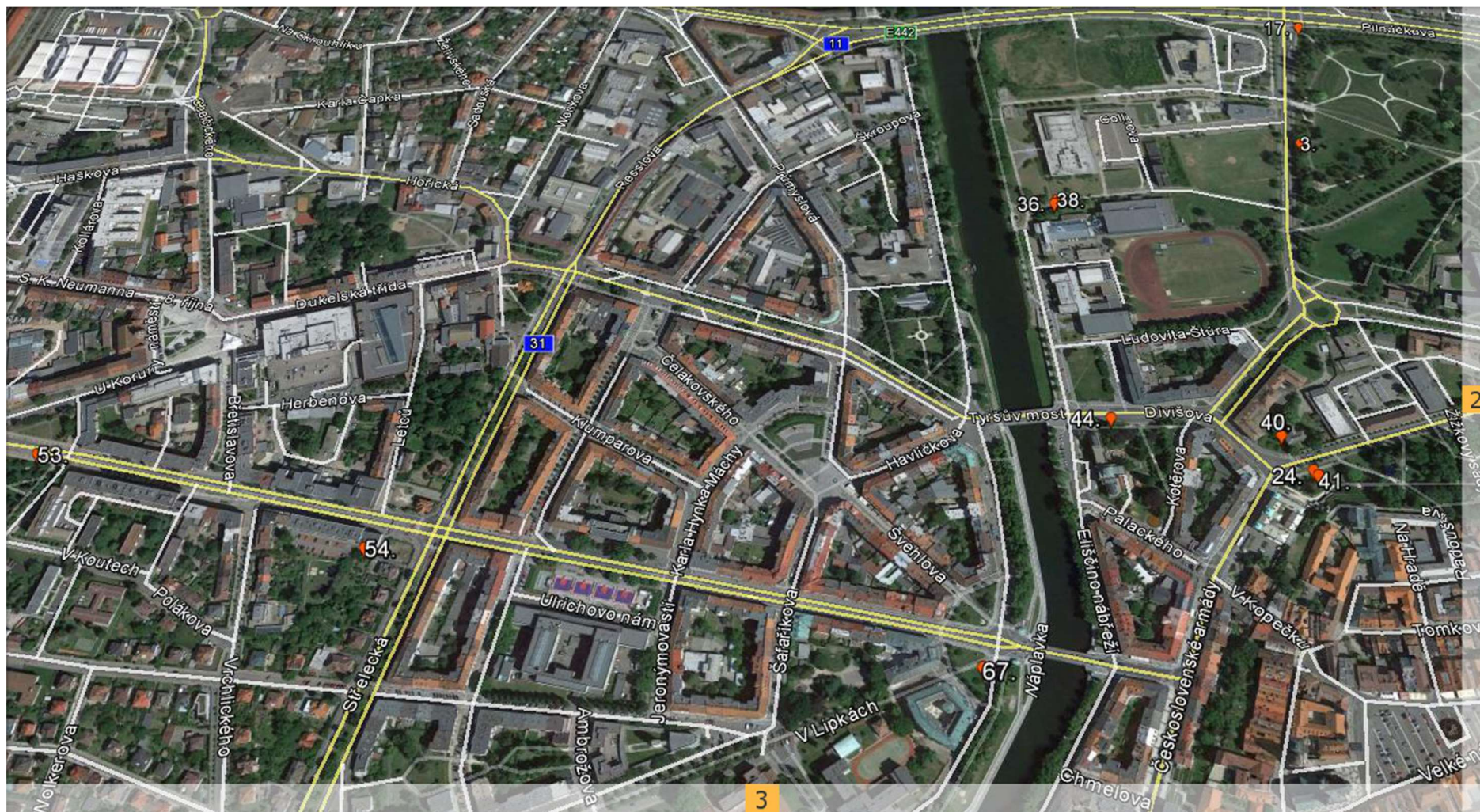


C2 Rozdělení mapy na oblasti

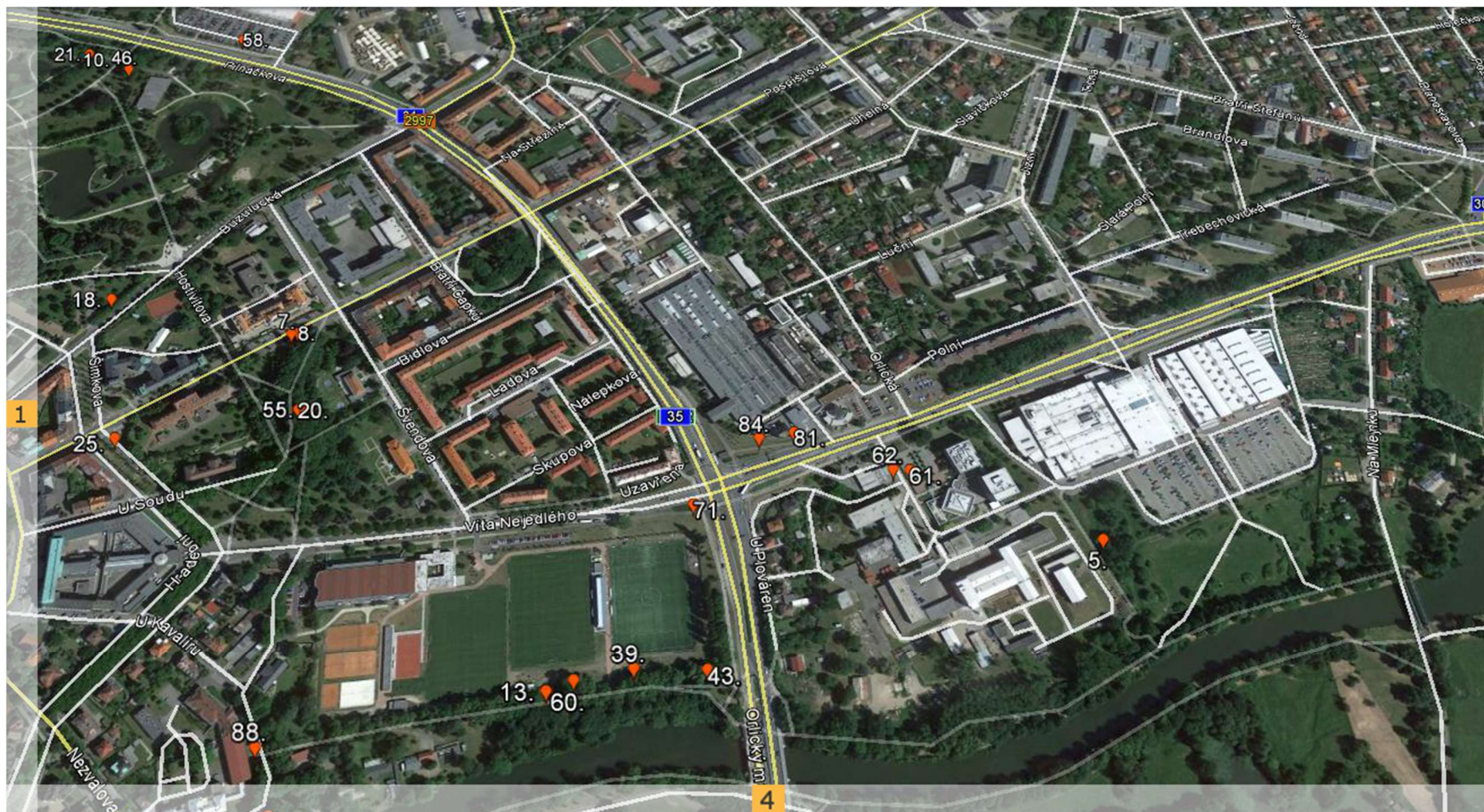
- Podkladem detailních map (jednotlivých oblastí) je satelitní mapa, kde jsou nejlépe vidět zalesněné a travnaté oblasti v blízkosti komunikací.



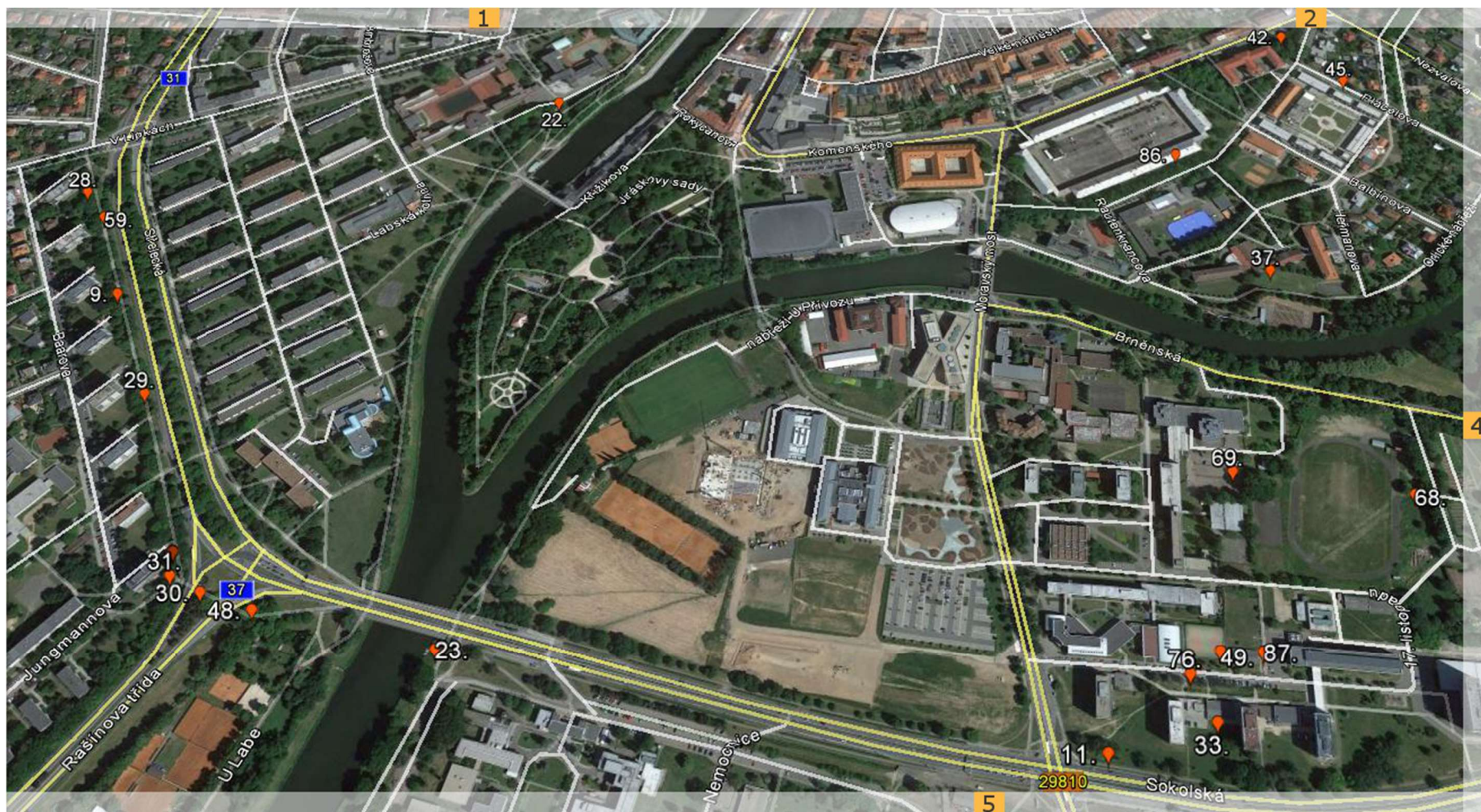
C4.1 - 1. oblast



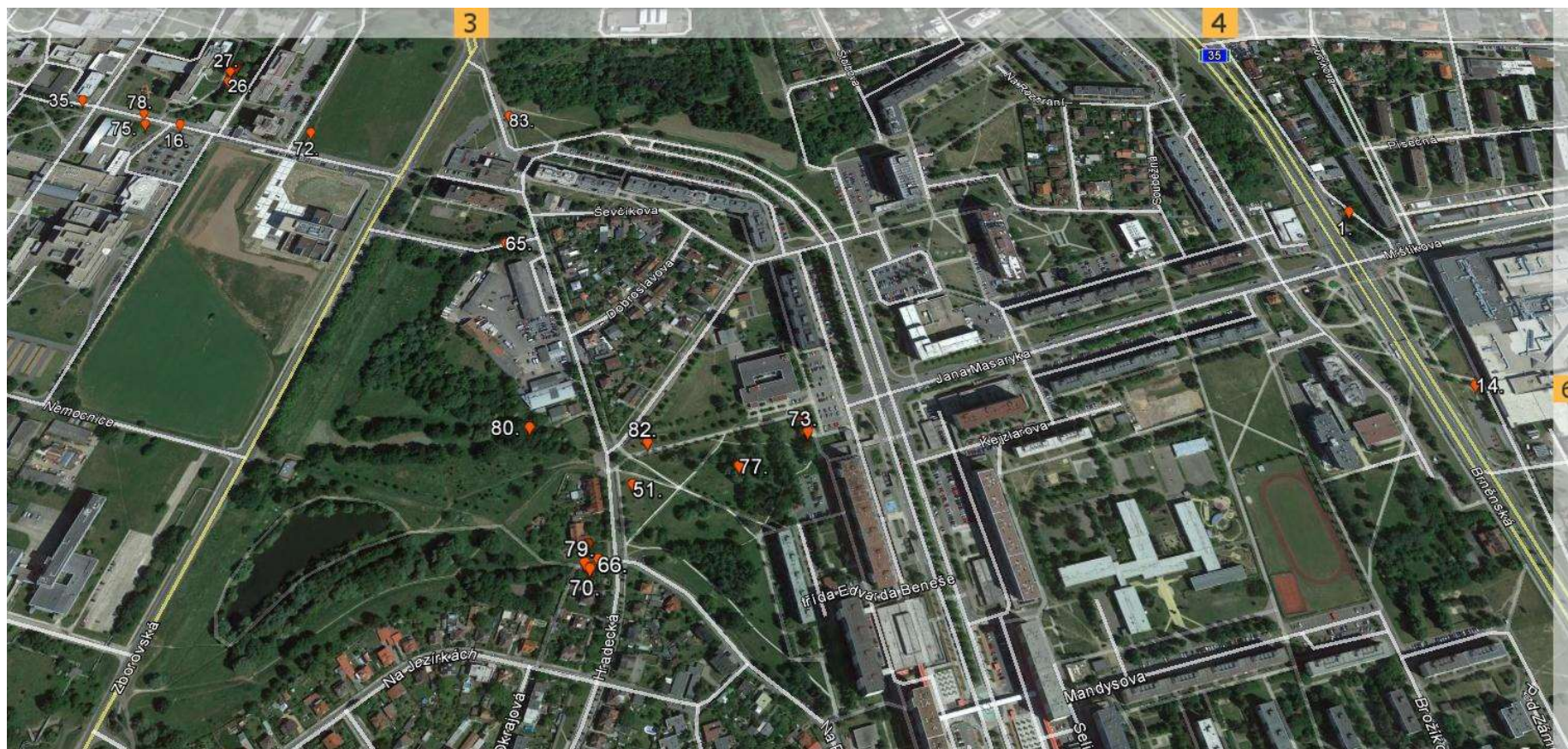
C4.2 - 2. oblast



C4.3 – 3. oblast



C4.5 - 5. oblast



C4.6 – 6. oblast



PŘÍLOHA D OBRAZOVÁ ČÁST

Obrazová část – Příručka vybraných jedlých hub k bakalářské práci je nahrána na příloženém DVD.