

Analýza stopových prvků v porostu rekultivované černé skládky

Jitka Harnová

Bakalářská práce
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav inženýrství ochrany životního prostředí
akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jitka HARNOVÁ**
Osobní číslo: **T08673**
Studijní program: **B 2808 Chemie a technologie materiálů**
Studijní obor: **Inženýrství ochrany životního prostředí**

Téma práce: **Analýza stopových prvků v porostu rekultivované černé skládky**

Zásady pro vypracování:

- 1. V literární části práce se zaměřte na problematiku skládkování a pojem černá skládka. Pozornost věnujte vlivu černých skládek na okolní ekosystém.**
- 2. Na vybrané lokalitě (rekultivovaná černá skládka – Štákovy paseky, Zlín) proveďte odběr vzorků rostlinného pokryvu. U takto odebraných vzorků pak na základě screeningového testu realizovaného pomocí XRF identifikujte významné prvky a následně je kvantitativně stanovte ve výluhu pomocí AAS.**
- 3. Získaná data přehledně zpracujte a výsledky kriticky zhodnoťte.**

Rozsah bakalářské práce: *54 stran*
Rozsah příloh: *5 stran*
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Ke studiu problematiky využijte mimo jiné následujících odborných časopisů: Chemické listy, Vodní hospodářství, Odpadové fórum, Wasteforum.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Markéta Julinová, Ph.D.**
Ústav inženýrství ochrany životního prostředí
Datum zadání bakalářské práce: **13. února 2012**
Termín odevzdání bakalářské práce: **18. května 2012**

Ve Zlíně dne 13. února 2012


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




doc. Mgr. Marek Koutný, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 27.4.2012

Harnová Jitka
.....

²⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevýdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídnou k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Předkládaná práce se zabývá analýzou stopových prvků v odebraných vzorcích porostu „rekultivované“ černé skládky Štákovy paseky, Zlín. Teoretická část je zaměřena na problematiku skládkování, pojem černá skládka a její vliv na okolní ekosystém. Praktická část se soustředí na stanovení obsahu prvků ve vzorcích rostlinného pokryvu odebraných na studované a kontrolní lokalitě. Pomocí analýzy XRF byl stanoven kvalitativní obsah stopových prvků (Mn, Zn, Cu, Pb, Cd, Sn, Sr, P, S, K, Ca), z nichž byly identifikovány majoritní prvky (Mn, Zn, Cu, Pb, Cd), které byly následně stanoveny kvantitativně v extraktu ze vzorků vysušené biomasy metodou AAS. Rtuť ve vzorcích byla zjištěna přímou analýzou biomasy pomocí analyzátoru rtuti AMA 254. Po srovnání výsledků získaných z kontaminované lokality s hodnotami z kontrolní oblasti může být konstatováno, že obsah rtuti je v mezích stanovení a koncentrace zinku poukazují spíše na jeho nedostatek. Výsledky poukazují pouze na zvýšený obsah Mn ve vzorcích rostlinného pokryvu. Tato stará ekologická zátěž tak nepředstavuje z tohoto pohledu významné riziko pro okolní ekosystém.

Klíčová slova: skládka, černá skládka, odpad, ekosystém, XRF, AAS, rizikové prvky, vegetace.

ABSTRACT

This paper deals with the analysis of trace elements in samples of vegetation „rehabilitated“ black landfill Štákovy paseky, Zlín. The theoretical part focuses on the problems associated with pro-tipping, the notion of black landfill and its impact on the surrounding ecosystem. The practical part focuses on identifying the elements in samples collected on vegetation cover of studied and controlled area. XRF analysis determined preliminary qualitatively content of trace elements (Mn, Zn, Cu, Pb, Cd, Sn, Sr, P, S, K, Ca). From these elements were identified the majority elements (Mn, Zn, Cu, Pb, Cd) which were subsequently determined quantitatively in the extract of dried biomass samples by AAS. Mercury in the samples was detected by direct analysis of biomass using a mercury analyzer AMA 254. After comparing the results obtained from contaminated sites with values in the control area can be found that concentration of Hg is in range of determinative and concentration of Zn points out lack. The results show only an increased concentration of Mn in

samples of plant cover. The old environmental burdens and not from the perspective of a significant risk to the surrounding ecosystem.

Keywords: landfill, black landfill, waste, ecosystem, XRF, AAS, dangerous elements, vegetation.

Chceme-li pro přírodu něco udělat, musíme ji nejdříve dobře poznat, a chceme-li něco zlepšit, musíme začít sami u sebe...

Děkuji vedoucí své bakalářské práce, paní Ing. Markétě Julinové, Ph.D., za vedení a odbornou pomoc, cenné rady a připomínky, velkou trpělivost a čas věnovaný při zpracovávání mé bakalářské práce. Paní Věře Zbrankové a panu Ing. Josefu Houserovi, Ph.D. za pomoc v laboratořích a provedení laboratorních analýz.

OBSAH

ÚVOD	9	
I	TEORETICKÁ ČÁST	11
1	ODPADY A PROBLEMATIKA SKLÁDKOVÁNÍ	12
1.1	ODPADY	12
1.2	SKLÁDKY	14
1.2.1	Povrchové skládky	14
1.2.2	Podzemní skládky	19
1.2.3	Provoz skládky	19
1.2.4	Uzavření skládky.....	20
2	ČERNÁ SKLÁDKA	21
2.1	JAK PŘEDCHÁZET „ČERNÝM SKLÁDKÁM“	22
3	VLIV SKLÁDEK NA OKOLNÍ EKOSYSTÉM	23
3.1	SOUČASNÝ STAV ZNEČIŠTĚNÍ ZÁJMOVÉ LOKALITY	26
3.2	CÍL PRÁCE	27
II	PRAKTICKÁ ČÁST	28
4	CHARAKTERISTIKA OBLASTI REKULTIVOVANÉ ČERNÉ SKLÁDKY	29
4.1	ODBĚR VZORKŮ, PODMÍNKY ODBĚRU A ÚPRAVA VZORKŮ	32
4.2	CHEMIKÁLIE, ROZTOKY A PŘÍSTROJOVÉ ZAŘÍZENÍ.....	34
4.3	LABORATORNÍ POSTUPY A ANALÝZY.....	34
5	VÝSLEDKY A DISKUZE	36
5.1	MONITORING MN, ZN A HG NA ZÁJMOVÝCH LOKALITÁCH.....	37
5.2	MONITORING ZN U JEDNOTLIVÝCH DRUHŮ ROSTLIN NA ZÁJMOVÝCH LOKALITÁCH.....	39
5.3	MONITORING MN U JEDNOTLIVÝCH DRUHŮ ROSTLIN NA ZÁJMOVÝCH LOKALITÁCH.....	41
5.4	MONITORING HG U JEDNOTLIVÝCH DRUHŮ ROSTLIN NA ZÁJMOVÝCH LOKALITÁCH.....	43
5.5	PODÍL MN, ZN A HG V JEDNOTLIVÝCH ROSTLINNÝCH ČÁSTECH.....	44
5.6	ZÁVĚR.....	46
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	47
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	51
	SEZNAM OBRÁZKŮ	52
	SEZNAM TABULEK	53
	SEZNAM PŘÍLOH	54

ÚVOD

Problematika odpadů je stará téměř jak lidstvo samo. V dávných časech byl člověk sběrač plodů. V tomto čase žil plně v souladu s přírodou a jeho odpady byly integrální součástí přírody, stejně jako u ostatních živočichů. I v pozdějších časech, kdy se začal živit lovem, bylo množství odpadu zanedbatelné. Příroda si s tím bez problémů poradila i vzhledem ke skutečnosti, že se člověk přesouval z místa na místo a nedocházelo tak k hromadění odpadů na jedné lokalitě.

Odpady se ve větším množství začaly tvořit teprve poté, co se člověk začal živit zemědělstvím, usadil se, začal si budovat svá obydlí a začala se vytvářet výroba, která různým způsobem ulehčovala člověku život. Množství odpadů od té doby roste, a to především s vývojem lidstva, s technickým a technologickým postupem a pochopitelně také s rostoucím počtem lidí.

K nejstaršímu a nejrozšířenějšímu způsobu likvidace odpadů, avšak k nejméně žádoucímu, patřilo a doposud patří skládkování. Skládky jsou stále v současnosti nejčastější možností pro finální umístění komunálního odpadu. Skládkování je oproti jiným metodám odstranění odpadu poměrně ekonomicky výhodné a snadno dostupné. Nicméně vyžaduje opatrný výběr místa, aby nedocházelo k významným nepříznivým vlivům na lidské zdraví a životní prostředí. Pokud nejsou skládky správně projektovány, mohou znečistit okolí a spodní vodu svými výluhy s vysokým množstvím organických látek. Pokud jsou tyto výluhy vypouštěny do řek, vzrůstá např. biochemická spotřeba kyslíku, která vede k nízké dostupnosti kyslíku pro živé organismy. Skládkové vody mimo jiné obsahují také dusíkaté a fosforečnanové sloučeniny, které mohou způsobit eutrofizaci. Výluhy ze skládek mají také obvykle vysokou hodnotu pH, která zvyšuje toxicitu kovů změnou chemické formy a skládkový výluh tak může vést zcela ke zničení vegetace.

Vlastní problematika černých skládek souvisí s tím, že každá likvidace odpadů něco stojí. Uložení odpadu na černou skládku může jednotlivec ušetřit na poplatcích za jeho likvidaci. Neodborně provedené skládkování však může způsobit nesrovnatelně vyšší environmentální i ekonomické škody.

Cílem této práce je posouzení vlivu „rekultivované“ černé skládky na životní prostředí. Monitorován bude obsah toxických kovů v porostu této skládky. Práce doplňuje studie E. Bukovjanové [1], zabývající se monitoringem obsahu těžkých kovů v půdě v okolí „rekul-

tivované“ skládky, a Z. Menyhártové [2], monitorující jakost vody Hraničního potoka pramenícího pod patou této skládky.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ODPADY A PROBLEMATIKA SKLÁDKOVÁNÍ

Skládkování patří k nejstaršímu a nejrozšířenějšímu způsobu likvidace odpadů, avšak k nejméně žádoucímu. V evropských zemích se skládkuje až 90 % všech odpadů, u nás více než 90 % odpadů komunálních. Celosvětově převládá tendence využívat odpady přednostně jako druhotné suroviny (po recyklaci), nebo jako zdroje tepla (spalováním) a maximálně omezovat množství odpadů ukládaných na skládky. Ve vyspělém světě se na skládky ukládají pouze odpady, které není možné zpracovat jinými způsoby a které neobsahují organické materiály. V současnosti tak mohou být skládkovány pouze odpady, které není možné druhotně využít a které jsou upravené. Výjimku zde tvoří inertní odpad. Arbitrárním hlediskem pro ukládání odpadů na skládky je jejich: složení, mísitelnost, nebezpečné vlastnosti, obsah znečišťujících látek ve vodném výluhu. [3]

Skládky zabírají rozsáhlé plochy, ale představují i závažný zdroj znečištění životního prostředí. Ovšem jeho narušení na rozdíl od spalování probíhá pozvolna a u dozorovaných skládek by k němu nemělo docházet vůbec. Za jediný užitečný produkt získaný ze skládky můžeme považovat skládkový plyn, jinak se odpadní materiál uložením na skládku definitivně znehodnocuje. [4]

1.1 Odpady

Pojem odpad je definován Zákonem č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů (dále jen Zákon o odpadech). „**Odpad** je každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit a přísluší do některé ze skupin odpadů uvedených v příloze č. 1 k tomuto zákonu“ [5].

Dělení odpadu [4]:

- Podle původu a nebezpečnosti: např. rostlinného a živočišného původu, odpady z dolů, komunální aj.
- Podle typu činnosti, v níž vznikl, na odpady: ze zemědělství a lesnictví; z průmyslu; z energetiky; z dolování a těžby; komunální; ostatní.
- Podle skupenství: na odpadní látky: tuhé; kapalné; plynné.

Za odpad se mimo jiné pokládají: odpadní a zvláštní vody; látky znečišťující ovzduší; odpady drahých kovů; radioaktivní odpady; odpady ukládané v podzemních prostorách; odkaly, odkaliště; konfiskáty živočišného původu.

Nakládání s odpady

„Ke **zbavování** se odpadu dochází vždy, kdy osoba předá movitou věc, příslušející do některé ze skupin odpadů uvedených v příloze č. 1 k Zákonu č. 185/2001 Sb., k využití nebo k odstranění ve smyslu tohoto zákona nebo předá-li ji osobě oprávněné ke sběru nebo výkupu odpadů podle tohoto zákona bez ohledu na to, zda se jedná o bezúplatný nebo úplatný převod. Ke zbavování se odpadu dochází i tehdy, odstraní-li movitou věc příslušející do některé ze skupin odpadů uvedených v příloze č. 1 k tomuto zákonu osoba sama.“ [5]

Nakládáním s odpady se pro účely tohoto zákona rozumí – jejich shromažďování, soustředování, sběr, výkup, třídění, přeprava a doprava, skladování, úprava, využívání a odstraňování [5]. Cílem nakládání s odpady je jejich zneškodňování, tj. vyloučení či omezení škodlivých účinků na životní prostředí. Stále většího významu nabývá využívání odpadu jako druhotné suroviny, při kterém se uplatňuje pozitivní vliv na životní prostředí ve třech směrech [4]:

- snižuje se zátěž prostředí škodlivým účinkem odpadů,
- šetří se přírodní zdroje surovin i energie, a tím i životní prostředí při jejich získávání,
- zmenšuje se zátěž prostředí odpadními látkami a energiemi při zpracování primárních surovin.

Při hospodaření s odpady je nutné splnit dvě základní etapy [4]:

1. etapa – je označována jako odstraňování odpadů. Představuje úpravu odpadu před uložením na skládku, vypuštěním do ovzduší nebo dalším zpracováním. Provádí se z důvodů snížení množství nebo škodlivosti odpadu. Patří sem např.: stabilizace odpadu (lze sem zařadit i solidifikaci); spálení odpadů; sorpce (absorpce, adsorpce) škodlivých složek z odpadů; neutralizace kyselých nebo zásaditých odpadů (pro zlepšení pH); srážení škodlivých látek.
2. etapa – zahrnuje ukládání zejména pevného odpadu na skládku, vypouštění kapalných odpadů do vodoteče a plyných odpadů do ovzduší. Praktická realizace této etapy vyúsťuje do: skládkování; recyklace; kompostování; ředění; spalování; pyrolýzy.

Hierarchie způsobů nakládání s odpady:

Předcházení vzniku odpadu; příprava k opětovnému použití odpadu; recyklace odpadu; jiné využití odpadu, například energetické využití; odstranění odpadu. [6]

1.2 Skládky

Podle Zákona o odpadech, se **skládkou odpadů** rozumí technické zařízení určené k odstraňování odpadů jejich trvalým a řízeným uložením na zemi nebo do země. Rozlišují se tak skládky povrchové a podzemní [5].

Další dělení skládek podle:

- druhu odkládaných odpadů - provozují různé skládky a na jedné skládce se odpady mohou ukládat na různá místa [3],
- technického zabezpečení - skládky pro inertní odpad; skládky pro ostatní odpad; skládky pro nebezpečný odpad [7],
- vztahu k úrovni terénu – skládky podúrovňové, nadúrovňové a kombinované [8],
- stavebního provedení – skládky těsněné a netěsněné [8],
- tvaru – skládky svahové a násypové [8].

Vyhláška 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 283/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady k zákonu stanovuje, jaké ukazatele musí splňovat odpady ukládané na tyto skládky. [3]

1.2.1 Povrchové skládky

Při výběru stanoviště skládky je nutné dodržovat zákonné předpisy, např. brát zřetel na druh oblasti, poměry v oblasti, podloží nebo polohu k podzemní vodě. Tyto skládky nesmí být provozovány v ochranných pásmech pitné vody, v záplavových oblastech, v krasových oblastech či v oblastech ohrožených zemětřesením. Nutností je i dodržování bezpečného odstupu od sídel. Přirozené podloží skládky musí mít minimální sílu 3 m a vysokou adsorpční schopnost, což zajišťuje např. jílovité minerální podloží.

Mezi nejčastější druhy povrchové skládky se řadí zhutňované skládky. Vrstvy odpadů mohou tvořit např. 2 m, ty se poté zhutňují na 1 t/m³ vícenásobným přejížděním vozidlem a následně se vrstva odpadů překrývá plastovou fólií. Potom se ukládá další vrstva odpadu

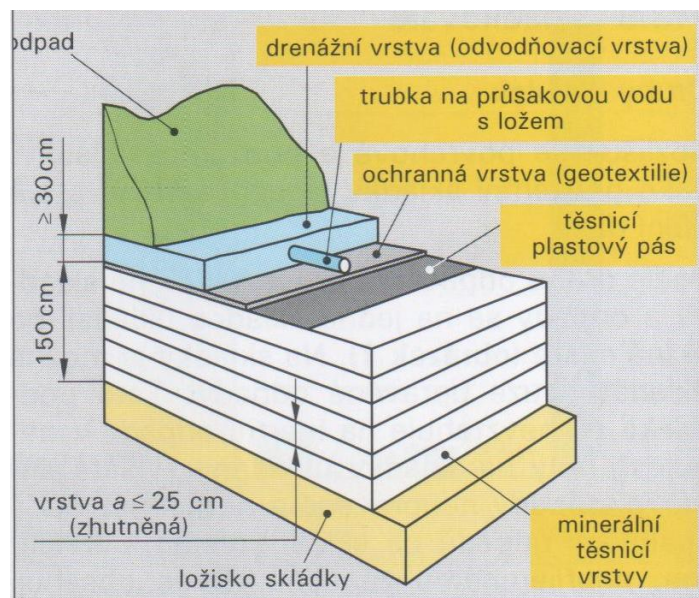
na plastovou fólii, ztuhne se a opět se překrývá touto fólií. Vznikající průsaková voda může odtékat po fóliích a nakonec se může sbírat. Celková výška ztuhlé skládky dosahuje např. 50 m. [3]

Těsnicí systém

a) Systém těsnění základny skládky

Tímto systémem (Obr. 1) musí být skládka vybavena v oblasti ukládání. Po sesednutí podloží musí plocha skládky ležet nejméně 1 m nad nejvýše očekávanou hladinou podzemní vody. Systém těsnění se skládá z minerální těsnicí vrstvy s položeným plastovým těsnicím pásem. Zařízení musí být utvářeno tak, že po ukončení sesedání ložiska skládky zůstává její příčný sklon alespoň 3 % a podélný sklon alespoň 1 %.

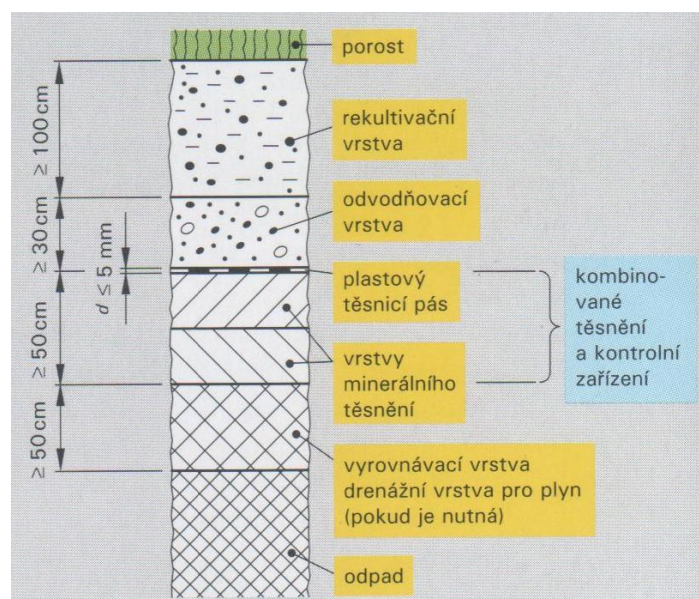
Průsakové trubky musí být vyplachovatelné, aby se zabránilo ucpání nebo umožnilo jeho odstranění, a musí být možné opatřit je sondami, k čemuž existuje na nejnižším položeném místě skládky několik set metrů dlouhý tunel, kterým je možné procházet a ve kterém se sbíhají trubky na průsakovou vodu. [3]



Obr. 1. Systém utěsnění základny skládky [3]

b) Systém těsnění povrchu skládky

Skládá se opět z více vrstev (Obr. 2). Pokud se po naplnění jednoho úseku skládky ne-
může plyn zachycovat a odvádět ve vyrovnávací vrstvě z nesoudržného materiálu, musí se
zabudovat drenážní vrstva pro plyn. Následují vrstvy minerálního těsnění, plastový těsnicí
pás, odvodňovací vrstva a rekultivační vrstva, která se skládá z alespoň 1 m tlusté vrstvy
půdy, jež se může osadit vhodnou zelení. Kořeny rostoucích stromů nebo keřů však nesmí
později poškodit plastový těsnicí pás. [3]



Obr. 2. Systém těsnění povrchu skládky [3]

Systém odvodnění, složení a úprava průsakové vody

Odvodňovací neboli **drenážní systém** je vybudován na dně skládky. Dešťová voda pro-
sakující odpadem se zde díky těsnění dna a bočních stěn skládky, vytvářející vodotěsnou
vanu, hromadí. Proto je nutné pomocí drenážního systému tvořeného soustavou liniových a
plošných drenážních prvků tuto průsakovou vodu jímat a odvádět ji. Ze dna skládky se
v samostatných sběrných potrubích do dvou oddělených jímek odvádí dva druhy vod: zne-
čištěná průsaková voda z prostoru, kde je ukládán odpad, a povrchová (dešťová voda)
z prostoru skládky, kde se zatím odpad neukládá. [9]

Složení průsakové vody je závislé nejen na druhu ukládaného materiálu, ale i na čase,
teplotě, na adsorpčních vlastnostech podloží skládky a překrývaných zemin a také na che-

mických a mikrobiálních procesech probíhajících na skládce [9]. Ve fázi kyselého kvašení, trvajícího asi 4 roky, se bakteriemi rozkládají organické látky na CO_2 , H_2 a na nižší organické kyseliny (kys. octová), přičemž hodnota pH může poklesnout až na 4. Ve fázi methanového kvašení se kyselina octová rozkládá na CH_4 a hodnota pH opět stoupne. Iony těžkých kovů, sodíku, chloru a draslíku jsou v těchto vodách biochemicky neměnné. [3]

Úprava v podobě odstranění průsakové vody ze skládek v současnosti probíhá většinou přes komunální čistírny odpadních vod. Denně jí na zhutňované skládce vzniká průměrně asi $5 \text{ m}^3/\text{ha}$. Vypouštění do čistíren odpadních vod není ovšem ideální, a to zejména kvůli těžko odbouratelným organickým látkám, které se popisují hodnotami chemické spotřeby kyslíku (CHSK), kvůli adsorbovatelným organicky vázaným halogenům (AOX) a amonickým iontům v průsakové vodě. Tyto látky se zde téměř neodbourávají. Mimo to, odstraňování průsakových vod přes komunální čistírny odpadních vod přináší i nevýhody při použití kalů v zemědělství.

Žádný postup úpravy průsakové vody není vhodný pro všechny látky. Zbývající koncentráty je nutno dále upravovat a nakonec skládkovat jako nebezpečný odpad. [3]

System odplyňování a skládkový plyn

Zařízení pro odplyňování skládky musí být v provozu nejpozději šest měsíců po začátku ukládání. Je nutné z důvodu ochrany osob, ochrany budov před explozemi a také se zřetelně sníží zatížení pachem. Vytvoření bezmethanové oblasti současně podporuje rekultivaci skládky.

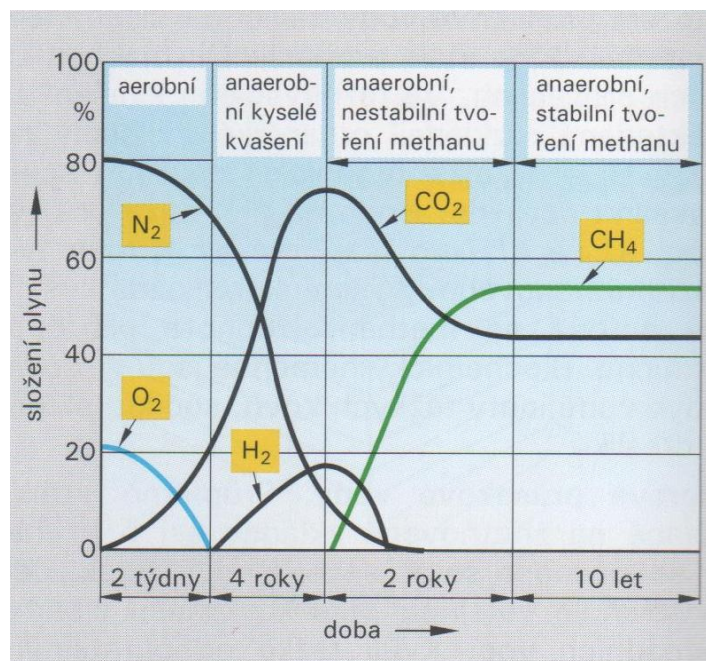
Odplyňovací systémy mají většinou odplyňovací šachtu s průměrem asi 1,5 m, která sedí např. na základové spáře a je vyvýšena 2 m nad povrchovou plochu skládky. V šachtě je děrovaná trubka na odvádění skládkového plynu obklopená štěrkem nebo hrubým pískem. [3]

Skládkový plyn (bioplyn) je plynným produktem biochemického rozkladu organických látek, které jsou obsaženy v komunálním odpadu. Skládá se zejména z CH_4 a CO_2 a jeho složení (Obr. 3) se mění v závislosti na stáří skládky a na rychlosti čerpání bioplynu. [8]

Vývin probíhá čtyřmi fázemi [3]:

1. fáze – probíhá aerobní oxidace uloženým kyslíkem po dobu asi dvou týdnů.

2. fáze – probíhají anaerobní procesy, spotřebou kyslíku vzniká CO_2 , a tím se také trochu vytlačuje dusík. Tato fáze *kyselého kvašení* trvá asi čtyři roky a kromě kyseliny octové se tvoří i jiné organické kyseliny, alkoholy a vodík.
3. fáze – nestabilní fáze *methanového kvašení* trvá asi dva roky a vzniká methan.
4. fáze – stabilní fáze *methanového kvašení* – teprve v této fázi (asi po šesti letech) se hořlavý plyn methan může hospodářsky využívat díky konstantnímu složení plynu.



Obr. 3. Změna složení skládkového plynu [3]

Stavba tělesa skládky

Stavba skládky musí zohledňovat čtyři kritéria [3]:

1. Zabudování odpadů – odpady se zabudovávají zhutněné a dále tak, aby nevznikaly žádné nepříznivé reakce mezi nimi navzájem ani s průsakovou vodou. Těleso skládky se staví tak, aby bylo možné plynulé plnění jednotlivých úseků.
2. Snižování průsakové vody – je nutné zakrýt plochy skládkového tělesa, které ještě nemají systém povrchového těsnění.
3. Zastřešení – pokud se upevňuje zastřešení, nesmí se poškodit těsnění základny skládky nebo základy.
4. Zakrytí – kontrolované odvádění průsakové vody a zachycování plynu se musí zajistit v případě, že zakrytí zůstávají trvale ve skládkovaném tělese.

1.2.2 Podzemní skládky

K podzemnímu ukládání odpadů slouží kaverny nebo vhodná důlní díla, a to výhradně v solných horninách, které jsou nepropustné pro kapaliny a plyny a jsou samy utěsněny.

Podzemní skládkování se používá zejména pro nebezpečný odpad, který je vysoce toxický (vysoce jedovatý), není stabilizovatelný nebo rozložitelný. Např. nikl-kadmiové akumulátory, baterie obsahující rtuť, fosfátové odpady, odpady solných lázní, olovnaté a barnaté soli, chlorid hořečnatý, chloridy železa, barviva atd. Tento odpad tak může být trvale oddělen od biosféry, zabrání se především jakémukoliv kontaktu s vodou. Do podzemí se však nemohou skládkovat odpady obsahující původce přenosných nemocí a odpady, které by se mohly samovolně vznítit nebo jsou výbušné. [3]

Kaverny

Jejich prostory jsou položeny asi 1000 m hluboko a mají schopnost pojmout až 250 000 m³. Vložené odpady se v kaverně navzájem smíchají, proto je nutné zjistit, zda se tyto odpady snesou. Není v nich možné kontrolovatelné oddělené skladování. Konečný uzávěr naplněné kaverny se skládá z více vrstev betonu, soli a bitumenu.

Princip kaverny spočívá v oplachování vodou, která rozpouští sůl v hornině a solný roztok se potom čerpá na povrch Země. [3]

Důlní díla

Odpady v nich uložené musí být zabetonovány nebo uloženy v sudech z ocelového plechu, tudíž je v nich možné kontrolovatelné oddělené skladování. Ukládací prostory jsou ohrazeny cihlovými (betonovými) zdmi. [3]

1.2.3 Provoz skládky

Provozování skládky vyžaduje určitá opatření [3]:

1. Provozní plán – obsahuje významná pravidla k výstavbě tělesa skládky, k jímání a odvádění průsakové vody a skládkového plynu.
2. Vlastní kontroly – druh a rozsah.
3. Katastr odpadů – musí se přiložit ke stavbě každého úseku skládky, tzn., že jeden úsek skládky se rozdělí do rastru až 1000 m² základní plochy a výška úseku se roz-

dělí na 2 m. Následně se v každém katastru dokumentují druhy a množství odpadů, místo uložení, tloušťka vrstev a doba ukládání.

4. Plán stavu – musí se sestavit nejpozději do šesti měsíců po zaplnění jednoho úseku skládky. Je v něm popsán úsek skládky a systém těsnění základny skládky.

K řádnému provozu skládky je nutné vedení **dokumentace o průběhu provozu a opatřeních** [3]:

- provozní řád – předpisy pro bezpečnost, průběh
- provozní příručka – opatření pro normální provoz, údržba, poruchy
- provozní deník – doklad o řádném provozu, roční přehledy

V pravidelných intervalech se musí měřicími zařízeními kontrolovat, zvláště u povrchových skládek, podzemní voda, množství srážek, difúzní odpařování, vítr, průsaková voda, její kvalita a plynné emise.

1.2.4 Uzavření skládky

Uzavření skládky se provádí způsobem odpovídajícím druhu skládky v okamžiku, je-li skládka nebo úsek skládky zaplněn a má být zastaven provoz [3]. Zahrnuje soubor prací a opatření postupně prováděných na tělese skládky. Je nutné splnit určitá technická opatření, např. upravit tvar tělesa skládky, uzavřít a odvodnit povrch skládky, zajistit rekultivaci a monitorování po dobu několika let. [9]

2 ČERNÁ SKLÁDKA

Pojem „černá skládka“ (neřízená, divoká, nelegální) platná legislativa nezná. Černou skládkou můžeme označit lokalitu, na které po jistou dobu dochází ke shromažďování odpadů různých druhů a kategorií. Dané místo není pro tento způsob nakládání s odpady technicky vybaveno a povoleno příslušným správním orgánem. Osoby odpovědné za navenzení odpadů nejsou často známy, proto je velmi obtížné je následně zjistit.

Nejčastěji se černé skládky vyskytují na lokalitách umožňujících snadný přístup automobilem, podél cest, silnic, železničních tratí, na odlehlých místech či v místech bez nočního osvětlení. Objevují se nejen na veřejných prostranstvích, ale i na soukromých pozemcích. Není ovšem výjimkou situování těchto těles do objektů, jež jsou „povoleny“ starostou obce.

Nejběžnějšími složkami odpadu umístěného na černých skládkách jsou v posledních několika letech stavební odpady, pneumatiky, staré textilie a nábytek, různé složky komunálního odpadu, elektrospotřebiče apod. V menší míře nebezpečné odpady – azbestová krytina, zbytky barev, olejů či chemikálií, staré autobaterie a další. [10]

Legislativa (právní úprava dříve a nyní)

Předchozí Zákon č. 125/1997 Sb. upravoval problematiku „černých skládek“ více efektivně než současný Zákon o odpadech č. 185/2001 Sb., ve znění pozdějších předpisů. Zákon č. 125/1997 Sb. ukládal určitou odpovědnost vlastníka pozemku za odpady na tomto pozemku shromážděné. Např. pokud okresní úřad nezjistil právnickou nebo fyzickou osobu odpovídající za nezákonné umístění odpadu, přecházela povinnost zajistit zneškodnění odpadu na vlastní náklady na vlastníka pozemku (nemovitosti). Ten se však mohl „vyvinut“ z odpovědnosti prokázáním, že nezpůsobil ani nezavinil umístění odpadu a že učinil veškerá opatření k ochraně své nemovitosti. V takovém případě okresní úřad uhradil dotyčnému účelně vynaložené náklady na zneškodnění odpadu.

Pokud byl původce odpadu znám, ale nepobýval na území ČR, zneškodnění odpadu zajistil příslušný okresní úřad, který následně vymáhal po původci odpadu náklady s tím spojené.

Nynější platný a účinný zákon nezná prakticky žádnou odpovědnost vlastníka nemovitosti za odpady uložené v ní nebo na ní, pokud zároveň není vlastníkem nebo původcem

zde shromážděných odpadů. Primární odpovědnost za nakládání s odpady má původce odpadů a dále oprávněná osoba mající povolení od věcně příslušného správního orgánu, která odpady přijímá od různých původců či jiných oprávněných osob a dále s nimi nakládá podle stanovených podmínek.

Původcem odpadů, které produkuje fyzické osoby nepodnikající (občané obce), je v platném zákonu o odpadech obec, a to od chvíle odložení odpadu občanem do sběrných nádob nebo na místa určená obcí.

Obecnou základní povinností podle § 12 odst. 1 Zákona o odpadech je skutečnost, že každý je povinen nakládat s odpady a zbavovat se jich pouze způsobem stanoveným tímto zákonem a ostatními právními předpisy vydanými na ochranu životního prostředí. Tuto povinnost dále specifikuje § 12 odst. 2 téhož zákona, a to tak, že pokud zákon nestanovuje jinak, lze s odpady nakládat pouze v zařízeních, která jsou k nakládání s odpady určena. [10]

2.1 Jak předcházet „černým skládkám“

Významným ukazatelem vzniku „černých skládek“ je nedostatečná informovanost veřejnosti. Mnoho občanů i přes masivní mediální kampaň stále neví o možnostech bezplatného předání řady odpadů na sběrný dvůr, odevzdání nepoužívaných elektrospotřebičů v rámci zpětného odběru přímo v prodejnách nebo o možnosti nabídnout staré oděvy či jiné (komodity) charitativním sdružením. Obec by dále měla zajistit dostatečný počet sběrných nádob a míst určených k odkládání komunálního odpadu a jeho složek, případně zvolit vhodnou vzdálenost umístění od obytných domů. Zároveň by měla být věnována pozornost osvětě a vzdělávání a aktivně zapojit občany do péče o kvalitu životního prostředí.

Vhodný způsob pro zamezení vzniku nové nebo zvětšování stávající „černé skládky“, je ztížení přístupu na místa, kde již v minulosti došlo k nelegálnímu ukládání odpadů.

Důležitým bodem je kontrola obce zaměřená na nakládání s odpady i u firem a živnostníků působících v obci. V tomto ohledu se jako nejefektivnější jeví zpřísnění sankcí za nedovolené odkládání odpadů.

Na druhou stranu by obec měla umožnit vyváženost výše poplatků pro občany platící za komunální odpad, protože vysoké poplatky by u některých obyvatel mohly být podmiňující k nelegálnímu odstraňování odpadů. [10]

3 VLIV SKLÁDEK NA OKOLNÍ EKOSYSTÉM

Vliv skládky na životní prostředí se odvíjí podle druhu skládkovaných odpadů. Míra nebezpečí vždy závisí na charakteru a vlastnostech odpadu i na podmínkách postižené lokality, na níž je odpad uložen. [10] Studiu působení vlivu skládek odpadů na okolní ekosystém se zabývá celá řada vědeckých prací nejen v České republice, ale i v zahraničí. Např. Segura-Muñoz S.I. a kol. [11] studovali obsah rizikových prvků v cukrové třtině pěstované v okolí jedné z největších skládek komunálního a nemocničního odpadu v Ribeirao Preto, São Paulo, Brazílie. Obdobnou studii provedli M. Mwiganga a kol. [12], kteří studovali vliv skládky komunálního odpadu Mpererwe v Kampale, Uganda, na okolní životní prostředí a posuzovali vhodnost jejího umístění. E. Remon a kol. [13] popisovali půdní charakteristiky, dostupnost těžkých kovů a vegetační pokryv na bývalé metalurgické skládce ve Firminy, Francie.

Segura-Muñoz S.I. a kol. [11] studovali ve vzorcích odebraných v červenci 2003 obsahy rizikových prvků (Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Pb, Zn) v cukrové třtině, která byla pěstována v okolí skládky komunálního a nemocničního odpadu v Ribeirao Preto, São Paulo, Brazílie. Srovnávací vzorky byly odebrány z oblasti Santa Teresa Preserved Forest.

V kořenech cukrové třtiny byly stanoveny následující koncentrace rizikových prvků ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$): Cd, $0,22\pm 0,12$; celkový Cr, $64,3\pm 48,7$; Cu, $140,6\pm 27,7$; Hg, $0,04\pm 0,22$; Mn, $561,6\pm 283,3$; Pb, $7,9\pm 2,1$ a Zn, $177,4\pm 64,9$. Ve stoncích byly koncentrace kovů stanoveny na úrovni 80 – 90 % z obsahu stanoveného v kořenech, zatímco v listech byly koncentrace těchto prvků prokazatelně nižší než jejich koncentrace v kořenech.

Koncentrace mědi v kořenech cukrové třtiny v porovnání s výsledky stanovenými v roce 2000 ze stejné oblasti klesaly. V kořenech a stoncích cukrové třtiny byly stanoveny vyšší koncentrace chromu a mědi, stejně tak se ukázaly zvýšené koncentrace manganu v pletivu této rostliny. „Normální“ koncentrace byla stanovena u olova a obsah zinku byl označen jako normální pro zeleninu. Koncentrace rtuti byla nízká a odpovídá tak oblastem nekontaminovaných rtutí.

Výsledky práce Segura-Muñoz S.I. a kol. ukazují, že zmiňovaná skládka přispívá ke vzrůstajícím koncentracím kovů v půdě a v požitelných částech cukrové třtiny vyrostlé v této oblasti.

M. Mwiganga a kol. [12] se zabývali studiem znečištění životního prostředí (vody, půdy, rostlinstva) prostřednictvím výluhů ze skládky, vhodnost jejího umístění a složení pevného odpadu umístěného na skládce. Studie byla prováděna na skládce Mpererwe umístěné 12 km severně od centra města Kampala, Uganda, která byla rozdělena na 4 zóny. Monitoring probíhal od ledna do června 1999.

Odpad, který je na skládce umístěn bez předzpracování, obsahuje hlavně biologický odpad (76%), papír (6%), sklo (4%), plasty (3%), dřevo (2%), konstrukční materiály (2%), průmyslové materiály (2%) a ostatní (5%). K analýze obsahu rizikových prvků (Zn, Cu, Fe) v rostlinném pokryvu byl použit *Cyperus papyrus* (šáchor pravý), dominantní rostlina. U skládkových vod byly stanoveny následující parametry: teplota, vodivost a pH, včetně mikrobiologického rozboru. Hodnota pH ze skládkových vod skládky Mpererwe byla v rozsahu 8,2 – 8,4. Koncentrace dusičnanu amonného byla značně vyšší než 10 mg.l⁻¹. Koncentrace fosfátů byla nejvyšší (64,6 ± 8,6 mg.l⁻¹) v zóně 2 (umístěné na kanálu odvádějící výluh ze skládky), stejně tak i koncentrace sulfidů, která přesahovala normou stanovený limit 1,0 mg.l⁻¹. Množství koliformních bakterií indikujících fekální znečištění bylo opět nejvyšší v zóně 2 (1,9 x 10⁵ ± 5,6 x 10⁴/100 ml). Koncentrace těžkých kovů byla celkově nízká, výjimkou bylo železo, jehož koncentrace se pohybovaly v rozsahu 6,3 – 101,8 mg.l⁻¹. Koncentrace Cu, Zn a Pb ve výluhu byly nejvyšší v zóně 2. Koncentrace Zn a Cu v půdě byly nejvyšší v zóně 1 (5,7 a 6,27 mg.kg⁻¹), což je jako v nezatížených půdách. Základní fyzikálně-chemické parametry (obsah organických látek, biochemická spotřeba kyslíku, obsah těžkých kovů) a mikrobiologické ukazatele byly publikovány v Národních standardech ŽP pro vypouštění tekutého odpadu do vody a půdy (National Environment Standards for Discharge of Effluent into Water and on Land). S výjimkou sulfidů mokřiny významně redukovaly koncentraci těchto parametrů. V zóně 4 (pod skládkou) byla vysoká koncentrace Zn, Pb a Cu ve výluhu efektivně snížena usazeninami a mokřadními rostlinami na úroveň hodnot v zóně 1 (nad skládkou). Koncentrace kovů nedosahovala toxických hodnot pro lidi. Analýza půdy a rostlinstva poukazuje spíše na deficit zinku a mědi.

V závěru práce autoři poukazují na nevhodné umístění zmiňované skládky, protože se nachází příliš blízko (<200 m) obytné oblasti, farmám s hovězím dobyt看em, blízko mokřiny a je umístěna na strmém svahu. Skládky je také zdrojem nepříjemného zápachu, rozptýlených odpadků od ptačích mrchožroutů, drobných škůdců, moskytů, much a další havěti. Produkuje také vysoké množství výluhů, které vtékají přímo do mokřiny Kitetikka.

V práci E. Remona a kol. [13] byly v roce 2003 na bývalé metalurgické skládce umístěné ve Firminy, Francie, určené k ukládání odpadů z továrny na tavení oceli a železa, studovány koncentrace těžkých kovů (Cu, Cr, Mn, Ni, Pb, Zn), jejich potenciální pohyblivost, dostupnost a schopnost akumulace v rostlinných tkáních.

Nejzřetelnějším znakem v půdách ovlivněných lidskou činností na této skládce nepoužívané již více než 50 let byly vysoké koncentrace těžkých kovů (v mg.kg^{-1}): celkový Cr (1000-2500); Ni (80-420); Cu (150-300); Pb (650-8600); Mn (3000-11600) a menší koncentrace Zn (240-640). Tyto koncentrace byly značně vyšší než koncentrace naměřené v půdách ve Francii, které potvrzovaly velice závažné polymetalické znečištění.

Přestože kovy z těchto slévárenských půd jsou těžko vyluhovatelné, nelze vyloučit jejich vertikální transfer k vegetaci, přičemž bylo stanoveno, že nejvíce mobilním kovem bylo olovo, zatímco chrom byl nejméně rozpustný. Koncentrace kovů v rostlinách byly rozdílné v závislosti na jejich druzích. Porost byl zastoupen zejména čeledí *Asteraceae* (hvězdicovité) a *Poaceae* (lipnicovité) a dále *Robinia pseudoacacia* (trnovník akát). V nadzemních částech rostlin byly stanoveny následující nejvyšší akumulární hodnoty (v mg.kg^{-1}): celkový Cr (4,5); Ni (8,0); Pb (14,6); Cu (24,1) a Zn (66,0). V porovnání s rostlinami rostoucími v přírodním prostředí jsou koncentrace Cu a Zn na normální úrovni a koncentrace Pb, Ni a Cr mírně nad běžnými úrovněmi. Může být proto předpokládáno, že kovy přítomné ve slévárenských půdách jsou špatně přijatelné rostlinami a jejich transfer do nadzemních částí rostlin nereprezentuje hlavní cestu distribuce.

Obecně lze shrnout získané poznatky následovně:

K ohrožení dochází především kapalnými emisemi (průsaky, výluhy) do půdy a podzemních a povrchových vod. Skládkové průsaky obsahující četné škodlivé látky se mohou objevit již krátce po navezení odpadů a mohou vyvolat rozsáhlé znečištění povrchových a zejména podzemních vod. Podpovrchová migrace průsaků bývá často pomalá a její důsledky se mohou projevit až za několik desítek let, kdy průsaky proniknou do podzemních rezervoárů. Skládka může mít schopnost zadržovat a imobilizovat chemické látky, což se děje adsorpcí na jíly nebo organickou hmotu nebo imobilizací ve formě nerozpustných komplexů. Teprve při překročení určité prahové kapacity adsorpčních materiálů, může dojít k náhlému ohrožení životního prostředí, které se někdy označuje jako *chemická časovaná bomba*.

U plyných emisí (skládkového plynu), které jsou uvolňovány do ovzduší, záleží na typu skládkovaného odpadu. Některé složky unikajícího plynu mohou být toxické, např. těkavé organické látky a rtuť, nebo mohou být zdrojem zápachu, např. sírné látky.

Vliv na obyvatele může být způsoben zejména prachem a odpadky roznášenými větrem, které se u řízených skládek omezují pravidelným překrýváním ukládaných odpadů zeminou. Přítomnost hmyzu, hlodavců, ptáků a jiných živočichů, kteří jsou potenciálním zdrojem nákazy, může ohrožovat zdraví osob (např. rakové roznášející salmonelózu). [4]

Černé skládky větších rozměrů mohou ovlivnit krajinný ráz a samozřejmě stejně jako skládky menší i estetický vzhled krajiny. Často se s nimi setkáváme na okrajích cest, v lesích nebo na kterémkoli místě, jež je pro dotyčného vhodným odkládacím prostorem pro zbavení se odpadu. Následně se při pobytu v přírodě střetáváme s těmito tělesy, které nám neposkytují příjemný pohled.

3.1 Současný stav znečištění zájmové lokality

V práci Z. Menyhártové [2] byl studován vliv „rekultivované“ černé skládky Štákovy paseky, Zlín na kvalitu Hraničního potoka pramenícího u paty skládky. Pozornost byla věnována obsahu toxických kovů a povrchově aktivních látek v povrchové vodě. Z výsledků monitoringu vyplynulo, že obsah toxických kovů včetně Hg byl pod detekčním limitem jednotlivých analytických metod stanovení, a tudíž skládka jako taková nepředstavuje v tomto ohledu významné riziko pro životní prostředí. Zvýšené hodnoty byly zaznamenány pouze pro parametry hodnotící kvalitu povrchových vod s ohledem na komunální znečištění. Pozornost byla věnována koncentraci anionických tenzidů (PAL A), obsahu dusitanů, dusičnanů, amonných iontů, fosforečnanů a TOC. Pro povrchové vody hodnoty PAL A nepřevyšovaly limitní hodnoty, hodnoty PAL se na daných odběrových místech povodí Hraničního potoka výrazně lišily. Nejvyšší koncentrace se nacházely v nejvíce obydlených částech v okolí potoka bezprostředně pod zdroji znečištění a mohly být způsobeny srážkami, táním sněhu a následným průsakem či splachem splaškových vod z budov. Tyto koncentrace však nepředstavují žádné riziko pro vodní organismy ani člověka. Velmi rovnoměrný obsah TOC určil Hraniční potok jako biologicky stabilní. U zdrojů znečištění byly překročeny limitní hodnoty amonných iontů, které se postupně snižovaly na průměrnou hodnotu. Na bodové znečištění poukazoval prudký vzrůst dusitanů a jeho následný

pokles ve směru toku. Důvodem je oxidace dusitanů na dusičnany, jejichž koncentrace stoupala a následným samočisticím procesem poklesla. Obě koncentrace odpovídaly limitním hodnotám pro povrchové vody. Obsah fosforečnanů se vyskytoval téměř pod hranicí detekce. Podle ČSN EN 757221 byl Hraniční potok zařazen do II. třídy jakosti povrchových vod. V podzemní vodě (studna cca 300 m od paty skládky) byly překročeny limitní hodnoty PAL A (čtyři případy ze šesti), organického uhlíku i amonných iontů, které mohou signalizovat fekální znečištění. Dusitany a dusičnany odpovídaly limitním hodnotám. [2]

Práce E. Bukovjanové [1] se zabývala monitoringem obsahu toxických kovů v půdním prostředí „rekultivované“ černé skládky Štákovy paseky, Zlín i v nedalekém okolí. Byly zjištěny zvýšené koncentrace olova, mědi a cínu ve směsných půdních vzorcích. Maximální stanovená koncentrace olova byla $3\,240\text{ mg.kg}^{-1}$, mědi 540 mg.kg^{-1} , což značí závažné znečištění ohrožující zdraví člověka platící pro rekreační oblast, zatímco hodnota koncentrace cínu byla stanovena na $14\,140\text{ }\mu\text{g.kg}^{-1}$ a představuje pouze zvýšenou přirozenou koncentraci. Nejvyšší koncentrace mědi byly zaznamenány v okolí „rekultivované“ skládky, nejvíce olova a cínu bylo soustředěno do oblasti v okolí silnic a v údolí, do něhož byla část těchto kontaminantů nejspíše naplavena. [1]

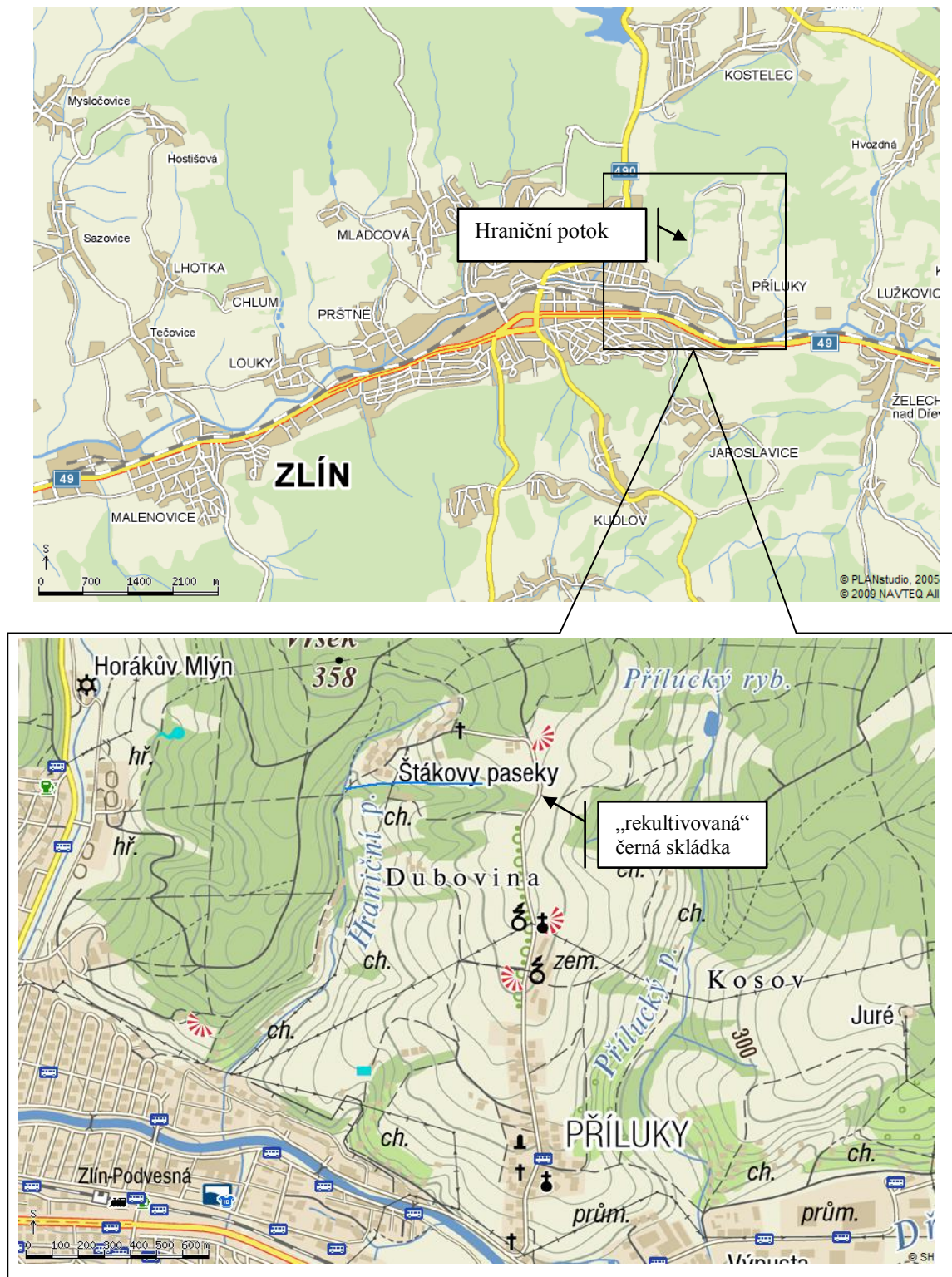
3.2 Cíl práce

Černé skládky jsou z důvodu odkládání různých typů odpadů považovány za zdroje znečištění. Jejich vlivem může být kontaminována např. půda, podzemní i povrchové vody, nebo mohou být zdrojem nepříjemného zápachu, který obtěžuje život obyvatel v jejich sousedství.

Při monitoringu zájmové lokality E. Bukovjanovou [1], která analyzovala půdní pokryv „rekultivované“ černé skládky Štákovy paseky, Zlín a těsného okolí, byly zjištěny zvýšené koncentrace olova, mědi a cínu. Z tohoto důvodu byl zahájen v rámci této práce monitoring obsahu rizikových prvků v porostu této skládky. Předpokládán byl zvýšený obsah daných prvků, které by se mohly kumulovat v rostlinném pokryvu. Cílem práce je pomocí laboratorních analýz stanovit obsahy rizikových prvků v porostu této „rekultivované“ skládky a ověřit tak, zda má negativní vliv na okolní ekosystém.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CHARAKTERISTIKA OBLASTI REKULTIVOVANÉ ČERNÉ SKLÁDKY



Obr. 4. Vymezení zájmové lokality na mapě [2]

„Rekultivovaná“ černá skládka se nachází na severovýchodním kraji Zlína (Obr. 4). Vznikla přibližně před třiceti lety a obsahovala komunální odpad, elektroodpad (staré chladničky, televizory), pneumatiky a jiné. Byla „rekultivována“ před cca patnácti lety, a to jednoduchým zavezením zeminou. Skládka nebyla nijak udržována ani monitorována a může způsobovat významnou dlouhodobou ekologickou zátěž na životní prostředí. [2]

Geologické poměry

Zlínský okres je tvořen magurským příkrovem, který je vnitřní tektonickou jednotkou flyšového pásma, přičemž na flyšových příkrovech leží sedimenty neogénu. Největší část území zlínského okresu tvoří pestré jílovce s lavičkami jemnozrných křemenných pískovců. Soláňské souvrství je pásmo západně a východně od Fryštáku a u Žlutavy a rozděluje se na spodní a vrchní část. Spodní část obsahuje flyš s křemennými, místy slídovými, částečně prachovými pískovci a písčítými slepenci.

Zlínské souvrství račanské jednotky magurského flyše z lomů a okolí města tvoří zrnka glaukonitu. V puklinách pískovcových lomů se vyskytuje limonit, manganomelan, ojediněle kalcit. Z průhledných těžkých minerálů byla určena za nejtypičtější frakci velikost zrn 0,063-0,10 mm. Ve frakcích pod 0,15 mm začíná nad ostatními průhlednými těžkými minerály převažovat zirkon, a to z důvodu všeobecného pravidla koncentrování zrn zirkonu pod touto frakcí, což zařazuje lokalitu do výrazné zirkonové frakce. Mezi další průhledné těžké minerály patří např. skupina granátu, turmalínu, rutilu a apatitu. [14]

Hydrologické poměry

Území Zlína spadá do hydrogeologického rajonu 162 – Pliopleistocénní sedimenty Hornomoravského úvalu. Horniny skalnatého podloží patří k rajonu 322 – Flyšové sedimenty v povodí Moravy. Horniny jsou téměř výhradně puklinově propustné, zejména ve vrchních zvětraných částech. Obíhající podzemní voda je omezená na síť puklin a je závislá na jejich četnosti. Paleogénní jílovce jsou nepropustné horniny, které tvoří hydrogeologický izolátor a zabraňující pohybu podzemní vody. Nízká propustnost těchto jílovců způsobuje rychlejší vertikální oběh podzemní vody, který dosahuje pouze k její vrchní hranici. Fluviální štěrky údolní nivy představují významný puklinově propustný kolektor podzemních vod. Podzemní voda zde vytváří souvislé zvodnění s mírně napjatou hladinou a její zásoby

jsou doplňovány infiltrací z toku, infiltrací srážek a přítokem z okolních svahů. Obsahuje zvýšené množství železa a manganu. [15, 16]

Klimatické poměry

Zlínský kraj se nachází v mírném vlhkém podnebném pásu a z geomorfologického pohledu je velmi členitým územím. Větší část tvoří pahorkovitý a kopcovitý, občasně hornatý terén, který má nepříznivý vliv na tvorbu teplotních inverzí a mlh v uzavřených dolinách a kotlinách z důvodu jeho špatného provětrávání. Významnými klimatickými činiteli jsou nadmořská výška, členitost reliéfu, orientace horských hřbetů ve směru severovýchod – jihozápad a charakter aktivních ploch (lesní, zemědělské a vodní plochy). Klimaticky je Zlínsko charakterizováno dlouhým, teplým suchým a mírným létem, krátkými přechodovými obdobími s mírně teplým jarem a podzimem, krátkou mírně teplou a velmi suchou zimou s krátkým trváním sněhové pokrývky. Průměrné teploty v lednu dosahují hodnot -2 až -3 °C, v červenci 17 až 18 °C. Průměrný roční souhrn srážek se pohybuje kolem 600 až 700 mm. [16, 17]

4.1 Odběr vzorků, podmínky odběru a úprava vzorků

Odběr vzorků rostlinného pokryvu pro stanovení rizikových prvků byl proveden v září roku 2010 do papírových sáčků. Sběr proběhl na třech lokalitách uvedených v Tab. 1. Kontrolní vzorky 21 – 32 byly odebrány v kontrolních oblastech na území Kunovic a Uherského Hradiště. Všechny vzorky byly sušeny při laboratorní teplotě na vzduchu do konstantní vlhkosti a byly odděleny jednotlivé rostlinné části (listy, větve, plody). Po jejich vysušení proběhla homogenizace každého vzorku v mixeru Electronic Mixing sensor, Ultra power, USA (doba 3 min., max. otáčky). Homogenizovaná směs byla dosušena a vložena do uzavíratelných PE sáčků. V tabulkách (Tab. 2a - 2b) je uveden podrobný popis vzorků, kde směsný vzorek představuje homogenizovanou směs větví a listů. U homogenizovaných vzorků byla pomocí sít zjištěna velikost částic: listy (<1 mm), plody (<1 mm), větve (7-10 mm), směsný vzorek (2-7 mm). U takto upravených vzorků bylo pak provedeno stanovení obsahu prvků. [18]

Tab. 1. Podmínky odběrů na odběrových místech, vzorky, měřicí přístroje

Lokalita	Datum/ Čas	Vzorek č.	Počasí	GPS
Štákovy paseky, Zlín zájmová	13.9.2010 9:30 – 11:30	1-20	13 °C mlhavo, rosa	GPSmap 60CSx
Kunovice kontrolní	14.9.2010 15:00 – 16:30	21-30	21,6 °C polojasno	GPS Garmin
Uherské Hradiště kontrolní	15.9.2010 10:00-11:00	31-32	18 °C polojasno, vlhko	GPS Garmin

Tab. 2a. Charakteristika odebraných vzorků

Číslo Vzorku	GPS			Druh	Popis
	N [°]	E [°]	NV [m n. m.]		
1.1	49° 14,411'	17° 42,824'	307	Bez černý	Plody
2.1	49° 14,411'	17° 42,824'	307	Bez černý	Listy
3.1	49° 14,418'	17° 42,832'	325	Slivoň obecná	Směsný vzorek
4.1	49° 14,426'	17° 42,782'	328	Líška obecná	Listy
4.2	49° 14,426'	17° 42,782'	328	Líška obecná	Větve
5.1	49° 14,422'	17° 42,800'	335	Javor babyka	Listy
5.2	49° 14,422'	17° 42,800'	335	Javor babyka	Větve
6.1	49° 14,423'	17° 42,800'	336	Líška obecná	Listy
6.2	49° 14,423'	17° 42,800'	336	Líška obecná	Větve
7.1	49° 14,420'	17° 42,810'	341	Jasan ztepilý	Listy
7.2	49° 14,420'	17° 42,810'	341	Jasan ztepilý	Větve

Tab. 2b. Charakteristika odebraných vzorků

Číslo Vzorku	GPS			Druh	Popis
	N [°]	E [°]	NV [m n. m.]		
8.1	49° 14,425'	17° 42,809'	342	Dub letní	Listy
8.2	49° 14,425'	17° 42,809'	342	Dub letní	Větve
8.3	49° 14,425'	17° 42,809'	342	Dub letní	Kůra
9.1	49° 14,422'	17° 42,810'	345	Bez černý	Plody
10.1	49° 14,422'	17° 42,810'	345	Bez černý	Směsný vzorek
11.1	49° 14,428'	17° 42,806'	349	Jabloň lesní	Listy
11.2	49° 14,428'	17° 42,806'	349	Jabloň lesní	Větve
11.3	49° 14,428'	17° 42,806'	349	Jabloň lesní	Plody
12.1	49° 14,428'	17° 42,816'	350	Topol černý	Větve
13.1	49° 14,426'	17° 42,819'	353	Bez černý	Plody
14.1	49° 14,426'	17° 42,819'	353	Bez černý	Směsný vzorek
15.1	49° 14,424'	17° 42,820'	355	Kopřiva dvoudomá	Směsný vzorek
16.1	49° 14,426'	17° 42,816'	353	Mechorost sp.	-
17.1	49° 14,428'	17° 42,817'	355	Líska obecná	Listy
17.2	49° 14,428'	17° 42,817'	355	Líska obecná	Větve
18.1	49° 14,417'	17° 42,822'	357	Rákos obecný	Směsný vzorek
19.1	49° 14,420'	17° 42,830'	357	Slivoň obecná	Listy
19.2	49° 14,420'	17° 42,830'	357	Slivoň obecná	Větve
20.1	49° 14,430'	17° 42,827'	356	Růže šípková	Směsný vzorek
20.2	49° 14,430'	17° 42,827'	356	Růže šípková	Plody
21.1	49° 2,457'	17° 29,208'	196	Slivoň obecná	Listy
21.2	49° 2,457'	17° 29,208'	196	Slivoň obecná	Větve
22.1	49° 2,447'	17° 29,207'	195	Kopřiva dvoudomá	Směsný vzorek
23.1	49° 2,463'	17° 29,193'	194	Růže šípková	Směsný vzorek
23.2	49° 2,463'	17° 29,193'	194	Růže šípková	Plody
24.1	49° 2,467'	17° 29,185'	191	Bez černý	Plody
25.1	49° 2,467'	17° 29,185'	191	Bez černý	Směsný vzorek
26.1	49° 2,468'	17° 29,190'	187	Jabloň lesní	Listy
26.2	49° 2,468'	17° 29,190'	187	Jabloň lesní	Větve
26.3	49° 2,468'	17° 29,190'	187	Jabloň lesní	Plody
27.1	49° 2,463'	17° 29,210'	194	Slivoň obecná	Listy
27.2	49° 2,463'	17° 29,210'	194	Slivoň obecná	Větve
28.1	49° 2,558'	17° 29,203'	184	Rákos obecný	Směsný vzorek
29.1	49° 2,513'	17° 29,428'	180	Javor klen	Listy
29.2	49° 2,513'	17° 29,428'	180	Javor klen	Větve
30.1	49° 2,525'	17° 29,390'	178	Jasan ztepilý	Listy
30.2	49° 2,525'	17° 29,390'	178	Jasan ztepilý	Větve
31.1	49° 3,825'	17° 28,173'	190	Mechorost sp.	-
32.1	49° 3,835'	17° 28,163'	190	Líska obecná	Listy
32.2	49° 3,835'	17° 28,163'	190	Líska obecná	Větve

4.2 Chemikálie, roztoky a přístrojové zařízení

Chemikálie a roztoky

Kyselina dusičná 65 obj.%, čistoty p.a., Lachema a.s., Česká republika; čistota pro AAS

- 2M HNO₃

Přístroje a pomůcky

- Mixer Electronic Mixing sensor, Ultra power, mod. 5KSB52EBU4, USA
- Analytické váhy R 180D, Sartorius GmbH, SRN
- X-Ray Fluorescence Spektrometr (XRF), Elvatech LTD., Ukrajina
- Analyzátor rtuti AMA 254 (Advanced Merkury Analyser), Altec s. r. o., ČR
- AAS–GBC 933AA, Austrálie
- Mikrovlnné zařízení Milestone mls 1200, Itálie
- Sušárna Memmert model 100, SRN
- Laboratorní třepačka RS 10 Basic, Yellow line
- Teflonové filtrační zařízení, UTB ve Zlíně
- Filtrační papír ze skelných mikrovláken (typ : Z5), Papírna Perštejn s. r. o., ČR
- Síta (1,0 mm; 1,2 mm; 2 mm), Retsch, Haan/Germany
- Ostatní pomůcky a přístroje v běžném vybavení chemicko-analytické laboratoře

4.3 Laboratorní postupy a analýzy

Screening obsahu rizikových prvků ve vzorcích pomocí rentgenové fluorescenční spektroskopie

Malé množství homogenizovaného vzorku bylo vloženo do plastové nádoby na měření vzorku a bylo podrobeno analýze na rentgenovém fluorescenčním spektrometru. Podmínky měření byly následující: napětí (těžké prvky 45 kV; lehké prvky 10 kV), budicí proud 44 μ A, efektivní doba expozice 120 s, Dual task (byla změřena spektra lehkých i těžkých prvků). Data byla vyhodnocena pomocí obslužného softwaru ElvaX, verze 2.8 a bylo stanoveno kvalitativní elementární složení vzorků. [19, 20]

Stanovení obsahu rtuti ve vzorcích pomocí analyzátoru rtuti AMA 254

Do analyzátoru rtuti AMA 254 pracujícího na principu atomové absorpční spektrometrie bylo na dávkovací lodičku vloženo množství cca 100 mg homogenizovaného vysušeného vzorku, který byl podroben analýze. Za pomoci obslužného softwaru Operating software for 932/933 bylo stanoveno množství rtuti v μg připadající na gram sušiny vzorku. [19, 21]

Mineralizace

Do teflonových kyvet bylo naváženo 0,5 g homogenizovaných směsných vzorků rostlinného materiálu, ke kterým byly přidány 3 ml HNO_3 65 obj.% a 1 ml H_2O_2 30 obj.%. Vzorky byly vloženy do mikrovlnného zařízení Milestone mls 1200, kde byly vystaveny působení mikrovlnného záření v tomto pořadí: 1 min. – 250 W; 2 min. – 0 W; 5 min. – 250 W; 5 min. – 350 W; 5 min – 450 W. Mineralizát byl ochlazen a kvantitativně převeden do 25ml odměrné baňky.

Modifikovaný postup stanovení vybraných prvků v extraktu ze vzorků

Příprava extraktu v $2 \text{ mol.l}^{-1} \text{HNO}_3$

Navážka cca 5 g s přesností na 5 desetinných míst homogenizovaného vzorku byla extrahována v $50 \text{ ml } 2 \text{ mol.l}^{-1} \text{HNO}_3$ (poměr vzorek:extraktant 1:10, doba třepání 6 hodin). Poté byla směs přefiltrována přes filtrační papír ze skelných mikrovláken (typ : Z5), ČR na teflonovém filtračním zařízení, UTB ve Zlíně. Přefiltrovaný extrakt byl podroben analýze. [18]

Vlastní analýza proběhla na přístroji AAS-GBC 933AA, Austrálie. Metodou AAS byl stanoven obsah prvků (Mn, Zn, Cu, Cd, Pb) ve vzorcích v μg prvku připadající na ml výluhu vzorku. Podmínky těchto analýz jsou součástí obsluhy přístroje AAS a jeho řízení pomocí softwaru.

Detekční limity pro stanovení rizikových prvků na AAS:

○ Mn	→	0,100 mg/l	○ Zn	→	0,050 mg/l
○ Pb	→	0,100 mg/l	○ Cd	→	0,010 mg/l

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

Mezi nejčastější a nejdéle působící kontaminanty životního prostředí patří rizikové prvky, které pochází z antropogenní činnosti [22]. V případě vstupu do půdy v ní přetrvávají tisíce let a je velmi nesnadné eliminovat jejich účinky na rostliny a na půdní úrodnost [23]. Z tohoto důvodu je studován obsah rizikových prvků nejen v půdním a vodním prostředí, ale i v rostlinných materiálech pocházejících z lokalit zasažených antropogenní činností člověka.

Analýza stopových prvků v biologických materiálech je však značně obtížná, protože je nutné detekovat až ultrastopová množství příslušného prvku v připravené frakci a navíc jak stopové prvky, tak i majoritní složky jsou ve vzorku distribuovány nerovnoměrně [24].

Z důvodu cizorodosti vegetace na dané lokalitě, nebyl pro analýzy zvolen konkrétní rostlinný druh. Byly vybrány dlouholeté rostliny s kořeny zasahujícími do hlubších vrstev samotného tělesa skládky a rostliny s plody.

Práce byla rozdělena do několika kroků. V první fázi byl proveden screening obsahu prvků ve vzorcích pomocí XRF a identifikace významných prvků. Následně byly analyzovány směsné vzorky, které byly podrobeny mineralizaci anebo extrakci, v nichž byl stanoven obsah vybraných prvků. Z obou dvou metod byly získány výsledky s dobrou shodou, a proto byla při počtu více než padesáti vzorků zvolena ekonomičtější a rychlejší varianta, modifikovaná extrakce (Kap. 4.3). Poté bylo přistoupeno ke stanovení koncentrace významných kontaminantů u dílčích vzorků a stanovení obsahu Hg.

Pomocí XRF byly v analyzovaných vzorcích zjištěny následující prvky: Mn, Zn, Cu, Pb, Cd, Sn, Sr, P, S, K, Ca. Jako majoritní prvky byly identifikovány: Mn, Zn, Cu, Pb, Cd, jejichž obsah byl následně stanoven pomocí AAS (Tab. 3). Nejprve byly podrobeny analýze směsné vzorky z kontaminované lokality a kontrolních lokalit. Při analýzách bylo zjištěno, že koncentrace prvků Cd a Pb se u většiny vzorků pohybuje pod hodnotami detekčního limitu AAS a koncentrace Cu jsou velmi nízké. Z tohoto důvodu byla dále věnována pozornost pouze Mn a Zn, jejichž koncentrace byla pak stanovována u dílčích vzorků.

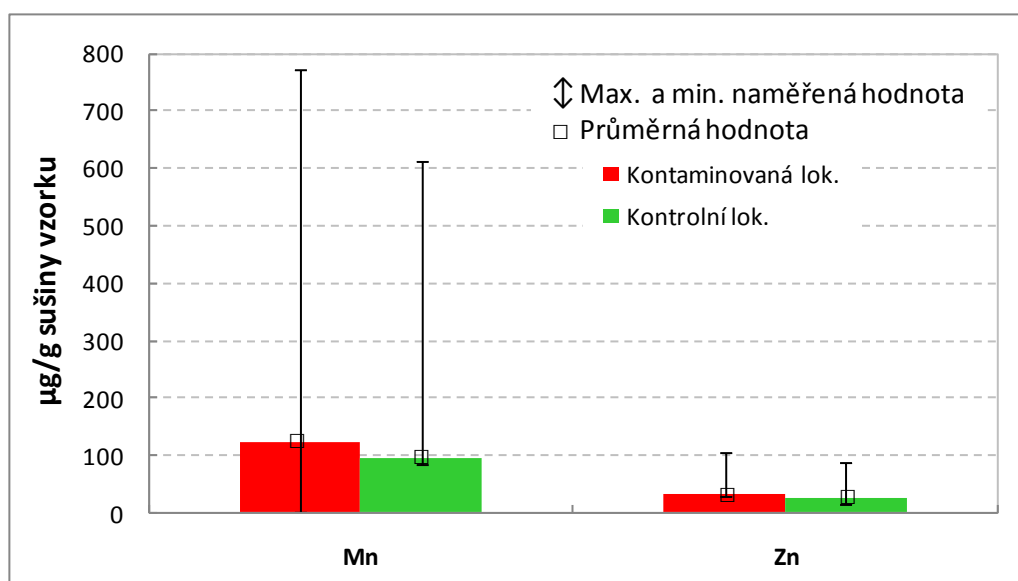
Pro vyhodnocení výsledků byla zvolena maximální a minimální naměřená hodnota a průměrná hodnota pro jednotlivé rizikové prvky, a to kvůli rozdílné kumulaci těchto prvků v jednotlivých rostlinných částech.

Tab. 3 Obsahy rizikových prvků v laboratorních směsných vzorcích na jednotlivých lokalitách

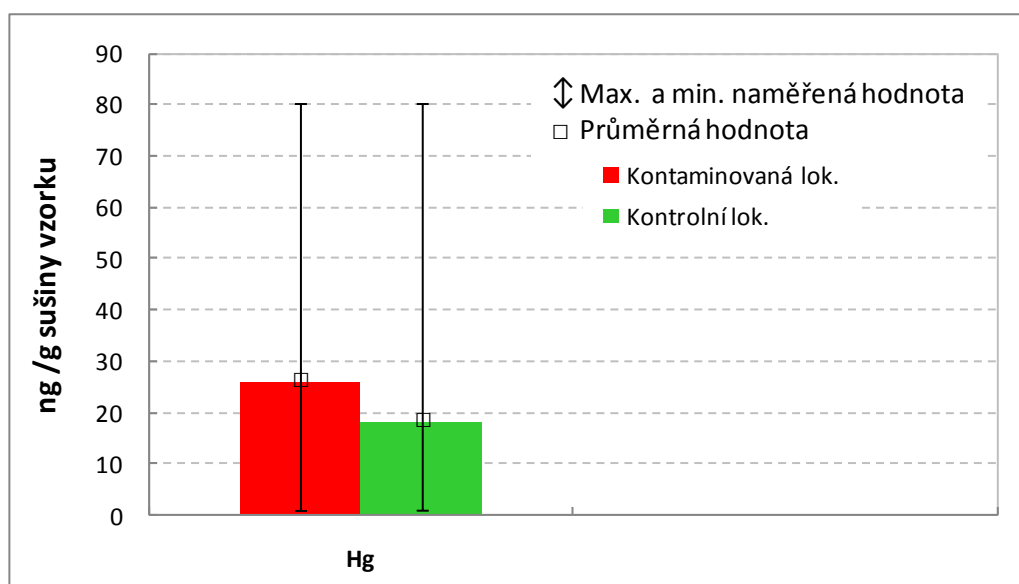
Číslo vzorku	Lokalita	Mn	Zn	Cu	Cd	Pb
		μg/g				
		vztaženo na sušinu vzorku				
1-20 a	Štákovy paseky, Zlín zájmová	135,9	37,3	4,1	0,1	< 0,1
1-20 b		146,7	38,4	4,2	0,1	< 0,1
1-20 c		134,1	35,3	4,2	0,1	< 0,1
21-30 a	Kunovice kontrolní	73,7	25,6	3,8	< 0,01	< 0,1
21-30 b		73,6	24,2	3,7	< 0,01	< 0,1
21-30 c		73,5	25,5	3,7	< 0,01	< 0,1
31-32 a	Uherské Hradiště kontrolní	273,4	41,7	7,3	0,1	3,8

5.1 Monitoring Mn, Zn a Hg na zájmových lokalitách

Obsah Mn [$\mu\text{g Mn/g}$ sušiny vzorku] kolísá na kontaminované lokalitě v intervalu od $2,2 \mu\text{g.g}^{-1}$ do $773,3 \mu\text{g.g}^{-1}$, na kontrolní lokalitě do $519,5 \mu\text{g.g}^{-1}$, (Obr. 5). Průměrná hodnota Mn kontaminované lokality je $123,4 \mu\text{g.g}^{-1}$, u kontrolní lokality je nižší, a to $31,6 \mu\text{g.g}^{-1}$. Obsah Zn [$\mu\text{g Zn/g}$ sušiny vzorku] kolísá na kontaminované lokalitě v intervalu od $1,6 \mu\text{g.g}^{-1}$ do $74,6 \mu\text{g.g}^{-1}$, na kontrolní lokalitě do $62,0 \mu\text{g.g}^{-1}$. Průměrná hodnota Zn v kontaminované lokalitě je $31,6 \mu\text{g.g}^{-1}$, u kontrolní lokality je nižší, a to $25,9 \mu\text{g.g}^{-1}$.

Obr. 5. Průměrné obsahy Mn a Zn [$\mu\text{g/g}$ sušiny vzorku] v nadzemní biomase rostlin

Na kontaminované lokalitě byla maximální hodnota manganu naměřena u listů javora babyky, a zinku u větvi topolu černého. Na kontrolní lokalitě byla maximální hodnota manganu naměřena u mechorostu, a zinku u větvi slivoně obecné. Minimální hodnoty pro Mn i Zn byly na kontaminované lokalitě naměřeny u plodů růže šípkové, na kontrolní lokalitě byla minimální hodnota u plodů jabloně lesní, která byla pod mezí detekce AAS, stejně jako pro zinek u plodů růže šípkové a plodů jabloně lesní.



Obr. 6. Průměrné obsahy Hg [ng/g sušiny vzorku] v nadzemní biomase rostlin

Obsah Hg [ng Hg/g sušiny vzorku] kolísá na kontaminované lokalitě v intervalu od 1,09 ng.g⁻¹ do 80,46 ng.g⁻¹, na kontrolní lokalitě v intervalu od 0,87 ng.g⁻¹ do 80,40 ng.g⁻¹, (Obr. 6). Průměrná hodnota Hg kontaminované lokality je 25,73 ng.g⁻¹, u kontrolní lokality je nižší, a to 17,96 ng.g⁻¹. Maximální a minimální hodnoty obou lokalit jsou prakticky shodné. Maximální hodnota Hg v kontaminované lokalitě byla naměřena u kůry dubu letního, pravděpodobným důvodem je vyšší stáří stromu a dlouhodobá akumulace v této rostlinné části. Maximální hodnota Hg na kontrolní lokalitě byla naměřena u mechorostu, který nebyl blíže specifikován, příčinou vysoké hodnoty mohl být bezprostřední kontakt celé plochy rostliny s půdou (nedokonalá separace půdních částic od biomasy). Minimální hodnota Hg na obou lokalitách byla naměřena u plodů růže šípkové, což je pozitivní z hlediska využívání plodů na sběr či požer zvířectvem.

5.2 Monitoring Zn u jednotlivých druhů rostlin na zájmových lokalitách

Zinek zařazují Alloway [23] a Adriano [25] jako prvek pro životní prostředí nebezpečný. Ve vysokých koncentracích může působit fyto toxicky [22]. V určitých koncentracích je však pro člověka, zvířata i rostliny nezbytný a patří tudíž mezi esenciální prvky. V rostlinách se vyskytuje jako volný ion, nebo v komplexu s různými nízkomolekulárními sloučeninami, a v nerozpustné formě zabudovaný do buněčných stěn. [26]

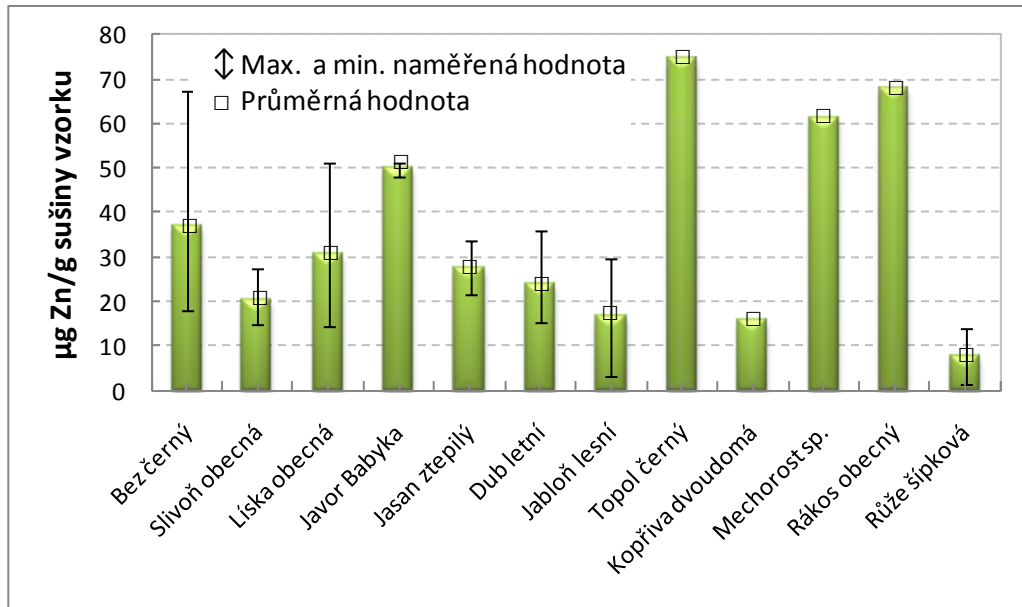
Zdrojem Zn v životním prostředí jsou minerály obsahující tento prvek, např. sfalerit, magnetit, garnet, staurolit, amfibol, biotit [25]. Dalšími zdroji jsou emise vstupující do ovzduší vznikající při tavbě zinkové rudy, průmysl, kde je zinek užíván při výrobě nekorozičních slitin, mosazi či oceli. Dále zemědělství, kde dochází k aplikaci kalů z čistíren odpadních vod na zemědělskou půdu. Tendenci plodin ke zvýšenému obsahu zinku po aplikaci kalů popsali Balík a kol. [27, 28] a Tlustoš a kol. [29, 30, 31]. [26]

Mimokořenově může být zinek přijímán rostlinou z atmosféry. Na základě svých experimentů sestavili Harrison a Chirgawi [32] pořadí podílu příjmu prvků rostlinou z atmosféry: $Pb > Cr > Ni > Zn = Cd$, z čehož vyplývá, že pro zinek je zpravidla dominantní příjem z půdy. Rozpustnost a přítomnost nosiče ovlivňuje přístupnost prvků z atmosféry. Lum a kol. [33] uvádí přístupnost Zn jako nejnižší (26 %), např. na rozdíl od Cd (85 %). Intenzita absorpce také závisí na druhu plodiny, tloušťce kutikuly, stáří listu či na vlhkosti povrchu listů. [26]

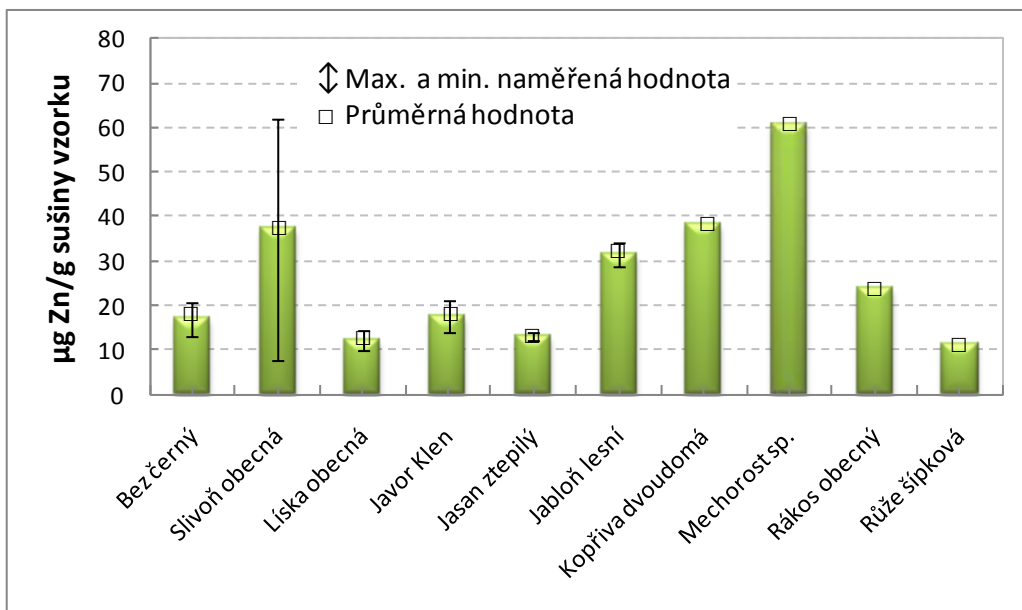
U jednotlivých druhů rostlin jsou nároky na zinek dosti rozdílné. V pletivech rostlin se jeho obsah pohybuje v rozmezí 20 – 100 $\mu\text{g Zn/g}$ sušiny. Obsah pod 20 $\mu\text{g Zn/g}$ sušiny představuje deficit a příjem nižší než 10 $\mu\text{g Zn/g}$ sušiny je provázen příznaky nedostatku [34]. [26]

Na obrázcích (Obr. 7 - 8) jsou uvedeny průměrné hodnoty obsahu zinku [$\mu\text{g Zn/g}$ sušiny vzorku] v nadzemní biomase rostlin s maximálními a minimálními naměřenými hodnotami na kontaminované a kontrolní lokalitě.

Nejvyšší průměrná hodnota Zn [$\mu\text{g Zn/g}$ sušiny vzorku] byla na kontaminované lokalitě naměřena u topolu černého ($74,6 \mu\text{g.g}^{-1}$), na kontrolní lokalitě u mechorostu ($60,8 \mu\text{g.g}^{-1}$). Nejnižší průměrná hodnota Zn byla u obou lokalit naměřena u růže šípkové. Na kontaminované lokalitě byla tato hodnota stanovena na $7,85 \mu\text{g.g}^{-1}$, na kontrolní lokalitě byla vyšší, a to $11,2 \mu\text{g.g}^{-1}$.



Obr. 7. Průměrné obsahy Zn [$\mu\text{g Zn/g}$ sušiny vzorku] v nadzemní biomase rostlin z kontaminované lokality



Obr. 8. Průměrné obsahy Zn [$\mu\text{g Zn/g}$ sušiny vzorku] v nadzemní biomase rostlin z kontrolní lokality

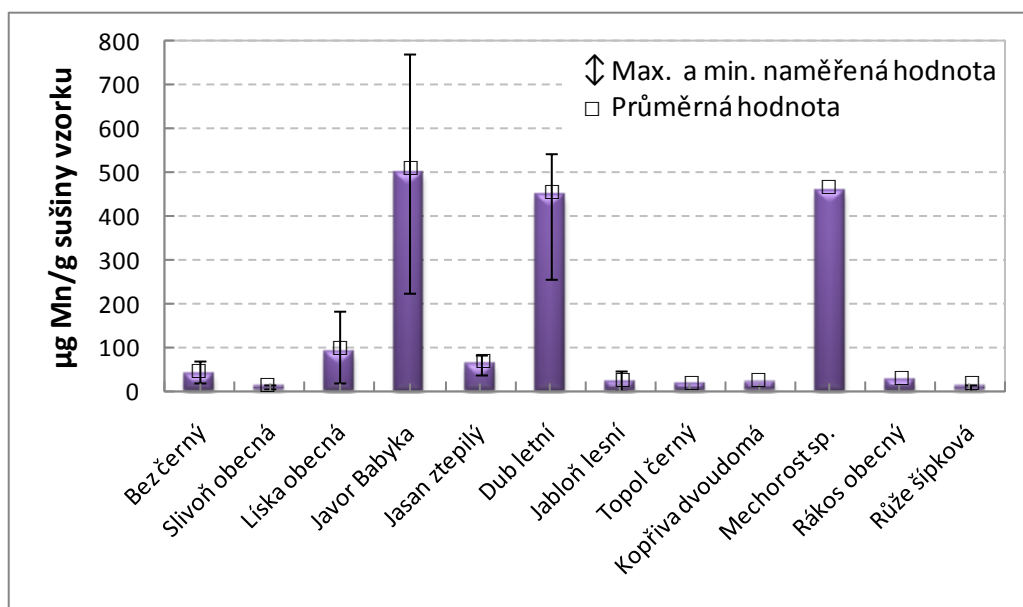
Z provedených laboratorních analýz vyplývá, že obsah zinku u jednotlivých částí rostlin nepřekročil u žádného vzorku limitní hodnotu $100 \mu\text{g Zn/g}$ v sušině (nejvyšší naměřená hodnota byla $74,6 \mu\text{g Zn/g}$ sušiny vzorku, a to u topolu černého z kontaminované lokality). U několika rostlin byl analyzován deficit tohoto prvku (plody jabloň lesní a růže šípkové na obou lokalitách), který se projevil menšími listy šedozelené barvy, které byly předčasně

z větší části opadané. Z výsledků je tedy patrné, že lokalita „rekultivované“ černé skládky Štákovy paseky, Zlín neobsahuje nadlimitní koncentrace zinku, a tudíž tento prvek není na daném území pro okolní životní prostředí nebezpečný.

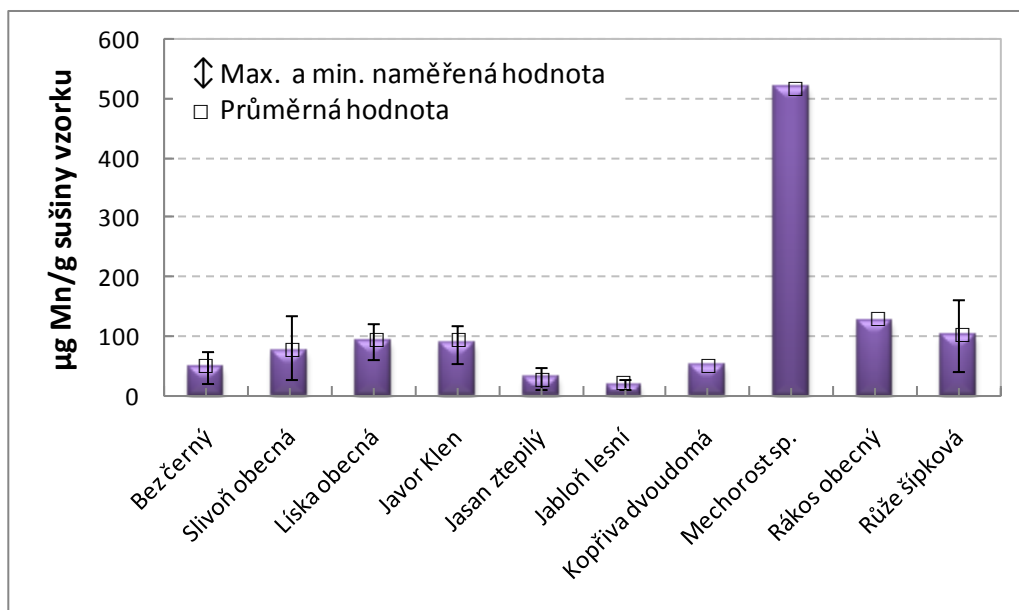
Na nízké koncentrace zinku v porostu může mít vliv těžká jílovitá půda vyskytující se ve studovaných oblastech. Její vyšší sorpční kapacita má podle Kiekens a Camerlynck [35] za následek nižší příjem prvků rostlinami ve srovnání s půdami písčitými. [22]

5.3 Monitoring Mn u jednotlivých druhů rostlin na zájmových lokalitách

Nejvyšší průměrná hodnota Mn [$\mu\text{g Mn/g}$ sušiny vzorku] byla na kontaminované lokalitě naměřena u javoru babyka ($499,6 \mu\text{g.g}^{-1}$), na kontrolní lokalitě u mechorostu ($519,5 \mu\text{g.g}^{-1}$). Nejnižší průměrná hodnota Mn byla na kontaminované lokalitě naměřena u slivoně obecné ($8,3 \mu\text{g.g}^{-1}$), na kontrolní lokalitě u jabloně lesní ($18,1 \mu\text{g.g}^{-1}$), (Obr. 9 - 10).



Obr. 9. Průměrné obsahy Mn [$\mu\text{g Mn/g}$ sušiny vzorku] v nadzemní biomase rostlin z kontaminované lokality



Obr. 10. Průměrné obsahy Mn [$\mu\text{g Mn/g sušiny vzorku}$] v nadzemní biomase rostlin z kontrolní lokality

Obsah Mn pod $20 \mu\text{g Mn/g sušiny}$ je považován za nedostatečný, rozmezí $20 - 500 \mu\text{g Mn/g sušiny}$ za dobrý a obsah Mn nad $500 \mu\text{g Mn/g sušiny}$ za vysoký až toxický [36].

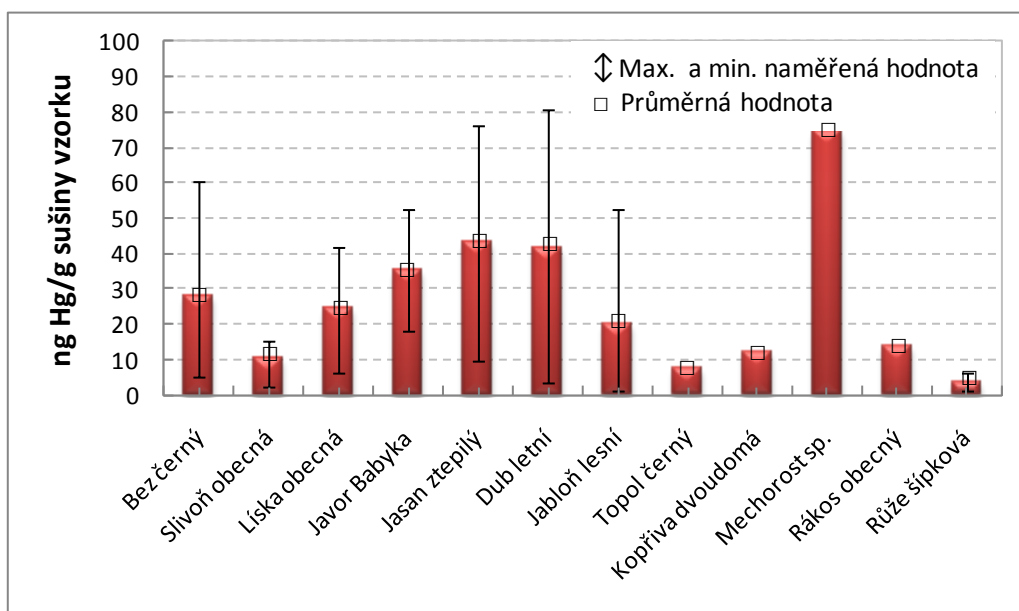
Pokud srovnáme průměrné obsahy manganu, byl na kontaminované lokalitě zaznamenán nedostatečný obsah manganu u slivoně obecné ($8,3 \mu\text{g.g}^{-1}$), topolu černého ($16,2 \mu\text{g.g}^{-1}$), kopřivy dvoudomé ($16,9 \mu\text{g.g}^{-1}$) a růže šípkové ($8,65 \mu\text{g.g}^{-1}$), na kontrolní lokalitě u jabloň lesní ($18,1 \mu\text{g.g}^{-1}$). Vysoký až toxický průměrný obsah manganu byl určen pouze na kontaminované lokalitě u javoru babyka ($499,6 \mu\text{g.g}^{-1}$).

Zvýšené koncentrace Mn na studované lokalitě mohou být způsobeny pravděpodobně antropogenní činností. Hlavními zdroji Mn a jeho sloučenin jsou především hutnický, oceľářský, sklářský, keramický, chemický a potravinářský průmysl. Mangan se používá také do glazur při výrobě keramiky nebo do elektrických galvanických článků (baterií). Nicméně ani jeden z výše uvedených zdrojů se v okolí studované lokality nenachází. Zdrojem Mn tak bude pravděpodobně odpad ukládaný na skládku – výrobky z keramiky anebo staré galvanické články.

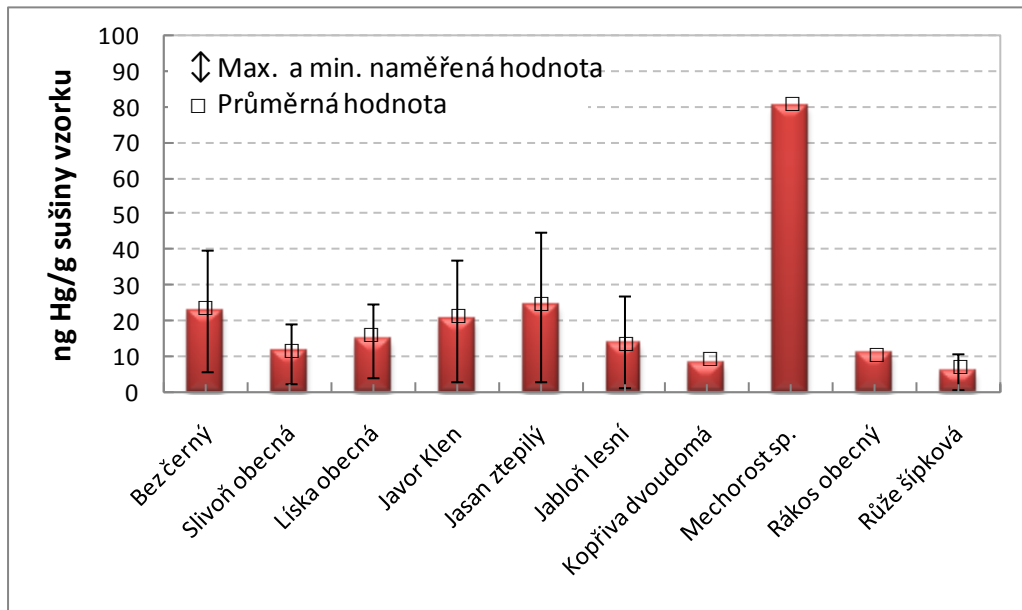
5.4 Monitoring Hg u jednotlivých druhů rostlin na zájmových lokalitách

Zdrojem odpadů s obsahem rtuti na skládkách jsou např. výrobky světelné techniky (zářivky, vysokotlaké rtuťové výbojky), po jejichž destrukci se odpařuje rtuť a jsou vymývány vysoce toxické sloučeniny rtuti. Dále akumulátorové baterie, teploměry, suché články a jiné. [37] Z tohoto důvodu se na „rekultivované“ černé skládce Štákovy paseky, Zlín, předpokládaly zvýšené koncentrace rtuti. Tento předpoklad ovšem nebyl potvrzen, protože obsahy rtuti v rostlinném materiálu na kontaminované i kontrolní lokalitě byly téměř identické. Naměřené hodnoty rtuti mohly být zvýšené vlivem vzdušné expozice, protože 80% emisí rtuti antropogenního původu je emitováno do ovzduší ve formě kovové rtuti [38]. Zdrojem je např. spalování fosilních paliv a odpadů, těžba a zpracování rud s obsahem rtuti, hnojiva, fungicidy, komunální odpad nebo průmyslové odpadní vody.

Obsah rtuti v homogenizovaných vzorcích byl stanoven pomocí analyzátoru rtuti AMA 254 (ČSN EN 15309). Výsledky analýz jsou graficky znázorněny na obrázcích (Obr. 11 - 12).



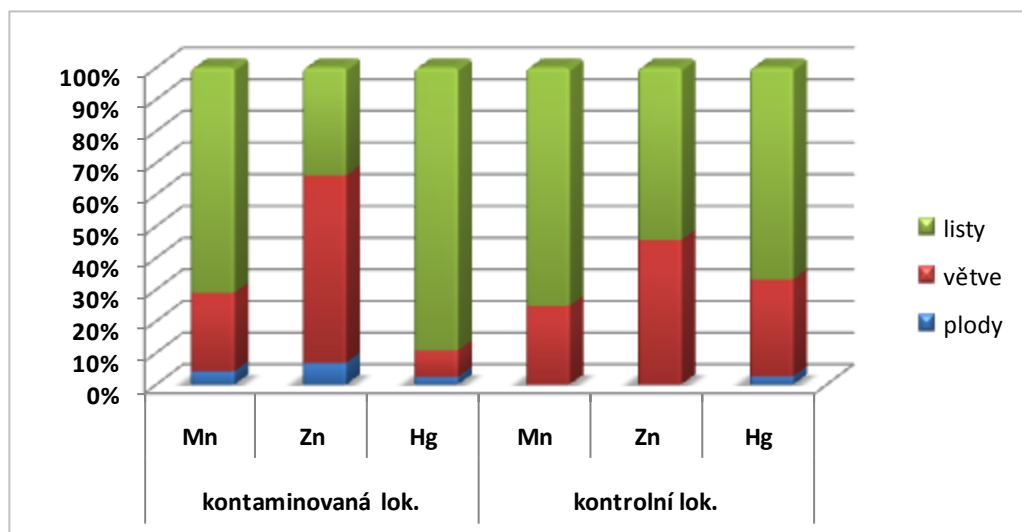
Obr. 11. Průměrné obsahy Hg [ng Hg/g sušiny vzorku] v nadzemní biomase rostlin z kontaminované lokality



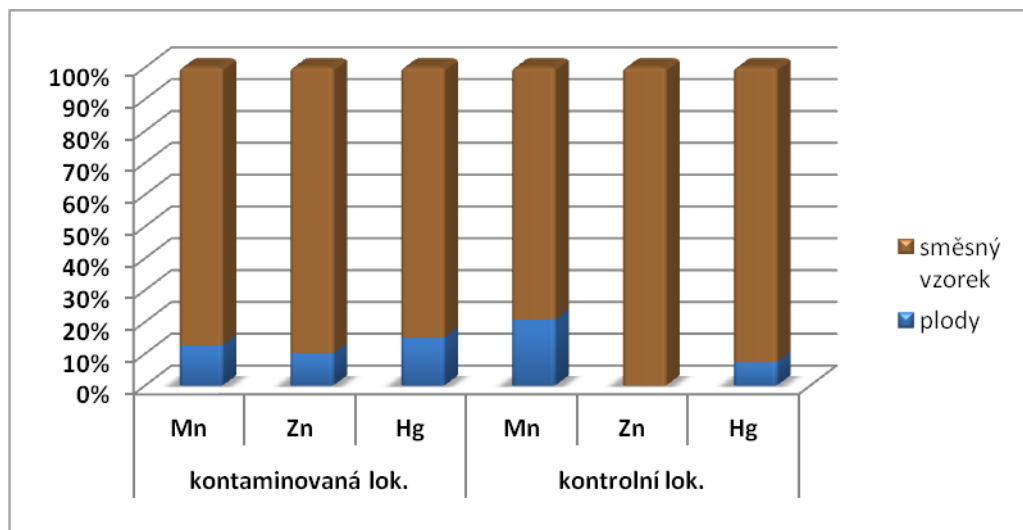
Obr. 12. Průměrné obsahy Hg [ng Hg/g sušiny vzorku] v nadzemní biomase rostlin z kontrolní lokality

Nejvyšší průměrná hodnota Hg [ng Hg/g sušiny vzorku] byla u obou lokalit naměřena u mechorostu. Průměrná hodnota se zároveň shoduje i s maximální naměřenou hodnotou, která na kontaminované lokalitě byla $74,64 \text{ ng.g}^{-1}$ a na kontrolní lokalitě $80,40 \text{ ng.g}^{-1}$. Nejnížší průměrná hodnota Hg byla u obou lokalit naměřena u růže šípkové. Na kontaminované lokalitě byla tato hodnota stanovena na $3,60 \text{ ng.g}^{-1}$, na kontrolní lokalitě $5,90 \text{ ng.g}^{-1}$. Podle Segura-Muñoz S.I. a kol. [11]. Tyto koncentrace nepředstavují znečištění rtutí, což je pozitivní zjištění beroucí do úvahy toxicitu Hg a její bioakumulační kapacitu.

5.5 Podíl Mn, Zn a Hg v jednotlivých rostlinných částech



Obr. 13. Podíl Mn, Zn a Hg nahromaděných v jednotlivých částech jabloň lesní



Obr. 14. Podíl Mn, Zn a Hg nahromaděných v jednotlivých částech růže šípkové

Stanovení podílu jednotlivých prvků bylo provedeno v jednotlivých rostlinných částech u vybraných druhů jableň lesní a růže šípkové. Z obrázku (Obr. 13) je patrné, že u jableň lesní se mangan a rtuť nejvíce akumulují v listech, zatímco zinek především ve větvích. U růže šípkové, (Obr. 14), se rizikové prvky vyskytují zejména ve smíšeném vzorku, který je směsí listů a větví. U obou vybraných druhů jsou obsahy stanovovaných prvků nejnižší v plodech, což je příznivé z hlediska jejich případné konzumace člověkem nebo zvířectvem.

K příjmu zinku z půdy dochází kořeny, ke kterým se tento prvek dostává pomocí difúze a hmotového půdního toku, poté reaguje s organickými kyselinami vylučovanými rostlinou za tvorby chelátů, zvyšuje se difúzní gradient a urychluje se příjem prvku. Při následném transportu zinku či jeho vazbě hraje roli interakce rostlinného genotypu a samotného prvku. Toleranci rostlin k jednotlivým rizikovým prvkům ovlivňují rozdíly v koncentraci organických kyselin, např. vyšší koncentrace kyseliny jablečné koreluje s tolerancí k zinku. Na podílu příjmu zinku z půdy se podílí několik faktorů, např. znečištění půdy, její fyzikální a chemické vlastnosti, druh pěstované rostliny a specifické vlastnosti prvku. Rozhodující je koncentrace prvku v půdním roztoku, která může být ovlivněna celkovým obsahem prvku v půdě, jeho formami, ale i půdním druhem, půdní reakcí atd. [26] Také morfologie kořene rozhoduje o snadnosti příjmu prvků, např. rostliny s velkým počtem jemných kořenových vláken akumulují kovy lépe než rostliny s několika silnými kořeny [39]. Podle Swartz a kol. [40] není příjem kovů rostlinou lineárně závislý na celkovém obsahu kovu v půdě, ale na jeho přístupnosti. Zinek je ve většině půd akumulován v povrchovém horizontu, protože je snadno adsorbován minerální a organickou složkou půdy. [22]

5.6 ZÁVĚR

Monitorování obsahu rizikových prvků rostlinného pokryvu na „rekultivované“ černé skládce Štákovy paseky, Zlín, která nebyla rekultivována uzančními postupy, prokázalo, že tato skládka nepředstavuje z tohoto pohledu významné riziko pro okolní ekosystém, což vyplývá z provedených analýz. V první fázi byl proveden screening obsahu prvků ve vzorcích pomocí XRF a identifikace významných prvků. Následně byly analyzovány směsné vzorky, které byly podrobeny mineralizaci či extrakci, v nichž byl na základě XRF stanoven obsah vybraných prvků. Z obou dvou metod byly získány výsledky s dobrou shodou, a proto byla při počtu více než padesáti vzorků zvolena ekonomičtější a rychlejší varianta, modifikovaná extrakce. Poté bylo přistoupeno ke stanovení koncentrace významných kontaminantů u dílčích vzorků a stanovení obsahu Hg. Následně pomocí metody AAS byly ve vzorcích stanoveny obsahy Mn, Zn, Cu, Pb a Cd.

Přestože z monitoringu půdy v oblasti Hraničního potoka provedeného E. Bukovjanovou [1] byly zjištěny zvýšené koncentrace těžkých kovů (Pb, Cu, Sn), nebyl potvrzen teoretický předpoklad, že by se koncentrace těchto prvků mohly vyskytnout v rostlinném pokryvu na studované skládce. Příčinou může být fixace prvků na tamní jílovité podloží.

V rostlinném pokryvu nebyly tedy detekovány toxické kovy, zjištěny byly pouze zvýšené koncentrace manganu. Jeho nejvyšší obsah byl stanoven u listů javoru babyka (773,3 $\mu\text{g Mn/g}$ sušiny vzorku) a dosáhl hranice toxicity pro vegetaci. Koncentrace rtuti a zinku se pohybovaly v mezích stanovení a tudíž nemají negativní vliv na vegetaci. U několika vzorků byly hodnoty zinku spíše podlimitní a rostliny tak mohou pociťovat deficit tohoto prvku.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BUKOVJANOVÁ, Eva. *Geomonitoring distribuce vybraných polutantů v lesním ekosystému*. 2010. 67 s.
- [2] MENYHÁRTOVÁ, Zuzana. *Monitoring jakosti vod v povodí Hraničního potoka*. 2010. 83s.
- [3] HÄBERLE, Gregor a kolektiv. *Technika životního prostředí pro školu i praxi*. 1. vyd. Praha: Europa – Sobotáles cz, 2003. 336 s. ISBN 80-86706-05-2.
- [4] KUDLÁČEK, Ivan. *Ekologie průmyslu*. 2. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. 188s. ISBN 80-01-02495-4.
- [5] Zákon č. 185/2001 Sb., *o odpadech a o změně některých zákonů* [online]. Sbírka zákonů České republiky: Ministerstvo vnitra, 2001, s. 4074-4113, [cit. 2011-03-10]. Dostupný z WWW: <<http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/2001/sb071-01.pdf>>.
- [6] Směrnice Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 98/2008, *o odpadech a o zrušení některých směrnic* [online]. Úřední věstník Evropské unie, 2008, s. L312/3-L312/30, [cit. 2011-03-10]. Dostupný z WWW: <<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:312:0003:0030:CS:PDF>>.
- [7] KIZLINK, Juraj. *Nakládání s odpady*. 1. vyd. Brno: Fakulta chemická VUT v Brně, 2007. 284s. (s. 97). ISBN 978-80-214-3348-9.
- [8] VOŠTOVÁ, Věra; FRIES, Jiří. *Zpracování pevných odpadů*. Dotisk 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2005. 157s. (s. 109, 110, 114). ISBN 80-01-02672-8.
- [9] HLAVATÁ, Miluše. *Odpadové hospodářství*. 1. vyd. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2004. 174s. (s. 112, 113, 116, 117). ISBN 80-248-0737-8.
- [10] HAVELKA, Petr. „Černé skládky“ na katastrofách obcí. *Odpady*. 2010, č. 6, s. 20-21.
- [11] SEGURA-MUÑOZ, SI; da SILVA OLIVEIRA, A; NIKAIDO, M. Metal levels in sugar cane (*Saccharum* spp.) samples from an area under the influence of a municipal landfill and a medical waste treatment system in Brazil. *Environment International* 32 (2006) 52-57.

- [12] MWIGANGA, M.; KANSIIME, F. The impact of Mpererwe landfill in Kampala-Uganda, on the surrounding environment. *Physics and Chemistry of the Earth* 30 (2005) 744-750.
- [13] REMON, E.; BOUCHARDON J.-L.; CORNIER, B. Soil characteristics, heavy metal availability and vegetation recovery at a former metallurgical landfill: Implications in risk assessment and site restoration. *Environmental Pollution* 137 (2005) 316-323.
- [14] NEKUDA, Vladimír, JANÁK, Jan, MICHNA, Pavel, STAROSTA, Peter. *Zlínsko*. Brno: Muzejní a vlastivědná společnost v Brně, 1995. 784s. (s. 9, 11, 15, 28, 46, 48). ISBN 80-85048-57-4.
- [15] MICHNA, Jiří. ZLÍN – PRŠTNÉ: Hydrologický průzkum. *GEOtest BRNO a. s.*, 1998, č. P 93917, s. 15.
- [16] VACEK, Zdeněk. BARUM – ZLÍN: Průzkum kontaminace půdního profilu a podzemních vod organickými látkami. *Moravský zeměvrtný závod*. 1993, č. P 82819, s. 49.
- [17] Charakteristika zlínského kraje. *Integrovaný program snižování emisí znečišťujících látek zlínského kraje*. 2000, č. 1, s. 14-22.
- [18] ZBÍRAL, Jiří. *Analýza rostlinného materiálu*. 2. vyd. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský Brno, 2005. 192 s. ISBN 80-86548-73-2.
- [19] KLOUDA, Pavel. *Moderní analytické metody*. 1. vyd. Ostrava: Nakladatelství Pavel Klouda, 1996. 203 s. ISBN 80-902155-0-5.
- [20] *Operační manuál k software EDXRF spektrometru ElvaX*. Lázně Bohdaneč: RMI, s.r.o., 2003.
- [21] *Návod na obsluhu AMA 254 Advanced Mercury Analyser, Verze pro Windows*. Praha: Altec s.r.o., 2000. 125 s. Dostupný z WWW: <http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/1997_01_38-47.pdf>.
- [22] TLUSTOŠ, Pavel; SZÁKOVÁ, Jiřina; ŠICHOROVÁ, Kornelie; PAVLÍKOVÁ, Daniela; BALÍK, Jiří. *Rizika kovů v půdě v agroekosystémech v ČR* [online]. 32 s. [cit. 2011-03-31]. Dostupný z WWW: <http://www.phytosanitary.org/projekty/2007/VVF_08_2007.pdf>.
- [23] ALLOWAY, B. J. (1990): *Heavy Metals in Soils*. Blackie and Son Ltd., Glasgow and London, 339.

- [24] KOPLÍK, Richard; ČURDOVÁ, Eva; MESTEK, Oto. Speciace stopových prvků ve vodách, půdách, sedimentech [online]. *Chemické listy*. 1997, (91), s. 38–47. [cit. 2011-02-16]. Dostupný z WWW: <http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/1997_01_38-47.pdf>.
- [25] ADRIANO, D. C. (2001): Trace Elements in Terrestrial Environments: Biogeochemistry, Bioavailability, and Risks of Metals. Second edition, Springer-Verlag, New York, 867.
- [26] TLUSTOŠ, Pavel; PAVLÍKOVÁ, Daniela; BALÍK, Jiří. *Mechanismus příjmu rizikových prvků rostlinami a jejich hromadění v biomase* [online]. 2006. 37 s. [cit. 2011-03-31]. Dostupný z WWW: <http://www.phyotosanitary.org/projekty/2005/VVF_05_2005.pdf>.
- [27] BALÍK, J., TLUSTOŠ, P., PAVLÍKOVÁ, D., SZÁKOVÁ, J., BLAHNÍK, R., KAEWRAHUN, S. (1998a): Vliv čistírenských kalů na obsah zinku v půdě a rostlinách. *Rostl. výr.*, 44: 457-462.
- [28] BALÍK, J., TLUSTOŠ, P., SZÁKOVÁ, J., PAVLÍKOVÁ, D., BALÍKOVÁ, M., BAHNÍK, R. (1998b): Změny obsahu kadmia v rostlinách po aplikaci čistírenských kalů. *Rostl. výr.*, 44: 449-456.
- [29] TLUSTOŠ, P., BALÍK, J., PAVLÍKOVÁ, D., SZÁKOVÁ, J., (1997): Příjem kadmia, zinku, arsenu a olova vybranými plodinami. *Rostl. výr.*, 43: 487-494.
- [30] TLUSTOŠ, P., BALÍK, J., PAVLÍKOVÁ, D., SZÁKOVÁ, J., KAEWRAHUN, S. (2000): The accumulation of potentially toxic elements in spinach biomass grown on nine soils treated with sewage sludge. *Rostl. výr.*, 46: 9-16.
- [31] TLUSTOŠ, P., BALÍK, J., DVOŘÁK, P., SZÁKOVÁ, J., PAVLÍKOVÁ, D., (2001): Zinc and lead uptake by three crops planted on different soils treated by sewage sludge. *Rostl. výr.*, 47: 129-134.
- [32] HARRISON, R.M., CHIRGAWI, M.B. (1989): The assessment of air and soil as contributors of some trace metals to vegetative plants, I. Use of a filtered air growth cabinet, II. Translocation of atmospheric and laboratory-generated cadmium aerosols to and within vegetative plants, III. Experiments with field grown plants. *Sci. Total Environ.*, 83: 13-62.
- [33] LUM, K.R., KOKOTICH, E.A., SCHROEDER, W.H. (1987): Bioavailable Cd, Pb and Zn in wet and dry deposition. *Sci. Total Environ.*, 63: 161-173

- [34] VANĚK, V., BALÍK, J., PAVLÍKOVÁ, D., TLUSTOŠ, P. (2002): *Výživa a hnojení polních a zahradních plodin*. Ing. M. Sedláček, 3. vydání, 132 s.
- [35] KIEKENS, L., CAMERLYNCK, R. (1982): Transfer characteristics for uptake heavy metals by plants. *Landwirtsch. Forsch., Sonderh. 39, Kongressband*, 255-261.
- [36] ŠKARPA, Petr. *Stanovení mikrobiogenních prvků v rostlinném materiálu* [online]. 2010. [cit. 2011-04-17]. Dostupný z WWW: <http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/laborator/index.php?N=5&I=6&J=0&K=0>.
- [37] HRNČÍŘ, Bohumil. Stanovení světelné techniky jako zdroje odpadů s obsahem rtuti. *Elektro*. 2001, č. 03 [online]. [cit. 2012-02-13]. Dostupný z WWW: <http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=23865>.
- [38] Integrovaný registr znečišťování. *Látka: Rtuť a sloučeniny (jako Hg)*. Ministerstvo životního prostředí České republiky [online]. [cit. 2012-02-13]. Dostupný z WWW: <<http://www.irz.cz/node/88>>.
- [39] DAS, P., SAMANTARAY, S., ROUT, G. R. (1997): Studies on kadmium toxicity in plants: a review. *Environ. Pollut.*, 98: 29-36.
- [40] SCHWARTZ, C., GÉRARD, E., PERRONNET, K., MOREL, J. L. (2001): Measurement of in situ phytoextraction of zinc by spontaneous metallophytes growing on a former smelter site. *Sci. Total Environ.*, 279: 215-221.
- [41] SCHAUER, Thomas. *Svět rostlin*. 2. vyd. Praha: Rebo Productions CZ, 2008. 496 s. ISBN 978-80-7234-998-2.
- [42] HECKER, Ulrich. *Stromy a keře*. 1. vyd. Praha: Rebo Productions CZ, 2003. 238s. ISBN 80-7234-291-6.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AAS	Atomová absorpční spektrometrie
AOX	Adsorbovatelné organicky vázané halogeny
CHSK	Chemická spotřeba kyslíku
PAL A	Anionaktivní povrchově aktivní látky
TOC	Celkový organický uhlík
XRF	Rentgenová fluorescenční spektrometrie

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Systém utěsnění základny skládky [3]</i>	15
<i>Obr. 2. Systém těsnění povrchu skládky [3]</i>	16
<i>Obr. 3. Změna složení skládkového plynu [3]</i>	18
<i>Obr. 4. Vymezení zájmové lokality na mapě [2]</i>	29
<i>Obr. 5. Průměrné obsahy Mn a Zn [$\mu\text{g/g}$ sušiny vzorku] v nadzemní biomase rostlin</i>	37
<i>Obr. 6. Průměrné obsahy Hg [ng/g sušiny vzorku] v nadzemní biomase rostlin</i>	38
<i>Obr. 7. Průměrné obsahy Zn [$\mu\text{g Zn/g}$ sušiny vzorku] v nadzemní biomase rostlin z kontaminované lokality.....</i>	40
<i>Obr. 8. Průměrné obsahy Zn [$\mu\text{g Zn/g}$ sušiny vzorku] v nadzemní biomase rostlin z kontrolní lokality.....</i>	40
<i>Obr. 9. Průměrné obsahy Mn [$\mu\text{g Mn/g}$ sušiny vzorku] v nadzemní biomase rostlin z kontaminované lokality</i>	41
<i>Obr. 10. Průměrné obsahy Mn [$\mu\text{g Mn/g}$ sušiny vzorku] v nadzemní biomase rostlin z kontrolní lokality.....</i>	42
<i>Obr. 11. Průměrné obsahy Hg [ng Hg/g sušiny vzorku] v nadzemní biomase rostlin z kontaminované lokality</i>	43
<i>Obr. 12. Průměrné obsahy Hg [ng Hg/g sušiny vzorku] v nadzemní biomase rostlin z kontrolní lokality</i>	44
<i>Obr. 13. Podíl Mn, Zn a Hg nahromaděných v jednotlivých částech jabloně lesní</i>	44
<i>Obr. 14. Podíl Mn, Zn a Hg nahromaděných v jednotlivých částech růže šípkové</i>	45

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Podmínky odběrů na odběrových místech, vzorky, měřicí přístroje.....</i>	<i>32</i>
<i>Tab. 2a. Charakteristika odebraných vzorků.....</i>	<i>32</i>
<i>Tab. 2b. Charakteristika odebraných vzorků.....</i>	<i>33</i>
<i>Tab. 3 Obsahy rizikových prvků v laboratorních směsných vzorcích na jednotlivých lokalitách.....</i>	<i>37</i>

SEZNAM PŘÍLOH

- P I Taxonomické šetření vegetace sesbírané ve studovaných oblastech
- P II Koncentrace majoritních prvků ve studovaných vzorcích
- P III Fotografie „rekultivované“ černé skládky Šťákovy paseky, Zlín

**PŘÍLOHA P I: TAXONOMICKÉ ŠETŘENÍ VEGETACE SESBÍRANÉ
VE STUDOVANÝCH OBLASTECH**

Číslo vzorku	Druh (český název)	Druh (lat. název)	Čeleď (český název)	Čeleď (lat. název)
1.1	Bez černý	<i>Sambucus nigra</i> L.	Pižmovkovité	<i>Adoxaceae</i>
2.1	Bez černý	<i>Sambucus nigra</i> L.	Pižmovkovité	<i>Adoxaceae</i>
3.1	Slivoň obecná	<i>Prunus insititia</i> L.	Růžovité	<i>Rosaceae</i>
4.1	Líška obecná	<i>Corylus avellana</i> L.	Lískovité	<i>Corylaceae</i>
4.2	Líška obecná	<i>Corylus avellana</i> L.	Lískovité	<i>Corylaceae</i>
5.1	Javor babyka	<i>Acer campestre</i> L.	Javorovité	<i>Aceraceae</i>
5.2	Javor babyka	<i>Acer campestre</i> L.	Javorovité	<i>Aceraceae</i>
6.1	Líška obecná	<i>Corylus avellana</i> L.	Lískovité	<i>Corylaceae</i>
6.2	Líška obecná	<i>Corylus avellana</i> L.	Lískovité	<i>Corylaceae</i>
7.1	Jasan ztepilý	<i>Fraxinus excelsior</i> L.	Olivovníkovité	<i>Oleaceae</i>
7.2	Jasan ztepilý	<i>Fraxinus excelsior</i> L.	Olivovníkovité	<i>Oleaceae</i>
8.1	Dub letní	<i>Quercus robur</i> L.	Bukovité	<i>Fagaceae</i>
8.2	Dub letní	<i>Quercus robur</i> L.	Bukovité	<i>Fagaceae</i>
8.3	Dub letní	<i>Quercus robur</i> L.	Bukovité	<i>Fagaceae</i>
9.1	Bez černý	<i>Sambucus nigra</i> L.	Pižmovkovité	<i>Adoxaceae</i>
10.1	Bez černý	<i>Sambucus nigra</i> L.	Pižmovkovité	<i>Adoxaceae</i>
11.1	Jabloň lesní	<i>Malus sylvestris</i> Mill.	Růžovité	<i>Rosaceae</i>
11.2	Jabloň lesní	<i>Malus sylvestris</i> Mill.	Růžovité	<i>Rosaceae</i>
11.3	Jabloň lesní	<i>Malus sylvestris</i> Mill.	Růžovité	<i>Rosaceae</i>
12.1	Topol černý	<i>Populus nigra</i> L.	Vrbovité	<i>Lalicaceae</i>
13.1	Bez černý	<i>Sambucus nigra</i> L.	Pižmovkovité	<i>Adoxaceae</i>
14.1	Bez černý	<i>Sambucus nigra</i> L.	Pižmovkovité	<i>Adoxaceae</i>
15.1	Kopřiva dvoudomá	<i>Urtica dioica</i> L.	Kopřivovité	<i>Urticaceae</i>
16.1	Mechorost sp.	-	-	-
17.1	Líška obecná	<i>Corylus avellana</i> L.	Lískovité	<i>Corylaceae</i>
17.2	Líška obecná	<i>Corylus avellana</i> L.	Lískovité	<i>Corylaceae</i>
18.1	Rákos obecný	<i>Phragmites australis</i> Steud.	Lipnicovité	<i>Poaceae</i>
19.1	Slivoň obecná	<i>Prunus insititia</i> L.	Růžovité	<i>Rosaceae</i>
19.2	Slivoň obecná	<i>Prunus insititia</i> L.	Růžovité	<i>Rosaceae</i>
20.1	Růže šípková	<i>Rosa canina</i> L.	Růžovité	<i>Rosaceae</i>
20.2	Růže šípková	<i>Rosa canina</i> L.	Růžovité	<i>Rosaceae</i>
21.1	Slivoň obecná	<i>Prunus insititia</i> L.	Růžovité	<i>Rosaceae</i>
21.2	Slivoň obecná	<i>Prunus insititia</i> L.	Růžovité	<i>Rosaceae</i>
22.1	Kopřiva dvoudomá	<i>Urtica dioica</i> L.	Kopřivovité	<i>Urticaceae</i>
23.1	Růže šípková	<i>Rosa canina</i> L.	Růžovité	<i>Rosaceae</i>
23.2	Růže šípková	<i>Rosa canina</i> L.	Růžovité	<i>Rosaceae</i>
24.1	Bez černý	<i>Sambucus nigra</i> L.	Pižmovkovité	<i>Adoxaceae</i>
25.1	Bez černý	<i>Sambucus nigra</i> L.	Pižmovkovité	<i>Adoxaceae</i>
26.1	Jabloň lesní	<i>Malus sylvestris</i> Mill.	Růžovité	<i>Rosaceae</i>

Číslo vzorku	Druh (český název)	Druh (lat. název)	Čeleď (český název)	Čeleď (lat. název)
26.2	Jabloň lesní	<i>Malus sylvestris</i> Mill.	Růžovité	<i>Rosaceae</i>
26.3	Jabloň lesní	<i>Malus sylvestris</i> Mill.	Růžovité	<i>Rosaceae</i>
27.1	Slivoň obecná	<i>Prunus insititia</i> L.	Růžovité	<i>Rosaceae</i>
27.2	Slivoň obecná	<i>Prunus insititia</i> L.	Růžovité	<i>Rosaceae</i>
28.1	Rákos obecný	<i>Phragmites australis</i> Steud.	Lipnicovité	<i>Poaceae</i>
29.1	Javor klen	<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	Javorovité	<i>Aceraceae</i>
29.2	Javor klen	<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	Javorovité	<i>Aceraceae</i>
30.1	Jasan ztepilý	<i>Fraxinus excelsior</i> L.	Olivovníkovité	<i>Oleaceae</i>
30.2	Jasan ztepilý	<i>Fraxinus excelsior</i> L.	Olivovníkovité	<i>Oleaceae</i>
31.1	Mechorost sp.	-	-	-
32.1	Líska obecná	<i>Corylus avellana</i> L.	Lískovité	<i>Corylaceae</i>
32.2	Líska obecná	<i>Corylus avellana</i> L.	Lískovité	<i>Corylaceae</i>

PŘÍLOHA P II: KONCENTRACE MAJORITNÍCH PRVKŮ VE STUDOVANÝCH VZORCÍCH

Kontaminovaná lokalita: „Rekultivovaná“ černá skládka, Štákovy Paseky, Zlín; (1.1-20.2)

Číslo vzorku	Mn	Zn	Cu	Cd	Pb	Hg
	µg / g					ng / g
	vztaženo na sušinu vzorku					
1.1	19,3	18,0	14,6	- **	-	4,90
2.1	58,7	48,7	9,5	0,4	2,7	50,04
3.1	13,4	15,0	4,0	< DT*	< DT	15,22
4.1	182,6	14,6	2,9	< DT	< DT	41,92
4.2	85,7	50,1	6,7	< DT	< DT	8,89
5.1	773,3	51,4	3,2	0,6	< DT	52,62
5.2	225,9	48,0	6,1	0,90	1,0	17,89
6.1	118,4	19,2	4,3	< DT	< DT	39,22
6.2	65,7	30,2	5,8	< DT	< DT	6,04
7.1	80,6	21,6	3,9	< DT	< DT	76,06
7.2	35,5	33,7	-	-	-	9,58
8.1	543,4	20,1	-	-	-	40,63
8.2	538,8	35,8	-	-	-	3,24
8.3	257,4	15,2	-	-	-	80,45
9.1	26,2	19,5	-	-	-	5,02
10.1	67,5	67,3	-	-	-	60,27
11.1	44,9	17,0	-	-	-	52,48
11.2	15,7	29,5	-	-	-	4,98
11.3	2,6	3,4	-	-	-	1,35
12.1	16,2	74,6	-	-	-	7,26
13.1	17,0	19,1	-	-	-	7,53
14.1	36,2	49,5	-	-	-	39,52
15.1	16,9	15,9	-	-	-	11,88
16.1	456,1	60,9	-	-	-	74,64
17.1	17,4	51,0	-	-	-	11,40
17.2	56,7	19,5	-	-	-	38,16
18.1	25,1	67,6	-	-	-	13,36
19.1	7,8	18,8	-	-	-	13,69
19.2	3,7	27,4	-	-	-	2,14
20.1	15,1	14,1	-	-	-	6,12
20.2	2,2	1,6	-	-	-	1,09

* DT – detekční limit pro AAS, viz Kap. 4.3

** - – nestanoveno

Kontrolní lokalita: Kunovice (21.1-30.2); Uherské Hradiště (31.1-32.2)

Číslo vzorku	Mn	Zn	Cu	Cd	Pb	Hg
	μg / g					ng / g
	vztaženo na sušinu vzorku					
21.1	135,8	7,9	-**	-	-	19,72
21.2	26,1	55,3	-	-	-	2,36
22.1	50,6	38,3	-	-	-	7,68
23.1	161,4	11,2	-	-	-	10,93
23.2	42,3	< DT*	-	-	-	0,87
24.1	22,1	13,3	-	-	-	5,77
25.1	75,9	20,5	-	-	-	39,68
26.1	27,2	34,2	-	-	-	26,73
26.2	9,0	28,7	-	-	-	12,28
26.3	< DT	< DT	-	-	-	1,00
27.1	100,4	23,9	-	-	-	20,54
27.2	30,2	62,0	-	-	-	3,50
28.1	126,1	24,0	-	-	-	10,55
29.1	118,5	21,2	-	-	-	37,04
29.2	55,8	14,2	-	-	-	3,13
30.1	49,0	12,1	-	-	-	45,08
30.2	11,7	14,0	-	-	-	2,82
31.1	519,5	60,8	-	-	-	80,40
32.1	121,8	10,0	-	-	-	24,82
32.2	62,11	14,5	-	-	-	4,16

* DT – detekční limit pro AAS, viz Kap. 4.3

** - – nestanoveno

PŘÍLOHA P III: FOTOGRAFIE „REKULTIVOVANÉ“ ČERNÉ SKLÁDKY ŠTÁKOVY PASEKY, ZLÍN

září 2010



březen 2012



EVIDENČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Sigla	Ústřední knihovna UTB ve Zlíně
Název bakalářské práce	Analýza stopových prvků v porostu rekultivované černé skládky
Autor bakalářské práce	Jitka Harnová
Vedoucí bakalářské práce	Ing. Markéta Julinová, Ph.D.
Vysoká škola	Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Adresa vysoké školy	Nám. T. G. Masaryka 5555 760 01 Zlín
Fakulta	Fakulta technologická Náměstí T. G. Masaryka 275 762 72 Zlín
Katedra	ÚOIŽP
Rok obhájení BP	2012
Počet stran	61
Počet svazků	3
Vybavení (obrázky; tabulky)	20; 8
Klíčová slova	Skládka, černá skládka, odpad, ekosystém, XRF, AAS, rizikové prvky, vegetace