RUSKO, M. – BALOG, K. [Eds.] 2008:
Manažérstvo životného prostredia 2008 ▼▲▼ Management of Environment ´2008
Zborník z VIII. konferencie so zahraničnou účasťou konanej 5.-6.12. 2008 v Bojniciach
Proceedings of the International Conference, Bojnice, December 5 - 6, 2008.
Žilina: Strix et VeV. Prvé vydanie. ISBN 978-80-89281-34-3.

KONTAMINÁCIA RASTLINSTVA ŤAŽKÝMI KOVMI V BANÍCKEJ KRAJINE V OKOLÍ ĽUBIETOVEJ

LENKA MATÚŠKOVÁ

CONTAMINATION OF PLANTS BY HEAVY METALS OF THE LANDSCAPE IN THE SURROUNDINGS OF LUBIETOVÁ

ABSTRAKT
V súčasnosti je problematika prítomnosti ťažkých kovov v životnom prostredí veľmi aktuálna, nielen v SR ale aj vo svete. Ťažké kovy sa dostávajú do rastlín z pôdy ako dôsledok ich vysokého obsahu v materských horninách alebo z rôznych zdrojov antropogénnej činnosti. Jednotlivé časti rastlinných pletív sú kontaminované ťažkými kovmi a majú rozlične poškodené tkanivá. Haldové pole Ľubietová – Podlipa leží na hranici s územím obce. Rastliny prispôsobené špecifickým podmienkam jednotlivých zón skúmanej oblasti vykazujú rôznu úroveň kontaminácie v jednotlivých tkanivách (korene, vetvy / stonky, listy / ihly alebo kvety / plody). Obsah ťažkých kovov v rastlinných pletivách klesá v nasledujúcom poradí: Fe, Zn, Pb a Cu. Vo väčšine prípadov najvyšší obsah kovov býva v koreňoch, potom v listoch a stonkách a najmenej v kvetoch, semenách a plodoch.
Kľúčové slová: *haldové pole, ťažké kovy, rastliny, sedimenty*

ABSTRACT
The presence of heavy metals in the environment is very timel now, not only in Slovakia but also in the world. The heavy metals can reach plants from the soils due to their high content in the base rocks or from the sources of different anthropogenic activities. The individual parts of the plant tissues are contaminated by heavy metals and tissues are damaged differently. The dump-field Ľubietová – Podlipa is situated at the boundary of the village settlement The plants adapted to the specific conditions of the different zones of the studied area show different level of the contamination in individual tissues (roots, twigs/stems, leafs/needles or in flowers/fruits). The contents of the heavy metals in plant tissues decrease in the following rank: Fe, Zn, Pb a Cu. In most cases the highest contents of metals were described in roots, than in leaves and stems and less in flowers, semens and fruits.
Key words: *dump-field, heavy metals, plants, sediments*

ÚVOD

Vznik, bohatá história i súčasnosť obce Ľubietová ju zaradili medzi najvýznamnejšie rudné revíry Slovenska. Ide o výnimočnú mineralogickú lokalitu s výskytom chalkopyritovo – tetraedritových medených rúd a vzácnych sekundárnych minerálov medi. Ložisko Podlipa je vyvinuté v prostredí

hornín terigénneho permu ľubietovského kryštalinika, ktorý pozostáva z bridlíc a zlepencov v blízkosti styku s granitoidnými porfýrmi a porfyroidmi spodného permu. Podľa Ilavského et al. (1994) bolo v Ľubietovej období 15. a 16. storočia rozkvetom baníctva, ktoré trvalo takmer 200 rokov (Obr. 1). Na ložisku sa vyťažilo v priebehu 500 rokov približne 25 tisíc ton medi (Bergfest, 1951). Aktívna ťažba bola v polovici 19. storočia skončená, no dodatočné vplyvy a dôsledky týchto vplyvov na okolité prostredie môžeme pozorovať aj v súčasnosti. Jedným z najvýznamnejších je uvoľňovanie ťažkých kovov do životného prostredia. V rámci celoslovenského projektu *Systematická identifikácia environmentálnych záťaží SR* bola lokalita Ľubietová – Podlipa zaradená do registra environmentálnych záťaží. Obec Ľubietová je známa nielen slávnou banskou minulosťou ale aj atraktívnym prírodným prostredím, čo dáva predpoklady na rozvoj všetkých foriem cestovného ruchu a turistiky ako súčasť Banskobystrického geomontánneho parku.
Cieľom projektu bola analýza záťaže rastlinstva ťažkými kovmi, uskutočniť ich monitoring a remediáciu krajiny v okolí Ľubietovej. Medzi najtoxickejšie pre biotu, zvlášť pre ľudský organizmus môžeme zaradiť Hg, As, Sb, Pb, Cd a pre rastliny najmä Ag. My sme sa prednostne venovali vplyvu ťažkých kovov ako stresorov na vybrané byliny a stromy ako najcitlivejší indikátor zaťaženia krajiny polutantmi z haldových polí. Haldové stanovištia s anomálnym obsahom ťažkých kovov majú veľmi špecifickú vegetáciu. Na základe výsledkov výskumu chceme poukázať na obranné reakcie rastlín a možnosti ich využitia na fytoremediačné účely.

Obr. 1 Haldové pole Ľubietová – Podlipa

METODIKA PRÁCE A ODBER VZORIEK

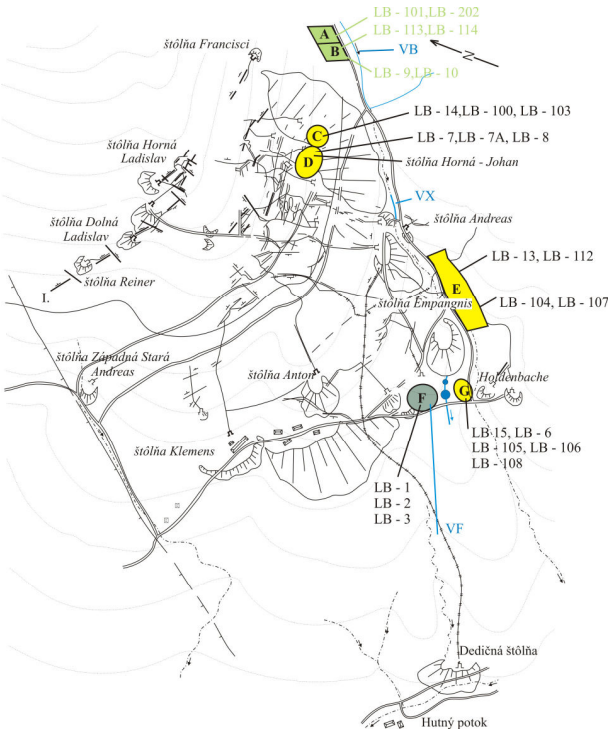
Vzorkový materiál rastlinstva bol podľa možnosti odobraný tak, aby reprezentoval oblasti zasiahnuté banskou činnosťou a taktiež oblasti, v ktorých sa banská činnosť nerealizovala. Vzorky sa odoberali

postupne v jednotlivých lokalitách počas terénneho výskumu v rokoch 2006 – 2008 a v súčasnosti sa v ich zbere pokračuje.

Vzorkovanie rastlín na lokalite Ľubietová (obr. 2, plocha C a D) bolo pomerne zložité, lebo haldy sú aj 200 rokov po skončení ťažby takmer bez vegetačného krytu. Študovali sa vzorky listnatých drevín – *breza previsnutá* (*Betula pendula)* a *dub zimný (Quercus petraea*), ihličnatých drevín – *borovica lesná (Pinus sylvestris) a jedľa biela (Abies alba) ako* aj bylín – *sitina článkovaná (Juncus articulatus)* a *mäta dlholistá (Mentha longifolia).* Na kontaminovaných stanovištiach sa odobrali vzorky *štiavičky obyčajnej (Acetosella vulgaris)* a *pálky širokolistej (Typha latifolia).* Vzorky rastlín sa rozdelili na korene, konáre/byle, listy/ihličie a kvety/plody. Pri niektorých rastlinách sa porovnala aj kontaminácia živých a mŕtvych odumretých častí. Analyzoval sa návažok z 0,5 g. Vzorka sa rozložila v koncentrovanej kyseline dusičnej a v lúčavke kráľovskej. Analýza jednotlivých prvkov sa realizovala metódou ICP – MS v laboratóriách ACME Analytical Laboratories Vancouver Ltd. Kanada. As a Sb sa v abiotických aj v rastlinných vzorkách zisťovali metódou HGAAS (hydridovým systémom) v laboratóriu Geologického ústavu Prírodovedeckej fakulty UK v Bratislave po tlakovom rozklade v lúčavke kráľovskej. Na výskum v súčasnej etape sa vybralo Fe, Cu, Zn, Pb, Ag, Cd, Ni, Co, As a Sb. Rastlinné pletivá sa mikroskopicky analyzovali na Katedre náuky o dreve v laboratóriu Drevárskej fakulty Technickej univerzity vo Zvolene.

Z ložiska Svätodušná boli odobraté na jeseň 2008 vzorky drevín: *Pinus sylvestris*, *Quercus robur, Abies alba, Salix fragilis a Picea abies* (Obr. 3 a 4). Koncentrácie prvkov: Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sb, Zn vo vzorkách rastlín sa zistili AAS analýzou v laboratóriách Technickej univerzity vo Zvolene.

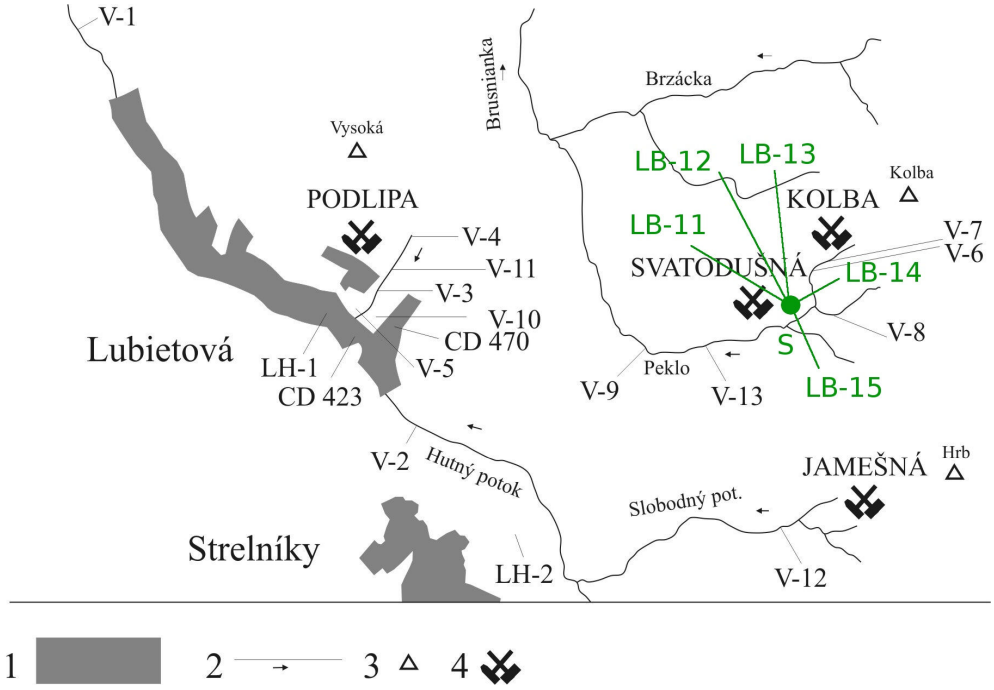
Vzorky sa odoberali postupne v jednotlivých lokalitách počas terénneho výskumu v rokoch 2006 – 2008 a v súčasnosti sa v ich zbere pokračuje. K dispozícii máme zatiaľ len predbežné výsledky výskumu. V zbere a analýzach vzoriek sa bude pokračovať v roku 2009.



Obr. 2 Mapa miest odberov vzoriek rastlín (vzorky označené indexom LB) v lokalite Ľubietová – Podlipa

Vysvetlivky: A, B – referenčná plocha; C – E, G – P – banské haldy; F – mokraď pod haldovým poľom.

Obr. 3 Odberná plocha rastlinných vzoriek na ložisku Ľubietová – Svätodušná



Obr. 4 Mapa miest odberov rastlinných vzoriek (vzorky označené indexom LB) v lokalite Ľubietová

Vysvetlivky :
LB – 11 – *Pinus sylvestris*
LB – 12 – *Quercus robur*
LB – 13 – *Abies alba*
LB – 14 – *Salix fragilis*
LB – 15 – *Picea abies*
S – odberové miesto rastlinných vzoriek na ložisku Svätodušná

VÝSLEDKY

Na lokalite Ľubietová – Podlipa sa zistila vysoká koncentrácia Fe (Tab. 1 a 2) v listoch *Acetosella vulgaris* (701,0 mg.kg^{-1}), ako aj v listoch *Betula pendula* (380 mg.kg^{-1}), *Mentha longifolia* (593,6 mg.kg^{-1}) a *Salix fragilis* (565,9 mg.kg^{-1}). Pri ihličnanoch *Pinus sylvestris* (154,6 mg.kg^{-1}), *Abies alba* (221,6 mg.kg^{-1}) sa mimoriadne vysoký obsah zistil v konároch. *Quercus petraea* (274,6 mg.kg^{-1}), *Picea abies* (221,8 mg. kg^{-1}) a *Juncus articulatus* (358,0 mg. kg^{-1}) mali vysokú koncentráciu Fe v koreňoch. Olovo sa koncentruje prednostne v koreňoch rastlín. Len *Pinus sylvestris* má výraznejšie kontaminované ihličie (Obr. 5).

U *Mentha longifolia* a *Acetosella vulgaris* boli najvyššie koncentrácie Pb zistené v listoch (41,2 a 135,1 mg.kg^{-1}). Vysoké obsahy Cd sú v koreňoch (0,60 a 0,97 mg.kg^{-1}), nižšie v listoch a ihličí (0,51 a 0,81 mg.kg^{-1}) a v konároch a byliach (0,40 a 0,84 mg.kg^{-1}). Arzén sa viaže prednostne na koreňový systém rastlín. U *Abies alba* a *Mentha longifolia* sa zistili vysoké koncentrácie v listoch a v ihličí (0,77, 2,24 a 0,76 mg.kg^{-1}) a u *Pinus sylvestris* v konároch (0,56 mg.kg^{-1}). Antimón sa koncentruje hlavne v koreňoch. U *Mentha longifolia* sa zistila vysoká koncentrácia v listoch (0,26 mg.kg^{-1}). Zvýšenie obsahov Cu sa prejavilo v listoch *Mentha longifolia* (173,3 mg. kg^{-1}). Listy *Betula pendula* obsahovali 25,3 mg.kg^{-1} a ihličie *Pinus sylvestris* 59,9 mg.kg^{-1} (Tab. 1 a 2). Vysoké zaťaženie koreňového systému meďou vykázali druhy: *Acetosella vulgaris* (133,7 mg.kg^{-1}), *Quercus petraea, Abies alba* a *Salix fragilis* (9,2, 10,8 a 53,5 mg.kg^{-1}). Konáre sú výrazne zaťaženým rastlinným pletivom u *Picea abies* (12,1 mg.kg^{-1}) a u *Juncus articulatus* (70,1 mg.kg^{-1}).
Pre získanie komplexnejšieho obrazu o zaťažení rastlinných pletív sa realizovalo porovnanie aditívnych obsahov ťažkých kovov v jednotlivých typoch rastlinných pletív (koreň, konár/byľ, listy/ihličie). Porovnanie sa vykonalo u tých drevín a bylín, ktorých vzorky bolo možné získať z haldového poľa ako aj referenčnej plochy (*Betula pendula, Quercus petraea, Picea abies, Abies alba, Juncus articulatus, Mentha longifolia*). Výsledky ukázali, že s výnimkou Cu (a Fe a Cd z referenčnej plochy), ktorá sa kumuluje prednostne v listoch a ihličí rastlín, boli vysoké koncentrácie Fe, Pb, As, Sb, Zn a Ag v koreňovom systéme. Podľa Andráša et al. (2007) vstupuje Fe pravdepodobne po istú hranicu koncentrácie prednostne do listov a ihličia, keď však túto medzu „kapacity“ prekročí (ako sa to stalo na haldovom poli), kumuluje sa v koreňovom systéme.

Tab. 1 Analýza rastlinných pletív z haldového poľa Ľubietová – Podlipa

Rastlina	Vzorka	Časť rastliny	Fe	Cu	Zn	Pb	Ag	Cd	Ni	Co	As	Sb
			mg.kg^{-1}									
Betula pendula	D LB-7	a	91,7	7,1	16,80	24,1	0,02	0,08	5,80	0,90	2,14	2,90
		b	158,5	6,6	16,70	18,6	2,90	0,04	3,50	0,70	1,50	0,30
		b_2	308,9	8,6	71,30	75,6	16,90	0,15	10,70	6,70	0,50	0,10
		c	380,0	25,3	35,40	3,8	8,20	0,08	10,90	3,40	1,29	0,14
Quercus petraea	C LB-100	a	274,6	9,2	59,00	57,1	40,10	0,10	11,80	3,50	0,50	0,25
		b	204,1	0,0	41,70	4,7	2,04	0,10	4,70	1,00	0,64	0,09
		c	85,2	8,1	10,30	28,6	30,30	0,06	3,70	1,00	0,77	0,11
		d	210,0	6,5	14,60	17,1	0,02	0,05	3,00	1,10	0,37	0,07
Pinus sylvestris	C LB-103	a	156,8	28,1	15,00	14,5	0,70	0,03	2,70	2,30	0,42	0,50
		b	164,6	2,9	15,70	32,2	3,04	0,03	2,50	1,30	0,56	0,13
		b_2	143,0	0,0	16,70	20,5	0,10	0,03	2,30	1,10	0,62	0,11
		c	148,5	59,9	44,30	38,3	8,00	0,10	4,90	2,50	0,15	0,04
		d	95,4	6,8	12,80	15,2	0,04	0,03	2,70	1,60	0,41	0,10
Picea abies	C LB-14	a	221,8	7,5	32,40	38,6	0,07	0,07	6,10	6,10	3,14	0,53
		b	158,2	12,1	16,05	2,0	0,82	0,04	9,20	0,80	0,59	0,12
		b_2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,19	0,12
		c	134,1	10,1	14,60	1,9	0,70	0,03	9,20	0,80	0,85	0,19
Abies alba	D LB-8	a	125,2	10,8	22,14	15,4	3,10	0,06	6,20	1,25	0,49	0,96
		b	221,6	8,0	27,70	15,5	1,40	0,05	5,40	1,80	1,34	0,34
		c	73,2	8,7	8,70	31,5	20,80	0,04	5,42	1,60	2,24	1,14
Juncus articulatus	E LB-1	a	358,0	37,2	85,10	51,4	225,1	0,20	10,20	8,70	19,70	1,52
		b	209,4	70,1	33,20	37,9	4,70	0,10	4,90	2,60	1,40	1,67

		c	208,0	68,3	32,01	35,9	4,00	0,10	4,92	2,55	1,28	1,60
		d	-	-	-	-	-	-	-	-	3,64	0,44
Mentha longifolia	**E LB-112**	**a**	246,0	100,4	23,30	16,0	0,20	0,06	4,70	1,20	0,57	0,21
		b	89,4	14,3	13,10	11,4	0,04	0,04	2,40	0,50	0,05	0,08
		c	593,6	173,3	38,30	41,2	2,40	0,10	7,60	3,30	0,76	0,26
		d	-	-	-	-	-	-	-	-	1,44	2,07
Salix fragilis	**E LB-2**	**a**	415,6	63,5	84,00	6,0	0,20	0,20	13,00	9,70	2,84	0,21
		b	131,3	0,0	20,80	6,3	5,30	0,05	3,70	0,60	0,26	0,15
		c	565,9	0,0	74,10	98,6	0,80	0,20	21,00	6,20	0,52	0,11
Acetosella vulgaris	**E LB-13**	**a**	184,0	133,7	22,30	4,6	0,30	0,06	9,40	5,70	17,31	3,46
		b	176,8	72,9	31,10	23,1	7,40	0,08	12,00	7,70	13,08	3,30
		c	701,0	46,5	185,80	135,1	0,38	0,42	36,30	25,60	12,97	3,27

Vysvetlivky:
a – koreň, b – živý konár, stonka, b_2 - mŕtvy konár, c – listy, ihličie, d – kvety, šišky, plody
Lokalizácia vzoriek je na obr. 2

Tab. 2 Analýza rastlinných pletív z referenčnej plochy Ľubietová – Podlipa

Rastlina	**Vzorka**	**Časť rastliny**	**Fe**	**Cu**	**Zn**	**Pb**	**Ag**	**Cd**	**Ni**	**Co**	**As**	**Sb**
			mg.kg^{-1}									
Betula pendula	**B LB-10**	**a**	192,0	2,0	27,10	19,20	0,02	0,06	5,10	2,30	0,31	0,20
		b	107,7	3,5	16,90	14,80	1,30	0,02	3,00	7,70	0,12	0,27
		b_2	108,8	5,6	41,30	75,60	1,90	0,12	1,70	6,70	0,20	0,05
		c	209,0	6,9	25,50	3,10	5,40	0,07	4,70	1,80	0,14	0,04
Quercus petraea	**B LB-9**	**a**	174,2	4,2	32,00	31,10	0,08	0,06	7,82	1,53	0,35	0,19
		b	67,1	0,0	25,40	2,00	0,02	0,04	3,40	1,80	0,06	0,04
		b_2	158,6	3,2	36,30	30,40	0,20	0,06	3,80	1,00	0,63	0,07
		c	123,2	3,1	27,50	22,20	0,05	0,03	2,80	1,30	0,16	0,09

Pinus sylvestris	**A LB-101**	**a**	111,1	8,1	10,20	10,80	0,05	0,02	2,00	2,00	0,16	0,51
		b	84,0	0,0	12,80	11,40	1,20	0,02	2,20	0,30	0,04	0,03
		c	136,8	6,6	22,90	17,00	0,10	0,06	4,50	1,30	0,13	0,06
Picea abies	**A LB-202**	**a**	121,6	4,5	22,40	28,60	0,04	0,05	4,11	4,10	0,33	0,52
		b	95,2	8,1	10,20	1,15	0,55	0,60	7,10	5,10	0,07	0,06
		c	90,8	7,4	10,01	1,11	0,48	0,52	7,00	4,20	0,17	0,08
		d	84,1	2,1	8,63	0,98	0,60	0,02	8,20	0,70	0,57	0,16
Abies alba	**B LB-113**	**a**	98,1	3,4	19,70	10,00	0,80	0,04	5,13	1,11	0,39	1,20
		b	112,8	4,6	20,00	11,80	0,80	0,04	4,30	1,40	0,07	0,03
		c	41,7	3,0	17,20	22,40	3,50	0,03	4,90	0,70	0,15	0,11
Juncus articulatus	**B LB-114**	**a**	199,5	34,1	39,50	4,30	0,20	0,08	5,10	1,00	0,59	0,18
		b	103,2	8,8	42,90	15,40	0,50	0,05	3,00	1,30	0,16	0,07
		c	100,4	8,0	38,12	15,41	0,49	0,03	2,99	1,30	0,17	0,05
		d	-	-	-	-	-	-	-	-	0,31	0,06
Mentha longifolia	**B LB-101**	**a**	246,0	100,4	23,30	16,00	0,20	0,06	4,70	1,20	0,57	0,21
		b	89,4	14,3	12,10	11,40	0,04	0,04	2,40	0,50	0,05	0,08
		c	593,6	173,3	38,30	41,20	2,40	0,10	7,60	3,30	0,76	0,26
		d	-	-	-	-	-	-	-	-	1,44	2,07

Vysvetlivky::
a – koreň, b – živý konár, stonka, b_2 - mŕtvy konár, c – listy, ihličie, d – kvety, šišky, plody
Lokalizácia vzoriek je na obr. 2

Obr. 5 Ľubietová – Podlipa: Ihličie na *Pinus sylvestris* má dĺžku sotva 1 cm

DISKUSIA

Negatívny vplyv Fe na rastlinstvo nie je detailnejšie preskúmaný. Podľa Cannona (1960) spôsobuje zaťaženie rastlín železom zakrpatenie vrcholcov rastlín a zhrubnutie koreňov. Toto bolo pozorované aj na lokalite Podlipa hlavne u *Picea abies*, ako deformácia vrcholových častí stromov až do štádia tvorby tzv. „bocianích hniezd“. Zaťaženie rastlín meďou vedie k tvorbe nekrotických škvŕn na nižších listoch pri stonke, k purpurovému a fialovému sfarbeniu stoniek (*Acetosella vulgaris*), chloróze listov a zakrpateniu koreňového systému. Podľa Pittera (1990) je Ag kov, ktorý je niektorými autormi považovaný za výrazne fytotoxický. Ni a Co, podobne ako Zn, spôsobujú na rastlinstve vznik bielych škvŕn (Cannon 1960), ktoré boli opísané na *Salix fragilis.* Pomerne hojný je výskyt rastlín s mŕtvymi plôškami na končekoch listov (*Acetosella vulgaris*), s rudimentárnym koreňovým systémom (napr. *Picea abies*). Listy sú postihnuté chlorózou so zeleným žilkovaním, čo možno pripísať aj zaťaženiu flóry zinkom (Cannon, 1960). Vysoký obsah Cd spôsobuje neúmerný rast listov a koreňov i stagnovanie bunkového delenia (dĺžka ihličia *Pinus sylvestris* na haldách v Podlipe dosahuje maximálne 2 cm). Naopak, podľa Fuhrera (1983) spôsobuje nedostatok Cd rast tvorby biomasy a predlžovanie buniek. Podľa Lagerwerffa (1971) pomerne nižšie zaťaženie rastlín ťažkými kovmi na lokalite Ľubietová možno vysvetliť tým, že pri blízkej koncentrácii Cd, Pb, Mn, Zn a Co v pôde, ich obsah v pletivách rastlín so vzrastajúcou hodnotou pH pôdy klesá. V prírodných vodách prevažuje z rozpustných foriem olova Pb^{2+} a $[PbCO_3(aq)]^0$, ktoré môžu byť v širokom rozmedzí pH dominantnou formou výskytu. Ako uvádza Pitter (1990), v oblasti pH blízkej neutrálnej, ktorá je typická pre

Ľubietovú, sa môžu tvoriť vo väčších koncentráciách aj komplexy $[Pb(CO_3)_2]^{2-}$, $[Pb(OH)_2(aq)]^0$ a $[PbOH]^+$.
U rastlín zaťažených olovom možno pozorovať zakrpatený rast (*Picea abies, Quercus petraea, Betula pendula* a i.) a zasychanie listov. Otrava rastlinstva olovom spôsobuje chlorózu listov, poškodenie koreňov a zníženie reprodukčnej schopnosti drevín.
Na študovanej lokalite sa zistili ochorenia spôsobené zvýšeným obsahom Cd u *Picea abies* (chloróza ihličia) u *Quercus petraea* (hnednutie koreňov) a *Acetosella vulgaris* (tvorba fialovohnedých škvŕn na listoch).

ZÁVER

Vybraná lokalita je poznačená výraznou antropogénnou záťažou spôsobenou ťažbou Cu-Fe rúd v minulosti. Na haldovom poli Ľubietová – Podlipa už aktívna ťažba neprebieha, no stopy po banskej činnosti v krajine zostali. Distribúcia ťažkých kovov v horninách a rudninách banského poľa je nerovnomerná a odpovedá pôvodnej koncentrácii kovov v technogénnom sedimente ako aj ich migračným vlastnostiam. Zistilo sa, že na lokalite Podlipa klesajú koncentrácie ťažkých kovov v rastlinných pletivách v poradí Fe, Zn, Pb a Cu. Porovnanie jednotlivých typov rastlinných pletív na lokalite Podlipa ukázalo, že všeobecne najvyššie zistené obsahy kovov sú v koreňoch, potom v listoch a stonkách. Najmenej ťažkých kovov obsahujú kvety, semená a plody. Prírastky ročných kruhov drevín z haldového poľa sú mimoriadne úzke. Pletivá rastlín na haldových stanovištiach sú značne poškodené. Výskyt početných kalusov a živicových kanálikov, ako aj hojných hýf v cievach rastlín, anomálne hrubnutie bunkovej steny, odlupovanie sekundárnej steny letných tracheid, enzymatické odbúravanie membrán axiálneho parenchýmu a parenchýmu stržňových lúčov sú ukazovateľmi obranných reakcií rastlín, ktoré sú vystavené stresovým faktorom haldového stanovišťa: deficitu pôdneho krytu a jeho nespôsobilosti zadržať vlahu, zvýšeným obsahom ťažkých kovov, svahovým pohybom nesúdržného materiálu vyvolaným najmä kryogénnym tečením.

Obsahy ťažkých kovov v rastlinných pletivách na ložisku Svätodušná sú s výnimkou Ni podstatne nižšie ako na Podlipe. Ak výsledky lokalít Podlipa a Svätodušná porovnáme, je zrejmé, že neexistuje jednotný trend prednostného vstupovania ťažkých kovov do rastlinných pletív, ktorý by bol charakteristický pre obidva študované polygóny. Na základe porovnania kontaminácie rastlinných pletív ťažkými kovmi: Co, Cu, Fe, Ni, Pb a Zn na banských haldách Podlipa a Svätodušná môžeme predbežne vyvodiť závery, že na lokalite Podlipa je ich zaťaženie o niekoľko rádov vyššie, s výnimkou Zn a Ni. Haldové polia Podlipa a Svätodušná by mohli slúžiť ako študijné polygóny pre vedeckých pracovníkov s návrhom využitia rastlín na fytoremediačné účely a aktívneho prístupu miestnej samosprávy a obyvateľov k riešeniu problémov. Výskumy v tejto oblasti sú dôležité predovšetkým z hľadiska prevencie zdravia pre obyvateľstvo, z hľadiska ochrany biodiverzity i zhodnotení geologického potenciálu pre návrh environmentálneho manažmentu územia. I keď problematika v lokalite Ľubietová nie je alarmujúca, z hľadiska jej závažnosti si vyžaduje priebežné riešenia a monitoring zložiek životného prostredia.

Poďakovanie: Autor ďakuje za finančnú podporu v rámci projektu MŠ SR VEGA, č. 1/0789/08.

POUŽITÁ LITERATÚRA

ANDRÁŠ, P., JELEŇ, S., KRIŽÁNI, I., MATÚŠKOVÁ. L., 2007. Možnosti využitia meďonosnej vody z haldového poľa Podlipa. In: Geochémia 2007, Ďurža. O., Rapant, S. (Eds.), Štátny geologický ústav Dionýza Štúra Bratislava, 26-28.

BERGFEST, A., 1951. Baníctvo v Ľubietovej na medenú rudu. Banská Štiavnica: Manuskript–Ústredný banský archív pre Slovensko, rukopis, 89 p.
CANNON, H. L. 1960. Botanical prospecting for ore deposits. Science 132 (3427), p. 591-598.
FUHRER J., 1983. Phytotoxic effects of cadmium in leaf segments of Avena sativa L. and the protective role of calcium. *Experientia,* 39, 5, p. 525-526.
ILAVSKÝ, J., VOZÁROVÁ, A., VOZÁR, J., 1994. Ľubietová – štruktúrno-vyhľadávacie vrty LU-1, LU-2 a LU-3. Geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava, 7 p.
LAGERWERFF, J. V., 1971. Uptake of Cd, Pb and Zn by radish from soil and air. *Soil Sci.* 111, 2, p. 129-133.
PITTER, P., 1990. Hydrochemie. SNTL, Praha, 373 p.

ADRESA AUTORA:

Mgr. Lenka Matúšková, Katedra environmentálneho manažérstva, Fakulta prírodných vied, Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici, Tajovského 55, 974 01 Banská Bystrica, E-mail: matuskov@fpv.umb.sk

RECENZENT:

Doc. RNDr. Peter Andráš, CSc., Geologický ústav Slovenskej akadémie vied, Severná 5, 974 01 Banská Bystrica;
Katedra ekológie a environmentálnej výchovy, Univerzita Mateja Bela, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica, E-mail: andras@savbb.sk