

Priestorová distribúcia vybratých potenciálne toxických stopových prvkov (As, Cd, Cu, Hg, Pb, Zn) v pôdach Hronskej nivy

MICHAL HLODÁK, PETER MATÚŠ a MARTIN URÍK

Prírodovedecká fakulta UK, Ústav laboratórneho výskumu geomateriálov,
Mlynská dolina G, 842 15 Bratislava;
michal.hlodak@gmail.com

Spatial distribution of selected potentially toxic trace elements (As, Cd, Cu, Hg, Pb, Zn) in soils of the Hron floodplain, Slovakia

Soil contamination with different potentially toxic trace elements, both of geogenic and anthropogenic origin, is nowadays very often used phenomenon and became an object of serious scientific concern.

The aim of this work is to assess the spatial distribution of selected potentially toxic trace elements (As, Cd, Cu, Hg, Pb, Zn) in the soils of lower part of the Hron river floodplain. The results show in general increasing content, and thus the contamination risk of above-mentioned elements upwards the studied area, closer to the river Hron.

Key words: Hron river floodplain, trace elements, soil contamination

Úvod

Kontaminácia pôd rôznymi kontaminujúcimi zložkami, potenciálne toxické stopové prvky nevynímajúc, je v posledných rokoch predmetom veľkému záujmu, a to predovšetkým vo vedeckých kruhoch. Pôda ako významná zložka životného prostredia, lokalizovaná na rozhraní ostatných zložiek (litosféra, hydrosféra, atmosféra), plní veľmi dôležitú funkciu pufrácie rôznych škodlivých vplyvov z okolitého prostredia. V tomto príspevku sú hodnotené fluviaálne pôdy (fluvizeme a čiernice) v dolnej časti nivy rieky Hron. Keďže Hron a jeho mnohé prítoky drénujú oblasti s výskytom širokého spektra potenciálne toxických stopových prvkov (PTSP) a najmä v minulosti bohatou banskou činnosťou (Nízke Tatry, Kremnické vrchy, Štiavnické vrchy a pod.), zvýšený obsah PTSP vo fluviaálnych pôdach Hrona má tak geogénny, ako aj antropogénny pôvod (Ratkoš, 1951; Kühndel, 1957; Bernard et al., 1981).

Metodika

Pôdne vzorky z diagnostikovaných horizontov boli odobraté z kopaných a vrtných sond (Čurlík a Šefčík, 1999) a preklasifikované podľa Morfogenetického klasifikačného systému pôd Slovenska (Šály et al., 2000). Odobraté vzorky boli sušené v laboratóriách pri izbovej teplote. Po rozdružení agregátového stavu boli suché vzorky presitované na zrnitosť pod 2 mm. Takto bol spracovaný celý objem zmesných vzoriek. Po rozkvarovaní vzorky bola jedna časť rozdelená na dve polovice. Polovica vzorky určená na chemickú analýzu bola presitovaná cez sito 0,125 mm (Čurlík a Šefčík, 1999). Táto frakcia bola po pulverizácii na analytickú jemnosť pod 0,09 mm v achátovej

pulverizate podrobená totálnemu rozkladu v zmesiach anorganických kyselín (HCl, HClO₄, HNO₃, HF, H₂SO₄, H₃BO₄). Celkový obsah prvkov bol stanovený vybranými analytickými metódami (tab. 1).

Hodnoty celkového obsahu PTSP v pôdach záujmového územia boli prevzaté z viacerých geochemických výskumov pôd Slovenska (Čurlík a Šefčík, 1999; Čurlík et al., 2000; de Vries et al., 2003).

Monoprvkové mapy distribúcie koncentrácie As, Cd, Cu, Hg, Pb, Zn v A-horizontoch študovaných pôd boli spracované pomocou softvéru MapInfo 10.0.

Tab. 1

Zoznam použitých analytických metód na stanovenie celkového obsahu prvkov v pôdach
Analytical methods used for determination of total content of studied elements in soils

| Chemický prvok | Metóda stanovenia | Detekčný limit [mg · kg ⁻¹] |
|----------------|-------------------|---|
| As | HG-AAS | 0,1 |
| Cd | FAAS | 0,1 |
| Cu | FAAS | 1 |
| Hg | AMA | 0,01 |
| Pb | FAAS | 2 |
| Zn | FAAS | 1 |

Vysvetlivky: HG-AAS – atómová absorpčná spektrometria s generovaním hydridov; FAAS – plameňová atómová absorpčná spektrometria; AMA – jednoúčelový analyzátor na stanovenie ortuti

Notes: HG-AAS – Hydride generation atomic absorption spectrometry; FAAS – Flame atomic absorption spectrometry; AMA – advanced mercury analyser

Výsledky

Lokalizácia záujmového územia je interpretovaná obrázkami 1 a 2 (Mazúr a Lukniš, 1986). Priestorovú distribúciu koncentrácie v jednotlivých prvkoch v A-horizontoch študovaných pôd (31 vzoriek) znázorňujú obrázky 3 až 8. Z C-horizontov bolo odobratých len 10 vzoriek, preto priestorová distribúcia pre C-horizont nie je graficky znázornená. V nasledujúcej časti uvádzame popis profilovej distribúcie každého prvku z pôd vzorkovaných z A- aj C-horizontov (10 pôdnych vzoriek) (tab. 2).

As – arzén

V A-horizontoch študovaných pôd je obsah As v intervale 5,8 až 48,5 mg · kg⁻¹. C-horizonty obsahujú As

v rozpätí 7,6 až 62 mg · kg⁻¹. Z distribúcie As v sledovaných pôdnych profiloch vyplýva, že vyššia koncentrácia As je prevažne v C-horizonte (tab. 2). Priestorová distribúcia As v študovaných pôdach je variabilná, ale najvyšší obsah je hlavne v blízkosti rieky Hron v hornej časti študovaného územia (obr. 2).

Cd – kadmium

Obsah Cd v A-horizontoch pôd varíruje v intervale 0,05 až 1,3 mg · kg⁻¹, v C-horizontoch 0,1 až 0,5 mg · kg⁻¹. Profilová distribúcia Cd ukázala vyšší obsah prevažne v A-horizontoch pôd (8 z 10) (tab. 2). Trend priestorovej distribúcie Cd v študovaných pôdach je podobný ako pri As (obr. 3).

Tab. 2
Celkový obsah potenciálne toxických stopových prvkov vo vzorkách pôd [mg · kg⁻¹]
Total content of potentially toxic trace elements in soil samples [mg · kg⁻¹]

| Vzorka | PT | PH | As | Cd | Cu | Hg | Pb | Zn |
|-------------|-------|----|------|------|-----|------|-----|-----|
| GAPE-LV-015 | FMa | A | 27,9 | 0,60 | 93 | 0,71 | 60 | 139 |
| GAPE-LV-015 | FMa | C | 50,9 | 0,40 | 182 | 1,20 | 64 | 100 |
| GAPE-LV-025 | FMa | A | 27,4 | 0,50 | 67 | 0,31 | 49 | 104 |
| GAPE-LV-027 | ČAa/c | A | 13,9 | 0,20 | 19 | 0,02 | 18 | 52 |
| GAPE-LV-027 | ČAa/c | C | 18,5 | 0,10 | 14 | 0,03 | 13 | 50 |
| GAPE-LV-031 | FMa | A | 18,4 | 0,40 | 39 | 0,09 | 26 | 79 |
| GAPE-LV-031 | FMa | C | 22,5 | 0,10 | 24 | 0,05 | 15 | 70 |
| GAPE-LV-035 | ČAa | A | 7,3 | 0,30 | 24 | 0,03 | 19 | 59 |
| GAPE-LV-035 | ČAm | C | 7,6 | 0,20 | 17 | 0,01 | 11 | 52 |
| GAPE-LV-101 | FMa/c | A | 45,6 | 0,50 | 146 | 1,06 | 47 | 80 |
| GAPE-LV-101 | FMa/c | C | 62,0 | 0,40 | 181 | 1,66 | 42 | 75 |
| GAPE-LV-105 | FMa | A | 29,7 | 0,50 | 67 | 0,33 | 48 | 113 |
| GAPE-LV-105 | FMa | C | 36,0 | 0,50 | 26 | 0,18 | 22 | 79 |
| GAPE-LV-107 | FMa | A | 22,0 | 0,30 | 38 | 0,13 | 26 | 79 |
| GAPE-LV-107 | FMa | C | 20,9 | 0,20 | 26 | 0,05 | 17 | 70 |
| GAPE-NZ-026 | FMa/c | A | 5,8 | 0,20 | 14 | 0,01 | 9 | 42 |
| GAPE-NZ-026 | FMa/c | C | 11,1 | 0,20 | 12 | 0,01 | 8 | 48 |
| GAPE-NZ-035 | ČAa | A | 9,6 | 0,20 | 21 | 0,02 | 15 | 56 |
| GAPE-NZ-035 | ČAm | C | 8,7 | 0,10 | 20 | 0,01 | 12 | 55 |
| GAPE-NZ-041 | FMa | A | 18,7 | 0,50 | 44 | 0,19 | 38 | 91 |
| GAPE-NZ-041 | FMa | C | 15,5 | 0,20 | 15 | 0,03 | 12 | 47 |
| ICSK-9 | FMa/c | A | 39,2 | 0,70 | 117 | 0,12 | 62 | 158 |
| ICSK-10 | FMa | A | 42,7 | 0,60 | 130 | 0,14 | 72 | 119 |
| ICSK-17 | FMa | A | 48,5 | 1,20 | 193 | 0,14 | 122 | 215 |
| LV-017 | ČAa | A | 32,7 | 0,05 | 57 | 0,20 | 22 | 117 |
| LV-018 | ČAm | A | 13,1 | 0,05 | 51 | 0,24 | 26 | 127 |
| LV-019 | FMa/c | A | 40,7 | 0,80 | 118 | 0,76 | 82 | 264 |
| LV-020 | FMa | A | 41,4 | 0,05 | 127 | 1,90 | 49 | 135 |
| LV-021 | FMa/c | A | 34,8 | 0,30 | 92 | 0,60 | 32 | 124 |
| LV-022 | ČAa/c | A | 38,7 | 0,05 | 85 | 2,06 | 32 | 124 |
| LV-023 | FMa | A | 18,0 | 0,05 | 22 | 0,20 | 21 | 78 |
| LV-024 | FMa/c | A | 16,1 | 0,05 | 22 | 0,10 | 16 | 87 |
| LV-031 | ČAa | A | 28,3 | 0,10 | 60 | 0,23 | 25 | 104 |
| LV-032 | FMa | A | 19,6 | 0,05 | 45 | 0,14 | 22 | 106 |
| LV-074 | ČAm | A | 11,8 | 0,05 | 40 | 0,18 | 29 | 100 |
| LV-075 | FMa | A | 47,4 | 0,40 | 151 | 1,10 | 51 | 160 |
| LV-076 | ČAa | A | 7,0 | 0,05 | 23 | 0,04 | 13 | 67 |
| LV-097 | FMa | A | 9,7 | 0,05 | 23 | 0,08 | 19 | 106 |
| LV-098 | ČAa/y | A | 34,5 | 0,20 | 105 | 0,68 | 56 | 166 |
| LV-122 | FMa/c | A | 38,8 | 1,30 | 114 | 0,45 | 91 | 272 |
| LV-125 | ČAm | A | 18,6 | 0,05 | 28 | 0,10 | 17 | 89 |

Vysvetlivky: PT – pôdny typ; PH – pôdny horizont

Notes: PT – soil type; PH – soil horizon

Cu – meď

Študované pôdy obsahujú v A-horizontoch 14 až 193 mg · kg⁻¹ Cu, v C-horizontoch 12 až 182 mg · kg⁻¹ Cu. Z distribúcie Cu v sledovaných pôdnych profiloch vyplýva, že 8 pôdnych profilov obsahuje vyššiu koncentráciu Cu v A-horizonte a 2 pôdne profily v C-horizonte (tab. 2). Vyšší obsah Cu sa opäť vyskytuje hlavne v pôdach v hornej časti študovaného územia, bližšie pri rieke Hron (obr. 4).

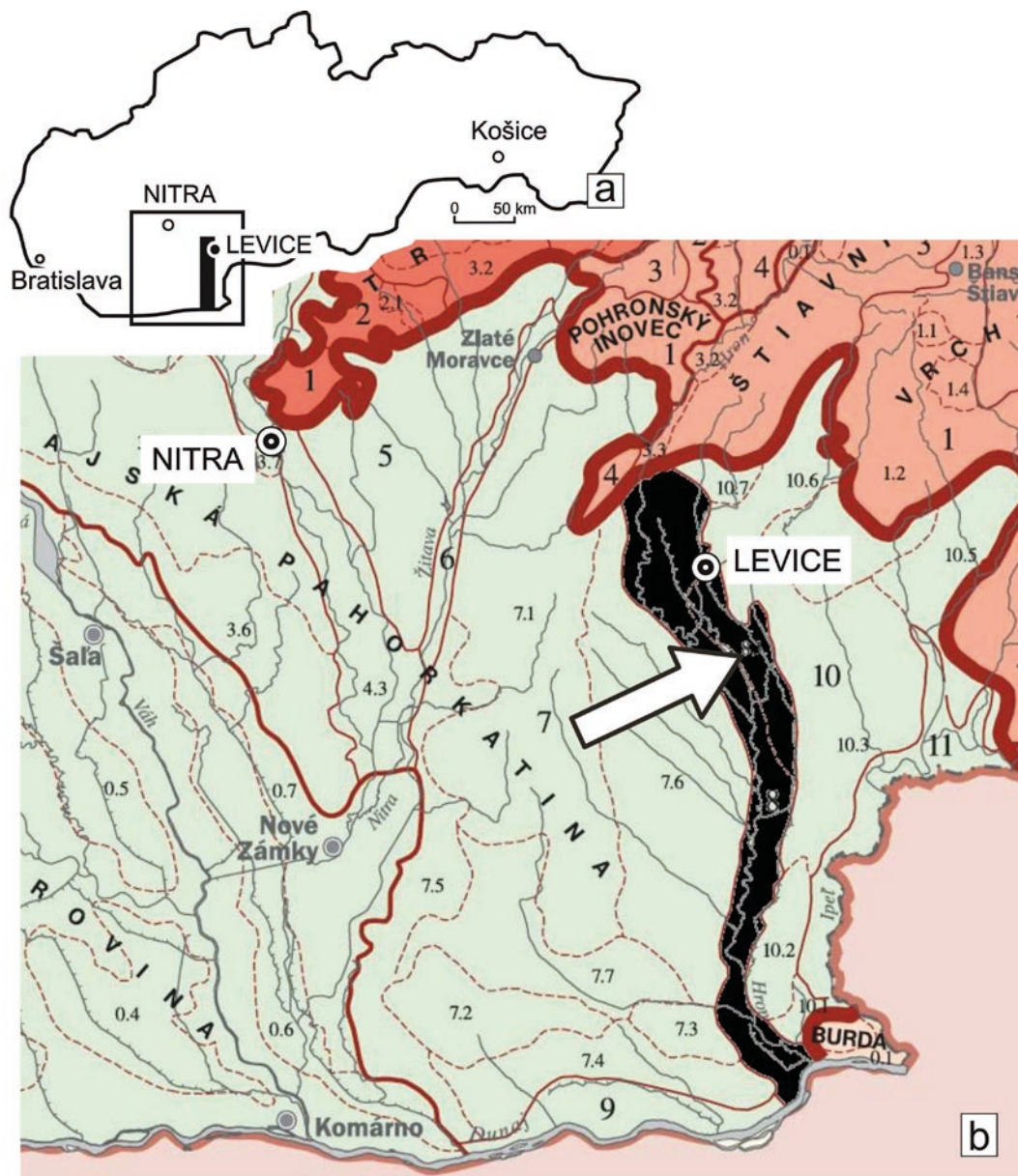
Hg – ortuť

V A-horizontoch študovaných pôd je obsah Hg v intervale 0,01 až 2,06 mg · kg⁻¹, v C-horizontoch 0,01

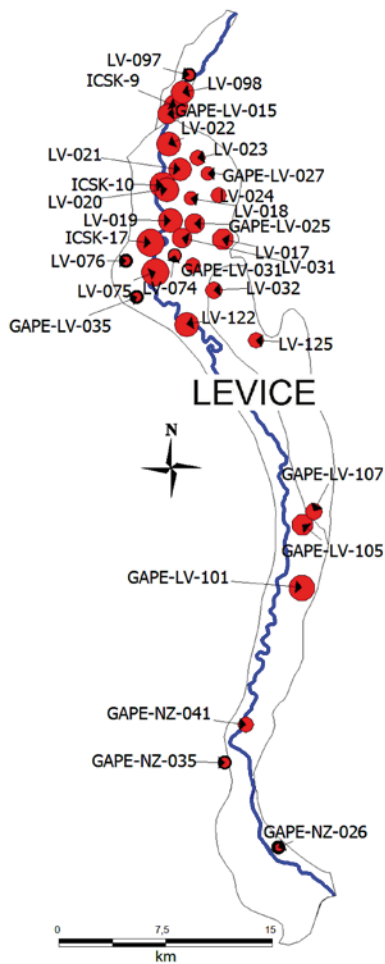
až 1,66 mg · kg⁻¹. Distribúcia Hg v sledovaných pôdnych profiloch je nasledujúca: 6 pôdnych profilov obsahuje vyššiu koncentráciu Hg v A-horizonte, 3 pôdne profily v C-horizonte a 1 pôdny profil má rovnaký obsah Hg v A-aj C-horizonte (tab. 2). Priestorová distribúcia obsahu Hg v pôdach je pomerne variabilná, ale vyšší obsah prevažuje v hornej časti záujmového územia v blízkosti Hrona (obr. 5).

Pb – olovo

V A-horizontoch pôd je obsah Pb v rozpätí 9 až 122 mg · kg⁻¹, v C-horizontoch 8 až 64 mg · kg⁻¹. Z distribúcie Pb v sledovaných pôdnych profiloch vyplýva, že 9 pôdnych profilov obsahuje vyššiu koncentráciu



Obr. 1. Lokalizácia študovaného územia v rámci Slovenska (A) a v rámci regiónu (B; podľa Mazúra a Lukniša, 1986).
 Fig. 1. Localization of studied area in Slovakia (A) and in the wider region (B; after Mazúr and Lukniš, 1986).

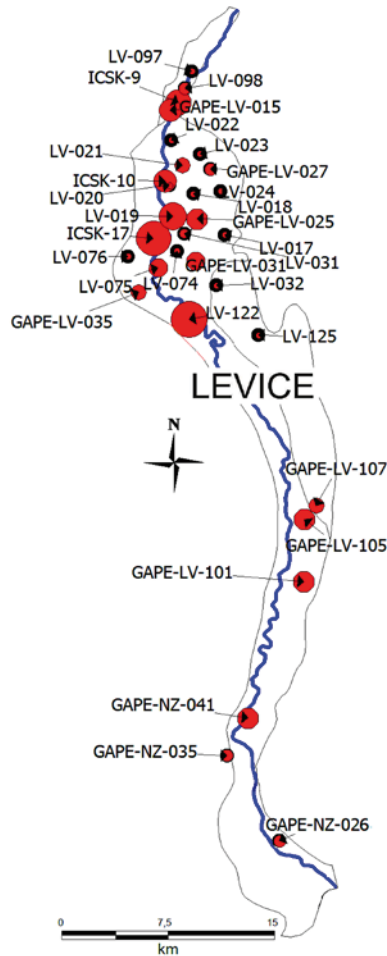


Koncentrácia As [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$]

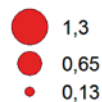


Obr. 2. Mapa koncentrácie As (A-horizont) [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$].

Fig. 2. Map of As concentration (A-horizon) [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$].

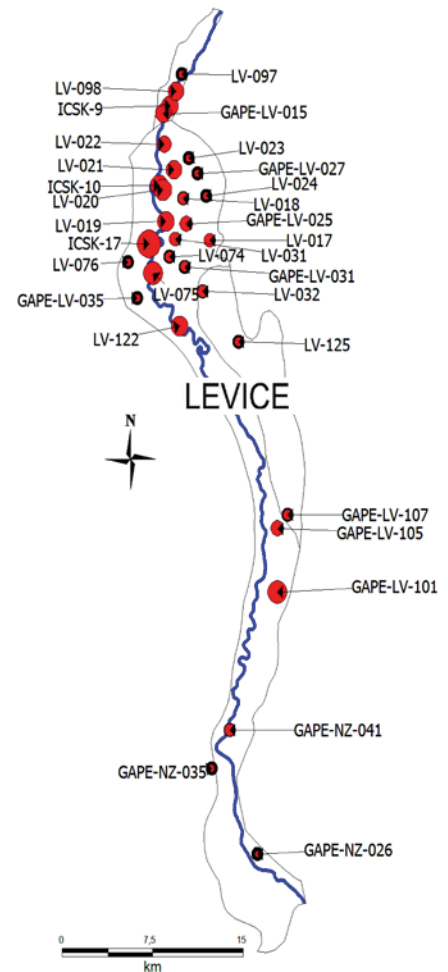


Koncentrácia Cd [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$]

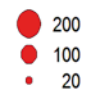


Obr. 3. Mapa koncentrácie Cd (A-horizont) [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$].

Fig. 3. Map of Cd concentration (A-horizon) [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$].



Koncentrácia Cu [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$]



Obr. 4. Mapa koncentrácie Cu (A-horizont) [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$].

Fig. 4. Map of Cu concentration (A-horizon) [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$].

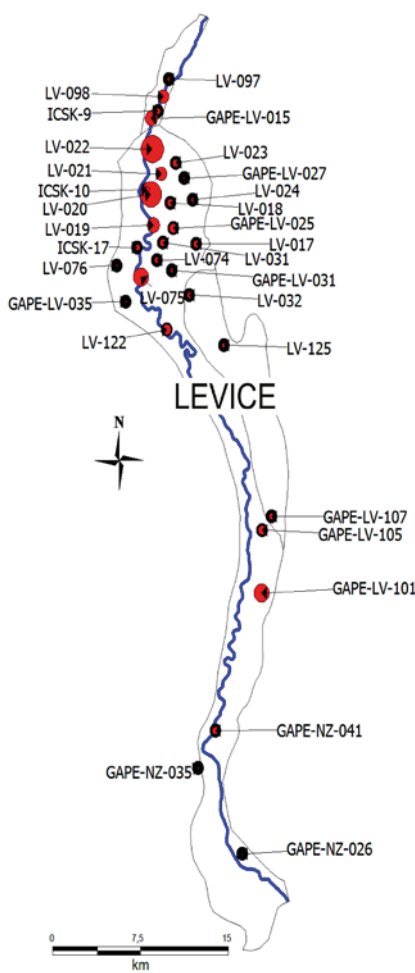
Pb v A-horizonte a 1 pôdny profil v C-horizonte (tab. 2). Vyššie hodnoty obsahu Pb boli opäť zistené najmä v pôdach v blízkosti rieky Hron v hornej časti študovaného územia (obr. 6).

Zn – zinok

Študované pôdy obsahujú v A-horizontoch 42 až 272 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ Zn, v C-horizontoch 47 až 100 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ Zn. Obsah Zn v sledovaných pôdnych profiloch je vyšší v A-horizontoch, len v 1 prípade bol zistený vyšší obsah v C-horizonte (tab. 2). Trend priestorovej distribúcie Zn je rovnaký ako pri ostatných študovaných PTSP (obr. 7).

Diskusia

Prísun študovaných PTSP do pôd v záujmovej oblasti prebieha buď priamo, alebo nepriamo. Priamy prísun predstavuje v posledných desaťročiach aplikácia agrochemikálií, najmä pesticídov prvej generácie na báze As, Cu (fungicídy), Hg (moridlá) a pod.. Používanie viacerých z nich je už zakázané (Arborol, Nitrosan, Arsenik a pod.). Zakázalo sa aj používanie mnohých herbicídov tejto generácie (Travex), ktoré spôsobovali likvidáciu rastlinných porastov s dlhodobým účinkom (Kromka a Bedrna, 2002). Nemožno však vylúčiť, že sa tieto pesticídy ešte stále nachádzajú v opustených a chátrajúcich

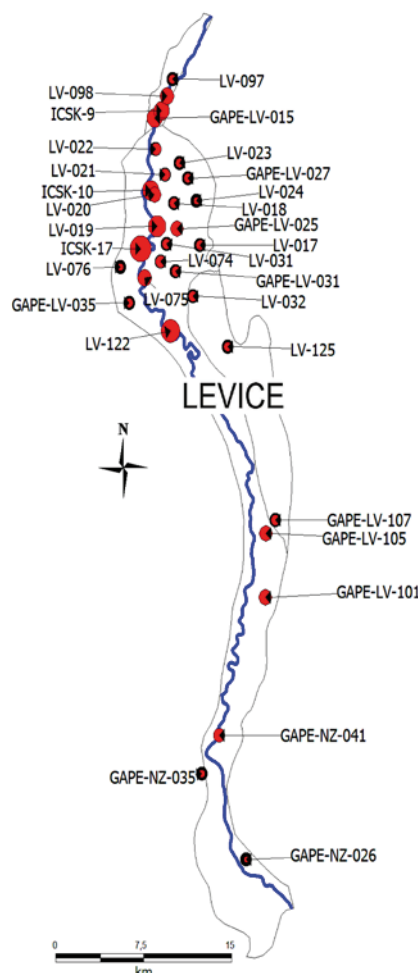


Koncentrácia Hg [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$]



Obr. 5. Mapa koncentrácie Hg (A-horizont) [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$].

Fig. 5. Map of Hg concentration (A-horizon) [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$].

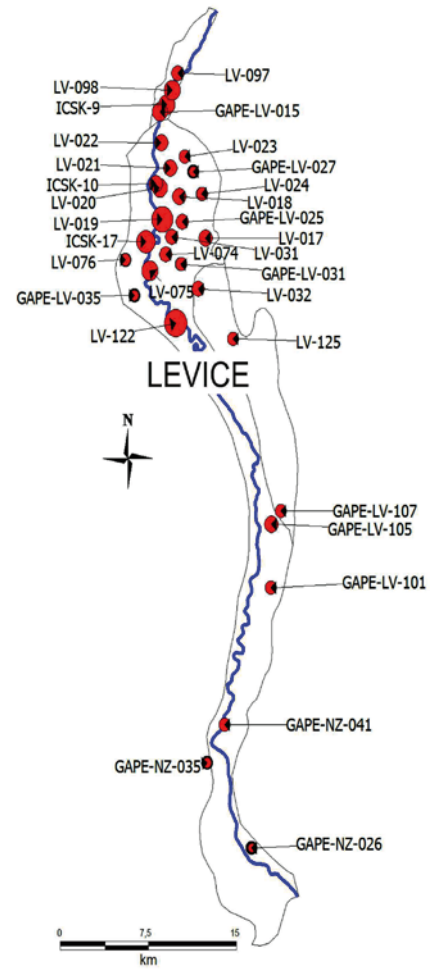


Koncentrácia Pb [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$]



Obr. 6. Mapa koncentrácie Pb (A-horizont) [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$].

Fig. 6. Map of Pb concentration (A-horizon) [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$].



Koncentrácia Zn [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$]



Obr. 7. Mapa koncentrácie Zn (A-horizont) [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$].

Fig. 7. Map of Zn concentration (A-horizon) [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$].

budovách bývalých poľnohospodárskych družstiev, čo umožňuje únik skladovaných chemikálií do okolitých pôd a vôd. V súčasnosti sa stále používajú niektoré sírne a mednaté fungicídy prvej generácie (Kuprikol, Sulikol, bordóska miešanka), ktoré sú síce tiež perzistentné, ale menej škodlivé pre ekosystémy (Kromka a Bedrna, 2002). Nepriamy zdroj prísunu študovaných prvkov do pôd predstavuje ich atmosférická depozícia (suchý a mokrý spád) a taktiež povrchové (fluviálna činnosť) a podzemné vody (infiltrácia) kontaminované antropogénne (čiastočne aj geogénne) vplyvom stáročnej intenzívnej banskej činnosti v povodí rieky Hron, kde dedičné štôlnie ústiace do rieky Hron neustále prinášajú široké spektrum PTSP.

Záver

Na základe vyššie uvedených výsledkov možno skonštatovať, že priestorová distribúcia študovaných PTSP (As, Cd, Cu, Hg, Pb, Zn) v pôdach hronskej nivy má pre všetky prvky takmer identický trend, teda ich koncentrácia vo vzorkovaných aluviálnych pôdach (fluvizeme a čiernice) narastá smerom k rieke Hron a k hornej časti predmetného územia, čo možno zdôvodniť postupným úbytkom týchto PTSP v Hrone v smere toku (rieka sa „čistí“) v dôsledku brehovej infiltrácie riečnej vody a taktiež sorpcie PTSP riečnymi sedimentmi. Lokálne (bodovo) zvýšený obsah študovaných PTSP na skúmanom

území nezávisle od vzdialenosti riečného toku môže byť zapríčinený predovšetkým už spomínanou aplikáciou (alebo únikom) agrochemikálií, keďže všetky študované pôdy sú využívané ako orné pôdy.

Podakovanie. Práca bola podporená grantom VEGA 1/0860/11 a grantom APVV SK-RO-0004-12.

References

BERNARD, J. H., ČECH, F., DÁVIDOVÁ, Š., DUDEK, A., FEDIUK, F., HOVORKA, D., KETTNER, R., KODÉRA, M., KOPECKÝ, L., NĚMEC, D., PADĚRA, K., PETRÁNEK, J., SEKANINA, J., STANĚK, J. & ŠIMOVÁ, M., 1981: Mineralogie Československa. *Academia, Praha*, 645 s.
 ČURLÍK, J. & ŠEFČÍK, P., 1999: Geochemický atlas Slovenskej republiky, časť V: Pôdy. *MŽP SR, Bratislava*, 99 s.
 ČURLÍK, J., ŠEFČÍK, P. & VOJTEK, R., 2000: Súbor regionálnych máp geofaktorov životného prostredia severovýchodnej časti okresu Levice v mierke 1 : 50 000 – Pôdna a pedogeochemická mapa. Záverečná správa. *VÚPOP, Bratislava*, 76 s.

DE VRIES, W., GROENENBERG, J. E., MURÁNYI, A., ČURLÍK, J., ŠEFČÍK, P., RÖMKENS, P. F. A. M., REINDS, G. J., BRIL, J., MODIN, A. K., SVERDRUP, H. U. & ALLOWAY, B. J., 2003: Long-term risks of inadequate management practices on the sustainability of agricultural soils. Wageningen: Alterra – rapport 816, 1 – 230.
 KROMKA, M. & BEDRNA, Z., 2002: Hygiena pôdy. Vysokoškolské skriptá. *Vyd. UK, Bratislava*, 88 s.
 KÜHNDEL, J., 1957: Svetový význam slovenskej medi za Fuggerovcov. *Historický časopis*, 5, 40 – 58.
 MAZÚR, E. & LUKNIŠ, M., 1986: Geomorfologické členenie SSR a ČSSR. Časť Slovensko. *Slovenská kartografia, Bratislava*.
 RATKOŠ, P., 1951: Príspevok k dejinám banského práva a baníctva na Slovensku. *SAVaU, Bratislava*, 174 s.
 ŠÁLY, R., BEDRNA, Z., BUBLINEC, E., ČURLÍK, J., FULAJTÁR, E., GREGOR, J., HANES, J., JURÁNI, B., KUKLA, J., RAČKO, J., SOBOCKÁ, J. & ŠURINA, B., 2000: Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska. Bazálna referenčná taxonómia. *VÚPOP, Bratislava*, 76 s.

Rukopis doručený 10. 9. 2013
Revidovaná verzia doručená 14. 10. 2013
Rukopis akceptovaný red. radou 30. 10. 2013

Spatial distribution of selected potentially toxic trace elements (As, Cd, Cu, Hg, Pb, Zn) in soils of the Hron floodplain, Slovakia

Soil contamination with various trace elements, especially with the most toxic ones (e. g. As, Cd, Hg) is an up-to-date topic in science. Pedosphere is located at the interface of the lithosphere, atmosphere, hydrosphere and biosphere and thus it plays an important role in natural cycling of elements, including toxic ones. Increasing pollution of soils would mean an immense danger for the environment.

This work contains the spatial evaluation of distribution of six potentially toxic trace elements (As, Cd, Cu, Hg, Pb,

Zn) in the alluvial soils (Eutric Fluvisols and Mollic Fluvisols) of lower part of Hron river floodplain. Geochemical maps of spatial distribution of As, Cd, Cu, Hg, Pb, Zn showed an increasing tendency of soil contamination with these elements upwards the studied area closer to the river Hron, what may be caused in general by sorption of studied elements on river sediments and infiltration of stream water and thus the concentration of these elements in stream water (esp. from past mining activity situated north of this region) decreases downwards the studied area.