

Změny obsahů vybraných prvků v uplynulých dvaceti letech v půdách na území hlavního města Prahy

The development and changes of selected elements in soils on the territory of the capital city Prague, Czech Republic, during last 20 years

MICHAL POŇAVIČ^{1, 2} – ZDEŇKA WITTLINGEROVÁ² – ILJA KNĚSL¹

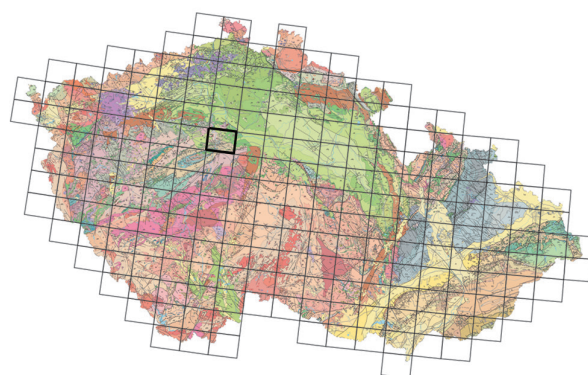
¹ Česká geologická služba, Klárov 131/3, 118 21 Praha 1

² Fakulta životního prostředí, Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6

Please cite this article as: Poňavič, M. – Wittlingerová, Z. – Kněsl, I. (2018): The development and changes of selected elements in soils on the territory of the capital city Prague, Czech Republic, during last 20 years. – Geoscience Research Reports, 51, 2, 127–129. (in Czech)

Key words: Urban Geochemistry Mapping, Urban Soils, Heavy Metals, Prague

Summary: Results of recent geochemical mapping of the Prague urban agglomeration (Poňavič et al. 2018) were compared with corresponding results obtained 20 years ago (Ďuriš 1996), both mapping projects were realized by the Czech Geological Survey, Prague. The aim of this study is not only a presentation of the distribution of selected elements in topsoil environment (As, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V, and Zn), but also a comparison of their inter-relationships in separate types of urban environment during the last 20 years. The first geochemical mapping took place on the whole territory of Prague. Creation of geochemical maps of distribution of selected trace elements in soils was one of the aims of this activity. The study results proved unambiguously, that the city centre was most loaded by all elements measured (Ďuriš 1996). The anomalous concentrations were probably caused by aerial fallout, coming from emissions from energy sources, industrial plants and traffic. The localization of such anomalous places was influenced by directions of air-flows and by the city surface morphology with dominant influence of the Vltava river valley (Ďuriš 2011). The second mapping was concentrated on the central part of Prague (see Fig. 1). The iterative geochemical mapping is a part of the



(12-24 Praha)

European project Urban Geochemistry (UrGe), organized by the Geochemistry Expert Group of EuroGeoSurveys.

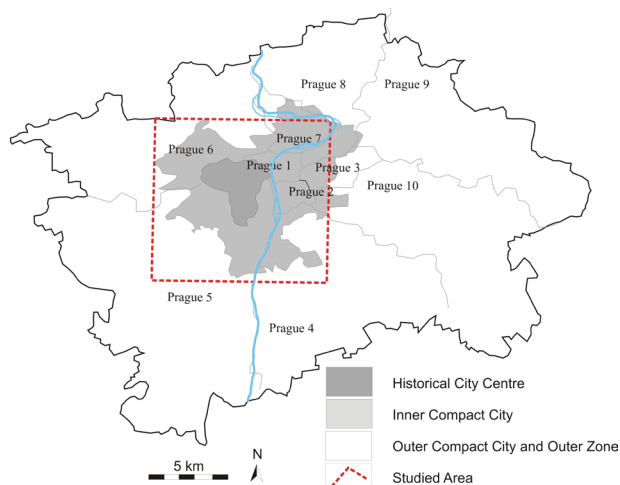
For the second study we divided the samples according to the type of site where they were taken: traffic affected areas, parks, residential and other urban environment groups, see Tab. 1.

When comparing heavy metal contents from different environment settings in separate sample sets, it was noted that no significant difference between “residential” and “traffic affected areas” environment was recognized, see Fig. 2. However, in case of other types of environment as “traffic affected areas” vs. “parks” significant differences were recorded. We registered a significant enrichment of Cu and Zn and slight enrichment of As and Cr in traffic affected areas. On the contrary, no significant difference between Pb, V and Ni was observed. All differences in contents, relations and presence of separate heavy metals discussed above seem to be the result of change of city environment exploitation. During the last 20 years, significant decrease of industrial activities, traffic organization changes (by-pass roads and tunnels) through the Prague territory took place; while a number of brownfield revitalization programmes were successfully completed.

V tomto příspěvku jsou porovnány výsledky dvou nezávislých geochemických mapování pražské aglomerace, realizovaných Českou geologickou službou. První mapování bylo provedeno v letech 1994 a 1995 (Ďuriš 1996, 2011), druhé pak v rozmezí let 2014–2017 (Poňavič et al. 2018). Za uplynulých 20 let došlo na území hl. m. Prahy k značnému úbytku průmyslového provozu a ke změnám ve vedení dopravy. Tyto změny ve využívání území se tak mohly projevit i v odlišném množství těžkých kovů a stopových prvků v půdním prostředí. Pro ověření této hypotézy byla provedena předložená srovnávací studie. Jejím cílem nebyl pouhý popis plošné distribuce vybraných prvků (As, Co,

Cr, Cu, Ni, Pb, V a Zn) v městských půdách, ale porovnání změn jejich vzájemných vztahů v jednotlivých typech městského prostředí.

První etapa geochemického mapování se zaměřila na celé území hl. m. Prahy, výstupem byly mimo jiné také mapy distribuce vybraných prvků v půdách. Původcem anomálních koncentrací byl s největší pravděpodobností atmosférický spad pocházející z emisí energetických zdrojů, průmyslových podniků a dopravy. Lokalizaci těchto anomálních míst ovlivnily směry vzdušných proudění a morfologie povrchu města s dominantním vlivem údolí řeky Vltavy (Ďuriš 2011). Výsledky jednoznačně prokázaly, že



Obr. 1. Pozice studovaného území v rámci Pražské aglomerace.
Fig. 1. Location of studied area in the Prague city.

částí nejzatíženější téměř všemi sledovanými prvky byl střed města (Ďuriš 1996).

Z tohoto důvodu se druhá etapa mapování soustředila do centrální části hl. m. Prahy (Poňavič 2015). Provedený výzkum potvrdil, že městská aglomerace představuje výraznou anomálii v distribuci stopových prvků v regionálním měřítku a že hlavní zdroj škodlivých stopových prvků představuje automobilová doprava (Poňavič et al. 2018).

Metodika

Pro účely této studie bylo z půdních vzorků odebraných v průběhu první etapy mapování a archivovaných ve skladu ČGS v Lužné u Rakovníka (Ďuriš 1996) vybráno celkem 45 vzorků; tento soubor je označen TG-I. Lokalizace odběrových bodů těchto vzorků odpovídá území studovanému druhou mapovací etapou. Vzorky druhé etapy (soubor 194 vzorků) jsou pak popisovány jako TG-II a budou rovněž deponovány ve skladu ČGS v Lužné. Odběry a zpracování obou sad vzorků byly provedeny shodně, s jediným rozdílem, a to hustotou odběrových bodů, přičemž sada TG-II obsahuje na stejném území 4× více vzorků než sada TG-I. Vzorky sady TG-I, analyzované původně převážně AAS, byly v souladu s metodikou EGS (EGS 2011) v roce 2017 nově přeměřeny (AcmeLabs, Ultratrace Aqua Regia-ICP MS; laboratorní protokol AQ251-EXT: navážka vzorku 15 g, stanovení 53 prvků).

Při hodnocení výsledků druhé etapy geochemického mapování pražské aglomerace rozdělili Poňavič et al. (2018) půdní vzorky sad TG-II i TG-I na základě typu městského prostředí do kategorií: obytná území, parky, území ovlivněná automobilovou dopravou a ostatní území (tab. 1).

Jelikož půdní vzorky v jednotlivých mapovacích etapách nebyly odebrány na totožných místech (při mapování tohoto rozsahu to v městském prostředí není technicky možné), nelze pouze porovnat mediány obsahů jednotlivých prvků. Vhodnější je porovnat změny ve vzájemných vztazích prvků, k nimž došlo v jednotlivých typech prostředí.

Diskuse a závěr

V půdách pražské aglomerace došlo za uplynulých 20 let, s výjimkou Ni, k mírnému poklesu celkového obsahu vybraných prvků (tab. 1). U některých prvků (Cr, Cu, Zn) však došlo v kategorii „území ovlivněná automobilovou dopravou“ ke stagnaci, nebo dokonce k nárůstu obsahů těchto prvků. Výsledky dále ukazují, že depozice prvků v půdách za uplynulých 20 let neproběhla v jednotlivých typech městského prostředí rovnoměrně.

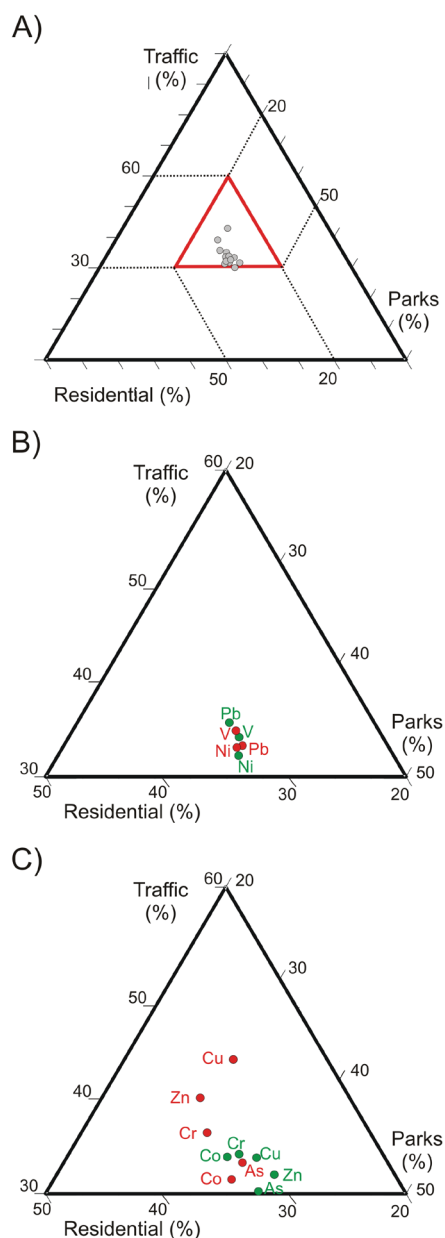
Pro vizualizaci změn obsahu prvků v jednotlivých prostředích v obou sadách vzorků byly zkonstruovány ternární diagramy zobrazující relativní podíl odebraných vzorků a jednotlivých prvků v daných prostředích (obr. 2.a–c). Studované prvky byly na základě změn obsahů v jednotlivých prostředích rozděleny do dvou základních skupin. První skupinu představují prvky, u kterých k výrazným změnám obsahů v jednotlivých typech městského prostředí nedošlo (Pb, Ni a V), viz obr. 2b. Ve druhé skupině prvků (As, Co, Cr, Cu a Zn) pak došlo k významným změnám, zejména v obsahu těchto prvků mezi kategoriemi „parky a zahrady“ a „územím ovlivněným automobilovou dopravou“

Tabulka 1. Mediány ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) obsahů prvků v jednotlivých typech prostředí. TG-I tato studie, TG-II (Poňavič et al. 2018). T – území postižené dopravou, O – ostatní, P – parky, R – obytné čtvrti.

Table 1. The medians ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) of elements in TG-I ($n = 45$), and TG-II ($n = 194$) in different landuse. TG-I – this study, TG-II (Poňavič et al. 2018), and the landuse classification. T – traffic affected areas, O – other urban facilities, P – parks, R – residential.

TG-I	T	O	P	R	TG-I suma
n	14,0	1,0	12,0	18,0	45,0
As	17,7	18,4	22,1	19,1	19,3
Co	9,7	10,1	10,8	10,1	10,2
Cr	26,6	26,5	28,1	25,9	26,8
Cu	63,1	65,0	67,9	58,6	63,7
Ni	24,3	22,7	25,1	23,6	23,9
Pb	85,7	73,6	82,1	80,0	80,4
V	32,6	30,5	34,1	31,9	32,3
Zn	200,0	199,0	243,0	193,0	209,0

TG-II	T	O	P	R	TG-II suma
n	56,0	32,0	35,0	71,0	194,0
As	15,8	16,3	17,5	16,6	16,6
Co	9,0	9,7	10,1	9,9	9,7
Cr	28,0	24,6	24,1	26,6	25,8
Cu	69,1	52,1	47,1	45,2	53,4
Ni	24,3	25,6	24,7	23,3	24,5
Pb	77,4	60,3	72,5	71,5	70,4
V	29,0	28,0	29,0	29,0	28,8
Zn	200,0	160,0	145,0	167,0	168,0



Obr. 2. Vzájemné vztahy prvků v jednotlivých typech prostředí (A); prvky s výraznými změnami (B); prvky bez výrazných změn (C); zelená TG-I, červená TG-II.

Fig. 2. The relationships of selected elements between environment groups (A); significant difference (B); insignificant difference (C); green TG-I, red TG-II.

(obr. 2c). Z diagramu je také zřejmé, že poměry prvků v „obytných územích“ se za uplynulých 20 let významně nezměnily.

Nejvýraznější změny jsou patrné v případě Cu a Zn, kdy došlo k významnému, více než 10% nárůstu obsahu těchto prvků v půdách v blízkosti hlavních komunikací a křižovatek. Před dvaceti lety byly nejvyšší obsahy těchto prvků prostorově spjaté s parky a zahradami, ale v současnosti

jejich prostorovou distribuci stále více ovlivňuje doprava. Podobný trend byl pozorován i v jiných velkoměstech a např. Carrero et al. (2013) řadí Cu a Zn mezi tzv. traffic related elements (TRE). V případě As, Co a Cr je patrný pokles obsahů v půdách parků a zahrad. Zde pravděpodobně hrají významnou roli změny v systémech vytápění, zejména upouštění od lokálních zdrojů využívajících fosilní paliva.

Doposud není jasné, z jakého důvodu nepoklesly také Pb a Ni. Výše naznačené trendy v zastoupení jednotlivých prvků v různých typech městského prostředí jsou s největší pravděpodobností důsledkem jednak nárůstu intenzity automobilového provozu a jednak modernizace vytápění. Problematika vzájemných vztahů prvků v jednotlivých typech prostředí bude v dalších letech podrobněji studována.

Poděkování. Za poskytnutí vzorků sady TG-I a za cenné rady děkujeme M. Ďurišovi. Za spolupráci při odběrech a zpracování vzorků sady TG-II děkujeme panu K. Duškovi. Děkujeme editorovi V. Žáčkovi i recenzentům A. Cidlinové a M. Ďurišovi za připomínky a podněty, které přispěly ke zkvalitnění tohoto příspěvku. Odběry, zpracování a analýzy vzorků sady TG-II byly provedeny v rámci úkolu „Geochemické mapování evropských velkoměst – Praha“, řešeného Českou geologickou službou. Provedení nových analýz vzorků sady TG-I bylo podpořeno projektem TA ČR „Zatížení vybraných složek životního prostředí perchlorem a jeho degradačními produkty, TH02030761“, jehož řešitelem je Česká zemědělská univerzita v Praze.

Literatura

- CARRERO, J. A. – ARRIZABALAGA, I. – BUSTAMANTE, J. – GOIENAGA, N. – ARANA, G. – MADARIAGA, J. M. (2013): Diagnosing the traffic impact on roadside soils through a multianalytical data analysis of the concentration profiles of traffic-related elements. – *Sci. Total Env.* 458–460, 427–434.
- ĎURIŠ, M. (1996): *Geochemical and Ecological Survey of the Prague Agglomeration. Final Report.* – MS Čes. geol. služba. Praha.
- ĎURIŠ, M. (2011): *Geochemical and Ecological Survey of the Prague City Area, Czech Republic.* In: JOHNSON, C. C. – DEMETRIADES, A. – LOCUTURA, J. – OTTESEN, R. T., ed.: *Mapping the Chemical Environment of Urban Areas.* Wiley-Blackwell, 364–374 (Chapter 21). – John Wiley & Sons, Ltd., Chichester, West Sussex, U.K.
- EGS (2011): *Urban geochemistry.* In: *EuroGeoSurveys 2010 Annual Report.* EuroGeoSurveys, Brussels, 45–46. <http://www.eurogeosurveys.org/wp-content/uploads/2013/01/EuroGeoSurveys-Annual-Report-2010.pdf>.
- POŇAVIČ, M. (2015): *Geochemické mapování evropských velkoměst – Praha, IV. etapa, závěr.* – MS Čes. geol. služba. Praha.
- POŇAVIČ, M. – WITTLINGEROVÁ, Z. – ČOUPEK, P. – BUDA, J. (2018): *Soil geochemical mapping of the central part of Prague, Czech Republic.* – *J. Geochem. Explor.* 187, 118–130.