



VĚDECKÝ VÝBOR FYTOSANITÁRNÍ A ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Klasifikace:	Draft	<input type="checkbox"/>	<i>Pro vnitřní potřebu VVF</i>
	Oponovaný draft	<input type="checkbox"/>	<i>Pro vnitřní potřebu VVF</i>
	Finální dokument	<input type="checkbox"/>	<i>Pro oficiální použití</i>
	Deklasifikovaný dokument	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Pro veřejné použití</i>

Název dokumentu:

Znečištění půd stopovými prvky a jeho vliv na potravinový řetězec

Poznámka:

VVF-04-03
Zpracovatel: Ing. Miloslav Ďuriš, CSc. & p.g. Jiří Maňour, CSc.

Obsah:

Úvod	2
1. Geografické údaje.....	3
2. Stručná geologická a geochemická charakteristika horninového prostředí.....	4
3. Charakteristika městských půd	5
4. Odběr a příprava vzorků	6
5. Analytické postupy.....	6
6. Formy vazby některých stopových prvků v městských půdách.....	6
7. Výsledky studia pod elektronovým mikroskopem	7
8. Zdroje znečištění městského prostředí	9
9. Některé zdravotní a hygienické aspekty zjištěných údajů	10
10. Měření půdní reakce - pH	11
Literatura.....	12

Úvod

V městských půdách se hromadí nejrůznější kontaminanty, pocházející z průmyslových emisí, zplodin automobilových motorů, emisí topných systémů, atd. Městské půdy se tak stávají jakýmsi indikátorem úrovně znečištění městského prostředí. Zvětrávající půdy ve městech se významně podílejí na tvorbě prachu, jehož částice obsahují produkty kontaminace a dlouhodobě zásobují městské ovzduší. Jedná se převážně o stopové prvky a organické sloučeniny uhlíku, které se hromadí v povrchové vrstvě půd a po uvolnění se stávají součástí prашného aerosolu. Systematickým vzorkováním půd lze zjistit koncentrace jednotlivých škodlivin a jejich plošné rozšíření. Získané údaje mohou posloužit při přípravě územních plánů, oceňování pozemků, případně pro opatření na odstranění škodlivých vlivů či zdrojů kontaminace. Vzhledem k poměrně vysokému podílu zemědělských půd v městském areálu stojí za úvahu jejich využití i pro zemědělské účely.

Zjišťování zdravotního rizika vyplývajícího ze znečištěných městských půd je složitý a zdoluhavý proces, který navíc neposkytuje jednoznačné údaje. Musí brát v úvahu délku expozice obyvatelstva škodlivinám, která by měla zahrnovat délku pobytu v rizikovém prostředí, zdravotní stav zkoumaných osob, atmosferické poměry a účinky dalších rizikových faktorů. Z tohoto důvodu nejsou zatím vypracovány limitní koncentrace škodlivin v městských půdách nikde ve světě přesto, že městské prostředí s vysokou koncentrací obyvatelstva, průmyslu a dopravy představuje mimořádně rizikovou součást životního prostředí.

Informace uvedené v předloženém elaborátu byly získány v období 1993 – 1996 při realizaci projektu geochemického mapování hlavního města, který byl podpořen Ministerstvem životního prostředí a který vypracoval v Českém geologickém ústavu autor elaborátu.

1. Geografické údaje

Území Prahy se nachází v geomorfologické provincii České vysočiny, patří do Poberounské soustavy a podsoustavy Pražské plošiny (Czudek et al. 1972). V mírně zvlněném povrchu tohoto útvaru je nejvýraznějším geomorfologickým prvkem údolí řeky Vltavy, procházející z jihu na sever téměř lineárně s charakteristickou holešovickou smyčkou. Společně se svými přítoky zleva Šáreckým a Dalejským potokem a na jihu částečně i Berouňkou a jejím přítokem Radotínským potokem a zprava Rokytou, Botičem, Kunratickým a Libušským potokem představuje zahloubené partie reliéfu ovlivňující pohyb vzdušných mas a ukládání atmosférického spadu. Průměrná nadmořská výška území na levém břehu Vltavy je kolem 320 m s nejvyššími místy na Kopanině (391 m n.m.) a Bílé hoře (380m n.m.) a nejnižše položeným bodem u hladiny Vltavy na severní hranici města (175 m n.m.). Území na pravém břehu má průměrnou výšku o něco menší (kolem 250 m n.m.).

Praha se rozkládá na ploše 496,4 km². Její periferní část zahrnuje i bývalé samostané obce se značným podílem zemědělské půdy. Městský intravilán tvoří zastavěné části, průmyslové zóny i parkové plochy a komunikace. Počet obyvatel hlavního města je 1,214 584, hustota obyvatel na 1 km² je 2448. Podle údajů z r.1998 je území města rozděleno následovně (km²):

Zemědělská půda	203,9
Lesní půda	47,9
Vodní plochy	10,6
Zastavěné plochy	50,3
Ostatní plochy	183,7
Celkem	496,4

Zdroj: Institut městské informatiky hl. města Prahy

2. Stručná geologická a geochemická charakteristika horninového prostředí

Určujícím strukturním prvkem geologické stavby území hlavního města je tzv. hlavní barrandienská synklinála. Její osa prochází od obce Ořech na JZ okraji města přes Hlubočepy, Podolí, Vršovice a Strašnice do Klánovic na SV okraji města, kde se postupně noří do hloubky. Její horniny tvoří celé území města s výjimkou severu a severovýchodu, kde jsou překryty platformními sedimenty křídly a kvartéru. V jádru synklinály vycházejí na povrch horniny spodního paleozoika. Jsou to devonské břidlice a prachovce srbského souvrství, chotečské vápence a třebotovské vápence. Dalejské břidlice, vápence a rohovce zlíčovského souvrství jsou nejlépe vyvinuty v údolí Dalejského potoka až po jeho ústí do Vltavy. V jejich pokračování na pravém břehu Vltavy v Podolí a okolí Pankráce jsou už jenom výchozy vápenců, vápnitých a graptolitových břidlic s vložkami diabasů, které patří k siluru. Na obě strany od osní části k severovýchodu i k jihozápadu vystupují více nebo méně symetricky starší horniny ordoviku – pískovce a prachovce kosovského souvrství, břidlice a prachovce bohdaleckého a zahořanského souvrství, droby a prachovce letenského souvrství. Okrajové nebo křidelné části synklinály tvoří křemence, jílové břidlice a droby, pískovce, tufity a silicity libeňského, klabavského a milínského souvrství. Jihovýchodní část území uzavírají prachovce a slepence, droby a rohovce, které patří do tzv. štěchovické skupiny svrchního proterozoika. Vrstevní sled ordovika za linií Pražského zlomu, procházejícího přes Motol, Staré město do Hloubětína a dále na SV, se opakuje směrem k severozápadu ještě jednou až po pokryvné útvary kvartéru. Překrývající horniny křídly, vystupující hlavně v nejvýchodnější části území západně od Klánovic, představují jílovce, prachovce, pískovce a slepence peruckého souvrství svrchního cenomanu. Mladší křídlové sedimenty vystupují ve větších nebo menších ostrůvcích na Břevnově a dalších výšepoložených územích (Vidoule). Tvoří je vápnité jílovce a slínovce. Severní část území od Hostivic přes Suchdol, Ďáblice, Letňany až po Horní Počernice překrývají eolické sedimenty – spraše a sprašové hlíny kvartéru. Dokonalý přehled geologické situace na území Prahy poskytuje Kovanda (1996).

Data o obsahu sledovaných stopových prvků v geologických jednotkách na území města nejsou k dispozici. Podle údajů z jiných oblastí a podobných typů hornin jak barrandienu, tak i platformního pokryvu, jsou horniny tvořící geologické podloží území hlavního města na stopové prvky chudé. Např. jílovce, prachovce, pískovce cenomanu obsahují 3,5-4,7 ppm olova, 4-15 ppm stroncia, 3-4 ppm zinku, 0,5 ppm arsenu a 3-5 ppm chromu. (Čadek, 1994). Spraše a váté písky mohou obsahovat zvýšené obsahy zirkonu, který se nachází ve stejnojmenném minerálu těžké frakce, stroncium ve vápnitých sedimentech a rubidium v místech, kde je větší koncentrace slíd. Přínos stopových prvků z horninového podloží do městských půd je zanedbatelný.

3. Charakteristika městských půd

Pestré složení půdního podloží se odráží i ve složení půdního pokryvu. Proto se v podrobnějších mapách neuvádějí půdní jednotky, ale tzv. půdní asociace, kde je označení provedeno podle vedoucí složky (Králík et al, 1984). Například *nivní půdy* (fluvisols) se nalézají v aluviální nivě Vltavy a jejích přítoků. Půdní profil je značně hluboký, stratigraficky nevýrazně členěný. Zrnitostní složení je středně těžké. Vedle vlastních typických nivních půd se zejména u menších toků uplatňují i nivní půdy glejové, u nichž je spodní část profilu ovlivněna glejovým procesem v důsledku zvýšené hladiny aluviální vody. *Glejové půdy* (gleysols) se vyvinuly na deluviofluviálních sedimentech v morfologicky nevýrazných depresích. Převládají středně těžké půdy s vysokým obsahem organických látek. Kromě typických glejů se vyskytují i lužní půdy glejové s hlubokými humózními horizonty. *Regosoly* (regosols) se utvářejí na pliocénních fluviálních a limnických píscích s vložkami jílu. Obsah organických látek je nízký. *Arenosoly* (arenosols) jsou značně rozšířené v sv. části území. Jsou vyvinuty na pleistocénních a lokálně i neogénních fluviálních píscích a písčítých štěrčích, místy se nacházejí i naváté písčiny. Půdní profily jsou zpravidla extrémně lehkého zrnitostního složení, většinou s nízkým obsahem humusu.

Zvláštní podmínky, jimž jsou městské půdy ve své historii vystaveny, vedly odborníky k vyčlenění speciálního pedotypu antropogenních půd. Jak uvádějí Suchara I. a Sucharová J. (1995), vedou k tomu jejich vlastnosti, které jsou podobné ve všech městech, jako například hromadění organické hmoty v povrchové vrstvě, variabilita půdotvorných substrátů, zvýšená alkalizace, eutrofizace, snížená možnost provzdušnění a infiltrace vody vlivem utužení povrchu a změněná biologická aktivita.

V souvislosti s více než tisíciletou historií lidské činnosti na zkoumaném území, především v městském intravilánu, lze předpokládat, že vliv geologického podloží na současný půdní pokryv je značně narušen. Podloží současného půdního pokryvu tvoří ve značné míře antropogenní uloženiny různého stáří i původu. Pocházejí především z různých stavebních úprav, kam patří výstavba obytných budov, městských opevnění ve středověku a jejich následná likvidace, úpravy koryta Vltavy a obou nábřezí a nakonec výstavba nových sídlišť a komunikačních systémů. V souvislosti s administrativní úpravou, která zahrnuje do pražské aglomerace řadu sousedících osad a vesnic, připadla městu i značná část zemědělské půdy. Zde je souvislost mezi půdou a podložím zřejmá, avšak jak již bylo uvedeno, nepředstavují podloží horniny významnější zdroj stopových prvků. Zatímco v prvním případě tj. městského intravilánu se jedná především o riziko kontaminace městského ovzduší a jen okrajově, např. v zahradkářských koloniích, lze uvažovat i o riziku pro pěstování ovoce, či zemědělských plodin, ve druhém – tj. periferních částech městského území lze uvažovat o riziku spojeném s využíváním půd pro potravinářské účely na prvním místě.

4. Odběr a příprava vzorků

Vzorky byly odebírány z povrchové vrstvy půd do hloubky 20 cm speciálním půdním vrtákem do plastických pytlů. Hloubka odběrů vychází z praktického předpokladu, že v případě kontaminace na velkých plochách, je možné území asanovat ekonomicky únosným způsobem odstraněním povrchové vrstvy přibližně do této hloubky. Množství odebraného materiálu bylo cca 3 kg. Hustota odběrů byla 1 vzorek na 1 km². Vzorky byly sesypové tj. jeden vzorek se skládal ze čtyř částí, odebraných ze čtyř kvadrantů každého čtverečního km. Tato hustota umožňuje získat dostatečně podrobné informace o rozsahu kontaminace. Příprava vzorků zahrnovala sušení vzorků při pokojové teplotě a oddělení frakce $-0,15\text{ mm}$ síťováním na umělohmotném síti za sucha v množství minimálně 200 g.

5. Analytické postupy

Výběr analytických metod byl podřízen škále chemických prvků, považovaných ze zdravotního hlediska za rizikové. Cílem bylo stanovení celkového obsahu sledovaných prvků ve vzorku metodou rentgen fluorescenční analýzy (XRF). Vzhledem k malé citlivosti při stanovení některých prvků byla rovněž použita metoda atomové absorpční spektrometrie (AAS), kde po rozkladu v kyselinách, kromě stanovení v plameni, bylo použito u některých prvků citlivějších postupů (grafitová kyveta GFAAS, metoda generace hydridů HGAAS a metoda studených par CVAAS).

Pro zjištění způsobu vazby některých prvků byla u vybraných vzorků provedena jejich speciace postupnou extrakcí metodou Tessiera (u Cd, Co, Cu, Ni, Pb a Zn).

Všechny analýzy byly provedeny v laboratořích Českého geologického ústavu. Na základě analytických výsledků byly sestaveny mapy rozšíření jednotlivých prvků na území hlavního města, které jsou uvedeny níže.

6. Formy vazby některých stopových prvků v městských půdách

Výsledky studia speciace některých prvků jsou uvedeny v následující tabulce:

sloučeniny (zastoupení v %)						
typ vazby/prvek	Cd	Co	Cu	Ni	Pb	Zn
vyměnitelné ionty	8 – 48	1 – 4	0 – 1	0 – 1	1 – 10	0,5 - 20
karbonáty	9 – 21	1 – 6	0 – 2	0 – 6	2 – 19	4 - 7
oxidy Fe a Mn	29 – 70	34 – 55	6 – 17	18 – 38	48 – 60	50 - 71
organické látky	3 – 10	2 – 12	42 – 65	9 – 17	12 – 22	8 - 13
silikátový zbytek	3 – 10	31 – 55	31 – 44	52 – 70	8 – 25	9 - 28

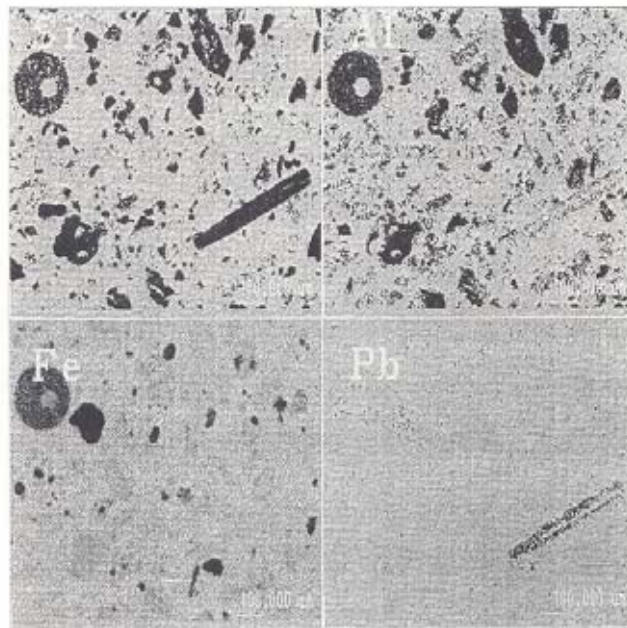
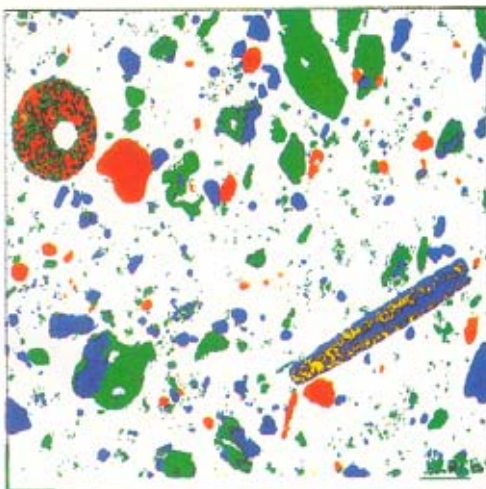
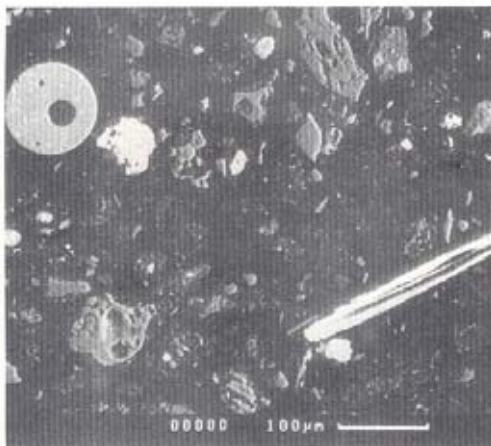
Z uvedené tabulky vyplývá, že Cd se nachází především ve formě vázané na oxidy Fe a Mn, dále ve formě vyměnitelných iontů a částečně je vázáno na karbonáty. U Ni a Co převládají dvě formy vazby – na oxidy Fe a Mn a v nerozpustném zbytku. Cu je vázaná převážně na organickou hmotu a na nerozpustný zbytek. Menší část se váže na oxidy Fe a Mn. Pb se váže především na oxidy Fe a Mn, ale též na organickou hmotu a jen v malém podílu na nerozpustný zbytek. Zn převládá ve vazbě na Fe a Mn.

Naměřené hodnoty pH půd na území pražské aglomerace se pohybují od 3,28 do 7,75. Nízké hodnoty (okolo 3) jsou souvisleji lokalizovány v obvodu č. 7, dále ve Vokovicích, na Jižním Městě, Komořanech a Klánovicích. V těchto místech je třeba očekávat zvýšenou pohyblivost zejména kovových kontaminantů

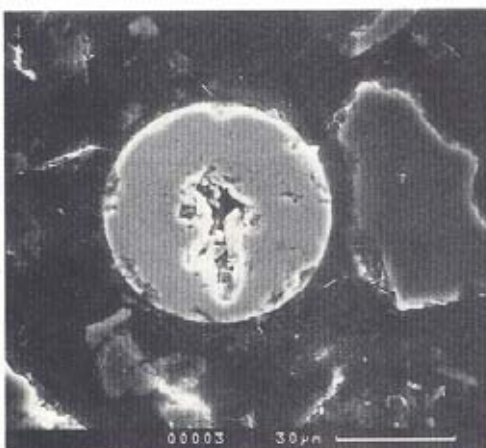
7. Výsledky studia pod elektronovým mikroskopem

Podle výsledků mikroskopického studia v laboratoři Českého geologického ústavu je převládající součástí vzorků horninový detrit s kolísavou příměsí materiálu antropogenního původu, hlavně úlomků strusek. V klastickém materiálu převažuje křemen, nejčastěji v podobě izometrických angulárních zrn kolísavé velikosti, většinou v rozmezí 10 – 40 μm . Obvykle je doprovázen zrný částečně alterovaných živců stejného tvaru i velikosti. Jako běžná akcesorie byl zjištěn baueritizovaný biotit s podstatným zastoupením Si, Al, K, a Fe. V akcesorickém množství byly nalezeny typické těžké minerály jako zirkon, monazit, apatit, xenotim, rutil a titanit. Materiál antropogenního původu tvoří hlavně úlomky a často též kulovité částice strusek, texturně značně variabilních s inkluzemi železa nebo jeho oxidů. Podstatnou složkou strusek je Si, Al a Ca, v podřadném množství se vyskytuje Fe, K, Ti, Mg a P. Významnou složkou antropogenního materiálu jsou částice různých kovů a jejich oxidických a vzácněji sulfidických sloučenin. Nejčastěji se vyskytuje železo, buď ryzí nebo s příměsí titanu a manganu. Vzácně byly zjištěny úlomky legovaných ocelí s příměsí vanadu a chromu. Cín a olovo se vyskytují jednak v čisté formě a jednak ve formě slitin Sn s Sb (pájka), Sn s Pb a Sb (broky) a Sn s Pb a Cu (bronz). Arzén se vyskytuje ve formě arzenidů těžkých kovů Fe, Cu, Ni a Co. Zinek byl nalezen v oxidické formě spolu s barytem, patrně jako součást malířských barev nebo speciálních omítek. Vzácné zeminy byly nalezeny pouze v klastických těžkých minerálech: Ce, La a Nd v monazitu, Y, Er, a Nd v xenotimu spolu s jeho hlavní složkou. Mezi ojedinělé exotické nálezy patří ryzí zlato se slabou příměsí mědi a thorium v oxidické formě (thorianit).

Z uvedeného vyplývá, že podstatná část kontaminantů v půdách pražské aglomerace pochází z aerosolu a jejich distribuce je ovlivňována povětrnostními podmínkami a morfologií terénu. Částice větších rozměrů, které by mohly pocházet z blízkých zdrojů, se vyskytují jen ojediněle.



Obr. 1. Obraz půdního vzorku v energiově disperzním analyzátoru. Vzorek tvoří heterogenní částice různé velikosti a tvaru (černobílý snímek vlevo nahoře). Rozdíl v chemickém složení jednotlivých částic je zobrazen na barevném snímku. Kromě přírodního materiálu – křemene (modrý) a živců (zelené) – jsou přítomny cizorodé částice železa (červené) a olova (žluté). Kulatá částice je popílek, jehož výrazná pestrobarevnost ukazuje značně nehomogenní složení. Distribuce jednotlivých prvků ve vzorku je znázorněna na čtyřech zmenšeninách. (Zvětšení 140x)



Snímky mikroskopických preparátů městských půd

Vzorky půdy jsou z parku Stromovka.
Foto: Z. Kotrba

Obr. 2. Kovová kulička o průměru 50 μm je složená z Fe, Mn, Si, K. Představuje součást popílku. (Zvětšení 630x)

8. Zdroje znečišťování městského prostředí

Pražské půdy jsou nepřetržitě zásobovány nejrůznějšími kontaminanty pocházejícími z tuhých emisí, jejichž produkce každoročně dosahuje tisíce tun. Podle zákona o ochraně ovzduší před znečišťujícími látkami se zdroje znečištění dělí na stacionární a mobilní. Stacionární se rozlišují podle tepelného výkonu, míry vlivu technologického procesu na ovzduší nebo rozsahu znečišťování. Zdroje emitující do ovzduší znečišťující látky jsou celostátně sledovány v rámci tzv. Registru emisí zdrojů znečišťování ovzduší (REZZO). Stacionární zdroje jsou zahrnuty v dílčích souborech REZZO 1 – 3, mobilní v dílčím souboru REZZO 4. V roce 1997 představovaly emise tuhých látek, pocházejících ze stacionárních zdrojů (REZZO 1 – 3) na území hlavního města, cca 7,4 tisíc tun na 1 km² za rok. Jejich trend má od r. 1988 jednoznačně klesající tendenci. Mobilní zdroje znečišťování (REZZO 4) rozhodujícím způsobem reprezentuje automobilová doprava. Zatímco v 80. letech přibývalo v Praze každoročně v průměru 6000 osobních automobilů, v období 1997 – 1999 se tento počet zvýšil na 13 000 automobilů ročně. V roce 1997 připadal 1 osobní vůz na 2 obyvatele (Šolc et al. 1998).

Kromě emisí z evidovaných zdrojů znečišťování pochází část prachu i z jiných zdrojů. Jedná se o částice, vznikající erozí ploch zbavených vegetačního pokryvu, povrchovou těžbou nerostných surovin, stavební činností, emisemi z různých technologických procesů, při spalování fosilních paliv, provozem na komunikacích, korozi kovových konstrukcí, střešních krytin, erozí omítek, různých stavebních konstrukcí a j. Hodnoty tzv. prašného spadu jsou monitorovány dlouhá léta Hygienickou stanicí hl. města Prahy. Podle jejich údajů činila průměrná hodnota prašného spadu v roce 1997 6,25 g.m⁻².měsíc⁻¹.

9. Některé zdravotní a hygienické aspekty zjištěných údajů

Znečištěné městské půdy lze hodnotit především jako sekundární zdroj znečišťování městského ovzduší. V okrajových částech s vysokým podílem zemědělských půd nutno brát v úvahu i potenciální vliv na potravinový řetězec.

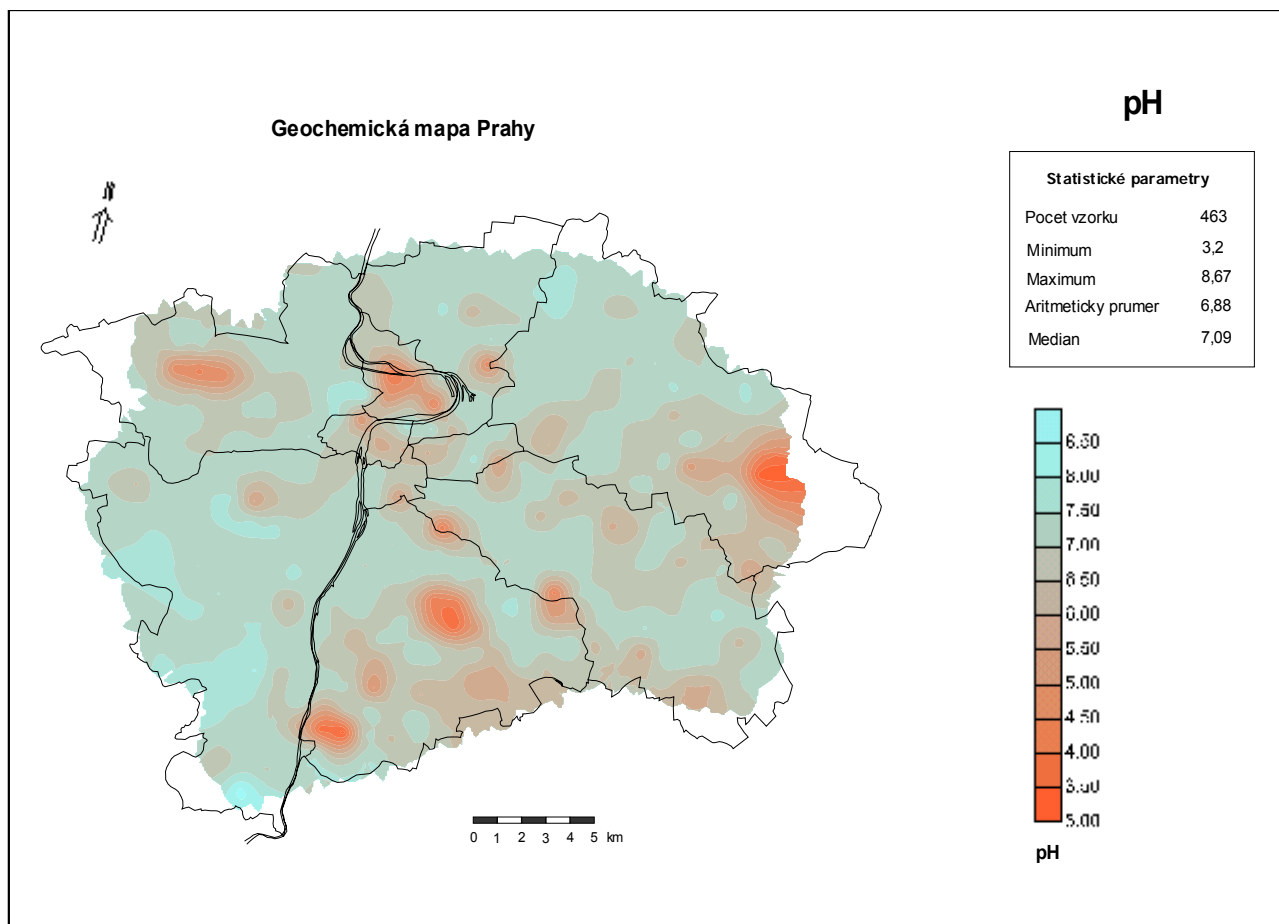
Plochy se zvýšenými koncentracemi různých kontaminantů se jednak stávají dalším zdrojem kontaminace ovzduší a jednak ukazují místa se zvýšeným atmosferickým spadem.



V PŮDÁCH ZAHRAĐKAŘSKÝCH KOLONIÍ
NA BŘEŽÍCH VLTAVY BYL ZJIŠTĚN OBSAH
OLOVA VYŠŠÍ NEŽ 490 ppm (0,049%)

10. Měření půdní reakce - pH

Měření tzv. potenciální půdní reakce v solném výluhu 1M KCl bylo provedeno na celém území pražské aglomerace. Hustota 1 měření na 1 km². Na území obvodu Prahy 7 byla změřena rovněž aktivní půdní reakce ve výluhu destilované vody. Měření bylo provedeno přenosným digitálním pH metrem holandské firmy Eijkelkamp. Výsledky měření znázorňuje mapa.



Rozsah hodnot pH (3 – 8,5) nebyl zatím podrobněji prozkoumán. Část z nich souvisí nepochybně s aktivitami průmyslových podniků. Některé, jako například výrazná anomálie na východě města v okolí Klánovic, nemá viditelného původce. Většina nízkých hodnot pH není totožná s anomálními koncentracemi stopových prvků. Výjimkou je střed města v ohybu koryta Vltavy v Holešovicích, kde jsou zkoncentrovány zvýšené obsahy téměř všech sledovaných prvků a anomálie chromu a manganu v jižní části města.

V místech se sníženými hodnotami pH lze očekávat rychlejší mobilizaci a migraci v půdách usazených stopových prvků. Těchto lokalit je zhruba pět – střed města (obvody Praha 1 a 7), v jižní části města mezi Modřany a Komořany, dále území Krčského lesa, okolí Šáreckého údolí a v okolí Klánovic a Újezda nad lesy.

Literatura

1. Bencko V., Cikrt M., Lener J. (1984): Toxické kovy v pracovním a životním prostředí. Avicenum, Praha
2. Beneš S. (1994): Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí. I. a II. část. Min. zeměd. ČR, Praha
3. Birke M., Rauch U. (1991): Methodics of Geochemical investigation of urban area: Example Central Berlin. Abstr. 2nd Int. Symp. on Environmental Geochemistry. (O. Selinus editor), Uppsala, Sweden
4. Bouška V. (1983): Geochemistry of Coal. Elsevier, Amsterdam
5. Cibulka J. et al. (1986): Pohyb olova, kadmia a rtuti v zemědělské výrobě a biosféře
6. Czudek T. et al. (1972): Geomorfologické členění ČSR. – Stud. geogr., 23, 137. Brno
7. Čadek J. (1974): in Malkovský et al. Geologie české křídové pánve a jejího podloží. Ústř. ústav geol., Praha
8. Kovanda J. (1996): Přehledná geologická mapa Prahy a okolí. Český geol. ústav. Praha
9. Králík F. et al. (1984): Vysvětlivky k základní geologické mapě ČSSR 1:25 000. Ústř. ústav geol., Praha
10. Suchara I., Sucharová J. (1995): Properties of urban soil covers. A review completed by examples from Prague parks and streets. Zahradnictví, 22 (1): 21-40
11. Šolc J. et al. (1997): Zdroje znečištění ovzduší v Praze. Institut městské informatiky hl.m. Prahy.
12. Šolc J. et al. (1998): Praha – životní prostředí, Ročenka IMIP