

MODEL LÁTKOVÉ BILANCE TĚŽKÝCH KOVŮ A RADIOGENNÍCH ELEMENTŮ V OBLASTI MALÝCH POVODÍ KOLEM VODNÍ NÁDRŽE VÍR (BÍLÝ POTOK, FRYŠÁVKA)

Model of Mass Balance of Heavy Metals and Radiogenic Elements in the Area of Small River Basins around the Vír Reservoir (Bílý potok, Fryšávka)

Pavel Müller¹, Jaromír Hanák¹, Ivan Kašparec², Hana Müllerová¹, David Buriánek¹, Pavel Hanzl¹, Miloš Abraham³, Bohumil Veleba³

¹ Česká geologická služba, pobočka Brno, Leitnerova 22, 602 00 Brno; e-mail: muller@cgu.cz

² GEORADIS s.r.o., Vídeňská 256/142, 619 00 Brno; e-mail: kaspavec@exploranium.cz

³ GEOMIN družstvo, Znojemská 78, 586 56 Jihlava; e-mail: abraham@geomin.cz

(14-33, 14-34, 21-11, 21-12, 24-13, 24-14)

Key words: small river basins, heavy metals, radioactive elements, geochemical exogenous processes, rock alteration, erosion and transport, redistribution of minerals and elements, mass balance models.

Abstract

The article aims to present the preliminary results of a geochemical survey of rocks in the source areas of Bílý potok and Fryšávka streams. These streams flow through geological units of varied structure and composition (Cretaceous, Svratka Crystalline Complex, Polička Crystalline Complex, Moldanubicum). Over 80 samples which had been collected from the profiles of 13 dug holes in the two source areas were subjected to analyses of heavy metals and radiogenic elements, to silicate analyses and others. Within the scope of the pilot interpretations, the results of the analyses of chosen elements were compared with those from the other localities and also the trends of content-changes with depth were observed. The ultimate goal is to design a model capable of describing the changes in the rock environment occurring during the exogenous processes (including the formation of the soil horizon) and during the gradual material transport towards the watercourses.

Úvod

V mnoha zahraničních i domácích publikacích jsou popsány na teoretické úrovni soustavy reakcí, ke kterým může docházet při interakcích horninového prostředí a vody (White 1998, Brantley, Chen 1995 a další). Obvykle se za základ bere průměrné složení běžných granitoidních hornin a exogenní chemické a fyzikálně chemické pochody jsou charakterizovány systémem rovnic. Jejich platnost však nemusí být univerzální. Lze předpokládat, že se v mnohem větší míře na složení podzemních i povrchových vod může projevit specifická povaha horninového prostředí konkrétních snosových oblastí.

V návaznosti na výsledky řešení projektu VaV/630/4/02 „Výzkum sedimentů nádrží, přehrad a jezer - hodnocení rizik a návrhy opatření“ (Müller et al. 2005) se ukazuje nezbytné mnohem šířeji pochopit a popsat procesy interakcí horninového prostředí a vody v celém průběhu geneze fluvialních sedimentů. Proto se této problematice v současné době v rámci projektu GAČR 205/06/1431 „Model látkové bilance těžkých kovů a radiogenních elementů v oblasti malých povodí kolem vodní nádrže Vír“ věnujeme podrobněji.

Pro vybranou oblast části povodí Svratky zkoumáme látkovou bilanci prvků (kovové prvky, radiogenní elementy) od exogenně relativně „neovlivněných“ hornin, přes zónu zvětrání a transport rozvolněných hornin ve vodním prostředí až po jejich depozici v nádržkách a vodotečích. Konkrétně jde o oblast tvořenou dílčími povodími Fry-

šávky, Bílého potoka, Bystřičky, Nedvědičky a Hodonínky protékajících geologickými jednotkami s pestrou a proměnlivou stavbou (moravikum, poličské krystalinikum, moldanubikum) a četnými projevy rudní mineralizace.

Cílem je vytvořit model regionální proměnlivosti geochemických parametrů horninového prostředí a určit charakter a význam rozhodujících exogenních pochodů a jejich dopad na kontaminaci horninového prostředí. Na pracích se vedle specialistů ČGS podílejí zejména specialisté z Geominu družstvo Jihlava (analýzy šlichů, geochemické interpretace) a firmy GEORADIS s.r.o. Brno (analýzy radioaktivních prvků, interpretace). Tento příspěvek uvádí některá vybraná zjištění plynoucí z analýz vzorků odebraných v dílčích povodích Bílého potoka a Fryšávky a jejich úvodní předběžné interpretace.

Metodika

Podstata řešení grantového projektu spočívá v hledání a definování činitelů, které se podílejí na geochemickém složení svahovin a fluvialních sedimentů, a to zejména s ohledem na obsahy toxických prvků, včetně radiogenních elementů. Základem řešení jsou odběry vzorků v terénu pomocí kopaných sond (půdy, zeminy, zvětralé i nezvětralé horniny), odběry řečištních sedimentů, analýzy šlichů, petrografické analýzy, chemické analýzy anorganického i organického obsahu hornin. Dále využíváme spektrometrii gama (terénní i laboratorní) a měření magnetické suscepti-

bility. Komplexní interpretace získaných dat musí být opřena o specializovanou literární rešerši této problematiky. I když byly odebrány, petrograficky určeny (makropopisy a výbrusová petrografie) a analyzovány vzorky z profilů kopaných sond ve vrcholových částech snosových oblastí všech pěti dílčích povodí, jde stále pouze o pilotní fázi řešení projektu a prezentaci pouze dvou z pěti sledovaných povodí.

Bílý potok protéká převážně poličským krystalinikem (vulkano-sedimentární komplex metamorfovaný v amfibolito-vé facii). Hlavním horninovým typem jsou muskovit-biotitické až biotitické ruly. Podél kontaktu se svrateckým krystalinikem vystupují v rulách tělesa amfibolitů a společně s nimi i tělesa mramorů. Do rul intrudovaly variské tonality a granodiority. Snosová oblast Bílého potoka zahrnuje i horniny České křídové pánve (spodní až střední turon, slínovce, prachovce, pískovce, opuky). V povodí Fryšávky se rovněž vyskytuje pestrá škála horninových typů vázaných na struktury Moldanubika a Svrateckého krystalinika. Převládají zde migmatity až ortoruly s tělesy hrubě zrnitých metagranitů. Dále se zde vyskytují vložky svorů, pararul, skarnů a erlanů. Kopané sondy byly situovány do míst s předpokládaným a později potvrzeným výskytem metagranitů, serpentinitů, migmatitů, amfibolitů a rul.

Dílčí výsledky

V povodí Bílého potoka bylo ze 7 kopaných sond odebráno na komplex analýz celkem 48 vzorků. Vzorky z nehlubší části sond lze pokládat s určitou aproximací za relativně málo zvětralé podloží. To bylo tvořeno perlovou rulou v sondách 1/1 (6 vzorků) a 1/3 (6 vzorků), metatonalitem v sondě 1/2 (6 vzorků), dvojslídnu rulou v sondě 1/9 (8 vzorků), dále granodioritem v sondě 1/4 (6 vzorků), opukou v sondě 1/7 (7 vzorků) a pískovcem v sondě 1/8 (8 vzorků).

V povodí Fryšávky bylo na 6 lokalitách odebráno 34 vzorků. V sondě 2/1 (4 vzorky) byl v půdním podloží petrograficky určen serpentinit, v sondě 2/2 (11 vzorků) šlo o migmatit s vložkami amfibolitu, v sondě 2/4 (3 vzorky) o dvojslídny migmatit, v sondě 2/5 (6 vzorků) o svorovou rulu, v sondě 2/6 (6 vzorků) o dvojslídny metagranit a v sondě 2/8 (4 vzorky) o skarn.

Petrografické určení jsme zajistili na brněnské pobožce ČGS (D. Buriánek). Analýzy prvků (Ba, Ga, Rb, Sr, V, Zr, Y, La, Ce, Nd, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Au, Be, Co, Cs, Sc, Hf, Nb, Sn, Ta, Th, U, W, Pr, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Mo, Cd, Sb, Bi, Ag, Tl, Se, C, S) a silikátové analýzy byly provedeny v laboratořích ACME ve Vancouveru v Kanadě.

Data byla hodnocena jednak pomocí základních statistických metod, zkoumali jsme i změny složení v závislosti na hloubce. Některé z vybraných zajímavých příkladů závislosti a trendů ukazují pro sondy 1/1, 1/2, 1/3, 1/7 (povodí Bílého potoka), 2/1, 2/2, 2/5 a 2/6 (povodí Fryšávky) obrázky 1 až 16 na tabulích I a II. Shrnutí v následující kapitole však opíráme i o další data z chemických analýz.

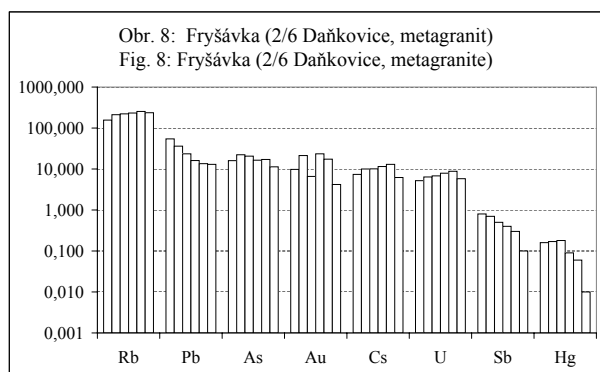
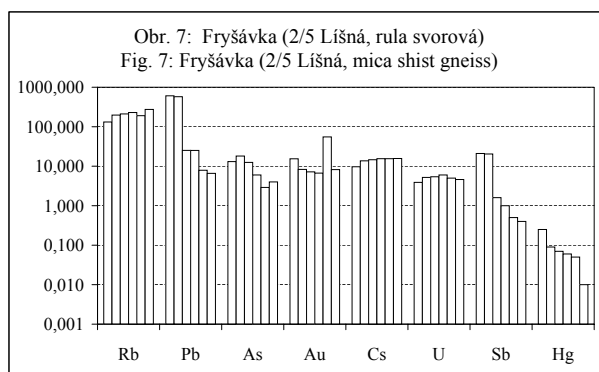
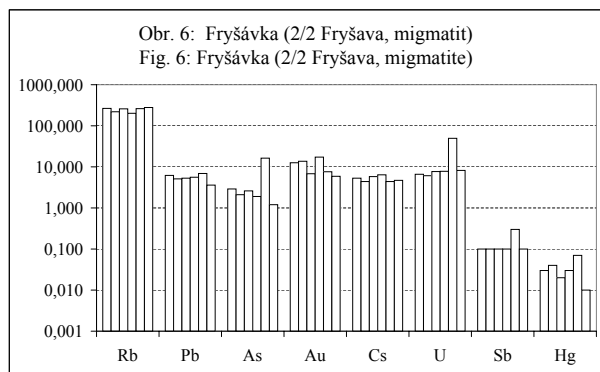
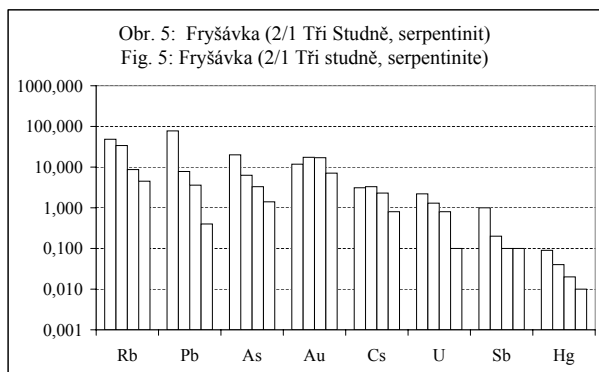
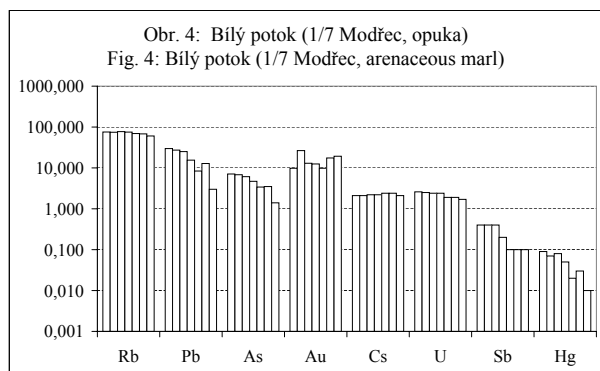
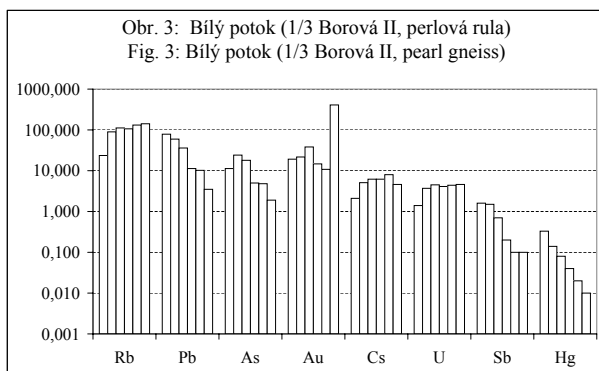
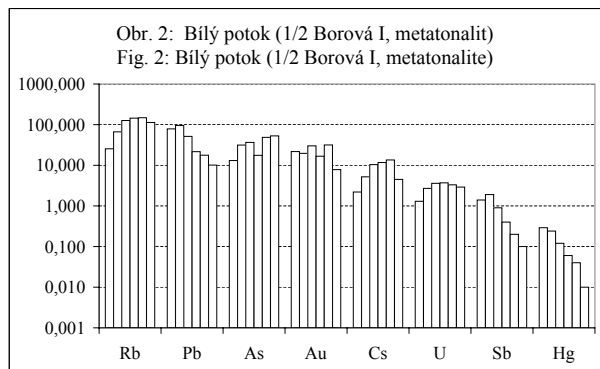
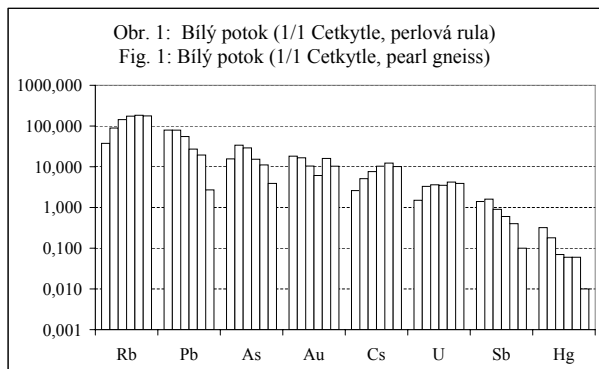
Literatura

- Brantley, S. L. – Chen, Y. (1995): Chemical weathering rates of pyroxenes and amphiboles. – In: Chemical weathering rates of Silicate Minerals, Reviews in Mineralogy 31, 119-172. Washington, Min. Soc. Amer.
- Müller, P. (2005): Závěrečná zpráva za projekt VaV/630/4/02 Výzkum sedimentů přehrad, nádrží a jezer - zhodnocení rizik a návrhy opatření. – MS MŽP, ČGS.
- White, W. M. (1998): Geochemistry. – Cornell University. Ithaka, New York. USA.

Závěrečné shrnutí

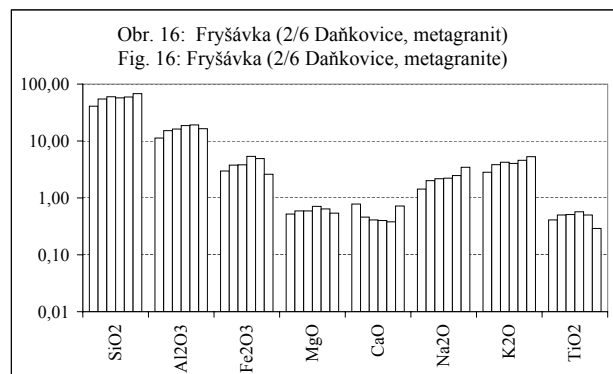
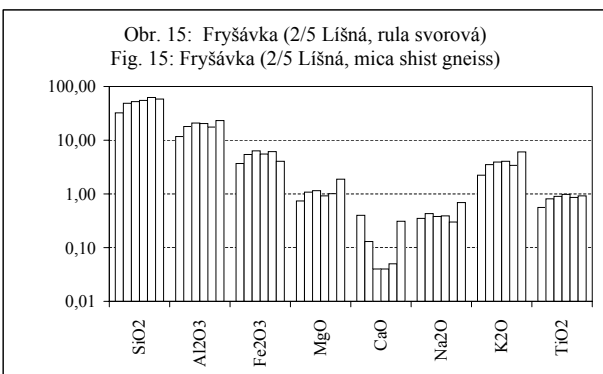
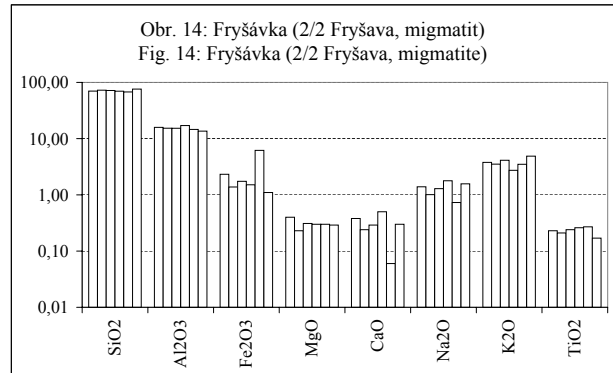
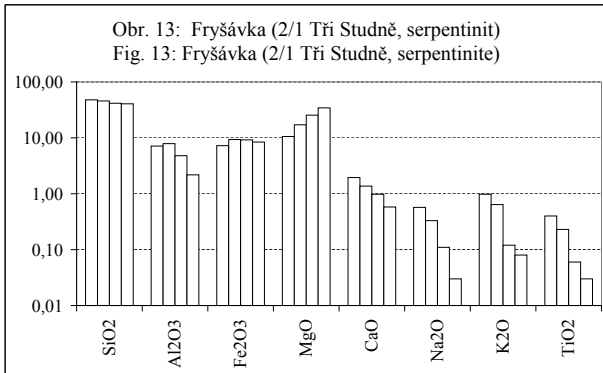
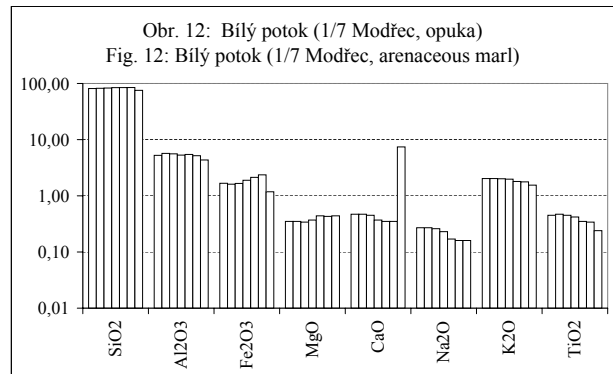
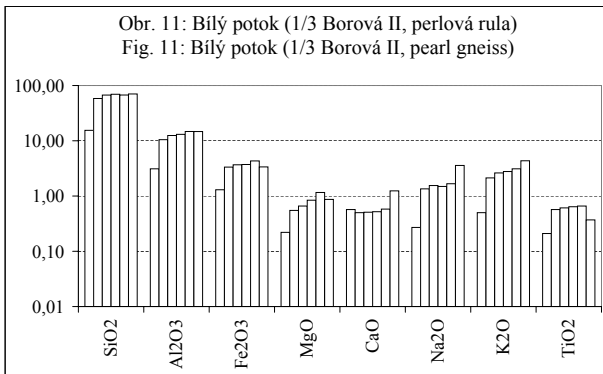
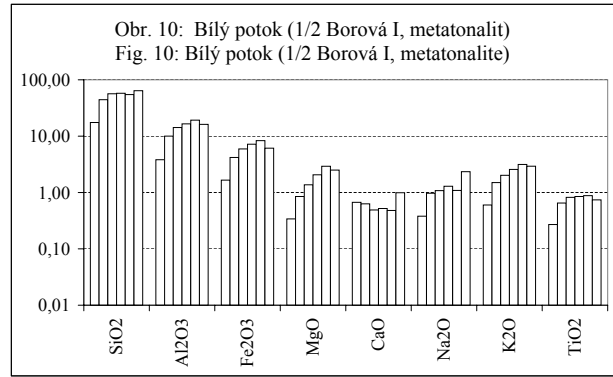
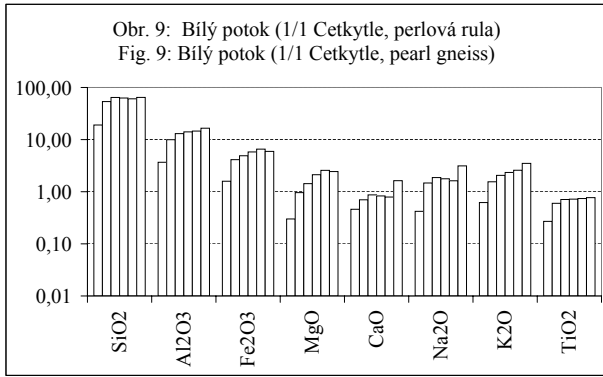
Vzhledem k počáteční fázi výzkumů není možné bez dalších doplňujících dat a informací provést komplexní interpretace. Přesto lze již dnes uvést některé zajímavé následující skutečnosti, jež dokládají oprávněnost řešení podobných výzkumných námětů:

- Obsahy Hg generelně s hloubkou klesají, podobný trend většinou vykazují také Sb, Pb a As. Domníváme se, že rozhodujícím činitelem navýšení koncentrací mohou být prašné imise těchto elementů z ovzduší.
- Obsahy Rb s hloubkou většinou narůstají, podstatnou výjimkou z daného trendu je sonda 2/1 (Tři Studně, povodí Fryšávky). Zde směrem do podloží (serpentinit) významně klesají podíly prakticky všech prvků sledovaných na obrázcích 1 až 8.
- Směrem do podloží obvykle narůstá podíl SiO_2 a také Al_2O_3 . Zda je tato skutečnost způsobena zejména úbytkem poměrného zastoupení bioty s hloubkou (parametry TOC a TOS), však bude třeba teprve prokázat.
- S hloubkou většinou narůstá i koncentrace Mg (MgO). Absolutně nejvyšší hodnoty byly zjištěny v profilu sondy 2/1 (nadloží serpentinitu z lokality Tři Studně). Zde byly ve všech odebraných vzorcích zjištěny velmi vysoké koncentrace Ni (i přes 2000 ppm).
- Rovněž obsahy Cs směrem do podloží spíše narůstají. Na části lokalit (sondy 1/3 Borová, 5/4 Divišov a hlavně 3/1 Vojtěchov) byly zjištěny i zvýšené koncentrace antropogenního počernobylského reliktu – izotopu ^{137}Cs , které významně přispívají k navýšení radioaktivního pozadí (i přes $30\text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$).
- Obsahy Ba jsou v nadloží rul i tonalitu významně vyšší (i přes 800 ppm) než v křídových sedimentech. V případě rul z okolí Borové (sondy 1/1, 1/2, 1/3) lze vysledovat směrem do podloží k méně navětralým horninám nárůst koncentrací Ba.
- Obsahy Sr (a zčásti i Rb) kolísají, jsou však v horninách v nadloží krystalinika většinou vyšší (kolem 150 ppm) než v křídových sedimentech (kolem 60 ppm). Pro oblast Borové platí pro oba prvky podobný, i když méně výrazný trend nárůstu koncentrací, jako pro Ba.
- Horniny z profilu sond 1/7 a 1/8 ze snosové oblasti Bílého potoka náležející geologicky k okraji České křídové tabule obsahují obvykle méně V. Ani zde, ani v ostatních profilech sond nelze vysledovat významnější trendy změn závislé na hloubce.
- Zr jsou nejbohatší nejsvrchnější partie profilu sondy 1/7 z lokality Modřec v nadloží křídových opuk (i přes 400 ppm). Obsahy směrem do hloubky významně klesají (až na ca 200 ppm). Tyto vzorky podle očekávání obsahují nejvíce SiO_2 .
- Významně kolísají i koncentrace Cu a Pb, přičemž v rulách a jejich zvětralinách jsou přibližně 2× vyšší než v křídové opuce a jejím nadloží. Totéž platí pro Zn a ještě významněji pro Ni.
- Vysvětlení uvedených pozorování a mnoha dalších skutečností bude předmětem dalších etap řešení projektu GAČR s označením 205/06/1431.



Tabule I: Analýzy vzorků odebraných z jednotlivých sond (směrem od povrchu, obsahy v ppm).

Table I: Analyses of samples collected from the selected sounds (with increasing depth, contents in ppm).



Tabule II: Analýzy vzorků odebraných z jednotlivých sond (směrem od povrchu, obsahy v %).

Table II: Analyses of samples collected from the selected sounds (with increasing depth, contents in %).