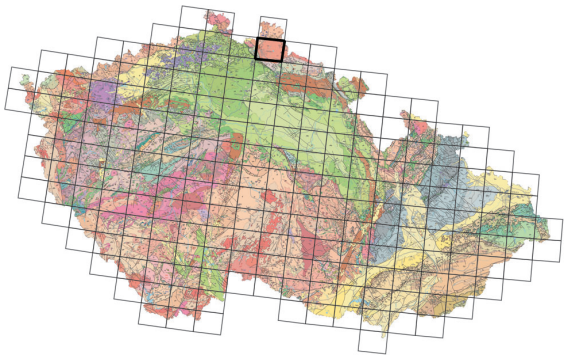
# Albrechtický chloridový okrsek

## Albrechtice chloride district

Viktor Goliáš [1] – Lenka Hrušková [1] – Tomáš Černík [1] – Jiří Bruthans [1] – Petr Nakládal [2] – Zdeňka Churáčková [1] – Agata Kula [3]

[1] Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova v Praze, Albertov 6, 128 43 Praha 2; wiki@natur.cuni.cz
[2] Pšenčíkova 678/16, Praha 12; petr.nakladal@iex.cz
[3] Politechnika Wrocławska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław; agata.kula@pwr.wroc.pl

***Key words:*** *groundwaters, mineral waters, radon, chloride, Jizera orthogneiss, Eger rift, Albrechtice near Frýdlant*



(03-14 Liberec)

***Abstract:*** During the exploration for radioactive mineral waters in the years 2012 and 2013 in Chrastava–Bogatynia area a cluster of water with increased radioactivity and salinity was found at Albrechtice near Frýdlant. Two major surface springs have the following characteristics: Spring "Soumar" has an activity of 1565 Bq/l $^{222}$Rn and TDS 1.5 g/l, flow rate 1.5 l/min, the molar type Na-Ca-Cl. Spring "Mother" has an activity of 2300 Bq/l $^{222}$Rn, TDS 0.6 g/l, flow rate 22 l/min, the water is a Na-Cl molar type.

The location is settled and it is near Liberec–Frýdlant main road. We sought the origin of the chloride mineralization as a massive anthropogenic contamination. However, our research works was not confirmed this. It should be recognized that the mineralization may be of a natural origin. For a natural origin speak both quantitative and qualitative data (especially high activity of radium ($^{226}$Ra). Similarly as in the case of many other sources of mineral waters, its origin is unclear. Water can be classified as sodium-chloride, radioactive, cold mineral water. In any case, there are mixed chloride-radon type mineral waters, which is new for the whole area of the Eger Rift.

V letech 2012 a 2013 byl v oblasti Chrastava–Bogatynia realizován vyhledávací průzkum na radioaktivní (radonové) minerální vody (Černík in prep.), navazující na dříve prozkoumanou oblast Lázně Libverda–Świeradów Zdrój (Hrušková 2013) a další oblasti s radioaktivními vodami v lugiku (Krásný et al. 2012).

Zkoumané území tvoří jizerské ortoruly, na jihozápadě v kontaktu s variskými granity krkonošsko-jizerského plutonu, na severozápadě leží žitavská pánev vyplněná mocnými terciérními sedimenty. Zároveň je oblast intenzivně proniklá terciérními vulkanity; u Bogatyně je jedno z významných vulkanických center oherského riftu (Kopecký 2010). Ze severu přiléhá elsterská glaciální fronta; sama vývěrová lokalita byla zasažena kontinentálním ledovcem, který snad i překonal albrechtické sedlo (Nývlt et al. 2011).

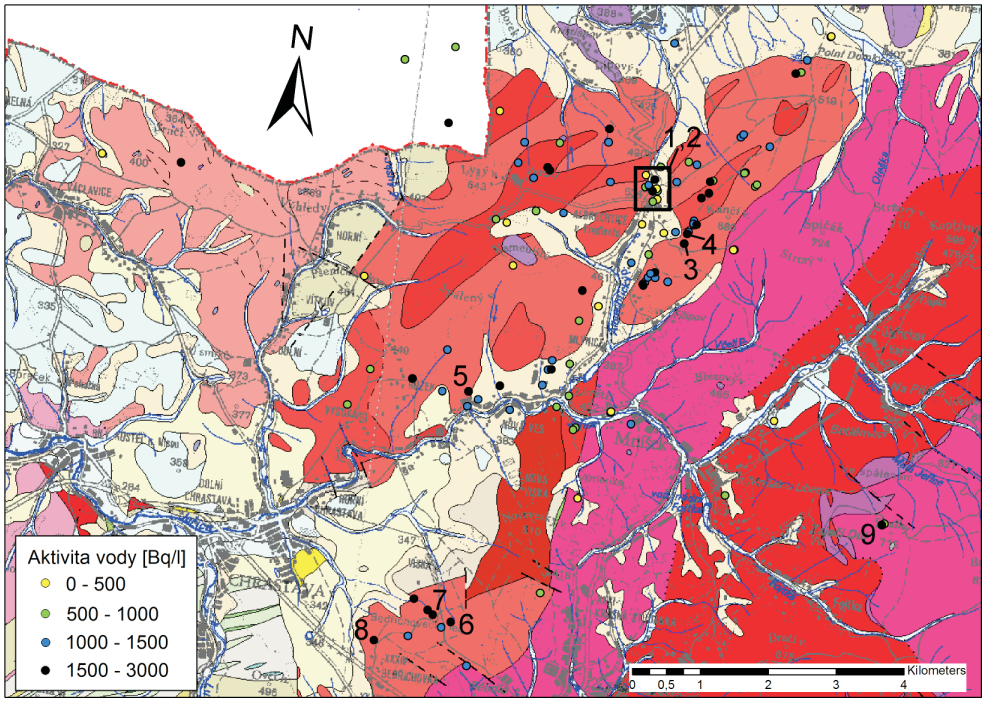
Oblast je na radioaktivní prameny mimořádně bohatá. Bylo nalezeno celkem 30 zdrojů s aktivitou nad 1500 Bq/l $^{222}$Rn (tab. 1). Hlavní klastry radioaktivních vývěrů jsou soustředěny ve formě linií podél kontaktu jizerských ortorul s granity na Kančím vrchu, ve svahu přivráceném k žitavské pánvi (Albrechtice – Vysoký) a podél údolí Jeřice v Nové Vsi. Významný klastr byl nalezen ve kře tanvaldského granitu v blízkosti Bedřichovky. Osamocený aktivní vývěr (Nežádoucí pramen) byl objeven také na jizerském granitu v blízkosti granitů typu Fojtka (obr. 1).

## Objev chloridových vod

Při systematickém měření jsou na terénní základně z odebraných vzorků kromě aktivity radonu také stanovovány fyzikální parametry pH, Eh a EC. Dne 9. 6. 2012 zachytila průzkumná skupina Jana Soumara na severní straně albrechtického sedla povrchový vývěr radonové vody s velice zvýšenou EC. Je to zároveň nejvýznamnější vývěr v bažině (slanisku), sevřené v serpentině silnice Liberec–Frýdlant. Přes mírné protesty objevitele byl pramen nazván Soumar (tab. 1). Po zjištění základní charakteristiky byl tento vývěr v září 2012 mělce zachycen pro odběr vody i další měření (obr. 2).

## Podrobný průzkum lokality

V červnu 2013 byl v albrechtickém sedle realizován geofyzikální průzkum metodou VDV na louce nad pramenem Soumar. Severojižní profil byl bez indikací. Dva východozápadní profily zachytily výraznou anomálii vodivosti (tektonickou strukturu) běžící od pramene Soumar jjv. směrem. Průzkum na dalších profilech nebyl možný z důvodu velkého množství sítí diskvalifikujících nasazení převážné většiny geofyzikálních metod. Při prozkoumávání vymezeného perimetru byl o několik dní později pouze měřením vodivosti nalezen v příkopu hlavní silnice další významný vývěr s vysokou EC, nazvaný pramen Matka (v domnění,




Obr. 1. Aktivity radonu ($^{222}$Rn) v podzemních vodách oblasti Chrastava–Bogatynia. Rámečkem vyznačena oblast albrechtického chloridového okrsku, čísly vybrané významné radioaktivní prameny (popis v tab. 1). Podklad geologické mapy 1 : 50 000 převzat z GIS vrstvy serveru www.geology.cz.

Tabulka 1. Základní charakteristiky vybraných významných radioaktivních pramenů průzkumného území Chrastava–Bogatynia

| číslo | kód | název pramene | lokalita | WGS 84 | | výška | aktivita $^{222}$Rn | průtok | konduktivita | teplota | pH |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | N | E | [m n. m.] | [Bq/l] | [l/min] | [µS/cm] | [°C] | |
| 1 | CH2/11 | Soumar | Albrechtice | 50,868733 | 15,038033 | 515 | 1375–1834 | 1,3–1,5 | 3030 | 8,2–11,4 | 5,17 |
| 2 | CHR/11 | Matka | Albrechtice | 50,867200 | 15,037883 | 528 | 2239–2386 | 20,7–24 | 1477 | 5–11,6 | 5,97 |
| 3 | CHR/5 | Kančí pramen | Kančí vrch | 50,860833 | 15,045850 | 595 | 1491–2074 | 1,8–3,2 | 105 | 9 | 4,99 |
| 4 | CH2/41 | pramen Zapomnění | Kančí vrch | 50,862150 | 15,046183 | 619 | 1787–2600 | 9 | 96 | – | 5,22 |
| 5 | CH3/17 | Mikulášský pramen | Nová Ves | 50,837750 | 15,005033 | 385 | 2212–2821 | 14,6–60 | 174 | 9,5 | 5,67 |
| 6 | CH3/9 | Uprostřed lesa | Bedřichovka | 50,807183 | 15,007533 | 408 | 1450–2792 | 0,6–18 | 148 | 7,7 | 4,5 |
| 7 | CH3/6 | Logická smyčka | Bedřichovka | 50,807833 | 15,003633 | 400 | 1360–1818 | 3,0–45 | 142 | 7,6 | 5,93 |
| 8 | CH3/7 | Střepový pramen | Bedřichovka | 50,803483 | 14,992133 | 366 | 1264–1503 | 4,8–18 | 127 | 7,8 | 5,66 |
| 9 | CH3/27 | Nežádoucí pramen | Fojtka | 50,827233 | 15,094417 | 683 | 1244–1535 | 6 | 67 | – | 6,02 |

že je zdrojem pramene Soumar). K našemu velkému překvapení bylo během následující akce v září 2013 zjištěno, že je také radioaktivní, dokonce aktivitou i průtokem jeden z nejvýznamnějších v celé zkoumané oblasti.

Užší vývěrová oblast byla podrobně prozkoumána měřením konduktivity všech dostupných vodních projevů (pramenů, soukromých vodních zdrojů, povrchových toků) a aktivity radonu převážné většiny z nich. Byla nalezena celá řada dalších zdrojů se zvýšenou EC jak v povrchových tocích, tak v lokálních vodních zdrojích (obr. 3) a dva zdroje s vysokou aktivitou radonu v soukromých studnách (obr. 4). Za vysokých stavů vody (po deštích a povodních v červnu 2013) se přírony slaných vod objevují dokonce ve sklepě domu č.p. 156 i naproti v příkopu silnice vysoko nad pramenem Matka (obr. 3).

Orientačně byly zkoumány i vody odtékající na jižní stranu albrechtického sedla. Zvýšené EC byly zaznamenány i zde. Situace je ovšem velmi nepřehledná z důvodu silného antropogenního postižení, kdy jsou takřka všechny vody zachyceny melioracemi, nyní již značně zašlými. Nejvýznamnější jižní odtok je možné najít ve zborcené meliorační šachtě na kraji louky pod motorestem (50° 51,838´ , 15° 2,180´ ), kde byly pozorovány přítoky 45 l/min, 442 µS/cm a 12 l/min, 1044 µS/cm.

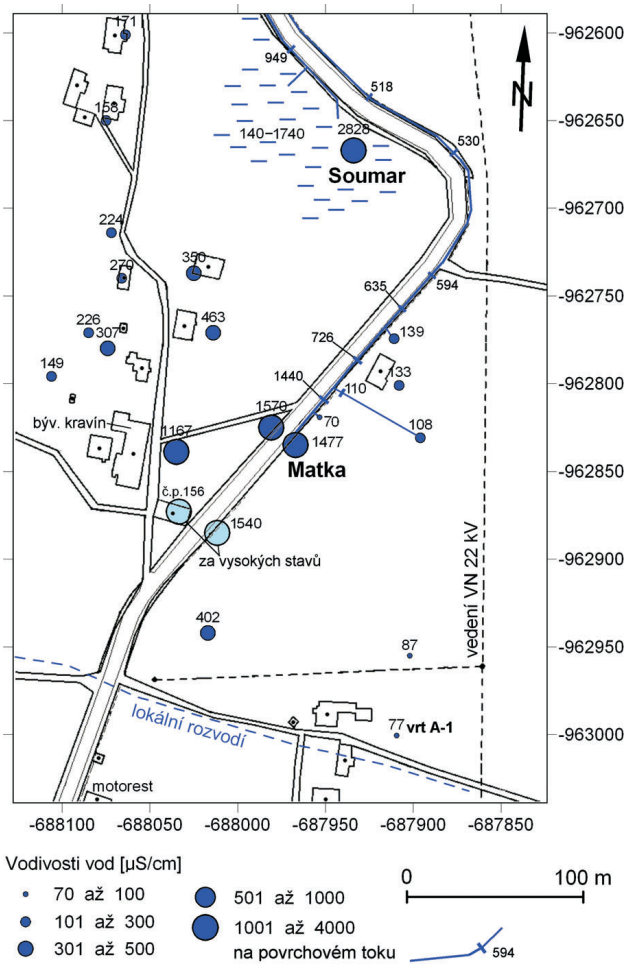
Celá oblast severního svahu byla proměřena také terénní gamaspektrometrií (GT-30 s automatickým záznamem dat i GPS pozice, celkem 542 bodů). Vysoké aktivity ekvivalentního uranu byly zachyceny na místě vývěrů radioaktivních vod v podobě lokálních ostrých maxim (Matka) či větších zvýšených oblastí (slanisko Soumara) (obr. 5).

## Popis vývěrů a složení vody

### Pramen Soumar

Tento pramen je nejvýznamnějším vývěrem na území rozsáhlé bažiny (slaniska). Při podchycování byl ověřen jeho

Obr. 2. Prozatímní záchyt minerálního pramene Soumar na severním svahu albrechtického sedla (21. 9. 2012).




Obr. 3. Podrobná mapka severního svahu albrechtického sedla s výsledky měření vodivosti vod. Mapový podklad upraven z katastrální mapy ČÚZK, vyznačena souřadná síť v systému JTSK.

soustředěný vývěr proudící svislým kanálem v promytém kvartérním štěrku, kam byla položena jímací trubka s perforací. Teplotu, EC a průtok zde laskavě v nepravidelných intervalech zjišťuje pan Jaroslav Kameník, majitel vývěrové louky. Teplota kolísá mezi 9,1–11,6 °C, což je poněkud (o 1–2 °C) výše, než by se zde dalo čekat. Celková mineralizace (CM) je 1,5 (9/2012), resp. 1,3 (9/2013) g/l (tab. 2). Ve stejném období se ovšem zvýšil jeho průtok z 1,3 na 1,5 l/min. Vodivost (EC) nekolísá a není závislá na aktuálním průtoku ani teplotě, je však zřetelný mírný průběžný pokles EC, ve sledovaném období zhruba o 10 %. Voda je molárního typu Na-Ca-Cl; je možno ji klasifikovat jako minerální vodu chlorido-sodnou, studenou, radioaktivní. Chutí připomíná nízkotučné mléko. Pramen je již velmi oblíben a místními hojně využíván k odběru vody.

Aktivita tritia ($^3$H) je 7,08 ± 0,32 TU. Voda se tedy infiltrovala po roce 1950, složky infiltrované před rokem 1950, pokud se vyskytují, mají malý význam.

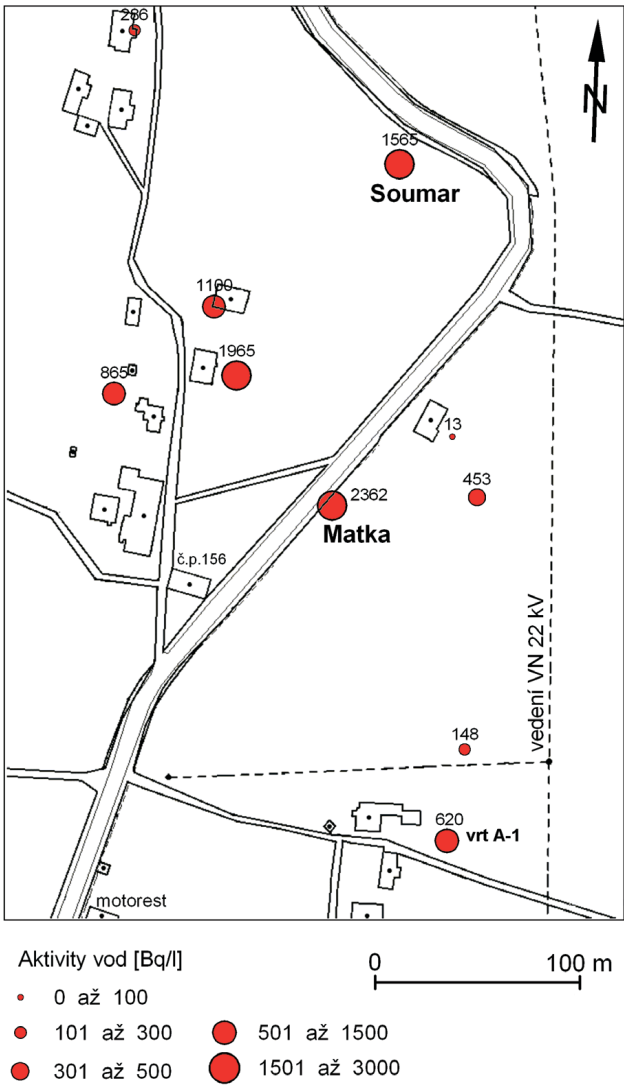
## Pramen Matka

Pramen vyvěrá v příkopu silnice z Liberce do Frýdlantu; při konstrukci komunikace s ním bylo počítáno a čelo vývěru je opevněno zděnou zídkou ze žulových kvádrů. Bezprostředně u vývěru stojí uschlý strom (jeřáb) spálený solemi. Vývěr byl v září roku 2013 vyčištěn. Přítoky o vyšší konduktivitě (2390–3090 µS/cm) byly pozorovány jak z báze zídky, tak ze dna příkopu. Za vyšších stavů vody zídka přetéká. Hlavní přítok (cca 80 % celkového průtoku) o nižší konduktivitě (1317 µS/cm), ale stejné radioaktivitě je však ze směru od louky (obr. 6). Pramen Matka je mnohem vydatnější a také radioaktivnější než Soumar (tab. 1). Voda je molárního typu Na-Cl, CM 0,6 g/l (tab. 2). Teplota jednotlivých přítoků dosahuje 11,4–11,6 °C (9/2013), ale v období holomrazu (12/2013) byla jeho teplota pouze 5 °C; pramen je však pozorován teprve krátkou dobu. Půdní termometrie ve stejném období prokázala jenom slabou termální anomálii – zvýšení o 1 °C v louce do 8 metrů od vývěru oproti okolí.

Vody obou pramenů se chemicky liší. Pramen Soumar je bohatší na minoritní kationty (Ca, Mg, K), ale zaujme i jeho zvýšený obsah Mn a dalších prvků. Vody pramene Matka vypadají jako primárnější. Naproti tomu u Soumara lze předpokládat jeho delší interakci a setrvání v kvartéru i vcez antropogenně modifikovaných povrchových vod (vyšší obsah dusičnanů).

## Diskuse původu chloridových vod

Lokalita se nachází v antropogenně zasažené (osídlené) oblasti v bezprostřední blízkosti hlavní silnice I/13




Obr. 4. Podrobná mapka severního svahu albrechtického sedla s výsledky měření aktivity radonu ($^{222}$Rn) ve vodách.

Liberec–Frýdlant. Původně jsme se domnívali, že jde o masivní kontaminaci např. ze špatně zabezpečeného skládkování posypové soli.

Podle slov pamětníka, bývalého ředitele správy silnic v Liberci (nyní ŘSD, pobočka Liberec) pana Jiřího Horáka, současného starosty Hejnic, však v albrechtickém sedle nejméně v posledních třiceti letech žádný sklad posypové soli nebyl. Sůl se vozila z Liberce; předtím se pouze štěrkovalo.

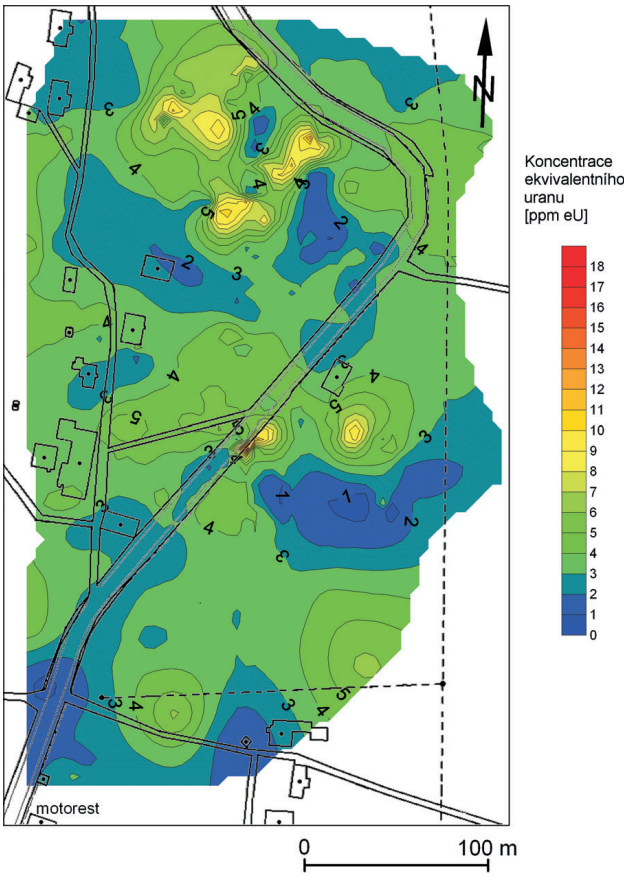
K objasnění nevedlo dotazování místních pamětníků ani zjišťování úrovně zasolení půd, prováděné měřením vodivosti výluhu materiálu ze špice půdní sondy. Negativní byla tato zkouška na všech „podezřelých" místech včetně podlahy bývalého kravína. Zvýšenou úroveň zasolení vykázaly pouze půdy z bezprostředního okolí pramene Matka, a to v příkopu i na přiléhající louce.

Nezbývá nám než připustit přirozený původ chloridové mineralizace. Ta by mohla souviset jak se zlomovým systémem oherským, tak s chloridovými solankami navrtanými v podloží blízké žitavské pánve (Bruthans 2008) i s ovlivněním na čele glaciální fronty. Možností vzniku je více.

Tabulka 2. Chemické složení vody z pramenů Soumar a Matka

| Název pramene | Soumar | Soumar | Matka |
|---|---|---|---|
| kód | CH2/11 | CH2/11 | CHR/11 |
| odběr dne | 21.9.2012 | 21.9.2013 | 21.9.2013 |
| ukazatel | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] |
| $Na^+$ | 315,8 | 310,0 | 179,0 |
| $K^+$ | 24,8 | 23,7 | 11,9 |
| $Mg^{2+}$ | 32,1 | 35,9 | 8,90 |
| $Ca^{2+}$ | 118,6 | 108,0 | 33,0 |
| $Fe^{2+}$ | < 0,005 | < 0,005 | 0,01 |
| $Mn^{2+}$ | 2,91 | 2,80 | < 0,005 |
| $Al^{3+}$ | 0,44 | 0,27 | < 0,03 |
| $Sr^{2+}$ | 0,57 | 0,46 | 0,14 |
| $Ba^{2+}$ | 0,31 | 0,27 | 0,07 |
| $V^{5+}$ | 0,02 | 0,02 | < 0,005 |
| $Ni^{2+}$ | 0,16 | 0,14 | < 0,01 |
| $Zn^{2+}$ | 0,09 | 0,09 | 0,01 |
| $Ti^{4+}$ | < 0,01 | 0,02 | < 0,01 |
| $Ag^+$ | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| $Bi^{3+}$ | < 0,01 | < 0,05 | < 0,05 |
| $Cd^{2+}$ | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 |
| $Co^{2+}$ | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| $Cr^{3+}$ | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| $Cu^{2+}$ | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| $Mo^{4+}$ | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| $Pb^{2+}$ | < 0,03 | < 0,03 | < 0,03 |
| kationty celkem | 495,7 | 481,7 | 233,0 |
| $F^-$ | 0,47 | 0,33 | < 0,2 |
| $Cl^-$ | 930,0 | 785,0 | 325,0 |
| $Br^-$ | < 0,2 | < 0,2 | < 0,2 |
| $SO_4^{2-}$ | 46,3 | 45,8 | 35,4 |
| $NO_3^-$ | 18,9 | 20,2 | 7,6 |
| $HCO_3^-$ | 25,9 | 4,6 | 53,4 |
| $PO_4^{3-}$ | < 0,09 | < 0,09 | < 0,09 |
| $AsO_4^{3-}$ | < 0,09 | < 0,09 | < 0,09 |
| anionty celkem | 1021,6 | 855,9 | 421,4 |
| $SiO_2$ | 23,0 | 15,4 | 11,1 |
| celková mineralizace | 1540,4 | 1353,0 | 665,5 |

Celá lokalita je bez skalních výchozů. Z vrtné databáze byl vybrán jediný vrt A-1na zkoumaném území (Lusková 1990). Nachází se již dosti daleko od osy sedla (obr. 3). Mocnost kvartéru je uváděna 1 m, nicméně až do hloubky 13 m je dokumentován prachovitý písek a do 18 m silně zvětralá ortorula. Množství mělkých vrtů (obvykle do 10, max. 15 m) bylo provedeno také podél projektované přeložky silnice I/13 na trase Krásná Studánka–Dětřichov (Svoboda et al. 2008). V prostoru trasy projektu silnice




Obr. 5. Podrobná mapka severního svahu albrechtického sedla s výsledky povrchového měření gamaspektrometrie. Měřený signál je aktivita $^{214}$Bi (krátkodobý rozpadový produktu radonu). Mapa zobrazuje pozici vývěrů radonových vod i úseky podmáčené radioaktivní vodou. Izoliniová mapa zpracována v programu SURFER.

Obr. 6. Pramen Matka po vyčištění a instalaci trubky pro měření průtoku (21. 9. 2013). Červené šipky vyznačují pozice hlavních přítoků.

vzdálené od osy albrechtického sedla je takřka výhradně dokumentována středně až silně navětralá ortorula až do hloubek 9 m. V ose sedla lze tedy předpokládat ještě podstatně větší mocnosti kvartérně (glaciálně?) ovlivněných a tedy porézních hornin.

Pro přirozený původ mineralizace však hovoří zejména kvantitativní poměry. Podle informace ing. Josefa Vrby, současného ředitele pobočky ŘSD v Liberci, je množství použitých solí dobře známo, neboť je pravidelně sdělováno CHKO Jizerské hory. V zimní sezóně 2013/2014 bylo na ploše 81 500 m$^2$ použito 90,5 tun soli. Při standardní šířce vozovky 7 m vychází délka soleného úseku 11,64 km; tudíž je použito 7,8 t soli/km silnice. Délka uvažovaného úseku infiltrace od lokálního rozvodí k prameni Soumar je přibližně 300 m. Na tomto úseku bylo tedy použito cca 2,3 tuny soli. Jen ze dvou nejvýznamnějších vývěrů (Soumar + Matka) však vyteče ročně okolo 10 tun solí, což je takřka pětinásobek množství použitého pro údržbu silnice. Skutečné množství vyvěrajících solí je však ještě vyšší, jelikož nejsou do bilance započteny nezachycené vývěry zejména v prostoru slaniska pramene Soumar.

Zajímavé informace poskytují také výsledky analýz podzemních vod zachycených mělkými vrty při průzkumu přeložky silnice I/13 (Svoboda et al. 2008). Vody se zvýšenými obsahy chloridů byly zachyceny právě pouze na severní straně albrechtického sedla, níže (severněji) od pramene Soumar také v blízkosti silnice I/13. Jsou to objekty J56 a J69 se stanovenými koncentracemi 480, resp. 147 mg/l $Cl^-$. Radioaktivita těchto vod nebyla stanovována. Podzemní vody z ostatní části trasy Krásná Studánka–Dětřichov mají odlišné chemické složení; jsou to pouze nízce mineralizované vody typu Ca-$SO_4$-$CO_3$.

Druhým a hlavním argumentem pro přirozený původ chloridové mineralizace je nově provedené stanovení aktivity radia pramene Soumar. Voda má velmi zvýšený obsah (1,7 Bq/l $^{226}$Ra), převyšující nejméně desetinásobně obsahy $^{226}$Ra v okolních nemineralizovaných vodách. Právě vysoký obsah radia je pro fosilní chloridové solanky typický (např. Porcelli – Swarzenski 2003), zatímco u posypové soli tento radioaktivní prvek má pouze nízké (pozaďové) aktivity.

Podobně jako v případě mnoha jiných zdrojů minerálních vod je také původ těchto zdrojů nejasný. Zajímavé je, že vody nejslanější jsou zároveň nejradioaktivnější; zarážející je zejména tato úzká souvislost s vývěry radioaktivních vod. Prameny slané neradioaktivní vody zde nebyly nalezeny.

Ve hře je však stále i hypotéza jejich antropogenního původu. Pak máme co do činění s minerální vodou (podle definice), která vzniká přírodní modifikací a purifikací velmi masivní chloridové kontaminace. Ta ovšem naším dosavadním výzkumem prokázána nebyla. V současné chvíli se

spíše domníváme, že by na tomto místě mohly být vynášeny přírodní fosilní (zasáklé?) solanky proudem radonových vod vystupujících na tektonické struktuře.

V každém případě zde vyvěrá smíšený typ radon-chloridových minerálních vod, který je nový pro celou oblast oherského riftu. Podle velikosti mluvit již o albrechtickém solném (chloridovém) okrsku.

Průzkum lokality není ukončen. Touto zprávou se obracíme k vážené geologické veřejnosti s prosbou o náměty k dalšímu pokračování výzkumu či poskytnutí informací vedoucích k posunutí povědomí o nastíněné hydrogeologické pozoruhodnosti.

*Poděkování. Průzkumné práce byly realizovány za finančního přispění projektů MSM0021620855, GAČR 205/07/0522, MEB051016, MEB050812 a GAUK 756213 a projektu č. 2011/01/N/ST10/06790 financovaného polským Narodowym Centrem Nauki. Děkujeme ing. Ivanu Kašparcovi z firmy GEORADIS za zapůjčení gamaspektrometru, Dr. Ondřeji Šebkovi, Lence Jílkové a Věře Vonáskové za provedení chemických analýz vody, LS Frýdlant a také četným studentům a dalším příznivcům radioaktivních pramenů za nezištnou pomoc v terénu.*

## Literatura

BRUTHANS, J. (2008): Doba zdržení a chemizmus vody v Žitavské pánvi. Disert. práce, 20 str. – MS Přírodověd. fak., Univ. Karl. v Praze.

HRUŠKOVÁ, L. (2013): Prameny radioaktivních minerálních vod v oblasti Lázně Libverda – Świeradów-Zdrój. Dipl. práce, 68 str. – MS Přírodověd. fak., Univ. Karl. v Praze.

KOPECKÝ, L. (2010): České středohoří Mts. and ambient young alkaline volcanic complexes in the Ohře Rift, Czech Republic: volcanology, petrology and rift evolution. – 188 str. Čes. geol. služba, Praha.

KRÁSNÝ, J. et al. (2012): Podzemní vody České republiky. – 1143 str. Čes. geol. služba, Praha.

LUSKOVÁ, O. (1990): Hydrogeologický průzkum Albrechtice A–1, A–2. – MS Uran. průzk. Liberec. Geofond P070566, 15 str.

NÝVLT, D. – ENGEL, Z. – TYRÁČEK, J. (2011): Pleistocene Glaciations of Czechia. In: EHLERS, J. – GIBBARD, P. L. – HUGHES, P. D., ed.: Quaternary Glaciations, Extent and chronology. 37–46. – Elsevier, Amsterdam.

PORCELLI, D. – SWARZENSKI, P. W. (2003): The Behavior of U- and Th-series Nuclides in Groundwater. In: Bourdon, B. et al.: Uranium-series Geochemistry. Reviews in Mineralogy 52, 656 str. – Mineral. Soc. Amer., Washington.

SVOBODA, J. – POLESNÁ, K. – KNĚŽEK, V. (2008): Silnice I/13 Krásná Studánka – Dětřichov, Závěrečná zpráva o předběžném geotechnickém průzkumu. – MS GeoTec GS. Geofond P123500. 33 str, 24 příl.