

František Běhounek

Výzkum termálního radioaktivního pramene v Jáchymově

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 54 (1925), No. 2, 169--174

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/122362>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1925

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

Výzkum termálního radioaktivního pramene v Jáchymově.¹⁾

Napsal František Běhounek.

Počet analys našich minerálních vod na radioaktivitu jest dosud velmi skrovný: kromě prací — dnes již zastaralých — Macheho a Mayera²⁾ o radioaktivitě pramenů v Karlových Varech, Marianských a Františkových Lázních, Teplici-Šanově a Pišťanech, existují o ostatních minerálních vodách data jen nezaručená.

Teprve počátkem tohoto roku mohl býti zahájen st. radiologickým ústavem systematický výzkum v tomto směru a první jeho partii byl výzkum oblasti jáchymovské. Tato oblast vzhledem k přítomnosti uranových dolů poskytuje zajímavé pole výzkumů v oboru radioaktivních vod a možno očekávati, že zde najde se příspěvek k řešení otázky dosud nevyjasněné, totiž zákonitosti ve výskytu radioaktivních vod a mechanismu jejich aktivace.³⁾

Předmětem tohoto referátu jest výzkum termálního pramene na dole »Svornosti«.

Důl »Svornost«, tvořící východní část jáchymovských dolů, sestupuje až do hloubky 532 metrů. V roce 1863 byl zatopen termální vodou, jejíž přístup byl otevřen při dobývánkách na žíle Geschieber,⁴⁾ jedné to ze severojižních žil, obsahujících rudu. Otvor, jímž pramen vnikl do dolu, nalézá se na nehlubším místě téhož, pod XII. horizontem Jáchymovým. Vzhledem k nedostatečným technickým prostředkům té doby (používalo pump poháněných vodou), bylo nutno práce v dole zastaviti a teprve po 6 letech, použitím parní pumpy, zdařilo se přítok zdolati a ústí pramene zabetonovati zátkou, jejíž tloušťka obnášela 8 metrů. Středem zátky vyvedena byla roura o průměru 100 mm, mající za účel dovoliti částečný odtok vodě a zabrániti přílišnému zvýšení tlaku pod zátkou, beztak již značnému v důsledku volného plynu, vodou přinášeného. Sponatní výtok vody touto rourou obnášel na XII. horizontu 0,06 m³ až 0,133 m³ za minutu; bližší zprávy o možných příčinách této variace chybí. Teplota vody kolísala mezi 28,5 až 28,7° C, kdežto teplota skály dle současných měření obnášela na XII. horizontu asi 23° C (v roce 1882).

¹⁾ Vyjde též v »Journal de Physique et le Radium«.

²⁾ Wiener. Berichte IIa 1905, t. 114, Physikalische Zeitschrift 1905.

³⁾ Soustavné zpracování výzkumu důlních i povrchových vod s tímto zřetelem bude předmětem zvláštního pojednání.

⁴⁾ Ve francouzské edici mylně uvedena dle Krause (Uranpecherzbergbaurevier in St. Joachimsthal, Wien 1916) žíla Becken.

Důl »Svornost« byl opuštěn v roce 1901, kdy voda stoupla až k niveau dědičné štoly Danielovy, t. j. 148 m pod ústí šachty. Teprve začátkem minulého roku byly skončeny nákladné práce zahájené státem na podzim r. 1923 a mající za účel dokonalé odvodnění dolu. Dnes jest důl přístupný až k nejnižšímu bodu a důlní práce byly v něm znovu zahájeny.

Od měsíce února až do srpna byla vykonána serie analys tohoto termálního pramene na radioaktivitu. Bylo použito cirkulační metody (Schmidovy,⁵⁾ spočívající ve změření emance, vypuzené za určitých podmínek ze známého kvanta vody. Tato metoda byla unifikována ve dvou směrech. Jednak místo zvonu, který u obvyklého typu nasazuje se na aparát a obsahuje měřenou emanaci, použito samostatných ionizačních komor, na elektrometru nezávislých, čímž bylo umožněno vykonati s jediným elektrometrem serii měření v čase poměrně krátkém proti dřívější metodě, jednak kalibrace elektrometru na základě jeho kapacity a citlivosti vzhledem k potenciálu nahrazena kalibrací pomocí definovaného množství emance. Tato byla získána z roztoku slabě aktivního $BaCO_3$ o přesně známém obsahu radia, který byl dán autorovi k dispozici p. M. Curie-ovou.

Místo dosavad užívaného odebrání vody pipetou či pouhým naplněním měrné nádoby, zavedena aspirace vody do vzduchotěsné nádoby, částečně evakuované; tím zamezí se každá ztráta emance, možná zejména tam, kde voda přenáší volný plyn, který vždy bývá několikrátte aktivnější než voda sama.

Výsledky analys byly velmi konstantní v mezích technických a pozorovacích chyb ($\pm 2\%$) a jejich střední hodnota obnášela

164. 10^{-9} Curie pro 1 liter vody,

při čemž časový průběh ionizačních hodnot získaných úhrnným zářením v uzavřené ionizační komoře poukazoval vždy na radon (radiovou emanci). Všechny analysy provedené až dosud za účelem zjištění eventuelní přítomnosti thoronu⁶⁾ (thoriové emance) skončily negativně. Při všech těchto analysách byla voda odebrána asi 6 metrů nad betonovou zátkou na konci roury, tvořící odvětvení potrubí, jímž voda stoupá. Teplota vody, obnášející 27,0° C zůstala po celou dobu od února do srpna 1924 konstantní.

Ježto nebylo možno — vzhledem k technické úpravě pramene — provésti analysu plynu vystupujícího přímo u ústí pramene, byl plyn odebrán pomocí kohoutku nasazeného na potrubí, jímž jest voda vedena do státních lázní k účelům léčebným. Plyn vzat byl na 2 místech, a to jednak na obzoru Danielově v šachtě »Svornosti«, t. j. ve vzdálenosti cca 380 m od ústí pramene, jednak u vchodu do Danielovy štoly, t. j. asi 2700 m od pramene. Plyn byl jímán

⁵⁾ Phys. Ztsch. 1905.

⁶⁾ Metodou indukované aktivity, přímo u zdroje.

obvyklou metodou do láhve naplněné vodou z pramene, pomocí kaučukové hadice na kohoutku u potrubí nasazené a v láhvi vyústující. Jeho aktivita byla následující:

1. V šachtě na obzoru Danielově:

Aktivita/litr	Teplota:	Tlak:	Vydatnost litr/min.
352 mili-	23°C	mm Hg	0,5
mikrocurie		—	

2. U vchodu Danielovy štoly:

448,0 mili-	19°C	756	0,0011
mikrocurie			

Plyn při cestě k ústí štoly se ochlazuje, podobně jako voda: důsledek toho jest dvojnásobek. Jednak plyn mající menší objem jeví větší aktivitu u ústí, než v blízkosti pramene, při čemž snížení objemu v důsledku nižší teploty se kombinuje se změnami tlakovými. Jednak voda sama se ochlazuje, rozpouští větší množství volného plynu a bude tedy u ústí štoly Danielovy jevíti relativně větší aktivitu než přímo u pramene. To také experimentem bylo dokázáno, rozdíl v aktivitě pak kolísal mezi 6,0—8,5% střední hodnoty, nalezené u pramene.

Vzhledem k vysoké své aktivitě, čínící z tohoto pramene nejsilnější aktivní pramen teplé vody, který jest až dosud znám, obsahuje voda poměrně velmi málo radia: experimentálně zjištěno v 1 cm^3 vody pouze $2,4 \cdot 10^{-13}$ gramů radia-prvku.⁷⁾ Jest tedy nejméně miliontina radonu ve vodě obsaženého dána radonem z rozpuštěného radia vyvinutým.

Zajímavý výsledek podává srovnání chemického rozboru vody provedeného v roce 1882 a rozboru z r. 1924. Obsah jednotlivých součástí udán v mg pro 1 litr vody.

	Analýza z r. 1882.	Analýza z r. 1924.
Ca O	29,1	80,4
K ₂ O + Na ₂ O	203,1	184,3
Mg O	9,9	11,4
Fe O	0,63	1,9
Fe ₂ O ₃	—	2,04
Cl	4,4	stopy
P ₂ O ₅	stopy	—
SO ₃	7,5	162,0
CO ₂	170,5	127,5
Si O ₂	50,8	46,8
Al ₂ O ₃	—	57,9.

⁷⁾ Metodou úplné separace radonu a jeho akumulace za několik dní.

Dle analýsy z r. 1882 vykazuje volný plyn vodou přinášený následující složení (pro 0° C a 100 cm Hg):

N	93,52
CO ₂	6,48
H ₂ S	stopy.

Nová data v tomto směru neexistují, sírovodík, o němž stará analýsa udává jen stopy, možno však již čichem konstatovati.

Při srovnání obou analys vody na minerální součásti jest na prvý pohled patrný značný rozdíl mezi údajem z r. 1882 a dnešním, pokud se týče některých složek: jest to zejména CaO, SO₃ a Al₂O₃. Jest pravděpodobno, že voda v důsledku mocného tlaku hydrostatického (sloup daný šachtou až k obzoru Danielovy štoly, asi 380 m vysoký) změnila svoji dosavadní cestu v podzemní cirkulaci a dostala se do styku s vodami jiného původu, jichž mísením se změnilo její složení.

Zajímavou otázku představuje původ vody a její podzemní cirkulace. Kraus⁹⁾ jest nakloněn viděti v tomto prameni p o v r c h o v o u v o d u, která sestupuje trhlinami ve svoru, proniká do žulového masivu, tvořícího podklad svorových vrstev a zde nabývá svou teplotu i své minerální složení, rozpouštějíc a strhujíc současně plyny vulkanického původu, nahromaděné zde z doby čedičové erupce. Existovala by tedy dvojí větev pramene, sestupná a vzešupná a dvojí pronikání kontaktem žuly a svoru, kde také prý možno jediné hledati obor větší cirkulace. Vývěr vody by byl potom pouhým zjevem hydrostatickým, velmi přibližně daným spojitými nádobami.

Mínění Krausovo zdá se býti pravděpodobné a také přijatelné ze stanoviska původu značné radioaktivity, kterou zmíněný pramen vykazuje. V tomto směru možno učiniti 3 hypotézy, za účelem vysvětlení této radioaktivity:

1°. Aktivita z největší části jest získána ve svoru a to hlavně při sestupu vody.

2°. Aktivita jest dána stykem vody se žilou velmi bohatou na rudu.

3°. Aktivita jest získána v žulovém masivu a tedy v nejhlubší partii pramene.

Že hypotéza první není přijatelná, či-li že aktivita není působena zvýšenou aktivitou svoru, o tom svědčí zejména analýsa jiného pramene, studeného, který vycházel ze skály ve vzdálenosti nejvýš 50 metrů od ústí pramene a to ve stejné hloubce pod zemí. Jeho aktivita obnášela pouze $2,06 \cdot 10^{-9}$ Curie/1 litr vody.

Doklad k druhé hypotéze dlužno hledati v hydrografických poměrech jáchymovských dolů. Dle všech dosavadních pozorování

⁹⁾ Loc. cit.

cirkulace vody neděje se po povrchu jednotlivých vrstev svoru, nýbrž trhlinami tektonického původu, anebo možno ji připustiti na kontaktu žuly a svory. Průtok vody děje se jen velmi obtížně v kompaktní hmotě svoru, ježto jedinou cestu poskytují trhliny ve výplni žilové, které nad to jsou ještě řídké, neboť výplň jest dána horninami resistantními vůči vodě a namnoze ještě ucelenými nepropustným jílem.

V důsledku toho sestupná větev pramene bude dána celou rozsáhlou sítí kapilár, které se teprve v žulovém masivu v důsledku jeho trhlin tektonického původu mohou spojit v silnější proud. Jest tedy velmi málo pravděpodobno, že by styk i s bohatou žilou na této části pramene mohl přispěti značnější měrou k jeho aktivaci. Vzestupná větev, po spojení všech kapilár v trhlinách žulového masivu, představuje již značně silný proud, který pravděpodobně se rozšiřuje na kontaktu žuly a svoru, kde může snadno naléztí přirozené reservoiry dané nepravidelností obou útvarů na styčné ploše. Že aktivace vody neustává na oné části výstupné větve, která se nalézá mezi kontaktem obou útvarů a místem vývěru, tedy v poslední partii dráhy pramene, toho důkazem jsou analýsy, vykonané pro vodu vytékající s efektem 45l/min. a pro vodu čerpanou s efektem 237l/min., které daly v mezích přesnosti metody vesměs stejné výsledky.

Zbývá tudíž jako nejpravděpodobnější třetí hypotéza, totiž aktivace pramene v žulovém útvaru a to velmi pravděpodobně jest jeho příčinou vlastní aktivita žuly, ježto dle názorů geologů⁹⁾ rudné žíly s ohledem na jejich formaci nemohou sestupovati až do těchto vrstev.

Žulové magma mohlo zadržeti částečně roztoky obsahující uran a těžké kovy v době, kdy tyto stoupaly z nitra zemského do litosféry a třebaže radium jest v žulovém podkladě jáchymovského svoru rozptýleno jistě jen v koncentraci velmi nízké, stačí dlouhý průtok vod žulou a na jejím kontaktu se svorem k získání vysoké aktivity. Voda zřejmě má tuto aktivitu před opuštěním kontaktu žuly a svoru ve výstupné větvi, tedy již v předpokládaných přirozených reservoirích. Tím jedině možno vysvětliti, že aktivita vody se nezměnila i při značně rychlejším odběru vody a možno očekávati její pokles jen tehdy, když buď odběr vody převyší přítok vody do jejích podzemních reservoirů, anebo když by porušením rovnováhy různých vodních fází (t. j. různých větví, v něž se pramen pravděpodobně rozlévá na kontaktu žuly a svoru) nastalo mísení se aktivního pramene s vodami méně aktivními v jiném poměru než dosud.

Aktivace radonem uvolněným z atomů radia v žule obsaženého, jichž koncentrace jest nejvyš nepatrná (pravděpodobně 10^{-12}

⁹⁾ Becke-Štěp, Wiener, Ber. 1905.

¹⁰⁾ Annales de l'Institut d'Hydrologie et de Climatologie, t. II. 1924.

až 10^{-10} gramu pro 1 gram žuly), vysvětluje velmi nepřatný obsah radia ve vodě tak aktivní. Tento obsah jest na př. ještě nižší než nejnižší obsah radia uvedený A. Lepapem¹⁰⁾ pro francouzské minerální vody: jest to »Source chaude« v Audinac, jehož obsah radia v poměru k obsahu radonu činí $3 \cdot 10^{-5}$, kdežto pro termální pramen jáchymovský obnáší tento poměr pouze $1,5 \cdot 10^{-6}$ tedy jest 20krát nižší.

Analýsa na radium hornin vzatých z nejrůznějších partií jáchymovských dolů, která bude v nejbližší době provedena, podá snad bližších informací o původu aktivity jáchymovských důlních a povrchových vod.

Radiologický ústav ČSR., v září 1924.

*

Recherches sur la radioactivité d'une source thermale à Jáchymov (en Bohême).

(Extrait de l'article précédent.)

La radioactivité d'une source chaude de Jáchymov a été mesurée et trouvée égale à 164 millimicrocuries par un litre d'eau. Cette activité est due à une très petite fraction près à la présence du radon. Le gas s'échappant de l'eau a été également mesuré en radioactivité et celle-ci a été trouvé de l'ordre de 352 jusqu'à 448 millimicrocuries, également due à la présence du radon.

La source en question qui jaillit à une profondeur de 530 mètres dans le puits de la „Concorde“, exploité actuellement en pechblende, possède une température constante de 27° Celcius. La source est connue depuis 1863 où elle a failli inonder le puits entier. Une théorie concernant l'origine de son activité a été énoncée; d'après cette théorie l'activation de l'eau aurait lieu dans les roches les plus profondes, constituées par le granulate, pas dans les couches supérieures de micaschiste où la source jaillit, ni au contact avec un filon riche en pechblende.

Une simple modification de la méthode de circulation de Schmidt a été décrite permettant d'effectuer avec le même appareil un nombre d'analyses bien plus grand que la méthode ancienne.

Institut du Radium de Prague, septembre 1924.