



## Możliwości zastosowania uranowych wód kopalnianych jako alternatywnego źródła surowców i energii

Ondřej BABKA<sup>1</sup>, Andrzej HARAT<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Institut geologického inženýrství, Vysoká škola báňská TU Ostrava  
ul. 17 listopadu 15/2172; 708 33 Ostrava Poruba, Czech Republic  
tel. +420-59-69-95-496  
e mail: [ondrej.babka.st@vsb.cz](mailto:ondrej.babka.st@vsb.cz)*

<sup>2</sup>*Akademia Techniczno – Humanistyczna  
Instytut Ochrony i Inżynierii Środowiska  
ul. Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała  
tel. 33-82-79-101  
e-mail: [aharat@ath.bielsko.pl](mailto:aharat@ath.bielsko.pl)*

### Streszczenie

Wydobycie uranu było aż do połowy lat pięćdziesiątych ubiegłego wieku było jedną z najważniejszych gałęzi przemysłu byłej Czechosłowacji. Czechosłowację klasyfikowano wówczas pod względem wytwarzania koncentratu uranowego na 7 miejscu na świecie. W okresie od 1945 roku do połowy lat pięćdziesiątych XX wieku wydobyto łącznie 110 000 t uranu. W chwili obecnej podziemne wydobywanie uranu prowadzone jest tylko ze złoża Rožná. Z eksploatacją złóż związany jest napływ do wyrobisk górniczych wód kopalnianych. Ponad 10 lat po zakończeniu eksploatacji reżim hydrogeologiczny panujący w tych złożach stał się stabilny, a przeprowadzone analizy wykazały, iż wody kopalniane stanowią mogą źródło pozyskiwania surowców, ze względu na dużą ilość i znaczne stężenia substancji rozpuszczonych (np. Uran). Na terenach górniczych panują idealne warunki środowiskowe dla wód ciepłych, które znajdują się wystarczająco głęboko aby zapewnić ich ilościową i jakościową stabilność. Duże stężenie substancji rozpuszczonych sprawia, iż wody kopalniane mogą stanowić dodatkowe źródło uranu i innych substancji, jak również mogą być zastosowane jako alternatywne źródło energii.

### Abstract

#### Use of water flooded uranium mine as alternative source of energy and raw materials

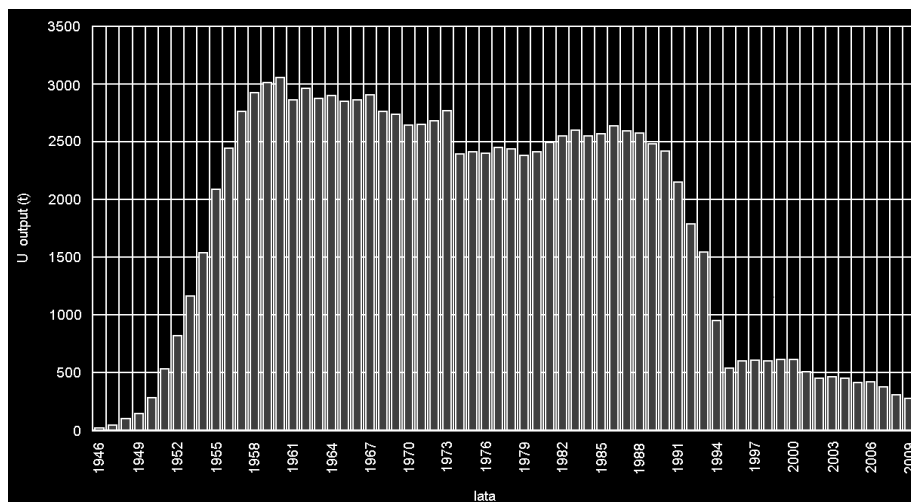
Uranium mining was one of the most important industry branches in the former Czechoslovak Republic up to the mid 1990's. The Czechoslovak Republic was ranked the 7th in the world in production of uranium concentrate. Overall, there were 110 000 tons of uranium extracted during period from 1945 to the mid 1990's. Currently, the underground

mining of uranium is carried out only in the uranium mine Rožná. Exploitation of minerals is accompanied by the outflow of underground waters into mine excavations. The hydro geological regime of these deposits has become stable more than 10 years after the exploitation end and the results gained by the hydro geological surveys have shown that the waters in flooded mines may present a significant secondary source of raw materials due to their volume and concentrations of dissolved substances (e.g., uranium). Mining areas are also an ideal retention environment for warm water as they are deep enough to ensure the water qualitative and quantitative stability. This paper deals with the mines in which the use of mined water, as a secondary source of uranium, of other minerals, or their energy or balneology use would be possible.

## 1. Wstęp

Do połowy lat 90-tych ubiegłego wieku jedną z najważniejszych gałęzi przemysłu ówczesnej Czechosłowacji było wydobywanie uranu. Ilość wydobytego uranu klasyfikowała Czechosłowację na 7 miejscu na świecie. W okresie od roku 1945 do 2009 roku wydobyto łącznie około 110 kt uranu (rys. 1). W pierwszej połowie lat 90-tych ubiegłego wieku miało miejsce wyraźne zmniejszenie ilości wydobywanego uranu, a w konsekwencji do zamykania kopalń wydobywających ten surowiec. W chwili obecnej wydobywanie prowadzone jest jedynie ze złoża Rožna, położonego w Dolni Rožince. Pozostałe kopalnie są zlikwidowane i zatopione.

Eksploatacja złoża Rožna, prowadzona jest obecnie do pokładów położonych do głębokości około 1100 m (24 piętro). Ocenia się, iż będzie ona prowadzona do roku 2015, po którym zostanie zaprzestana, ze względu na ekonomiczną nieopłacalność.



Rys. 2.1. Produkcja Uranu w Republice Czeskiej w latach 1945 – 2009 [1].

W Republice Czeskiej stwierdzono łącznie występowanie 164 złóż uranowych. Wydobycie prowadzono z 66. Największymi z nich były Příbram, Jachymov, Horni Slavkov, Zadni Chodov oraz Rozna (tab. 1).

Niniejszy artykuł poświęcony jest złożom pochodzenia endogennego. Złoża pochodzenia egzogenne różnią się od złóż endogennych parametrami geologicznymi i hydrogeologicznymi. Wpływa to również na sposób ich likwidacji.

Wytwarzanie uranu w Republice Czeskiej w roku 2008 pozwoliło na zaspokojenie potrzeb czeskiej energetyki jądrowej w 42%. Surowiec ten wytwarzany był z trzech źródeł:

- wydobycie ze złoża Rozna (84%),
- odwodnienie środowiska górniczego Straz pod Ralskiem (10%),
- produkt z oczyszczania wód kopalnianych (6%) [2].

## 2. Możliwości wykorzystania wód kopalnianych

Problematyka alternatywnego wykorzystania wód kopalnianych pochodzących ze zlikwidowanych i zatopionych kopalń uranu była przedmiotem analiz, prowadzonych w ramach grantu Republiki Czeskiej 105/09/0808 przez Vysoka Skola Banska TU Ostrava przy współpracy z przedsiębiorstwem państwowym DIAMO.

Wody kopalniane mogą zostać wykorzystane jako źródło uranu, metali ciężkich, jak również jako źródło energii geotermalnej. Dodatkową zaletą ich wykorzystania poza pozyskaniem surowców jest także skrócenie okresu oczyszczania wód kopalnianych, które w Republice Czeskiej finansowany jest z budżetu centralnego. Innym sposobem wykorzystania wód podziemnych, zastosowanym na łóżysku Horni Skalkov – Krasny Jez, jest ich zastosowanie w celu hodowli ryb (rys. 2.1.).



Rys.1. Wykorzystanie wód kopalnianych w celu hodowli ryb – złożo Horni Slavkov

Po zatopienie złoża dochodzi w pierwszej fazie do intensywnego rozpuszczenia związków uranu. W konsekwencji stężenie uranu w wodach kopalnianych wzrasta. Obserwuje się również zróżnicowanie omawianego stężenia. Koncentracja uranu w głębszych warstwach jest wyraźnie wyższa niż w warstwach przypowierzchniowych. Mając na uwadze oczyszczanie wód kopalnianych korzystniejsze jest czerpanie wód z warstw przypowierzchniowych, ze względu na mniejszą zawartość substancji rozpuszczonych. Inne wykorzystanie tychże wód – źródło surowców bądź też energii wymagać będzie natomiast wykorzystania wód pochodzących z warstw głębszych, ze względu na wyższą temperaturę i ilość substancji rozpuszczonych.

W pierwszym okresie realizacji projektu przeprowadzona inwentaryzacja dostępnych danych odnoszących się do dużych i średnich złóż uranu zlokalizowanych na terenie Republiki Czeskiej.

W sierpniu 2010 roku pobrano próbki wód kopalnianych pochodzących ze złóż uranu (tab. 2.1.). W odniesieniu do złóż Příbram, Rožná, Olši, Jáchymov uzyskane wyniki posłużyły do uzupełnienia już posiadanych danych pozyskanych z prowadzonego monitoringu (U, metale ciężkie). W przypadku złóż uranu o małej wielkości były to pierwsze pomiary jakości wód, które zostały przeprowadzone. Celem przeprowadzonych analiz było określenie ilości i jakości wód kopalniach pochodzących z tych złóż i określenie ich wpływu na środowisko. Pobierane były zarówno próbki wód wypływających na powierzchnię terenu, jak i te które były wypompowywane.

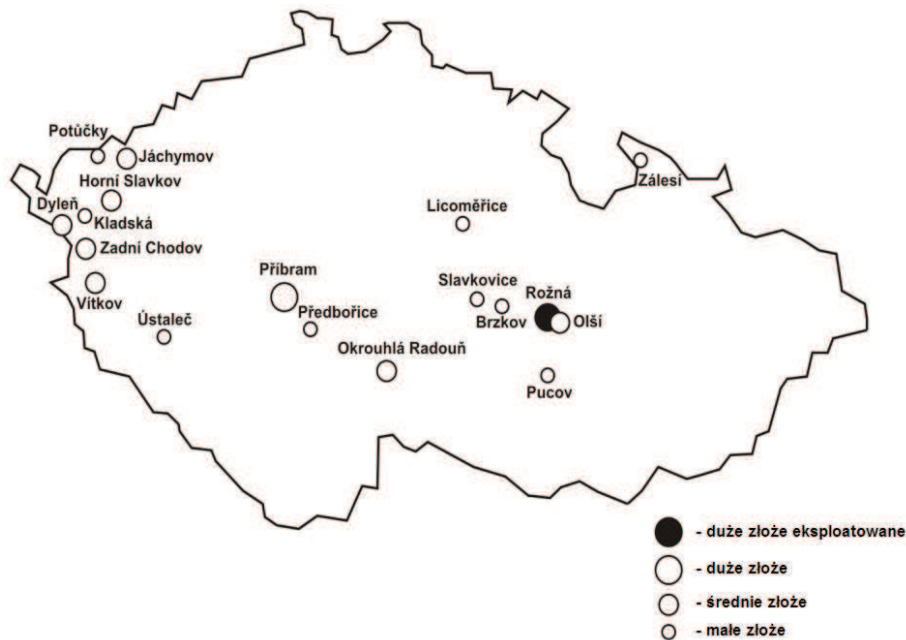
Tab. 2.1. Wykaz złóż w kompleksach metamorficznych skał i granitoidów na terenie Republiki Czeskiej

Nazwa złoża	Okres wydobywania		Ilość wydobytego U w Mg
	od	do	
<b>DUŻE ZŁOŻE &gt; 10 000 t U</b>			
Příbram	1950	1991	50 200,8
Rožná	1957	nadal	18 965,8 *
<b>ZŁOŻE O ŚREDNIEJ WIELKOŚCI 1000 – 10 000 t U</b>			
Jáchymov	1946	1964	7 950,0
Zadní Chodov	1952	1992	4 150,7
Vítkov	1961	1990	3 972,6
Olší	1959	1989	2 922,2
Horní Slavkov	1948	1962	2 668,3
Okrouhlá Radouň	1972	1990	1 339,5

Nazwa złoža	Okres wydobywania		Ilość wydobytego U
	1965	1991	
Dyleň	1965	1991	1 100,5
<b>MAŁE ZŁOŻE &lt; 1000 t U</b>			
Licoměřice- Březinka	1968	1982	466,3
Zálesí	1959	1968	405,3
Jasenice-Pucov	1963	1990	311,2
Předbořice	1965	1978	253,3
Chotěboř	1956	1977	148,8
Slavkovice- Petrovice	1964	1970	140,7
Potůčky-Princ Evžen	1946	1963	138,5
Kladská	1955	1958	115,9
Svatá Anna	1967	1972	115,8
Ústaleč	1958	1962	99,8
Damětica	1959	1963	83,9
Škrdlovice	1970	1975	76,3
Brzkov-Věžnice	1988	1990	65,3
Bernardov	1964	1965	55,5

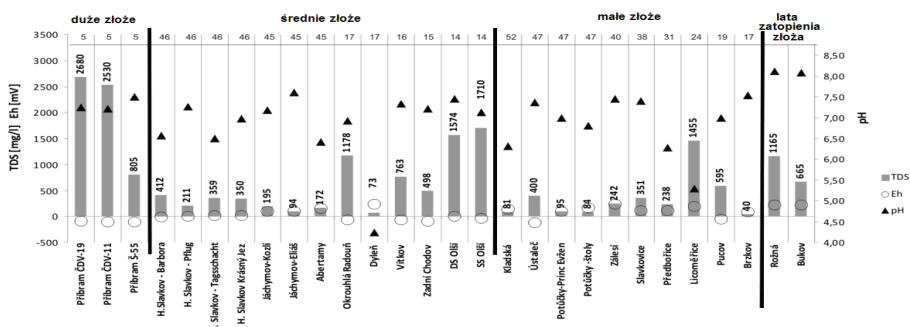
\* złoże, z którego prowadzone jest wydobywanie

■ miejsca poboru próbek



Rys. 2.2. Mapa złożeń uranu na terenie Republiki Czeskiej

Podstawowe parametry wód kopalnianych zostały zmierzone in situ (Eh, pH, temperatura, TDS). Natomiast analizy tychże wód na zawartość metali ciężkich (As, Co, Pb, Zn, Ba, Cu, Sb, Ag, Al, Ni, Sr) zostały przeprowadzone w akredytowanych laboratoriach VSB TU Ostrava. Pozostałą część analiz, odnoszącą się do badań zawartości U i Ra wykonano w akredytowanych laboratoriach DIAMO s.p. Podstawowe właściwości wód kopalnianych, zmierzone in situ przedstawione zostały na rysunku 2.3.



Rys. 2.3. Podstawowe parametry wód kopalnianych zmierzone in-situ.

Tab. 2.2. Podstawowe właściwości wód kopalnianych

Złoże	Eh	TDS	pH	Złoże	Eh	TDS	pH
Příbram ČDV-19	-92	2680	7,25	H. Slavkov Tagsschacht	11	359	6,50
Příbram ČDV-11	-103	2530	7,22	H. Slavkov - Krásný Jez	12	350	6,97
Příbram Š-55	-107	805	7,51	Okrouhlá Radouň	-64	1178	6,93
Rožná	221	1165	8,11	Dyleň	230	73	4,24
Bukov	217	665	8,08	Licoměřice	189	1455	5,30
Jáchymov-Kozlí	92	195	7,18	Zálesí	233	242	7,45
Jáchymov-Eliáš	97	94	7,60	Pucov	-53	595	7,00
Abertamy	157	172	6,42	Předbořice	115	238	6,28
Zadní Chodov	-90	498	7,22	Slavkovice	108	351	7,40
Vítkov	-63	763	7,33	Potůčky-Princ Evžen	102	95	6,99
DS Olší	4	1574	7,45	Potůčky -štolý	160	84	6,81
SS Olší	-39	1710	7,13	Kladská	143	81	6,31
H.Slavkov - Barbora	-14	412	6,56	Ústaleč	-124	400	7,36
H. Slavkov - Pflug	8	211	7,26	Brzkov	88	40	7,53

Spośród wymienionych do dużych zaliczają się tylko złoża Příbram i Rožna. Złożę Rožna jest w przeciwieństwie do złoża Příbram, które zostało zatopione w 2005 roku jedynym eksploatowanym na terenie Republiki Czeskiej.

Wody kopalniane pochodzące ze złoża Příbram charakteryzują się najwyższą temperaturę (22,7°C) spośród wszystkich złóż poddanych analizom. Ich wysoka temperatura jest konsekwencją warunków geologicznych (gorące skały). Ze względu na olbrzymią ilość (około 20 mil m<sup>3</sup>) i ciepło nagromadzonych wód, mogą one zostać wykorzystane jako źródło energii geotermalnej.

Wyższe stężenia TDS w próbkach wód pochodzących z szybów złoża Příbram nr 19 i 11 są spowodowane tym, iż wody te pobierane są z głębszych warstw złoża, a w konsekwencji wyższymi stężeniami substancji rozpuszczonych. Po zatopieniu złoża dochodzi do wzrostu koncentracji Uranu i innych pierwiastków, w wyniku rozpuszczenia minerałów, które były długotrwale poddane procesom oksydacyjnym. Podczas wypompowywania wód kopalnianych ze złoża, dochodzi do powolnego zmniejszenia się stężeń tych związków w wyniku dopływu do złoża wód opadowych i infiltracyjnych wód powierzchniowych. Analizy wód kopalnianych ze złoża Příbram wskazują na występowanie środowiska

redukcyjnego (ujemne Eh). Natomiast złoża Rozna, dzięki prowadzonej jeszcze eksploatacji zachowało warunki tlenowe (dodatnia wartość Eh).

Złoża uranu średniej wielkości zostały już zatopione i zlikwidowane. Jedynym wyjątkiem jest złoża Jachymov, którego wody są używane do celów balneologicznych (źródła Svornost, Curie, Behounek, C1 i Agricola). Wody te nie są zaliczane do kategorii wód kopalnianych. Chodzi tu o tzw. wody radowe, które są pompowane z wierceń, które były wykonane w wyrobiskach górniczych.

W przypadku złóż uranu o średniej wielkości jest jasne, iż w przypadku złóż z których próbki pobrane były w wyniku wypompowywania wód z szybów, dają się zauważyć wyższe wartości TDS. Obserwuje się ponadto niższe wartości Eh, które mają wartość ujemną. Fakt ten świadczy o tym, iż mamy do czynienia ze środowiskiem redukcyjnym.

Próbki pochodzące z innych złóż o średniej wielkości pobiera były ze sztolni lub szybów wentylacyjnych. Niższe wartości TDS spowodowane są najprawdopodobniej warunkami hydrogeologicznymi – obecnością infiltracyjnych wód powierzchniowych. Ich obecność powoduje zmniejszenie się zawartości U i innych związków w wyniku wypłukiwania. Wartości Eh, wskazują na występowanie warunków oksydacyjnych. Z kolei bardzo niskie wartości pH próbek ze złóż Dylen spowodowane są występowaniem na tym obszarze torfowiska.

### 3. Podsumowanie

Wyniki badań próbek pobranych z zatopionych złóż uranu potwierdziły, iż zawartość U, Ra i innych substancji rozpuszczonych, nie osiąga wartości które mogłyby skutkować występowaniem zagrożenia dla środowiska. Chemizm wód kopalnianych, jest bardzo podobny do wód czystych i umożliwia po poddaniu ich procesom uzdatnienia (np. odżelazianie) nawet ich wykorzystanie do celów pitnych. Wyjątek stanowią wody pochodzące ze złóż, które mogą zostać wykorzystane jako alternatywne źródło Uranu. (Olsi).

#### Literatura

[1] MICHÁLEK B. , BABKA O., GRMELA A. (2010): Uranium mining In the Czech Republic. 3. International Conference “Uranium 2010 – the Future is U”, Saskatoon, Canada, 15-18.08.2010 r.

[2] MICHÁLEK B. , BABKA O., GRMELA A. (2010): Současný stav těžby uranu v České republice a její další perspektivy a možnosti. Konference “Zelená” podnikatelská strategie. Mladá Boleslav, III./2010. Nепublikováno