

## OD ZNAČAJNOG RUDNIKA SREBRA I URANA ST. JOACHIMSTHAL, ODNOSNO JÁCHYMOV, DO RADONSKIH TOPLICA U SASKO-ČEŠKOJ «RUDNOJ GORI»

### FROM THE SIGNIFICANT ST. JOACHIMSTHAL SILVER AND URANIUM PIT, JÁCHYMOV, TO RADON SPA IN SAXON CZECH „RUDNA GORA“

BERISLAV ŠEBEČIĆ,

*IV. Cvjetno naselje 14, 10000 Zagreb, Hrvatska*

**Ključne riječi:** srebro, uran, radon, Joachimsthal – Jáchymov, Saska (Njemačka), Češka Republika

**Key words:** silver, uranium, radon, Joachimsthal – Jáchymov, Saxsony (Germany), Czech Republic

#### Sažetak

U malom naselju Konradsgrünna na jugozapadnim padinama Erzgebirgea otkrili su saski rudari početkom XVI. st. srebrenu rudu u dolini, koju su po zaštitniku naselja Sv. Joachymu nazvali Jochymsthal, a srebreni novac Jochymst(h)aler. Rudnik i mjesto postali su slobodni kraljevski rudarski grad u kome je zahvaljujući kovanju novca nastala jedna od najbogatijih plemićkih obitelji von Schlick. Od 1517. do 1900. proizvedeno je 554,44 t srebra. Uz srebrenu rudu eksploatirana je još kobaltna i olovna ruda (znatnije. od XVIII do XIX. st.), a zatim nikaljna, bizmutska i arsenska ruda (XIX. st). Od navedenih ruda najviše je proizvedeno kobaltne rude za proizvodnju emajla i to 1824, 23 t u razdoblju od 1775. do 1851.

Uz ovo u rudniku je otkrivena uranska ruda (urani/ni/t), koja je najprije rabljena za proizvodnju uranskih boja za keramiku, staklo, slike i dr., a potom za dobivanje urana i to 8 500 t od 1853 do 1964. od čega je dio prerađen u radij, da bi se dobilo 100 g Ra. Zahvaljujući otkriću radioaktivne – radonske vode rudnik je još aktivan, jer na održavanju njegovog dijela odakle se eksploatira radonska voda zaposleno je 20 rudara. Jáchymov i okolica postali su poznato radioaktivno termalno lječilište u Europi.

#### Abstract

At the beginning of the 16th century Saxon miners discovered silver ore in the small settlement Konradsgrün at south-west slopes of Erzgebirge in the valley Joachimsthal named after the patron saint St. Joachim. The silver coin was named Jochymst(h)aler. The mine and the settlement became a free royal mining city where, thanks to the mint, one of the richest noble families von Schlick arose. 554,44 tons of silver were produced from 1517 till 1900. Together with silver ore cobalt and lead ore were exploited (in significant quantities from 18th till 19th century) and after that period nickel, bismuth and arsenic ore (19th century). From the listed ores cobalt was produced in largest quantities for enamel production; 1824,23 tons in the period from 1775 till 1851.

Next to these ores uranite ore (urani/ni/t) was discovered in the mine. The ore was first used to produce uranium colours used for ceramics, glass and paintings and later to obtain uranium; 8500 tons since 1853 till 1964, a part of which was worked up into radium, to obtain 100gr Ra-. Thanks to the discovery of radioactive- radon water the mine is still active because 20 miners are employed to maintain the part of it from which the radon water is exploited. Jachymov and its surroundings have become a famous radioactive thermal sanatorium in Europe.

#### UVOD

U zapadnoj Češkoj se nalazi najstariji rudnik urana, radija i radona u svijetu i to je bio dovoljan razlog posjetiti ga i prikupiti bitne povijesne i rudarsko – geološke podatke o njemu, zatim fotografirati najznačajnije (pri)površinske objekte, te s nekoliko već objavljenih slika profila, karata, tablica i fotografija upotpuniti pregled ovog područja.

Svrha novih spoznaja bila je dopuniti povijest rudarstva «Rudne gore» sa češke strane, a potom posjetiti jedan rudarski muzej u prirodi u Srednjoj Češkoj, tj. u Příbramu. Zahvaljujući otkriću radioaktivnih elemenata i radioaktivnosti koncem XIX. stoljeća započelo je «radioaktivno (atomska) doba» u Europi a time i u Svijetu.

#### O POVIJESTI RUDARSTVA

Na području nekadašnjeg Sankt Joachimsthala, a potom Jachymova u sjeverozapadnoj Češkoj na padinama Krušne hory (njem. Erzgebirge, hrv. Rudna gora) nalazilo se naselje Konradsgrün, koje je utemeljeno oko 1300-te, a napušteno sredinom XV. st. (V e s e l o v s k ý et al. 1997). Selo je nazvano po grofu Konradu iz Vohlburga u Bavarskoj. Kolonizacija srednjovjekovnih rudara u istraživanju i eksploataciji ruda se odvijala na zapadnom području Erzgebirge-a, odnosno Rudne gore, kada je otkriveno srebronosno nalazište u Freibergu (1168.), a potom tek u XV. st. srebronosna nalazišta u Schneebergu (1470.) i Annabergu (1496.). Na istočnom području su otkrivena kositronosna nalazišta u Graupen-u (češki

Krupka (1297.) i Zinnwaldu (Cinovec) (1305.), željezno nalazište Kaaden (Kadaň) (XV. st) i bakreno nalazište Kupferberg (Měděnec) (1510.).

Godine 1516. otkriveno veliko nalazište srebra u Konradsgrünu, pa je nastao rudarski grad (1518). Jama, odnosno rudnik «Eintracht» (češki «Svornost», hrv. «Sloga») bijaše utemeljen gotovo istovremeno sa gradom Joachimstalom (1518.), pa su njihovi nazivi isti od 1530. godine. To je najstariji aktivni rudnik u Češkoj, a vjerojatno i jedan od najstarijih aktivnih rudnika u Europi. Zbog svoga položaja u dolini su rudari, koji su uglavnom došli iz susjedne Saske, dodali sufiks thal, uz ime zaštitnika Sv. Joachima, pa je nastalo novo ime mjestu Sankt Joachimsthal. Kralj Ludovig (lat. Ludovicus) Jagelović, (koji je bio i hrvatski vladar Ljudevit II, 1516.-1526.), proglasio ovo mjesto slobodnim rudarskim gradom 1520. god. Utemeljitelj grada bio je Stephan von Schlick i u njemu je izgrađena kovnica novca (sl. 1), koja je radila pod njegovom upravom od 1519. do 1528., jer ju je kralj konfiscirao, da bi tek 1547. jachymovsko rudarstvo bilo službeno pripojeno kraljevskoj kruni.



Sl. 1. Zgrada nekadašnje kovnice novca, a sada muzej u Jáchymovu nedaleko rudnika srebra iz početka XVI. st. Simio B. Šebečić

*Fig. 1 The building of former mint, now a museum in Jáchymov not far from the silver mine at the beginning of the 16th century. Photographed by B. Šebečić*

U razdoblju od 1519. do 1528. izvezla je obitelj von Schlick u Sasku kovnica u vrijednosti 2,2 milijuna tolara (Veselovsky et al., 1997). Težina kovanica bila je 29,23 g, a sadržaj srebra u njoj 27,20 g s finoćom 0,931 u 1519. god. To je omogućilo snažan razvitak ovog rudarskog mjesta, a istovremeno grofovima von Schlick da postanu jedan od najbogatijih plemićkih rodova. Naime, Schlickovi su kovali srebreni novac (srebrenjak) i po tome je nazvan Joachimstaler (sl. 2), a odakle u Hrvata Talir, u Čeha Tolar, a u Amerikanaca vjeruje se Dollar. S izradom potkopa Barbora (Barbara) i Daniel započeto je 1518. i

1520. (vidi sliku okna Svornost), čija je ukupna dužina dosegla 10 km, a već 1589. god. 7 km. Prema istraživanju rudarstva u «Jáchymovu (1516-1966), procijenjeno je da je u XVI. st. proizvedeno 200 do 300 t srebra. Kolekciju srebrenih minerala koju je kraljev dužnik ponudio kralju Fredinandu I kao otplatu duga procijenio je kralj na 3000 tolara, s čime se moglo kupiti 90 kg srebra 1564. godine. Između 1631. i 1655. proizvedeno je samo 838 kg srebra (Sakařová – Malá, 1967).



Sl. 2. Srebrenjak «Joachimstaler», odnosno Yáchymovski tolar iz 1525. god. Na prednjoj strani srebrenjaka je Sv. Joachim koji stoji na grbu von Schlicka, a na poledini srebrenjaka je češki lav. Promjer kovanice je 4 mm. (Brockhaus Enzyklopädie, 2006).

*Fig. 2 "Joachimstaler" silver coin, Jachymov tolar from 1525. St. Joachim, who stands on the von Schlick arms, on the front side of the coin and the Czech lion on the back side. The diameter of the coin is 4mm (Brockhaus Enzyklopädie, 2006)*

Prema Veselovskom (1997) prvo mljevenje kobaltne boje za emajl započelo je 1611. godine, međutim podaci o proizvodnji zabilježeni su tek od druge polovine XVIII. stoljeća. Proizvodnja različitih kovina u Joachimsthalu prikazana je u tablici 1.

Kako je u Jáchymovu uvedena Reformacija 1523., to ga je «Schmalkaldijskim» ratovima privremeno zaposjednula saska vojska. Od 1621. uspio se grad rekatolizirati, a pretestantski građani i rudari su se preselili u susjednu Sasku. Sjećanje na slavno rudarstvo potaklo je utemeljenje rudarske škole u Joachimstalu 1716. god, kao prethodnice Rudarske akademije. U rudarskom mjestu prerađivan je duhan (1000 zaposlenih), proizvađane su rukavice, čipke i dr.

Tablica 1. Proizvodnja kovina u Joachimsthalu

Table 1 Production of metals in Joachimsthal

Kovina Metal	Razdoblje proizvodnje Production period	Masa (kg) Weight
Srebro Silver	1517 – 1900	554 436
Co ruda za emajl Co ores used in enamel	1775 - 1851	1 824 227
Co i Ni oksidi Co and Ni oxides	1855 -1894	33 429
Olovo Lead	1775 - 1893	20 771
Arsen Arsenic	1896 -1894	20 928
Bizmutski oksid Bismuth oxide	1868 - 1883	10 305
Bizmut Bismuth	1859 – 1894	11 363

U XIX st. postao je grad kotarsko središte, a time i značajnije rudarsko i talioničarsko upravno središte. Tu su djelovali državni i privatni pogoni i tvrtke. Osim srebrene rude (na pr. 227 centi 1885. god), izvožene su rude Ni, Bi i U. Uranska ruda bila je poznata pod nazivom Pechblende (hrv. uranski smolinac). Uranski rudnik «Eintracht» bio je najstariji uranski rudnik na svijetu (sl. 3. i 4.).



Sl. 3. «Svornost» (njem. «Eintracht») rudnik srebra utemeljen je 1518., a urana 1853. To je najstariji uranski rudnik na svijetu, gdje se sada eksploatira radonska voda. Snimio B. Šebečić.

Fig. 3 "Svornost" (Germ. «Eintracht», Engl «Unity») silver mine founded in 1518 and uranium mine founded in 1853. This is the oldest uranium mine in the world where radon water is still exploited. Photographed by B. Šebečić

Prema usmenom priopćenju rudarskog ing. Jiří Pihera iz rudnika «Svornost» u Jáchymovu uranski smolinac se rabio za proizvodnju uranskih boja. Eksploatiran je od 1853., a od 1906. pa se do 1945. eksploatirao za proizvodnju radija. Od 1945. do 1964. eksploatirao se uranski smolinac za potrebe atomske energije. Na području Jáchymova bilo je 7 rudnih polja, od kojih su aktivna 2 rudarska okna i

to «Svornost» i (kralj) «Josef» /sl. 6. i 11/ s čijeg su 12. horizonta koji povezuju nabušene hidrogeološke bušotine za radonsku vodu. Dubina rudarskog okna «Svornost» je 500 m.

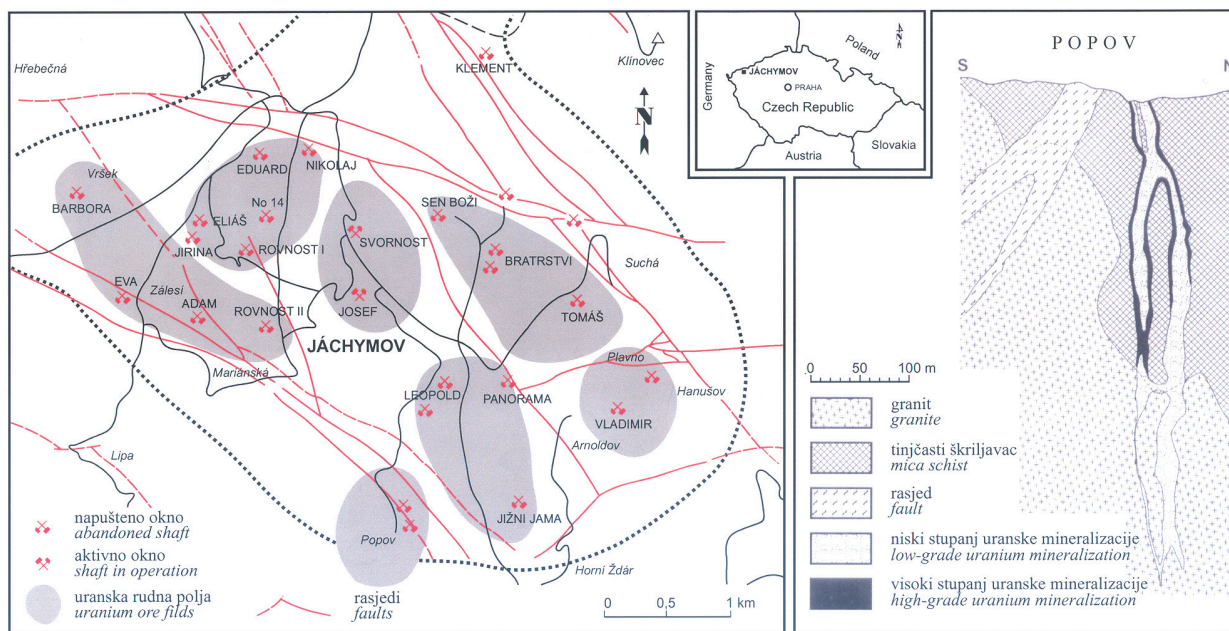
Na profilu jug-sjever kroz Popovo rudno polje prikazan je infiltracijski tip hidrotermalnog rudarskog orudnjenja (sl. 5) u tinjčastim škriljcima nedaleko granita. U okolišu



Sl. 4. Ulaz u staro rudarsko okno «Svornost». Snimio B. Šebečić. Vidjeti sl. 5 i 7.

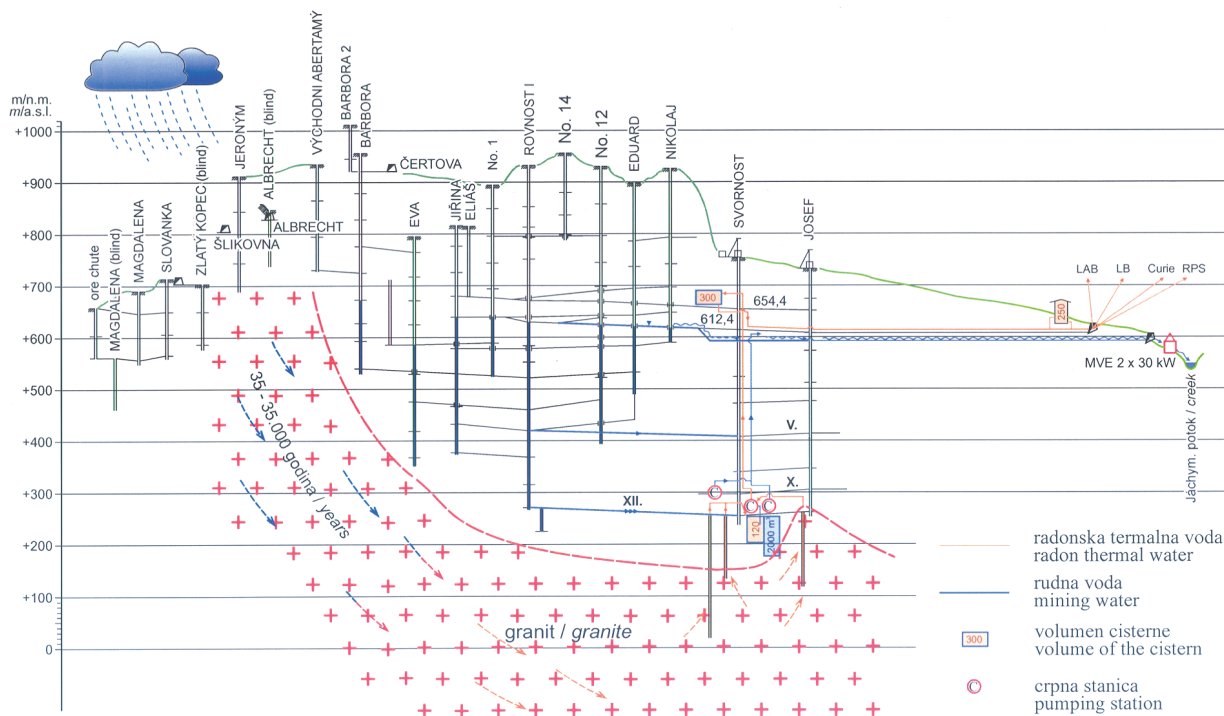
Fig. 4 Entrance into the old mine pit "Svornost" photographed by B. Šebečić. See also pictures 5 and 7

Jáchymova nalaze se napuštena uranska rudna pojava i to zapadno: «Barbora», «Eva», «Adam», «Rovnost II»; «Rovnost I», «Jiřina», «Eliaš», «No 14» «Eduard», i «Nikolaj», zatim sjeverno «Klement», istočno: «Sen Boži», «Bratrstvi» i «Tomaš» te južno «Leopold», «Panorama», «Jiřni jama», zatim «Popov» te «Vladimir» i dva aktivna rudna polja «Svornost» i «Josef».



Sl. 5. Napuštena i aktivna rudarska polja jahimovskog područja s infiltracijskim hidrotermalnim tipom uranskog orudnjenja u Popovu (O n d r u š et al., 2003).

Fig. 5 Abandoned and active mining fields in Jachymov area with infiltrating hydrothermal type of uranium deposit in Popov (Ondruš et al., 2003)



Sl. 6. Profil kroz jahimovska rudna okna i potkope te dvije eksploatacijske bušotine radonske vode. Izradili O n d r u š et al. (1997), a dopunio P i h e r a , ing. rud.

Fig. 6 Profile through Jáchymov mine pits and underminings as well as of tw exploited boring holes of radon water. Made by Ondruš et al. (1997) and supplemented by J. Pichera, mining engineer.

Kraj XIX. stoljeća je vrijeme otkrića röntgenskog prodornog zračenja ali i novih spoznaja o fluorescenciji minerala. Zahvaljujući istraživanju fluorescencije minerala H. Becquerel je skupio najveću zbirku fluorescirajućih minerala na svijetu i prateću opremu za njihovo istraživanje. On je uočio da se fluorescencija minerala događa spontano i iz onih minerala koji nisu bili izloženi svjetlu i da su emitirana zračenja kod nekih minerala izazivala ionizaciju zraka kroz koji su prolazile.

Pierre Curie suprug Marie Curie-Sklodovske konstruirao je aparat za kvantitativno mjerenje ionizacije zraka. Marija Curie, radeći doktorat kod Becquerela je otkrila da svi minerali, koji emitiraju prodorno ionizirajuće zračenje sadrže uran i da je više zračenja emitirao uranski smolinac iz Joachimsthala za koje je M. Curie pretpostavila, a što je i potvrđeno, da u njemu postoje nepoznati elementi, koji višestruko emitiraju zračenja nego uran. To otkriće objavljeno je u *Comptes Rendus de l'Academie de Sciences de Paris* 18. srpnja 1898. za polonijum a 26. prosinca 1898. za radijum na temelju čega su H. Becquerel i bračni par Curie podijelili Nobelovu nagradu za fiziku, odnosno radioaktivnost 1903, a za otkriće elemenata polonija i radija dobila je Marija Curie Nobelovu nagradu za kemiju 1911. godine. Da bi Curijevi izolirali 0.1 g radija, morali su ručno preraditi nešto više od 1 tone uranovog smolinca i stare šljake, koja je zaostala nakon prerade srebrene rude, a koji je M. Curie poklonio kralj Josip u količini 10 t.

Raspalom urana (U) nastaje i radioaktivni plemeniti plin radon (Rn). Danas se zna da je udisanje radona u visokim koncentracijama, kakve postoje u rudniku urana, oduvijek uzrokovalo rak pluća rudara, što se nazivalo «Bergmannskrankheit» (hrv. rudarska bolest). Prije sto godina još nije postojala svijest o opasnosti od izlaganja ionizirajućem zračenju, već su se naprotiv svi učinci radioaktivnosti držali blagotvornim i korisnim.

O radiju koji je dobiven iz uranovog smolinca (Pechblende) češkog Rudogorja pisao je davno T u ć a n (1911). Ruda je bubrezasta, pretežno crna a rjeđe zelenkasto ili «smolinasto» crna. Premda je prvi izraz Bechblende (a, kasnije Pechblende), bio je poznat znatno prije 1565. Uran(it) UO<sub>2</sub> je otkrio kemičar Klaproth 24. rujna 1779. te ga nazvao po planetu «Uran». Čistu kovinu, odnosno element (U) separirao je francuski kemičar Peligot (V i s o k y, 1860).

Prije otkrića radija iz uranskog smolinca proizvedene su uranske boje za keramiku, staklo i sl., a još ranije kobaltne boje za bojanje poruculanskih servisa.

Godine 1919. postao je Joachimsthal dio Čehoslovačke i promijenio ime u Jáchymov, a 1938. je sa Sudetima pripojen Njemačkoj, a češka manjina je protjerana u unutrašnjost Češke. Godine 1945. prognani su Njemci iz Jáchymova.

Nakon II. svjetskog rata opada otkopavanje rude, a mnogi ratni i politički zatvorenici prisilno su radili u

rudniku i umirali prosječno s oko 42. godini života. Od 1964. više nije otkopavana uranska ruda, ali je i dalje eksploatirana (radonska) radioaktivna termalna voda za liječenje nervnih i reumatskih bolesti.

## O POVIJESTI BALNEOLOGIJE

Godine 1863. otvorio se u podzemlju u rudniku «Sloga» jaki topli izvor, pa je Joachimsthal postao čuveno termalno lječilište, odnosno toplice. Najprije su izgrađene kuće za liječenje Elektra (s Mignonom) 1900., a zatim hotel «Miracle» 1902., kasnije nazvan «Praha».

Toplice u Joachimsthalu, odnosno Jáchymovu su prve radonske toplice na svijetu koje su počele s radom 1906. u kući br. 282 sa 2 kade (njem. Wannen). Voda iz t.z. Stephan(s) Quelle (Stjepanova izvora) dopremana čabrovima od 40 l (na leđima) ili konjskom zapregom, a od 1908. cjevovodom (sl. 6) u kabine, a potom u potok, gdje se slijeva i rudn(ičk)a voda (sl. 7). Iz osnovnih podataka o liječenju u radioaktivnim toplicama u Jáchymovu može se konstatirati da su depadance «Astoria» I i II načinjene 1913. i 1918. od 3 zgrade «Seidel», «Marijina kuća» i «Astoria», zatim depadance «Dašenka» 1910. i «Dagmar» 1913. te kuće za liječenje «Lázeňská Bundova» 1911.



Sl. 7. Istjecanje podzemne vode nedaleko hotela «Radium palace».  
Snimio B. Šebečić.

Fig. 7. Outflow of underground water not far from the «Radium Palace» hotel.  
Photographed by B. Šebečić

Prvi sanatorij za liječenje «Radium Palace» izgrađen je 1912. Izgradilo ga je dioničarsko društvo utemeljeno 1910. na čelu s grofom Sylva Tarrocam. To je velik objekt, tj. hotelska palača (sa 4 zvjezdice) izgrađena u neoklasicističkom stilu (sl. 8). Godine 1975. izgrađen je sanatorij «Akademik Behounek (s 3 zvjezdice), a 1992. sanatorij Curie (3 zvjezdice). Od depadance-i Jitrenka je izgrađena 1929., Lužice 1930., a Dalibor vjerojatno također oko 1930. Sveukupno bilo je izgrađeno 12 lječilišnih objekata. Tridesetih godina prošlog stoljeća boravilo je u jahimovskim lječilištima 9000 gostiju.



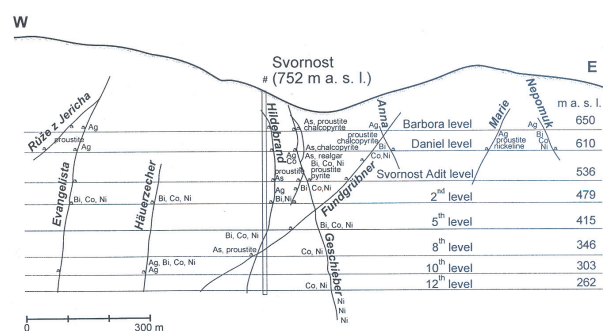
Sl. 8. Hotel «Radium palace» iz 1912. sa salom ispred zimskog vrta i bazenom. Fotografija Bořivoj Hořinek, «Jáchymov Léčebné lázně».

Fig. 8 "Radium Palace" hotel in 1912 with the hall in front of the winter garden and the pool. Photo by Borivoj Horinek "Jáchymov Léčebné lázně"

Nastavljajući značajne tradicije oni već desetak godina djeluju kao dioničko društvo «Léčebne lazne Jáchymov», koristeći suvremene metode istraživanja i fleksibilne balneološke metode, pa su za svoju kvalitetu djelovanja primili priznanje ISO 9001 od njemačke TÜV 2001. god. U dioničkom društvu zaposleno je 650 ljudi, od toga je u rudniku «Sloga» zaposleno 20 rudara na održavanju i opskrbi toplica radonskom vodom. Toplice u Jáchymovu posjećuje godišnje 17000 gostiju, koji ostaju na liječenju po 21 dan.

Prirodni ljekoviti izvori sadrže radioaktivni plin radon, koji je izvor alfa zračenja, a ima intenzivan utjecaj na ljudske organe utječući pozitivno na krvni tlak i pospješujući prokrvljenost. Liječi se upaljeni reumatoidni artritis, svi tipovi reumatizma, psorijatični artritis, ankilozantni spondilitis (Behtjerevljeva bolest), posttraumatska stanja, sklerodermija, neuralgija, neuritis, nervne komplikacije kod šećerne bolesti, giht, osteoporoza i dr. Za probleme s kroničnim bronhitisom, astmom, plućnim nadimanjem,

s visokim krvnim tlakom, s kožnim osipom, alergijom, depresijom, stresom i dr. nudi se boravak u solnoj pećini na temperaturi 20°-23°C u struji zraka obogaćenog s J, K, Na, Ca, Mg, Se, Br i s drugim mikroelementima. Na taj način nije potrebno putovati na more u strane zemlje, zaključuju anonimni pisci brošure o Jáchymovu («L é č e b n é l á z n ě J á c h y m o v , a . s .», 2006).



Sl. 9. Eksploatacijski profil (gore) rudne žile «Bergkittler 2» u rudarskom polju «Rovnost» (njem. «Gleichkeit»), modificirano prema T o p i n k a (1979) i neuranska mineralizacija (dolje) oko okna «Svornost» modificirano prema M r ň a i P a v l ů (1958). Sve u radu O n d r u š e t al. (2003).

Fig. 9 Exploiting profile (above) of the vein „Bergkittler 2“ in the mining field “Rovnost“ (Germ «Gleichkeit», Engl. «Equality») modified according to T o p i n k a (1979) and nonuranium mineralisation (down) around the pit “Svornost“ modified according to M r ň a a n d P a v l ů (1958)

Tablica 2. Jáchimovska radioaktivna - radonska voda

Table 2. Jáchimov radioactive – radon water

Naziv izvora Name of the spring	Izdašnost izvora Spring productivity (l / min)	Temperatura vode Water temperature (C°)	Sadržaj radona u vodi Radon contents in water k Bq/L
«Curie»	30	29	5
«C <sub>1</sub> »	30	29	11
«Behounek»	300	36	10
«Agricola»	10	29	20

Izvor podataka / Data source/: «Léčebné lázně Jáchymov a.s.», p. 4, pp. 25; 2003 Jáchymov

Potrebno je precizirati da se prvi izvor radonske vode pojavio u tzv. «Stephan Quelle» u etaži «Daniel», kod Grube (jame) «Gleichheit» (češ. «Rovnost I» (sl. 9), hrv. «Jednakost»), koja se nalazi zapadno od «Grube Eintracht», kada se pokušalo produbiti jamu (dno) Eintracht od 12. na 14. etažu pri čemu je poplavljen prostor između 12. etaže (n.v. 262 m) i 8. etaže. Izvoru u jami «Eintracht» je promijenjeno ime u čast Marie Curie u «Curie», kada je 1925. g. došla u posjet Jáchymovu. Godine 1924. je ispumpana voda iz okna i njegova zaleđa, pa je rekonstruirano cijelo okno i istovremeno su izgrađeni temeljni geotehnički objekti da se osigura voda iz navedenih izvora.

Šesdesetih godina XX. st. otkrivena su dva nova izvora «C<sub>1</sub>» (1960.) i «Běhounek» (1962.). Između 1983. i 1987. obavljena je rekonstrukcija jame Josef, a od 1992-1996 jame (Svornost). Godine 2000 otkriven je novi izvor koji je nazvan «Agricola».

Podaci o izvorima radioaktivne vode, njihovoj izdašnosti, temperaturi i radioaktivnosti prikazani su u tabeli (2). Voda iz sva 4 izvora, koja se nalazi na 12 etaži ispumpana je na 400m višu «Barbara» etažu, gdje je spremište vode, a odatle na «Daniel» etažu i novi cjevovod dugačak 2700 m do korisnika radioaktivnih lječilišta u Jachymovu.

## O GEOLOŠKOJ GRAĐI I ORUDNENJU

Geološka građa jachymovskog područja je složena (sl. 10). Najstarije stijene čine proterozojsko – paleozojski orto i para gnajsi, amfiboliti, tinjčasti škriljci, grafitni škriljci, i kvarcno–tinjčasti škriljci.- Starije paleozojske stijene čine granitoidi, gabrodioriti, klorit-sericitni filiti, zatim mlađi autometamorfozirani graniti, granit porfiri i granodiorit porfiri te lamprofiri. U podlozi tercijara nalaze se eocensko – oligocenski bazalni šljunci i pijesci. Na njima slijede staklasti bazalti, nefeliniti, staklasti tefiriri,

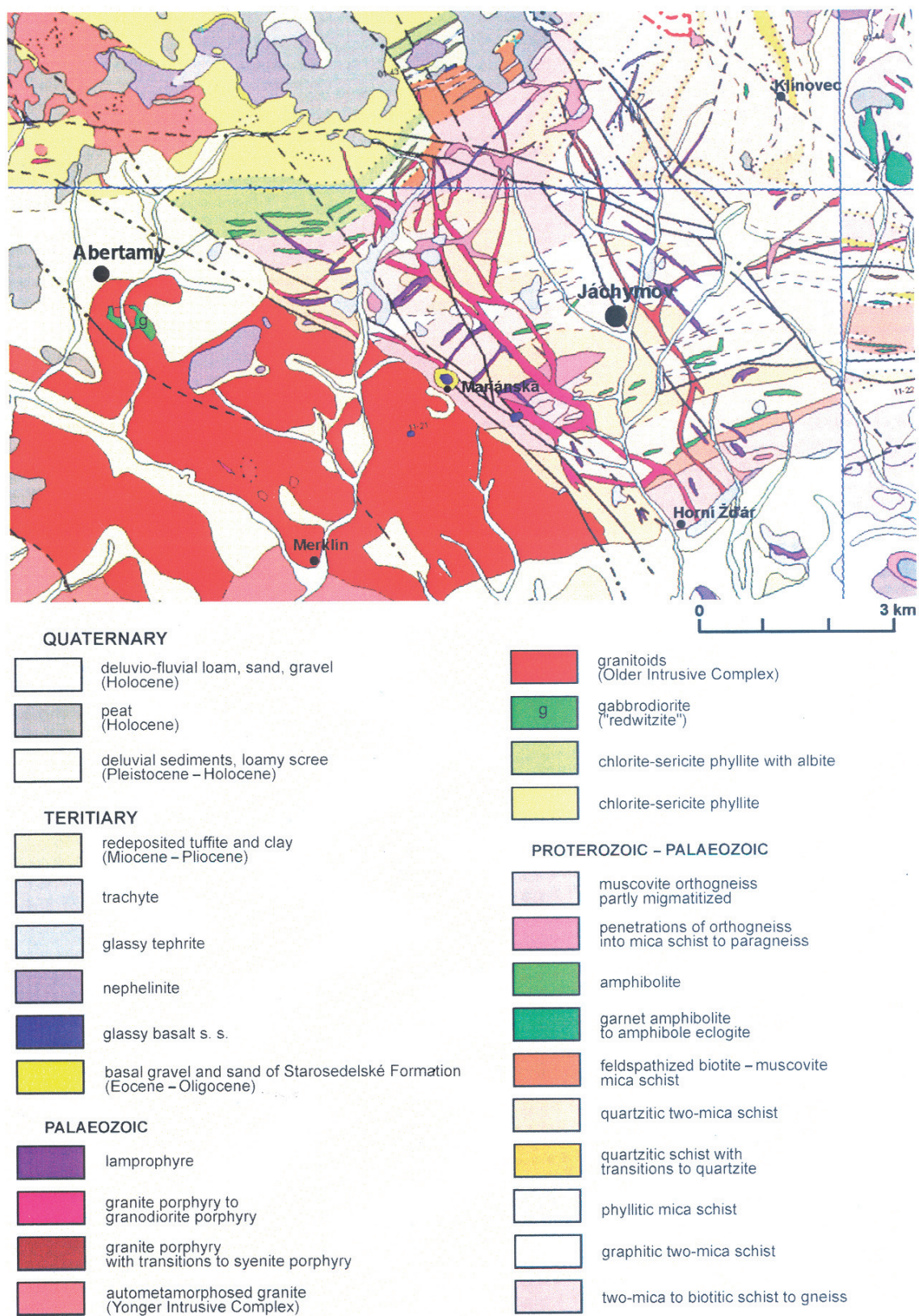
trahiti, te miocensko-pliocenske tufiti i gline. Najmlađe su kvartarne –deluvijalne gline i sipine, lignit i deluvijalno - fluvijalne holocenske ilovače, pijesci i šljunci.

Temeljnu građu orudnjenog područja čine pretežno granitoidi i graniti te kristalasti škriljci, koji su tektonizirani. Među kristalastim škriljcima prevladavaju jedno ili dvotinjčasti škriljci, odnosno mikašisti, a ima još gnajseva, bazalta, dolomita i dr. stijena.

Rudne žile na jachymovskom području podijelili su rudari na starije «jutarnje» pružanja E – W, koje su slabo mineralizirane, debljine 10 – 30 cm, te na mlađe «ponočne» pružanja N – S, t.j. između 300° i 30°, t.j. NW- SE i NE – SW. Ove žile mogu biti duge i preko 2 km, a debele 2,5 m. U smjeru i NW su orijentirani glavni tektonski rasjedi, a u smjeru NE glavni prijelomi (frakture).

Postoje i grozdovi (engl. clusters) rudnih žila. Orudnjeni žilni klasteri nalaze se u Abertamy (A), Barbori-Eva (E), Rovnost (R), Svornost (S), Bratrstvi (B), Panorama (Z) i Plavno (P). Posljedni naziv je i naziv sela u kotaru Knin u Hrvatskoj. Kao zanimljivost može se istaknuti da je u Češkoj je postojao rudarski grad Knin (M a k a r i u s, 1995). Klasteri «Svornost», «Plavno» «Panorama» i «Popov» čine manja nalazišta, koja čine manje od 15 % ukupne uranske produkcije. Položaj pružanja navedenih žila i glavnih rasjeda ucrtan je u strukturno-(montan, dodao Šebečić) geološku kartu (sl. 11). Na toj karti je ucrtan položaj 29 rudarskih okana.

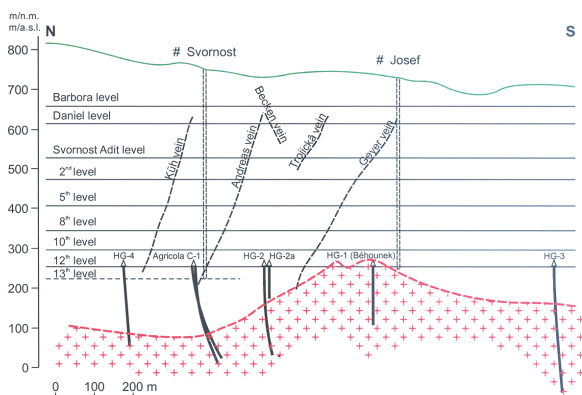
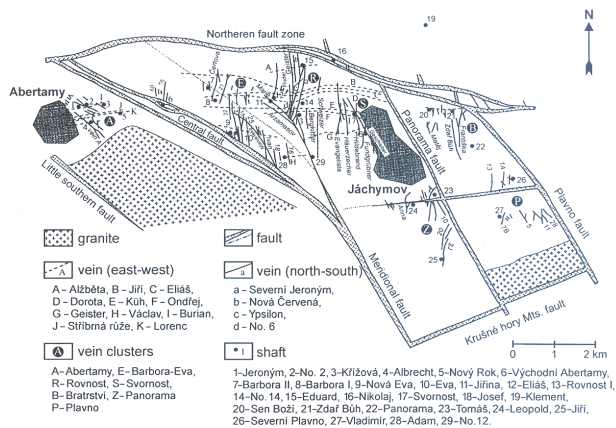
Orudnjenje je hidrotermalno temeljeno na pet elemenata (Ag-Bi-Co-Ni ± U) polimetalne mineralizacije. U profilu W – E okoliša okna «Svornost» mineralnu paragenezu čine prustit (Ag<sub>3</sub>AsS<sub>3</sub>, sl.12), halkopirit (CuFeS<sub>2</sub>), pirit (FeS<sub>2</sub>), nikelin (NiAs) i realgar (HgS). Ima samorodnog Ag, Co, Bi i As. Orudnjenja se nalaze uglavnom na dubini 100 – 250 m, pa i na 400 m. Ponegdje ima i uranitita. U oknu «Rovnost» /sl. 9/ I. II ima galenita (PbS), sfalerita (ZnS), halkopirita i uraninita (UO<sub>2</sub>, sl. 13), a u Eliašu sfalerita



Sl. 10. Geološka karta šireg Jáchymovskog područja načinjena prema Češkoj geološkoj karti M 1:50.000 (Ondruš et al., 2003)

Fig. 10 Geological map of wider Jáchymov area made according to Czech geological map M1: 50,000. (Ondruš et al., 2003)





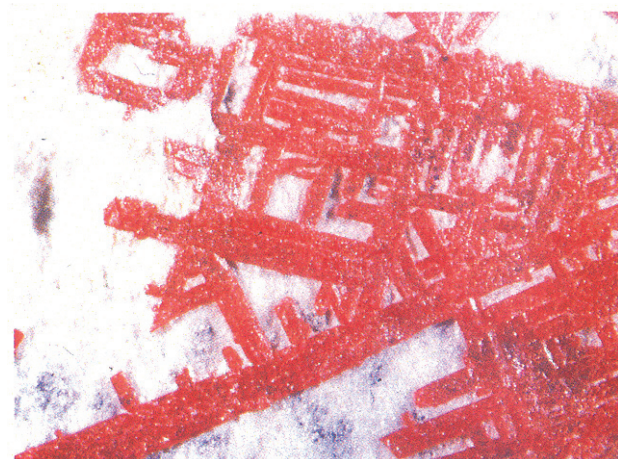
Sl. 11. Strukturno-geološka karta Jáchymovskog kotara (gore) (V e s e l y, 1986), modificirano prema O n d r u š e t al. (2003). Profil kroz aktivna rudarska okna «Svornost» i «Josef» (dolje), te s hidrogeološkim bušotinama HG 1 do 4, W a l l e n s o v á i V y l i t a (1963), modificirano prema O n d r u š e t al. (2003).

Fig.11 Structural-geological map of Jáchymov county (above) (V e s e l y, 1986), modified according to Ondruš et al. (2003) Profile through active mining pits "Svornost" and "Josef" and hydrogeological boring hole HG 1 to 4, W a l l e n s o v á a n d V y l i t a 1963, modified according to Ondruš et al. (2003)

Prema vertikalnoj distribuciji navedenih pet formacijskih elemenata «u ponoćnim žilama» u primarnoj zoni se nalaze karbonati prirodni bizmut i arsen s vrlo malo arsenida (Ag, Bi i Ni), argentit, prutstit i uraninit, a u sekundarnoj zoni kvarc, limonit, argentit, prirodno srebro, halkopirit, uraninit, uranofan idr. Za prijelaznu zonu vezan je isključivo stefanit ( $Ag_3SbS_4$ ) (O n d r u š e t al. 2003).

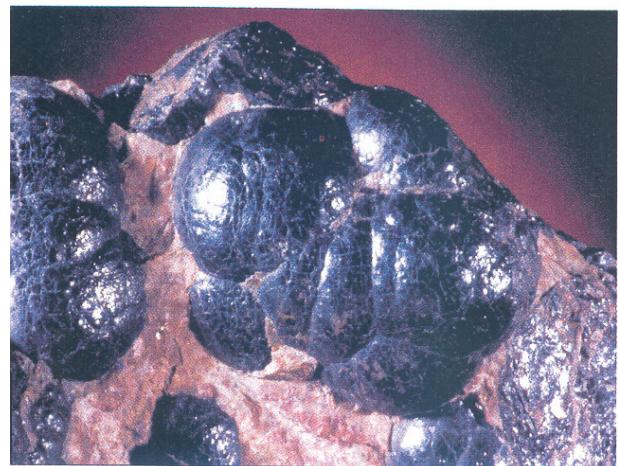
Güntherová i Surová (?) ističu da u češkom dijelu Erzgebirge-a ima na nekoliko kvadratnih kilometara 237 različitih minerala. Jáchymov je tipski lokalitet za 26 minerala od kojih su 21 sekundarni minerali ( tab. 3 ).

U Joachimstalu djelovao je liječnik Georg Agricola (Bauer), koji je bio otac mineralogije. Njegova «De re metallica» je rudarsko i talioničko djelo, koje je do kraja XIX. st. bila rudarska i talionička enciklopedija.



Sl. 12. Pseudomorfoza proustita po skeletu kristala srebra (širina slike 9 mm). Foto J. & E. Sejkora. O n d r u š e t al. (2003), p. 91.

Fig. 12. The proustite pseudomorphoses after skeletal silver crystals (width of figure 9 mm). Photo J. & E. Sejkora. O n d r u š e t al. (2003), p. 91



Sl. 13. Crni uraninit (širina slike 6 cm). Foto J. & E. Sejkora. O n d r u š e t al. (2003), p. 136

Fig. 13. Black uraninite (width of figure 6 cm). Photo J. & E. Sejkora. O n d r u š e t al. (2003), p.136

Godine 1907. pored talionice za srebro izgrađena je tvornica uranskih boja. Do II. svjetskog rata proizvađano je u St. Joachimstalu, odnosno Jáchymovu najviše radija na svijetu. Tako je od 1909. do 1936. proizvađeno 61, 683 g. Ra, a od 1939. do 1945. god. 15, 813 g. Ra ( V e s e l o v s k y e t al. , 1997 ). Predpostavlja se da je sveukupno iz uranske rude u Jachymovu proizvađeno 100 g Ra.

Tablica 3. Minerali za koje je Jáchymov tipski lokalitet

Table 3. Minerals for which Jáchymov is the type locality

Mineral	Kemijska Chemical formula	Autori Authors
Uraninite	UO <sub>2</sub>	Brückmann (1727)
Torbernite *	Cu(UO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> · 8 – 12H <sub>2</sub> O	Born (1772), Werner (1793)
Sternbergite	AgFe <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	Haidinger (1827)
Haidingerite *	CaH(AsO <sub>4</sub> ) · H <sub>2</sub> O	Turner (1827)
Johannite *	Cu(UO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> · 8H <sub>2</sub> O	Haidinger (1830)
Millerite	NiS	Haidinger (1845)
Zippeite *	K <sub>4</sub> (UO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (OH) <sub>10</sub> · 4H <sub>2</sub> O	Haidinger (1845)
Voglite *	Ca <sub>2</sub> Cu(UO <sub>2</sub> )(CO <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> · 6H <sub>2</sub> O	Haidinger (1853)
Lindackerite *	H <sub>2</sub> Cu <sub>5</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>4</sub> · 8-9H <sub>2</sub> O	Vogl (1853)
Uranopilite *	(UO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> (SO <sub>4</sub> )(OH) <sub>10</sub> · 12H <sub>2</sub> O	Dauber (1854)
Acanthite *	Ag <sub>2</sub> S	Kenngott (1855)
Argentopyrite *	AgFe <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	Sartorius von Waltershausen (1866)
Isoklasite *	Ca <sub>2</sub> (PO <sub>4</sub> )(OH) · 2H <sub>2</sub> O	Sandberger (1870)
Schröckingerite *	NaCa <sub>3</sub> (UO <sub>2</sub> )(CO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> (SO <sub>4</sub> )F · 10H <sub>2</sub> O	Schrauf (1873)
Mixite *	BiCu <sub>6</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (OH) <sub>6</sub> · 3H <sub>2</sub> O	Schrauf (1879)
Uranophane-beta *	Ca(UO <sub>2</sub> )SiO <sub>3</sub> (OH) <sub>2</sub> · 5H <sub>2</sub> O	Nováček (1935)
Metauranopilite *	(UO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> (SO <sub>4</sub> )(OH) <sub>10</sub> · 5H <sub>2</sub> O	Nováček (1935)
Brassite *	MgHAsO <sub>4</sub> · 4H <sub>2</sub> O	Fontan et al. (1973)
Nickel-zippeite *	Ni <sub>2</sub> (UO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (OH) <sub>10</sub> · 16H <sub>2</sub> O	Frondelet et al. (1976)
Krutovite	NiAs <sub>2</sub>	Vinogradova (1976)
Albrechtschraufite *	Ca <sub>4</sub> Mg(UO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> F <sub>2</sub> · 17H <sub>2</sub> O	Mereiter (1984)
Jáchymovite *	(UO <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> (SO <sub>4</sub> )(OH) <sub>14</sub> · 13H <sub>2</sub> O	Čejka et al. (1996)
Vajdakite *	[(MoO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> O) <sub>2</sub> As <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ] · H <sub>2</sub> O	Ondruš et al. (2002)
Čejkaite *	Na <sub>4</sub> (UO <sub>2</sub> )(CO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	Ondruš et al. (2003)
Švenekite *	Ca(H <sub>2</sub> AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	Ondruš et al. (2003)
Pseudojohannite *	Cu <sub>5</sub> (UO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (OH) <sub>16</sub> · 16H <sub>2</sub> O	Ondruš et al. (2003)

\*21 od 26 minerala su sekundarni minerali.

\*21 from 26 minerals are secondary minerals.

Izvor podataka / Data source : Ondruš et al. (2002), Ondruš et al. (2003), Veselovsky et al. (1997) i Veselovsky et al. (2003).

## RASPRAVA I ZAKLJUČCI

Srednjovjekovno sasko rudarstvo ostavilo je značajni trag u otkrićima raznih mineralnih sirovina, poglavito kovinskih ruda u Europi. Saski rudari bili su izvršni i straživači, jer su otkrili mnoga rudna nalazišta. Bili su vrlo cijenjeni po svojim sposobnostima i rado su pomagali drugim rudarima, kada su ovi zapadali u problematične situacije na terenu ili u rudniku. Odazivali su se i na pozive vlasnika ili posjednika rudnika u drugim dijelovima Europe. Bili su skloni migraciji, pa i kolonizaciji nekog neistraženog područja, a što im je omogućavalo njihov (cehovski) slobodnjački status. O načinu pronalazjenja rude razmišljali su kao vrhunski stručnjaci. Svoja znanja stjecali su srednjem vijeku na temelju tuđih i vlastitih iskustava, a u novom vijeku neophodna i dodatna

saznanja sticali su u rudarskim školama i akademijama. Zahvaljujući saskim rudarima otkrivena su najpoznatija rudna nalazišta u Saskoj (Erzgebirge), Harzu, zatim u Ugarskoj (Sedmogradskoj), Hrvatskoj, Bosni, Srbiji i dr.

Mnogobrojne pliće («gornje») rudne žile otkrivene su pripovršinskim prospekcijama terena. Istraživanjem i eksploatacijama tih rudnih žila bila je ostvarivana velika financijska dobit. Vladari su koristili svoja regalna prava, pa su značajna rudna nalazišta eksploatirali oni ili njima odani plemići, zaslužni ratnici, kasnije bankari i dr. Rudarskim zakonima regulirani su rudarski odnosi i prava u rudarstvu. S njima su vladari ostvarivali svoja regalska prava. Naime, dešavalo se da su neki plemići s naslijeđenim rudarskim pravima mogli brzo obogatiti, zahvaljujući ondašnjoj praksi da je svaki veći rudnik imao svoju kovnicu novca, pa je to nagnalo kralja da konfiscira

ili zatvori male kovnice novca ili da ih mjenja za svoje gradove Tako je na pr. kralj Ferdinand ponudio Nikoli Zrinskome zamjenu svoja 2 grada u Istri : Pazin (tada Mitterburg), i Kastav za Gvozdansko i obližnje rudnike srebra, međutim to Zrinski nije prihvatio, jer ne bi imao s čime plaćati svoju vojsku za obranu svojih gradova i Hrvatske!

Polimetalna rudna nalazišta u Joachimsthalu, odnosno Jachymovu, zahvaljujući svojoj genezi, omogućili su višestoljetnu eksploataciju ruda srebra, kobalta, nikla, arsena, bizmuta, urana i radonske vode. Takav kontinuitet eksploatacije je vrlo rijedak u svijetu. Posebno značenje, što se može povezati za rude i rudnik, je promjena svjetskog interesa za određene sirovine. Završava interes za srebrom, a otkrićem radioaktivnih elemenata započinje novi interes za radioterapijom, atomskom energijom i sl. U isto vrijeme dok se jedni liječe u sanatorijima, drugi ,t.j. rudari rapidno gube zdravlje u rudnicima ,jer oboljevaju od raka i mladi umiru . Na koncu, ulazi se u atomsko doba s atomskim bombama i s velikim ljudskim tragedijama, ali i s energijom iz atomskih centrala.

Razdoblje klasičnog rudarenja na jachymovskom području trajalo je gotovo 4,5 stoljeća, a s bušotinskom hidrogeološkom eksploatacijom radonske vode sigurno će se produljiti u 6-to stoljeće. Otkrićem velikog nalazišta srebrenе rude (1516. godine) započela je njegova vrlo aktivna eksploatacija tako da je već nakon dvije godine rada to postao rudarski grad. U njemu je sredinom XVI. stoljeća bilo zaposleno 10 do 15 tisuće rudara, međutim već pri kraju XVI. stoljeća zbog iscrpljenosti najbogatijih žila i trostrukog povećanja cijena roba vezanih za rudarstvo (hrana, oprema za rudnik i sl.) gotovo je prekinuta proizvodnja. To se proširilo na početak 17. stoljeća, tj. 1613. kada je u rudniku bilo zaposleno samo 70 rudara.

U sljedećim razdobljima ponavljala se situacija pa je dolazilo do obnavljanja i/ili proširenja rudarske proizvodnje ili se ista prekidala, ili vrlo smanjivala zbog ratova, zaraza ili pak zbog velikih promjena cijena kovina na tržištu. Od sredine XVIII. stoljeća započinje vrlo aktivna eksploatacija kobaltne rude, a od sredine XIX. stoljeća uranske rude. S njom u vezi je radonska voda s kojom je Jachymov postao vrlo poznato radioaktivno termalno lječilište u Europi.

Received: 30.09.2006.

Accepted: 30.10.2006.

## Zahvale

Zahvaljujem se g. J. Piheri, *rud. ing. na susretljivosti prilikom moje posjete jachymovskom rudniku, a g. dr. sc. D. Ražemu, znanstvenom savjetniku iz Instituta Ruđer Bošković, na sugestijama iz područja radioaktivnosti.*

## LITERATURA

- Brockhaus Enzyklopädie (2006): Joachimsthal, p 50, Band 14 (JEN – KINC), Bibliographisches Institut & F.A.Brockhaus A.G. Mannheim.
- Güntherova, H. i Surová, M. (?): Jáchymov-St. Joachimsthal, p. 32, Léčebné lázně, a.s., Jachymov «Léčebné lázně Jáchymov a.s.» (2006): Salzhöhle, p. 25, Jachymov.
- Makarius, R. (1995): Vývoj hornictví a horničho práva v českých zemích do roku 1854. Zborník přednášek, p.4-10, Hornická Příbram ve vědě a technice. 17.10 – 19. 10.1995 Příbram.
- Mrňa, F., Pavlů, D. (1958): Nekolik poznámek k teorii rudodárnych roztoků na pokladě studia Ag-Bi-Co-Ni formace v Jáchymově-Věst. Ustř. Ust. Geol. 23, 235-244 Praha.
- Ondruš, P., Veselovský, F., Hloušek, J., Skála, R., Vavřin, I., Frýda, J., Čejka, J., Gabašová, A. (1997): Secondary minerals of the Jáchymov (Joachimsthal) ore district. Jour. of the Czech Geol. Society 42/4, p. 8, pp. 132, Praha.
- Ondruš, P., Skála, R., Cisařova, I., Veselovský, F., Frýda, J., Čejka, J. (2002): Description and crystal structure of vajdakite [(Mo<sup>6</sup>O<sub>2</sub>)<sub>2</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>2</sub>As<sup>+3</sup>O<sub>5</sub>] · H<sub>2</sub>O - new mineral from Jáchymov, Czech Republic. Amer. Mineralogist, 87, No 5.
- Ondruš, P., Veselovský, F., Gabaševa, A., Hloušek, J. i Šrein, V. (2003): Geology and hydrothermal vein system of the Jáchymov (Joachimsthal) ore district, p. 3-18. Journal of the Czech Geological Society, 48/3-4, pp. 230, Praha.
- Ondruš, P., Veselovský, F., Gabašová, A., Hloušek, J., Šrein, V., Vavřin, I., Skála, R., Sejkora, J., Drábek, M. (2003): Supplement to secondary and rock forming minerals of the Jáchymov ore district, p. 149 - 155 Journal of the Czech Geological Society, 48/34, pp 230, Praha.
- Ondruš, P., Veselovský, F., Gabašová, A., Hloušek, J., Šrein, V., Vavřin, I., Skála, R., Sejkora, J., Drábek, M. (2003): Primary minerals of the Jáchymov ore district, p. 91, p. 136.( 19 – 147 ), Journal of the Czech Geological Society, pp. 230, Praha.
- Ondruš, P., Veselovský, F., Gabašová, A., Drábek, M., Dobeš, P., Malý, K., Hloušek, J. i Sejkora, J. (2003): Ore-forming processes and mineral parageneses of the Jáchymov ore district, p. 186 (p. 157-192) Journal of the Czech Geological Society, 48/34, pp 230, Praha.
- Sakařova – Malá, A. (1967): Význam mincovny pro dolování v Jachymově v druhé polovině 16. a 17. století. Razpr. Nár. Tech. Muz. (Dolování v Jachymově 1516- 1966), 26, 224- 229. Praha.
- Topinka, I. (1979): Ložiskově-geologické poměry jachymovského rudního pole. MS, Postgraduate thesis. Fac. Sci. Charles, Univ. Praha
- Tučan, F. (1911): «Radij», «Pabirci iz prirodoslovlja», «Obzor» god. 51, (1860-1941), br. 306, p. 3, Zagreb.
- Vesely, T. (1986): Stavba a význam jednotlivých žilných uzlů uranového ložiska Jachymov. Zbor. Geol. věd, R. Ložisk, geol. mineral., 27, 7-109. Ustř. Ust. geol. Praha.
- Veselovský, F., Ondruš, P., Hloušek, J. (1997): History of secondary minerals discovered in Jáchymov (Joachimsthal), p.115-122, Journal of the Czech Geological Society, 42/4, pp 132, Praha..
- Veselovský, F., Ondruš, P., Gabašová, A., Hloušek, J., Vlašimský, P., Chernyshev, I. G. (2003): Who was in Jachymov mineralogy II., p. 193- 205 (tab. 193) Journal of the Czech Geological Society 42/4, p. 132, Praha.
- Víský, A. (1860): O uranu nerostek uranových a dobývání žluti uranove. Živa, 8, 25-30, Praha.
- Wallensová, M., Vylita, B. (1963): Radioaktivni terma v Jáchymově. Acta Univ. Carol., Geol. No 1, 43-65, Praha.

**FROM THE SIGNIFICANT ST. JOACHIMSTAL SILVER AND URANIUM PIT, JÁCHYMOV,  
TO RADON SPA IN SAXON CZECH „RUDNA GORA“**

In 1516 Saxon miners discovered large findings of silver ore in Konradsgrün, so that already in 1518 it became a mining city at the slopes of Erzgebirge. Due to the position of the mine in the valley and to St. Joachim the patron saint of the place this city was named Joachimsthal by the Saxons in 1530 and the silver coin Jochimst(h)aler. Very soon Count Stephan von Schlick, the owner of the mine and of surrounding land, became one of the richest noblemen in Bohemia. The Czech king Ludovig Jagelovich, who was also a Croatian king (Ljudevit III), did not agree that such a significant silver mine and especially the silver mint were in the count's possession, so he confiscated his mint, but for this he needed some legal grounds. King Ferdinand realized this by announcing Jachymov miners' order and court in 1541, so that already 1547 the Jachymov mines were in possession of the crown. The central mint was founded in Dresden 1556. During history owners (mainly rulers), or

possessors, respectively mine entrepreneurs changed, but mining laws did considerably slower. From time to time thirty-years (1618-1648) and seven-years (1756-1763) wars interrupted or reduced production. The mining production could also be negatively influenced by big infections as well as by prices of silver and other metals at the market.

554,44 tons of silver were produced from 1517 till 1900. Cobalt ore was exploited most in 1824, 23 tons for enamel production and that from 1775 till 1851. Uranium ore from which 8500 tons of uranium were obtained from 1853 till 1964 and from that about 100 g of radium but from 1909 till 1964. From 1945 till 1964 uranium pitchblende is exploited for the needs of atomic energy. Until the discovery of radioactivity and radioactive elements uranium ore was used for the production of mineral colours for ceramics, glass, porcelain etc.