

RUDIŠČE URANA V ŽIROVSKEM VRHU

V zadnjem času smo v časnikih že brali to in ono o najdišču uranove rude v Žirovskem vrhu v Poljanski dolini. Tudi slovenska radiotelevizija je o uranovem najdišču seznanila poslušalce in gledalce. V strokovni literaturi je bilo napisanih več znanstvenih člankov in prav je, da še bravec Loških razgledov napiševa nekaj o tem uranovem rudišču. Še posebej je razumljivo, da si Ločani in okoličani žele tega članka, ker je pač uranovo rudišče na njihovem ozemlju, v loški pokrajini. Nekateri domačini pa že zdaj kot rudarji kopljejo globoko pod površjem gozdnatega Žirovskega vrha (gl. sl.!) in drugi se jim bodo pridružili, brž ko bodo v rudniku začeli delati s polno paro.

Naša država je prav sedaj pred odločitvijo, ali naj začne v prihodnjih letih graditi prvo jedrsko elektrarno. Za tako elektrarno bi bilo ozemlje pri Krškem najbolj primerno. Eden večjih problemov pri tem pa je, ali imamo v Jugoslaviji surovine za proizvodnjo nuklearnega goriva. Če ga ne bi imeli, bi bila naša prihodnja nuklearna energetika odvisna od uvoza in najbrž ne bi že danes mislili na jedrsko elektrarno.

Raziskovalna dela in metode

Geologi »Instituta za istraživanje nuklearnih i drugih mineralnih sirovina« iz Beograda že več kot 15 let raziskujejo v naši državi jedrske surovine, predvsem najdišča urana. Leta 1960 je bila pri inštitutu ustanovljena prospektorska ekipa, ki naj bi raziskala naravno radioaktivnost karbonskih, permijских in triasnih usedlin na loškem ozemlju, na Cerkljanskem in v idrijski okolici. Ekipa je začela raziskovati ozemlje okoli Idrije in potem nadaljevala z delom proti Cerknu, Žirem, Gorenji vasi in Škofji Loki. Pri delu je uporabljala geološko-geofizikalne metode in z Geiger-Millerjevimi in scintilacijskimi števeci merila radioaktivnost tamkajšnjih kamnin. Že takrat so odkrili mnoge anomalije v radioaktivnosti kamnin, med katerimi so bile najpomembnejše tiste na severovzhodnem delu Žirovskega vrha. Na drugih krajih so ugotovili le manjše anomalije. Na loškem ozemlju so razen v Žirovskem vrhu radioaktivne kamnine tudi pri Sv. Tomažu in Sv. Valentinu nad Praprotnim v Selski dolini.

Že prve ugotovitve radioaktivnih anomalij v kamninah Žirovskega vrha so dajale dosti upanja. Ko so kopali razkope, so odkrili zelo močne rudne anomalije z bogatim drugotnim uranovim orudenjem. Kamnina z uranovo rudo je bila rumene, oranžne in zelene barve. Prve analize vzorcev iz razkopov so pokazale, da je v rudi v Žirovskem vrhu višji odstotek urana kot v

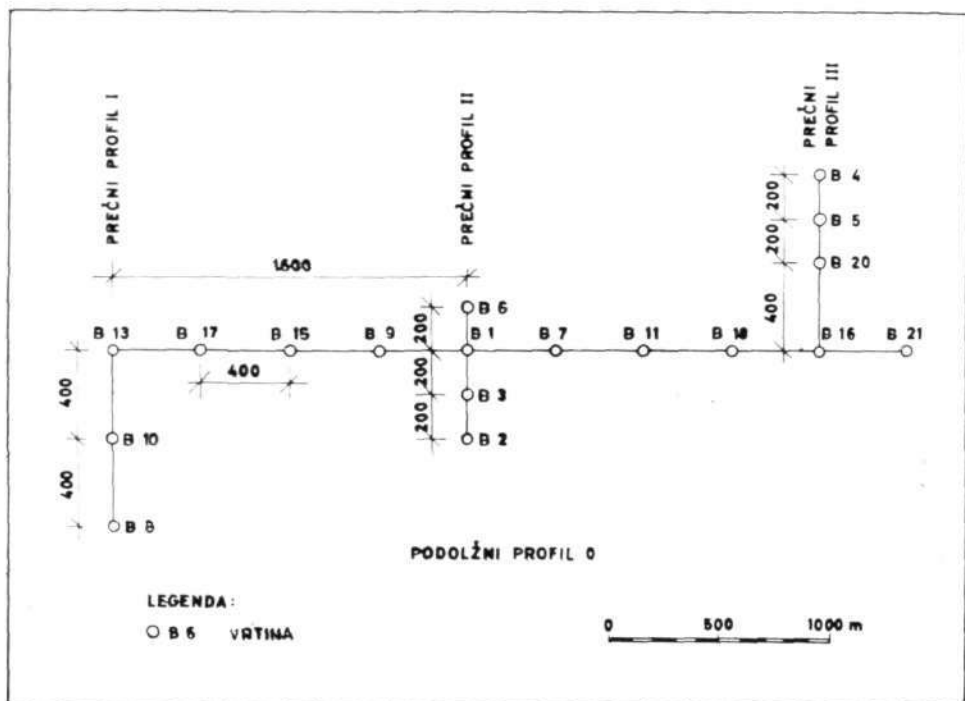


Žirovski vrh, pogled od Aliča proti Javorču (foto Fr. Planina)

katerem koli drugem takrat znanem nahajališču urana v Jugoslaviji. Vzorci rude z Žirovskega vrha so bili tudi razstavljeni na prvi razstavi uporabne nuklearne energije v miroljubne namene, ki je bila v avgustu in septembru 1960 v Beogradu. Od takrat je poznan Žirovski vrh tudi v jedrski geologiji.

Kamnine z uranom so sledili po pobočju Žirovskega vrha v dolžini več kot 10 km. Radioaktivne anomalije so našli v pasu, ki je dolg več kilometrov. Kazalo je, da so anomalije samo v določenih plasteh v produktivni kamniti skladovnici in da so debele več deset metrov. Zato so se odločili, da začno načrtno raziskovati zgradbo celotnega ozemlja, kjer so bile najgostejše anomalije povečane radioaktivnosti. Takšno raziskovanje se je začelo leta 1961, slonelo pa je na globinskem vrtanju. Vsa dela sta opravljala geološki zavod iz Ljubljane in Makprofil iz Skopja. Najprej so izvrtali prečne profile (gl. sl. !), ki so jih pozneje z vrtinami povezali z vzdolžnim profilom. Razdalja med posameznimi prečnimi profili je bila 1600 m, razdalja med vrtinami na profilu se je spreminjala od 200 m do 400 m. Tako so spoznali zgradbo uranovega ležišča in dobili prve podatke o stopnji orudenosti produktivnih plasti. Nato so sledile podrobne raziskave tistega dela rudišča, v katerem so vrtnice pokazale najbogatejše orudene plasti. Tudi sedaj je bila osnovna metoda raziskovanja vrtanje, vrtnice pa so razporedili po mreži neenake gostote (200 × 100, 100 × 100, 100 × 50 in 50 × 50 m). Segale so od 50 do 700 m globoko: vrtnice iz jame pa niso bile globlje od 50 m. Razen z vrtanjem so raziskovali še z raznimi drugimi rudarskimi deli.

Če bi seveda hoteli raziskovati rudišče z gosto mrežo vrtin, bi bila potrebna zelo obsežna dela, ki mnogo stanejo, to pa si lahko privoščijo samo visoko razvite države. V Žirovskem vrhu bi bilo treba v primeru goste mreže vrtin izvrtati več kot 100 000 m vrtin, potem pa bi morali raziskati ležišče še



Prečni in vzdolžni profili vrtin

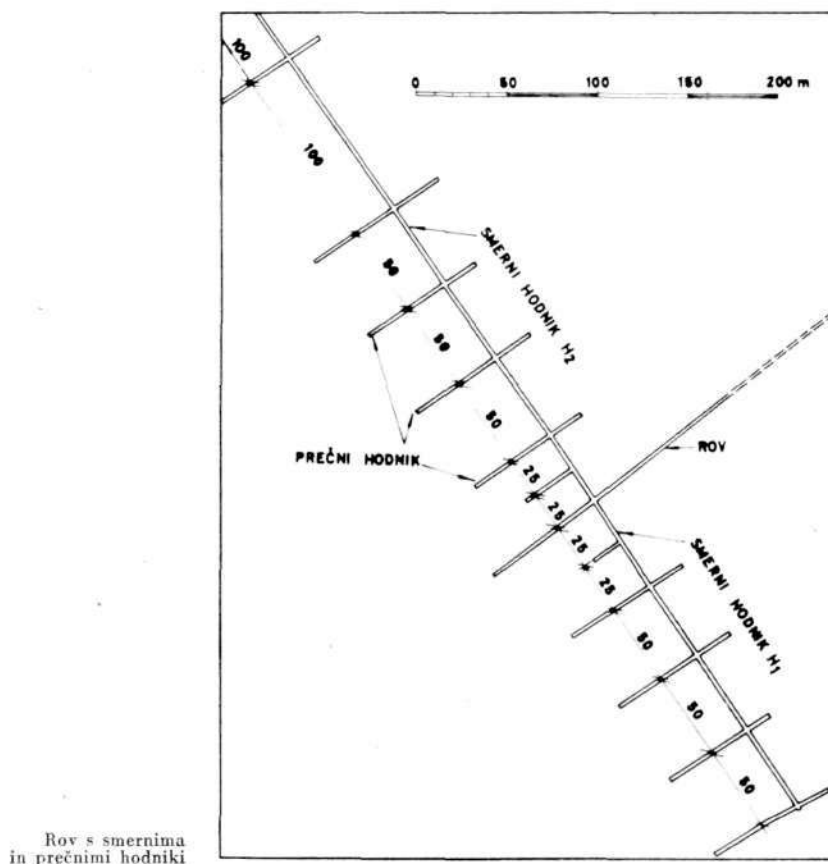
po posameznih nivojih. Dela takšnega obsega v naših pogojih niso gospodarna, še posebno tedaj ne, kadar vrtamo z diamantnimi kronami, kot so morali vrtati v Žirovskem vrhu. Pri sedanjem načinu raziskovanja, to je pri kombinaciji vrtanja s površja z rudarskimi deli, se stroški močno zmanjšajo, seveda pa so tudi rezultati skromnejši.

Uranovo rudišče v Žirovskem vrhu je bilo vendarle dovolj podrobno preiskano z različnimi geološko-geofizikalnimi metodami. Geološko kartiranje je zajelo približno 7 km² površine, podrobne geofizikalne raziskave pa so bile napravljene tam, kjer so bile že prej odkrite anomalije povečane radioaktivnosti. Podrobne raziskave so dale dragocene podatke in šele z njihovo pomočjo so določili mesta, kjer bodo vrtine, rovi in hodniki.

Geološke podatke o zgradbi nam dajo geološko kartiranje rudarskih prostorov in jedra vrtin. Na ta način dobimo podatke, kje je ruda in kje jo lahko pričakujemo. Neposredno pa raziskujejo uranovo rudo z različnimi geofizikalnimi metodami, merijo radioaktivnost kamnin in rude v naravnem stanju (v vrtini z gama karotiranjem, v jedru vrtine in v rudarskih prostorih pa z radiometričnim merjenjem).

Rudarski horizont se začne v Žirovskem vrhu z rovom, ki je dolg približno 400 m (gl. sl. !). Iz rova peljejo smerni hodniki. Izkopali so jih v smeri, v kateri se vlečejo skladi, in so dolgi po okoli 1400 m. Na vsakih 50 do 100 m vodijo iz smernih hodnikov številni prečni hodniki, dolgi po 50 do 100 m in sekajo orudene plasti. Na posebno zanimivih mestih so hodniki celo v raz-

dalji 25 m drug od drugega. Vsa ta obsežna rudarska dela imajo v glavnem namen pripraviti rudišče za raziskavo orudenih plasti s perkusivnim vrtnjem, to je vrtnjem, pri katerem krona z udarci drobi kamnino. To vrtnje pa se uporablja zato, ker orudene plasti vpadajo pod določenim kotom v globino in jih z rudarskimi hodniki presekajo samo na majhnem delu.



Vzporedno z raziskovalnimi deli pridobivajo rudo v polindustrijskem obsegu in tako preverjajo rezultate, ki so jih dobili z raziskovalnim delom. Ta dela pokažejo zapletene oblike rudnih teles v prostoru, kar je seveda zelo važno za poznejše pridobivanje rude. Prav tako dobimo s tem načinom raziskovanja podatke o mehanskih lastnostih kamnin, od njih pa so odvisni stroški za odkopavanje rude.

Poleg geološko-geofizikalnih in rudarskih del delajo v posebnih laboratorijih tudi tehnološke poskuse za predelavo rude v tehnični koncentrat, U_3O_8 (»rumeni kolač«). V tehnologijo predelave uranove rude spada še njena obogatitev in to opravi radiometrična separacija. Ker je uranova ruda radioaktivna, lahko s pomočjo te njene lastnosti izločimo jalovi del od koristnega dela rude.

Geološka zgradba rudišča

S podrobnimi raziskovanji smo spoznali, da je uranovo orudjenje v Žirovskem vrhu v sivih peščenjakih in konglomeratih srednjepermijske starosti. Položaj produktivnih plasti je približno takle: Najstarejše kamnine v okolici uranovega rudišča so črni glineni skrilavci, ki se pod udarcem koljejo v plošče ali celo v tanke liste. Takšne skrilavce so svojčas lomili na Poljanskem in Selškem, izdelovali iz njih strešne ploščice in z njimi pokrili marsikatero streho (glej Loški razgledi II, 81 do 84). V Žirovskem vrhu v teh skrilavcih nismo našli okamnelih ostankov davnega življenja, ki bi nam lahko povedali starost kamnin. Po primerjavi z drugimi ozemlji pa sklepamo, da so srednjepermijske starosti, in sicer iz trogkofelske stopnje. Med skrilavci najdemo tu in tam vložke kremenovega peščenjaka in konglomerata.

Nad sivimi skrilavci leže sivkaste, zelenkaste in rdečkaste kamnine, ki so prav tako srednjepermijske starosti, vendar ne iz trogkofelske stopnje, marveč iz grödenske stopnje, ki je mlajša od prve. Te sklade imenujemo grödenske in so pri nas takšni kot v Grödenski dolini v Južnih Tirolah.

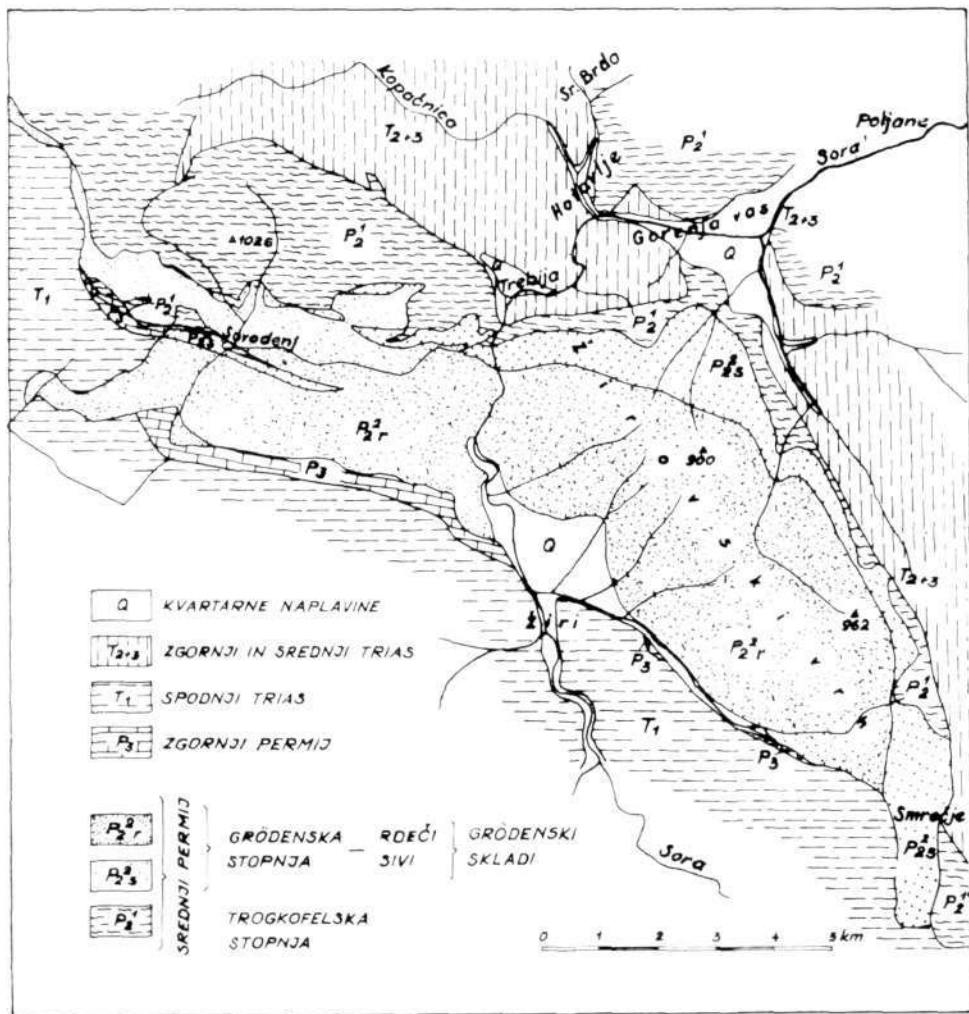
Grödenski skladi so v Žirovskem vrhu razviti v dveh členih; spodaj so sivi skladi, zgoraj pa rdeče plasti.

Sivi skladi so starejši del grödenske stopnje in leže na sivih skrilavcih trogkofelske stopnje. Med kamninami spodnjega člena sta sivi kremenov peščenjak in konglomerat, v katerih je uranova ruda. Med sivimi psamiti (zrna so debela od 2 do 0,02 mm) in psefiti (zrna so debela več kot 2 mm) najdemo včasih tudi tanjšo ali debelejšo plast rdečega peščenjaka in skrilavca, kjer pa nismo nikjer ugotovili uranove rude. Spodnji, sivi člen grödenskih skladov je na raznih mestih različno debel, njihove najpogostejše debeline pa so med 200 in 400 m. Nahajamo ga v ozkem in dolgem pasu na severovzhodnem pobočju Žirovskega vrha.

Rdeči člen pa sestavlja mlajši del grödenskih skladov in močno prevladuje v Žirovskem vrhu. V njem so rdeči glineni skrilavec, rdeči kremenov peščenjak in redkeje tudi kremenov konglomerat prav takšne barve. Tudi debelina rdeče skladovnice se spreminja, največja pa doseže 500 m.

Ugotovitve različnih raziskav nam povedo, da so se sivi grödenski skladi usedali ob morskem obrežju, rdeče plasti pa so nastajale na kopnem, verjetno v puščavah. Usedanje zdaj sivih, zdaj rdečih usedlin v grödenski dobi oziroma današnje menjavanje sivih in rdečih peščenjakov v sivi skladovnici nam govori o nihanju morske gladine. Morje je potemtakem od časa do časa poplavljal današnje ozemlje Žirovskega vrha, dokler ni končno zavladalo kopno.

Na grödenske plasti so bili naloženi zgornjepermijski apnenec, lapor in dolomit, ki so spet nastajali v morju, zatem pa še veliko različnih triasnik kamnin. Kamnine, ki so pokrile grödenske sklade z uranovo rudo, so bile debele več tisoč metrov. Ko pa so gorotvorne sile v terciarju ustvarjale geološko zgradbo naših krajev in hkrati tudi vse južne Evrope, so le-te kamnine nagubale in razkosale tudi današnjo loško pokrajino. Vzdignile so grödenske plasti in tiste nad njimi visoko nad morsko površje. Površinske vode so se koj lotile dela, glodale so in odnašale vselej plasti na površju, drugo za drugo. V več milijonov letih so odnesle več 1000 m debeli pokrov nad plastmi z uranom. Tako so grödenski skladi z dragoceno rudo spet prišli na zemeljsko površje.



Geološka karta Žirovskega vrha in okolice

Zaradi zelo zapletenih gorotvornih dogajanj v več fazah skozi dolge milijone let je zgradba uranovega rudišča v Žirovskem vrhu danes silno zapletena. Ozemlje se je večkrat razklalo in grude so se narivale druga na drugo. Tako so bile permijske plasti z rudiščem vred odtrgane od svojega korena in bile narinjene na zgornje triasne kamnine. Še danes leže permijski skrilavci, peščenjaki in druge kamnine, stari okoli 240 milijonov let, neposredno nad mlajšimi, zgornje triasnimi skladi, starimi nekaj več kot 180 milijonov let. To pa pomeni, da mi sedaj raziskujemo le tisti del rudišča, ki je ležal v narivu, medtem ko je ostalo rudišče v korenu nariva nekje v večji globini. Del rudišča so površinske sile razkrojile, vode so ga odnesle in le ostanek se je ohranil v Žirovskem vrhu. S pomočjo dosedanjih, razmeroma skromnih podatkov me-

nimo, da je bil na prostoru, ki ga raziskujemo, odnesen obodni, revnejši del rudišča.

Tudi zgradba nariva oziroma rudišča je precej zapletena. Zaradi bočnih pritiskov so bili skladi nagubani v gube različnih velikosti in oblik. Včasih so gube prevrnjene in takrat so skladi v enem krilu gube prevrnjeni, v drugem pa ne. V glavnem vpadajo skladi proti jugozahodu in v tisto smer vise tudi rudna telesa. Ko so mase drsele po mlajših skladih, so se lomile in pokale. Nastale so različno velike razpoke in ob njih so bili različno veliki premiki: od nekaj milimetrov do več deset metrov. Dolžina nariva nam danes še ni znana, menimo pa, da je znašala kilometer ali več kilometrov.

Ko sedaj že kar precej vemo o grödenskih skladih z uranovo rudo v Žirovskem vrhu, se bomo nehote vprašali, ali so še kje drugje v bližini takšne plasti. Priložena geološka kartica (gl. sl.!) nam pokaže njihovo razširjenost od Smrečja tam na severnem robu Ljubljanskega barja prek Žirovskega vrha, Poljanščice, Nove Oselice proti Cerknu. Enake kamnine so dandanes na površju tudi v precej širokem pasu od Hrastnice mimo Sv. Andreja, Poljanščice pri Zmincu, čez Breznico proti Sv. Tomažu in Selščici. Takšni skladi so spet pri Planici in Lavtarskem vrhu in se vlečejo proti Čepuljam. Precej jih je nadalje v okolici Sv. Ožbolta in tudi Osojnikova domačija je na grödenskih plasteh. Nekaj malega se jih je ohranilo pri Mlaki in Sv. Valentinu, kjer so tudi nekoliko radioaktivni, in na južnih pa severnih obronkih Mladega in Starega vrha. Grödenski skladi obrobajo še apnenčevo gmoto Koprivnika in se v ozkem klinu zajedajo daleč na severovzhod med Ostrim vrhom in Vancovcem.

Že iz dosedanjega opisa grödenskih kamnin jih bo bravec kaj lahko prepoznal, ko bo kolovratil po loški pokrajini. Rdeči peščenjak in skrilavec sta zaradi svoje barve tako značilna, da ju ne moremo zgrešiti. Tudi tla na njih nosijo razločen pečat kamnine pod njimi in že njiva, posebno sveže zorana, ali krtina nam pove, kaj je pod prsteno odejo. Rdečkaste kamnine običajno spremljajo sive ali zelenkasto sive grödenske plasti, ki bi jih same že lahko zamenjali s kamninami kake druge starosti. Vendar pa nahajamo med zelenkasto sivimi in sivimi tudi rdeče plasti ali pa vsaj rdeče lise, ki nam bodo pomagale razvozljati starost kamnin. Tudi med rdečimi plastmi so pogostne zelenkaste lise ali drobnejše plasti.

Uranovo orudenje

Uranova ruda v Žirovskem vrhu je sestavljena samo iz uranove svetlice. Nahajamo jo v vezivu sivenga peščenjaka in konglomerata. S prostim očesom pa ne moremo ločiti orudenih delov kamnine od jalovih delov. Pod površinskimi pogoji, ki sežejo od površja do približno do globine 50 m, uranova svetlica pod vplivom podzemne vode s kisikom razpada v drugotne uranove minerale rumene, oranžne in zelene barve, od katerih so najbolj znani dumonit, torbernit, autunit in gumiti. Oksidirana ruda se jasno razločuje od jalovine. Odstotek urana v rudi je zelo različen. Največkrat niha v širokih mejah od 0,05 % do 0,5 %. Pri bogatejših primerkih, ki imajo več kot 1 % urana, takoj lahko razločimo jalovino od rude. Ruda z uranovo svetlico je bolj črna kot je jalovina. Tako bogate dele rude vselej obdaja siromašnejša ruda. Od-

krivanje uranove rude je izključno z instrumenti in temelji na merjenju njene radioaktivnosti.

Velikost rudnih teles je različna. Poznamo zelo majhna in tudi velika rudna telesa, ki so dolga tudi po 100 m. Rudna telesa so podolgovate oblike in največkrat imajo isto smer kot plasti. Rudna telesa so v sivem peščenjaku in konglomeratu, vendar ne v sklenjenih plasteh. V plasti nahajamo rudo v neenakomernih presledkih tako v vzdolžni kot tudi v prečni smeri. Debelina rudnega telesa se tudi menjava in le redkeje primere poznamo, kjer je plast peščenjaka orudena v vsej svoji debelini. V Žirovskem vrhu so razvite številne rudne plasti, ki leže druga vrh druge. Orudeni deli so največkrat v plasteh bočno premaknjeni za določeno dolžino. Raziskovanje ležišča je zato usmerjeno na tiste prostore, kjer je dovolj večjih rudnih teles v plasteh, kar bo omogočilo tudi ekonomično izkoriščanje rude. Odločilno vlogo ima pri tem srednji odstotek urana v rudnem telesu.

Uranovo rudo spremljajo sulfidni minerali, med njimi pirit, halkopirit, galenit in sfalerit. V rudi je običajno manj kot 0,1 % bakra, svinca in cinka. Sulfide pogostokrat nahajamo tudi v jalovini sivih peščenjakov in konglomeratov.

Nazadnje nas zanima še, od kod je prišla uranova ruda v grödenske plasti v Žirovskem vrhu. Najverjetneje so jo naplavile v te plasti podzemne vode, ki so tudi omogočile strjevanje peska in drobnega proda v današnji peščenjak in konglomerat. V vodah, ki so pronicale v pesek in prod, je bila tudi majhna množina uranil jonov. Nastajajoči sivi peščenjak je bil ugodno geokemično okolje, v katerem se je iz raztopine obarjala uranova spojina. Uranova spojina se je izločala tam, kjer se je potencial hitro menjal (geokemične bariere) in na večjem prostoru so nastala podolgovata rudna telesa. Nastanek uranovega orudjenja je torej epigenetsko diagenetski, kot strokovno pravimo takemu načinu nastanka rudišča.

Résumé

GISEMENTS D'URANE A ŽIROVSKI VRH

L'été Gröden des couches du permien moyen à Žirovski vrh dans la partie sud-ouest de la commune de Škofja Loka contient de la pechblende. Des compteurs Geiger-Miller et des compteurs à scintillation ont permis de constater certaines anomalies radioactives dans une zone longue de plusieurs kilomètres; on décida donc d'entreprendre des explorations au moyen de forages en profondeur. Jusqu'ici, on a dressé une carte géologique pour quelque 7 km² du terrain. Le minerai d'uranium se trouve dans le grès de silex gris et dans le conglomérat. En raison des failles et des glissements, la structure géologique du gisement est très compliquée. Des couches gröden pareilles s'étendent aussi dans les environs de Smrečje vers Cerkno et vers la vallée de Selce. La quantité d'uranium contenue dans le minerai va de 0,05 à 0,5 %. Les filons sont de forme oblongue, ils sont orientés dans le sens des couches, et ils sont de volumes divers, par endroits jusqu'à 100 m. Quand le grès et le conglomérat de gröden étaient en train de se solidifier, le minerai y fut apporté par des eaux qui contenaient quelques ions d'uranium.