GEOLOGIJA 68/2, 251-267, Ljubljana 2025
© Author(s) 2025. CC Atribution 4.0 License

https://doi.org/10.5474/geologija.2025.011
Article

Prostorski razvoj sivega dela Grödenske formacije na Žirovskem vrhu

Spatial development of the grey part of the Val Gardena Formation on Žirovski vrh

Franci ČADEŽ[1]* & Ivan GANTAR[2]

[1]Gorje 7, SI-5282 Cerkno, Slovenia; *corresponding author: fcadez@gmail.com
[2]Rožna 7, SI-5280 Idrija, Slovenia; e-mail: ivan.gantar@gmail.com

Prejeto / Received 10. 9. 2025; Sprejeto / Accepted 9. 10. 2025; Objavljeno na spletu / Published online 10. 12. 2025

Ključne besede: sedimentacijski razvoj, orudenje, grödenske klastične kamnine, Žirovski vrh
Key words: sedimentary horizons, mineralization, Val Gardena clastic rocks, Žirovski vrh

Izvleček

Raziskave in odkopavanje se je na Rudniku urana Žirovski vrh opravljalo med leti 1960 in 1990. Ivan Mlakar (2000) je razdelil celotno Grödensko formacijo na 6 členov in poimenoval najstarejši Brebovniški člen v katerem je poznano orudenje z uranom. Že pred tem je Tomaž Budkovič (1980) ta sivi del Grödenske formacije razčlenil na 10 horizontov na osnovi barve, zrnavosti in prodniških združb in sicer po podatkih kartiranja podkopa P-10 in njegovega nadaljevanja. V tem članku smo prikazali razvoj Brebovniškega člena na celotnem prostoru rudišča, tako jame kot tudi njenega nadaljevanja proti JV in SZ. Prvotno razdelitev Budkoviča smo spremenili tako, da smo zgornji del 3. horizonta z intraformacijskimi konglomerati in nekdanji 4. peščeni horizont združili v enoten 5. konglomeratni horizont. Dragomir Skaberne je namreč v svojem doktoratu (1995) Brebovniški člen razdelil na 2 megaritma pri čemer se vsak pričenja s konglomerati, zaključi pa z drobnozrnatimi sedimentnimi kamninami. Zato je ustrezneje, da se 3. horizont zaključi z drobnozrnatimi sedimenti in je hkrati zaključek 1. megaritma, intraformacijski konglomerati, ki so bili prej še zgornji del 3. horizonta pa so po novem že del enotnega konglomeratnega horizonta, ki podrejeno vsebujejo še peščenjake.

Debelina celotnega Brebovniškega člena je največja v osrednjem delu odprte jame, kjer znaša 410 m in se proti robovom bazena zmanjšuje. Na območju Golega vrha proti JV, do kamor sežejo pojavi orudenja, se njegova debelina zmanjša na 50 m. Debelina posameznih horizontov pa se, razen 2. in 5. horizonta, zmanjša z nekaj 10 metrov le na nekaj metrov oziroma se posamezni horizonti celo izklinjajo. V SZ smeri od nekdanjih jamskih del ni več ekonomsko pomembnih orudenj z uranom. V to smer se izklinjajo pisani konglomerati, spreminja se tudi značaj peščenih horizontov, ki so bili v jami glavni nosilci orudenja. Njihova barva se spreminja iz sive in temnosive v zelenosivo, v njih je manj drobcev antracitizirane organske snovi, ki je pogojevala nastanek redukcijskih sredin, kjer se je lahko izločal uran. V pisanih konglomeratih je pomembna prisotnost prodnikov kislih magmatskih predornin, ki imajo povišan clark urana glede na druge skupine kamnin. Z njihovo erozijo so se površinske vode ter podtalnica obogatile z uranom že na površju, dodatno pa še pri precejanju skozi plasti pisanega konglomerata. V oksidacijskih pogojih se je uran raztapljal, v redukcijskih pa izločal v vezivu peščenih klastitov. Od celotne dolžine pojavljanja plasti sivega Brebovniškega člena, ki meri po geološki karti 18 km, znaša območje s pogojno ekonomskim orudenjem le dobrih 5,5 km in približno na ta del je omejeno tudi pojavljanje pisanih konglomeratov.

Abstract

The Uranium Mine Žirovski vrh was actively being researched and excavations took place between 1960 and 1990. Ivan Mlakar (2000) divided the entire Val Gardena Formation into 6 members and named the oldest one the Brebovnica member. This is the only member with uranium ore mineralization. Previously, Tomaž Budkovič (1980) subdivided the gray part of the Val Gardena formation into ten horizons based on colour, grain size, and pebble associations. He did that by mapping of undercut P-10 and its continuation. In this article, we have shown the development of the Brebovnica member in the entire area of the ore deposit, both the mining area and its continuations to the SE and NW. We have modified Budkovič's original division by combining the upper part of the 3rd horizon with intraformational conglomerates and the former 4th sandy horizon into a single 5th conglomerate horizon. In his doctoral thesis (1995), Dragomir Skaberne divided the Brebovnica member into 2 megarhythms, each of which begins with conglomerates and ends with fine-grained sediments. Therefore, it is more appropriate that the 3rd horizon ends with fine-grained sediments and is at the same time the end of the 1st megarhythm, while the intraformational conglomerates, which were previously the upper part of the 3rd horizon, are now part of a single conglomerate horizon, which sometimes also contains sandstones.

The total thickness of the Brebovnica member is greatest in the central part of the mine area, where it reaches 410 meters and decreases towards the edges of the basin. Towards Goli vrh in the southeast, where the last uranium mineralization occurs, its thickness decreases to 50 meters. The thickness of individual horizons, except the second and fifth, decreases from tens of meters to only a few meters, and some horizons even wedge out. To the northwest from the former mining area there are no economically significant uranium ores. In that direction, the colorful conglomerates wedge out, and the nature of sandy horizons, which were the main carriers of uranium mineralization in the mining area, changes. Their colour changes from gray and dark gray to greenish gray, with fewer fragments of anthracitized organic matter that created reducing environments necessary for uranium precipitation. The colourful conglomerates contain important

pebbles of acidic magmatic rocks with higher uranium contents compared to other rock groups. Their erosion enriched surface and groundwater with uranium already at the surface and additionally during percolation through the layers of colorful conglomerate. Uranium dissolved under oxidizing conditions, while under reducing conditions it precipitated in the binder of sandy grains. Of the entire 18 km length of the gray Brebovnica member as shown on the geological map, only 5.5 km show conditionally economic uranium mineralization, which approximately corresponds to the area where colorful conglomerates occur.

Uvod

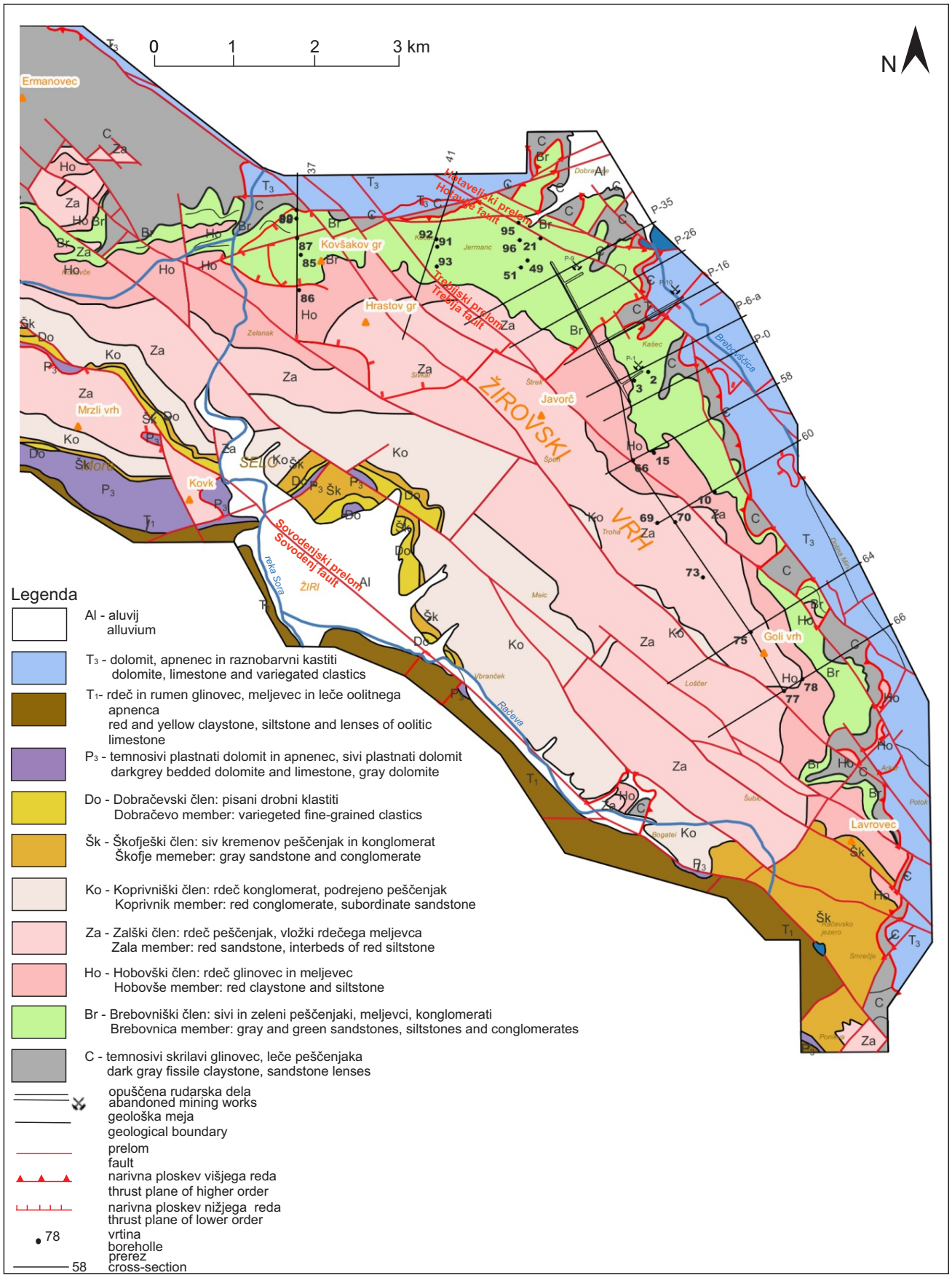
Tridesetletna aktivna zgodovina rudarjenja na rudniku urana Žirovski vrh (1960–1990), je poznala celo paleto raziskovanj od radiometrične in geokemične prospekcije, površinskega geološkega kartiranja, izdelave razkopov, vrtanja s površine, raziskovalnih rovov in vrtalnih del iz jame ter geološkega kartiranja teh del do poskusnih in nazadnje rednega odkopavanja uranove rude. Pri teh delih se je nabralo ogromno podatkov o razvoju klastičnih sedimentnih kamnin v katerih so se v geološki preteklosti nakopičili uranovi minerali. Na prostoru jame, kjer se je pričelo z raziskavami, odpiranjem in odkopavanjem, se je v dolžini 1,9 km v treh desetletjih izdelalo preko 60 km rovov, 64 km strukturnih in 380 km udarnih vrtin. Ta osrednji del rudišča se je raziskoval v prečnih prerezih, ki so si sledili od P-0 na JV do P-37 na skrajnem SZ (sl. 1).

V južnih podaljških pa je bilo s površinskimi vrtinami raziskano in dokazano nadaljevanje orudenja še na dolžini 3,8 km, to je do Golega vrha, najvišje vzpetine Žirovskega vrha. Brebovniški člen se po geološki karti nadaljuje še naprej od Golega vrha proti jugu na dolžini 3 km, vendar je vse tanjši, zaradi poševnega reza ob narivu vse ožji in brez poznanih mineralizacij. Zato se v tem zadnjem delu ni več vrtalo raziskovalnih vrtin. Za južne podaljške kot tudi SZ nadaljevanje smo prečne prereze in njihove oznake povzeli po Mlakarju (2000). Še večji obseg kakor proti jugovzhodu, zavzemajo sivi grödenski klastiti proti severozahodu oziroma zahodu, kjer se po Mlakarjevi geološki karti (sl. 1) nadaljujejo do Fužin (4,2 km), naprej proti Sovodnju (še preko 5 km) pa že v močno zmanjšanih debelinah. V tej smeri pa v njih ne nastopa več ekonomsko zanimivih uranskih orudenj saj se ta končajo v zadnjih prerezih odprtega dela jame (prerezi P-35 do P-37). Orudenja z uranom se tako pojavljajo v sivih klastitih na dolžini preko 5,5 km, celotna dolžina njihovega pojavljanja pa znaša po geološki karti I. Mlakarja 18 km. V članku podajamo značilnosti razvoja posameznih horizontov sivega dela Grödenske formacije na celotnem prostoru Žirovskega vrha. Na območju jame je ta zgradba potrjena z mnogimi rudarskimi deli, v južnih in severnih podaljških je interpretirana na osnovi geološke karte in strukturnih vrtin s površine.

Litološke značilnosti razvoja Brebovniškega člena na prostoru jame

Starejši raziskovalci tega prostora so Grödenske plasti delili na spodnji sivi in zgornji rdeči del (Marinković, 1961, Omaljev, 1967, Grad & Ferjančič, 1976, Budkovič, 1980). Šele Mlakar pa je na osnovi kartiranja celotnega območja Žirovskega vrha grödenske sedimentne kamnine razčlenil na 6 členov in jih poimenoval: Brebovniški, Hobovški, Zalški, Koprivniški, Škofješki in Dobračevski. Sivi, najstarejši del Grödenske formacije, ki ga je Mlakar (2000) poimenoval Brebovniški člen, je za nas najzanimivejši saj se le v njem pojavljajo orudenja z uranom. Budkovič ga je že pred tem še podrobneje razčlenil na osnovi kartiranja podkopa P-10, prečnika H-74 v nadaljevanju podkopa in vrtine B-63. Na osnovi zrnavosti, barve in prodniških združb je sivi del Grödenske formacije delil na 10 litostratigrafskih horizontov (Budkovič, 1980). Rdeči del Grödenske formacije, kakor so ga imenovali starejši raziskovalci, je Mlakar delil še na več členov na osnovi prevladujoče zrnavosti (muljevci, peščenjaki in konglomerati). Vsi so prevladujoče rdeče barve, razen Škofješkega člena v katerem prevladujejo sivi peščenjaki, v tem členu pa je nastalo bakrovo rudišče Škofje.

Mnogi raziskovalci rudišča so poudarjali hitro spremenljivost sedimentnih razmer, zlasti obliko in vsebnost orudenja. Podrobna kartiranja rovov in vrtin, ki so se zlasti intenzivno izvajala v zadnjem desetletju delovanja rudnika so pokazali, da se podobne zakonitosti pojavljanja posameznih horizontov javljajo na širšem prostoru. Ugotovljene značilnosti posameznih horizontov, ki so bile ugotovljene v P-10 in njegovem nadaljevanju (Budkovič, 1980), predstavljajo le en presek teh plasti v prostoru. Z izdelavo podkopa P-11 ter nanj navezujočih se ramp, ki ležijo skoraj v istem prečnem prerezu le 60 m višje, smo imeli priložnost vzporejanja teh horizontov med obema podkopoma. Primerjava je pokazala, da so se podobni horizonti, kakor so bili ugotovljeni v P-10, pojavljali tudi v podkopu P-11 (sl, 2). Povezovanje horizontov je bilo torej uspešno, povezovanje posameznih sekvenc, ki gradijo horizonte pa ne, zato so se tudi v debelinah pojavljale določene razlike. Med obema podkopoma se je lahko povezalo horizonte 1, 2, 3 in 5 ter seveda karbonsko podlago, ki smo jih v



Sl. 1. Geološka karta Žirovskega vrha (po I. Mlakarju, 2000).

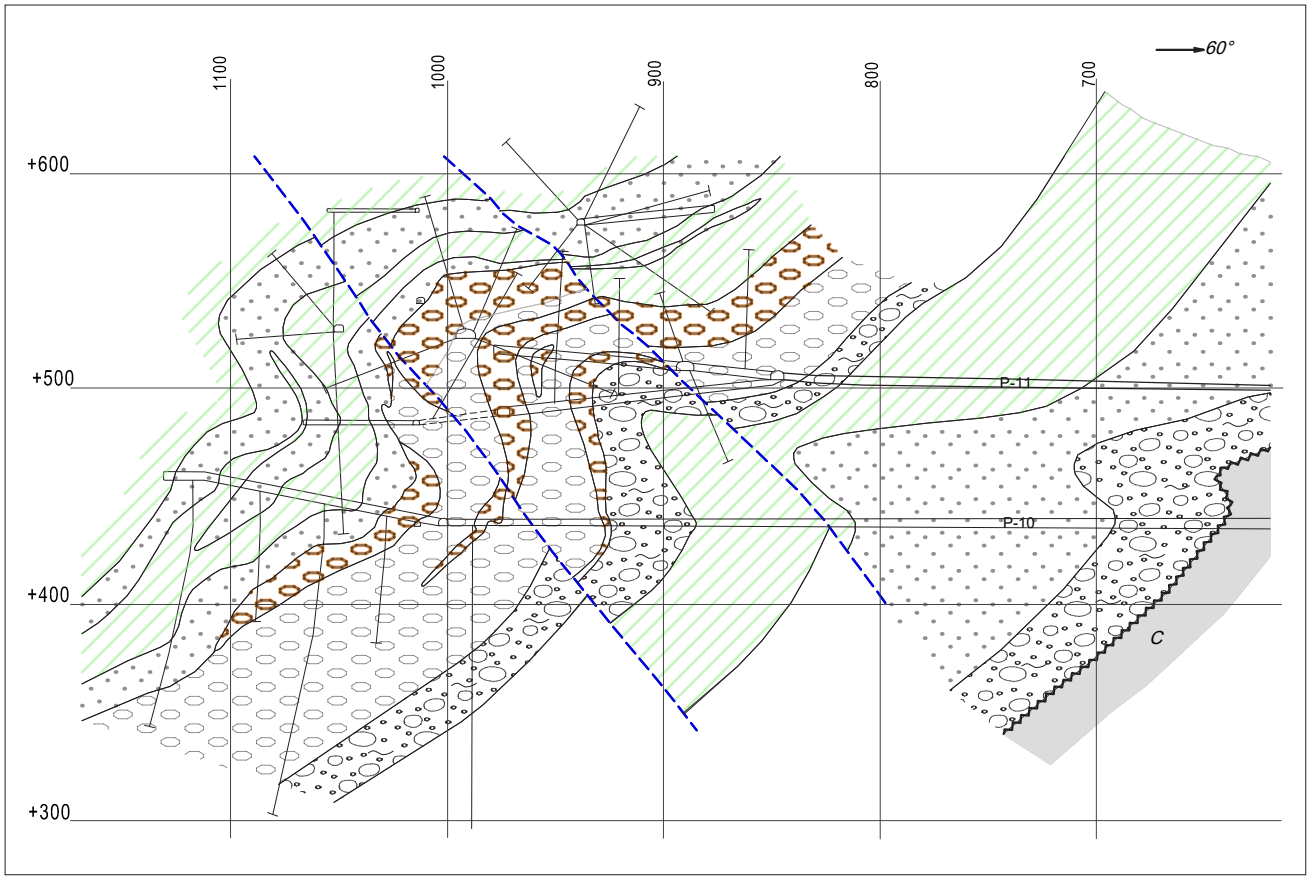
Fig. 1. Geological map of Žirovski vrh (after I. Mlakar, 2000).

drugih raziskovalnih objektih le bolj poredko srečali. Poglejmo si sedaj značilnosti posameznih horizontov v P-10 kakor jih je podal Budkovič (1980) v primerjavi s P-11 in predvsem razlike s to delitvijo v ostalem prostoru, kakor smo jih spoznavali tekom izvajanja rudarskih del.

Karbonska podlaga je bila kartirana tako na površini kot tudi v mnogih raziskovalnih delih. Zastopajo jo črni do temnosivi glinovci in meljevci z redkimi polami sivih peščenjakov, v okolici Fužin je Mlakar kartiral tudi do 30 m debele plasti skrilavih laporovcev in lapornatega apnenca. Glinovci in meljevci so skrilavi, v njih pa ni bilo najdenih fosilov. Glede na podobne litološke razvoje, kakor so jih ugotovili v vzhodnih Posavskih gubah, kjer so dokazali njihovo karbonsko starost, jim Mlakar tudi tu pripisuje karbonsko starost čeprav dopušča možnost, da so v zgornjem delu lahko že tudi spodnjepermske starosti (Mlakar & Placer, 2000).

1. horizont leži v podkopu P-10 diskordantno na karbonskih skrilavih muljevcih (sl. 2). Nad diskordanco je bila odložena najprej 2 m debela plast zelenosivega peščenjaka s precej pirita in klasti črnega muljevca. Ti pripadajo karbonskim muljevcem podlage. Nad tem je sledil peščen konglomerat sive in zelene barve, v njem so klasti belega kremena in lidita. V zgornjem delu so bili posamezni prodniki tudi iz rožnatega kremena, rdečih kislih predornin in rdečega apnenca. Posamezne sekvence so v zgornjem delu imele še peščenjake (Budkovič, 1980, Skaberne, 1995). V podkopu P-11 je bil v zgornjem delu podkopa še ohranjen del diskordance, ki se navezuje na enak kontakt v podkopu P-10, v spodnjem delu rova je bil odrezan ob prelomu. Tu se nad diskordanco pričenja siv do temnosiv muljevec, ki predstavlja presedimentirano karbonsko podlago, navzgor postane zelen in rdeč. Na muljevcih je bilo odloženega najprej 2 m pisanega konglomerata z rdečkastimi klasti, nato pa 15 m sivega konglomerata. Podrejeno v konglomeratnih sekvencah nastopata še siv in zelen peščenjak ter muljevec. Tudi tu je bilo značilno pojavljanje pirita. Skupna debelina tega pretežno konglomeratno razvitega horizonta je bila v P-10 45 m, v P-11 pa 25 m.

Ta horizont je bil na prostoru jame navrtan še v površinskih vrtinah B-2 in B-3 v prerezu P-5, kjer je bilo nad karbonskim skrilavim muljevcem ugotovljeno 12 m oz. 20 m sivega konglomerata, v B-2 pa je bilo pod njim še 30 m zelenih, rdečih in sivih peščenjakov in muljevcev. V prerezu P-6a je vrtina V-960 nad karbonsko podlago navrtala 15 m sivega peščenega konglomerata z več polami peščenjaka in muljevca (sl. 4). Med prevladujočimi klasti

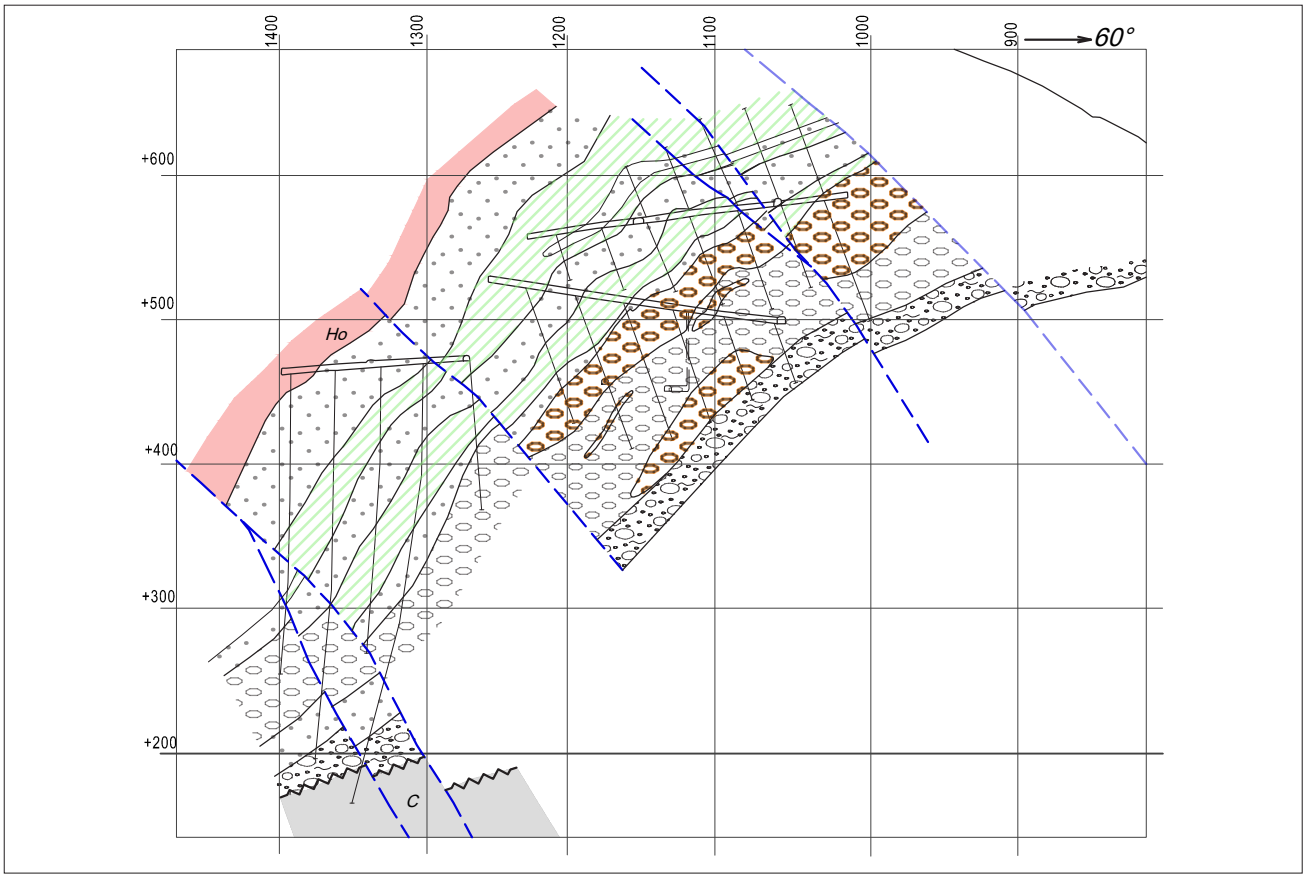


Sl. 2. Geološki prečni prerez P-16.
Fig. 2. Geological cross section P-16.

kremena so bili tudi klasti sivega apnenca, gomolji pirita in antracitni drobci. Karbonske skrilave muljevce so navrtali še v jamski vrtini V- 975, prerez P-0 (sl. 3). V njej so se nad podlago pojavljali sivi peščeni konglomerati, konglomeratični peščenjaki in zeleni ter sivi muljevci. Med prodniki so bili tudi rožnati klasti. V vrtini V-973 v istem prerezu (slika 3) pa so bili sivi in zeleni peščeni konglomerati in konglomeratični peščenjaki, v zgornjih delih sekvenc pa še sivi debelo do drobnozrnati in zeleni drobnozrnati peščenjaki. Debelina horizonta je znašala v prvi vrtini 16 m, v drugi vsaj 10 m saj vrtina še ni navrtala karbonske podlage.

2. horizont je značilen po nastopanju dokaj enoličnih sivih debelo do srednje zrnatih peščenjakov. Konglomeratov v njem ni, ponekod se javljajo tanjše pole sivih do temnosivih muljevcev, ki zaključujejo posamezne peščene sekvence. V njem se dobijo tudi pole in gomolji pirita ter drobci organske snovi. Debelina horizonta je v podkopu P-10 znašala 100 m, v P-11 pa le 50 m (sl. 2). Debelina horizonta je zaradi gubanja že deformirana. Razen v profilu P-16 oziroma obeh podkopih, smo na sedimente tega horizonta naleteli še v prerezu P-0. V vrtini V-975 so bili nad 1. horizontom sivi peščenjaki debeli 30 m, v vrtini V-973 pa 25 m (sl. 3).

3. horizont je značilen po pisani sedimentaciji rdečih in zelenih muljevcev ter drobnozrnatih peščenjakov s karbonatnimi konkrecijami, v spodnjem delu sta bili v obeh podkopih še dve ločeni sekvenci sivega peščenjaka. V zgornjem delu tega horizonta kakor ga je opredelil Budkovič (1980) pa se v podkopu P-10 pojavijo sedimenti korit s konglomerati in peščenjaki v katerih so pogostni klasti muljevcev in apnencev. Šele Skaberne (1995) pa je tem sedimentom korit dal drugi pomen. Na osnovi podrobnega kartiranja istega podkopa P-10 je sedimente 1., 2. in spodnjega dela 3. horizonta uvrstil v I. makroritem, sedimente preostalih horizontov Brebovniškega člena po Budkoviču in spodnji del Hobovškega člena s prevladujočimi rdečimi muljevci pa v II. makroritem grödenske formacije. V nadaljni sedimentaciji grödenske formacije na prostoru med Smrečjem in Cerknom je ločil še 2 makroritma, skupaj torej 4 (Skaberne, 1995). Prodniki apnencev v konglomeratih na bazi I. in II. makroritma so sivih, rožnatih do mesnato rdečih barv in večinoma ekstrabazenski, del njih pa je nastajal v lagunah na poplavnih ravnicah in so bili erodirani iz podlage skupaj s klasti in celo bloki muljevcev in odloženi v koritih, ki so jih reke vrezovale v podlago ob poplavah (Skaberne, 1995). V 3. horizont moremo potemtakem šteti le pisane

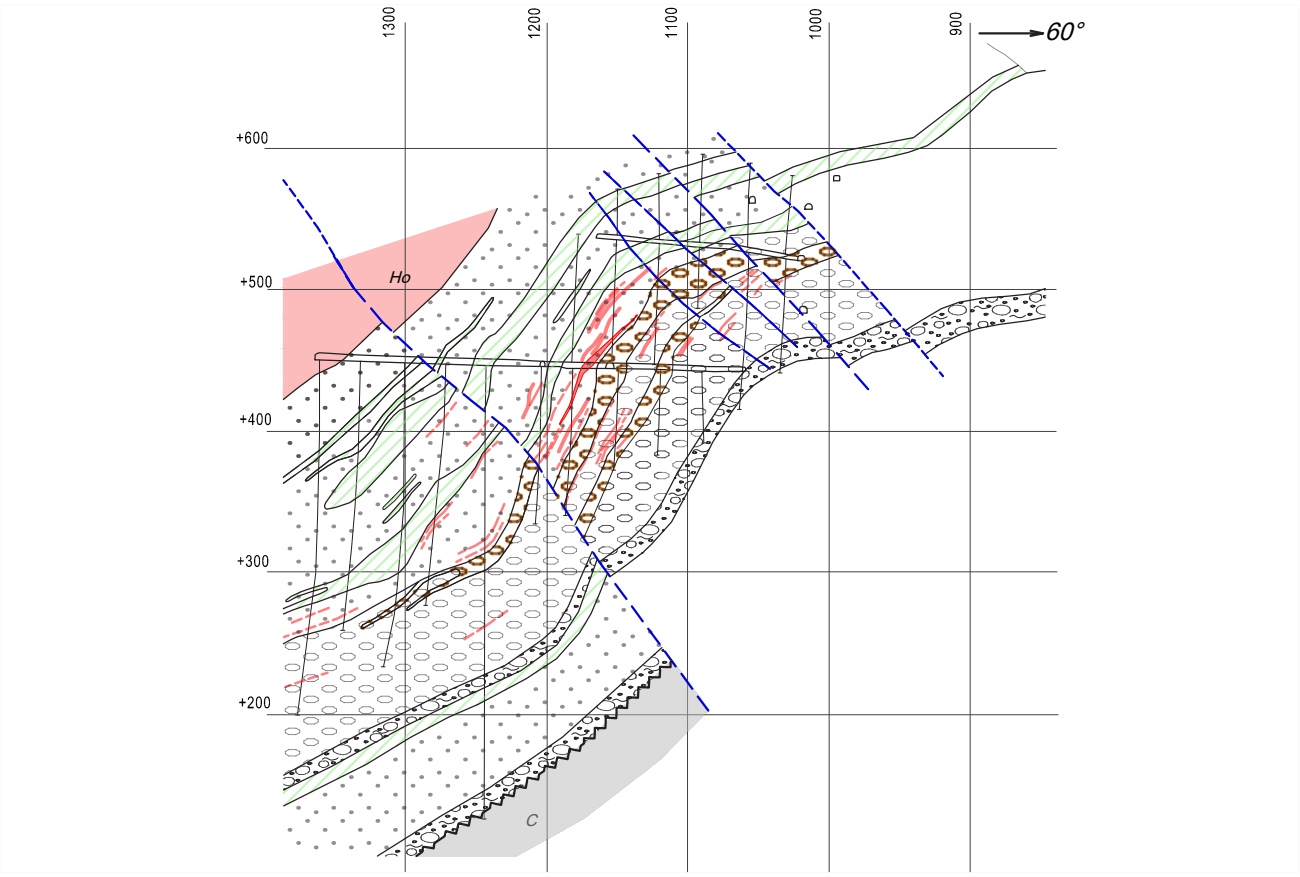


Sl. 3. Geološki prečni prerez P-0.
Fig. 3. Geological cross section P-0.

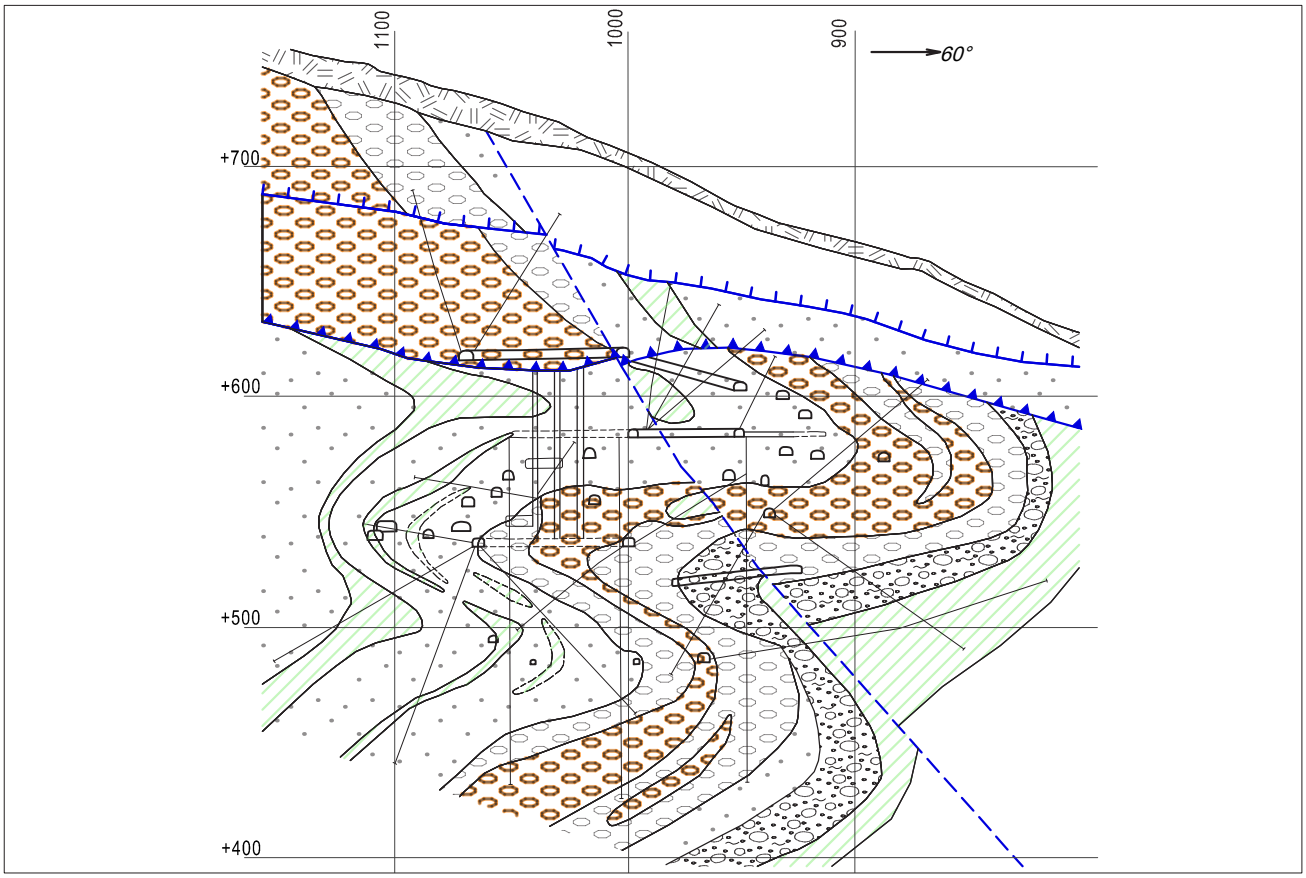
muljevce in drobnozrnate peščenjake, sedimenti korit nad njimi pa so že del naslednjega makroritma po Skabernetu (1995) oziroma jih moramo uvrstiti že v 5. horizont po Budkoviču (1980). Debelina 3. horizonta je potem v P-10 le 60 m, v P-11 pa 50 m.

4. horizont so v P-10 po Budkoviču (1980) sestavljali sivi debelozrnati peščenjaki z vmesno plastjo konglomerata in dvema plastema temnosivega in zelenega muljevca. V podkopu P-11 so bili kot ekvivalent tega horizonta razviti predvsem sivi in zelenkastosivi konglomeratni peščenjaki, le v zgornjem delu sekvenc so nastopali debelozrnati peščenjaki. Vendar bomo z opisom naslednjega 5. horizonta po Budkoviču videli, da ta v širšem prostoru še večkrat vsebuje partije debelozrnatih peščenjakov znotraj konglomeratičnih peščenjakov in pravih peščenih konglomeratov. Zato imenovani "4. horizont" uvrščamo sedaj v 5. horizont za katerega so značilni debelozrnati sedimenti rečnih korit. Pod njim ležijo konglomerati s prodniki apnencev in klasti muljevcev, ki pričenjajo 5. horizont oziroma so začetek drugega makroritma po Skabernetu (1995). Četrti horizont smo zato črtali kot samostojnega, številke naslednjih horizontov pa obdržali saj je vsa obsežna geološka dokumentacija o rudišču vezana na tako oštevilčenje horizontov.

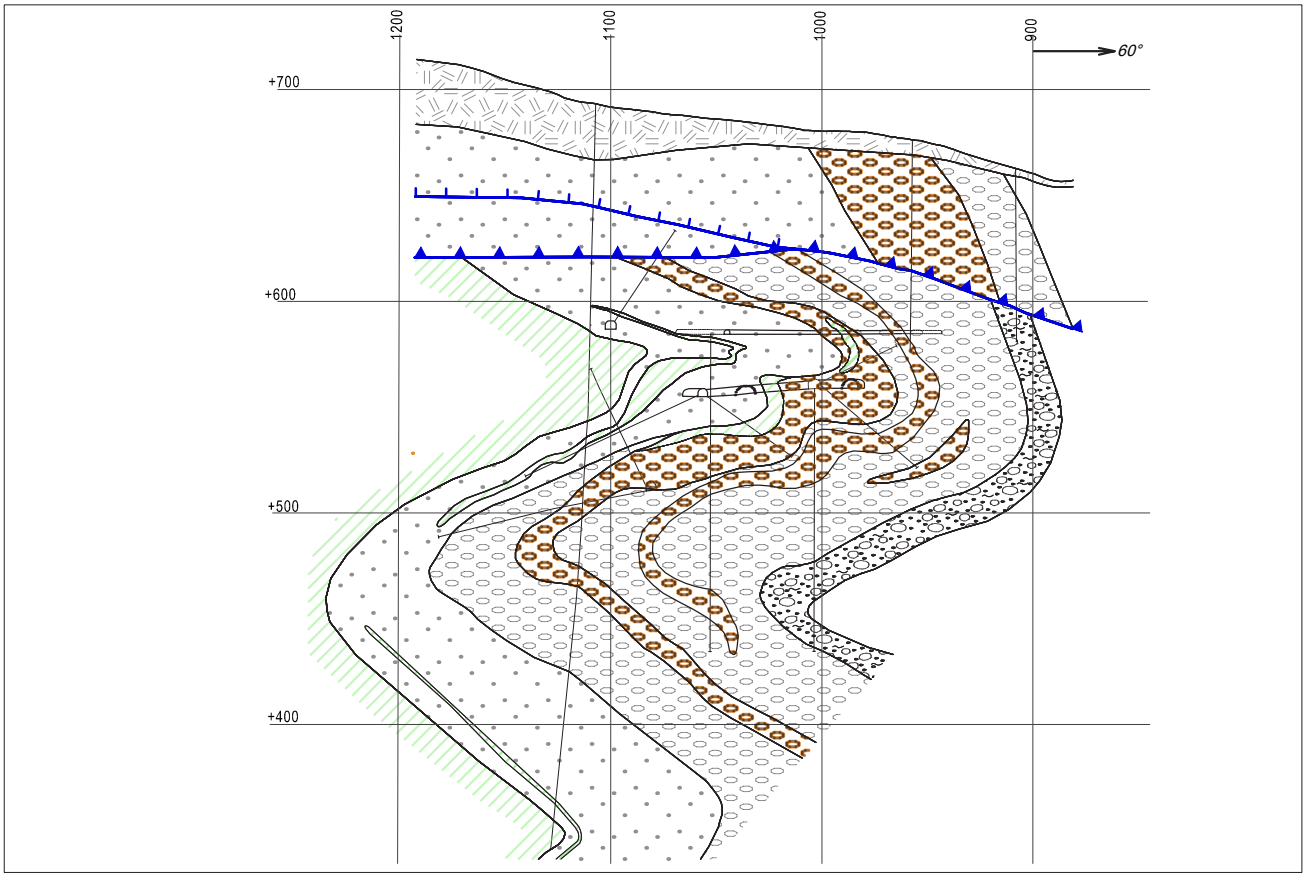
5. horizont je Budkovič (1980) opredelil kot sivi konglomerat z dvema vmesnima plastema pisanega konglomerata, debeline 5 in 10 m ter v skupni debelini 55 m. Z razširitvijo tega horizonta z zgornjim konglomeratnim delom 3. horizonta in celotnim 4. horizontom se je njegova debelina precej povečala. V prerezu P-16, kjer sta podkopa P-10 in P-11 znaša njegova debelina 90 m, proti SZ se spreminja od 50 do 90 m proti JV pa med 85 in 120 m (sl. 2 do 6). Pogled na geološki karti nivojev 440 in 530 in prečne prereze pokaže na mestih, kjer imamo dovolj pogostne podatke, precej bolj razgibano sliko pojavljanja tega horizonta. Prevladujoči različek je še vedno sivi peščeni konglomerat in konglomeratični peščenjak. Sestavo prodnikov, ki nastopajo v sivih, pisanih in intraformacijskih konglomeratih je v svoji doktorski disertaciji najpopolneje razčlenil Skaberne (1995). V sivih konglomeratih nastopajo prodniki sivih, belih in zelenkastih odtenkov po sestavi pa pripadajo večinoma sivemu in belemu kremenu, sivim in zelenim predorninam, liditu, tufom in intraklastom muljevca. V sivih konglomeratih, konglomeratičnih in debelozrntih peščenjakih je značilno tudi nastopanje drobcev antracitizirane organske snovi katerih velikost sega od manj kot mm do več dm in celo več metrov dolgih ostankov drevesnih debel. Na mestih z večjo ali manjšo



Sl. 4. Geološki prečni prerez P-6a.
Fig. 4. Geological cross section P-6a.



Sl. 5. Geološki prečni prerez P-26.
Fig. 5. Geological cross section P-26.



Sl. 6. Geološki prečni prerez P-35.
Fig. 6. Geological cross section P-35.

koncentracijo organske snovi pa se lahko pojavljajo že tudi povišane vsebnosti urana. Najvišje vsebnosti in obseg orudenja se pojavljajo v debelozrnatih in konglomeratičnih peščenjakih in sicer na mestih, kjer nad njimi ni več pisanih konglomeratov. V sivih konglomeratih je značilno tudi pojavljanje leč oziroma zaključevanje sekvenc z debelozrnatimi peščenjaki. Ena takih je bila v podkopu P-10 potem napačno uvrščena kot samostojen horizont. Prehodi iz sivih peščenih konglomeratov in konglomeratičnih peščenjakov v sive debelozrnate peščenjake znotraj 5. horizonta so bili pogosto kartirani na spodnjem nivoju 440 (sl. 8).

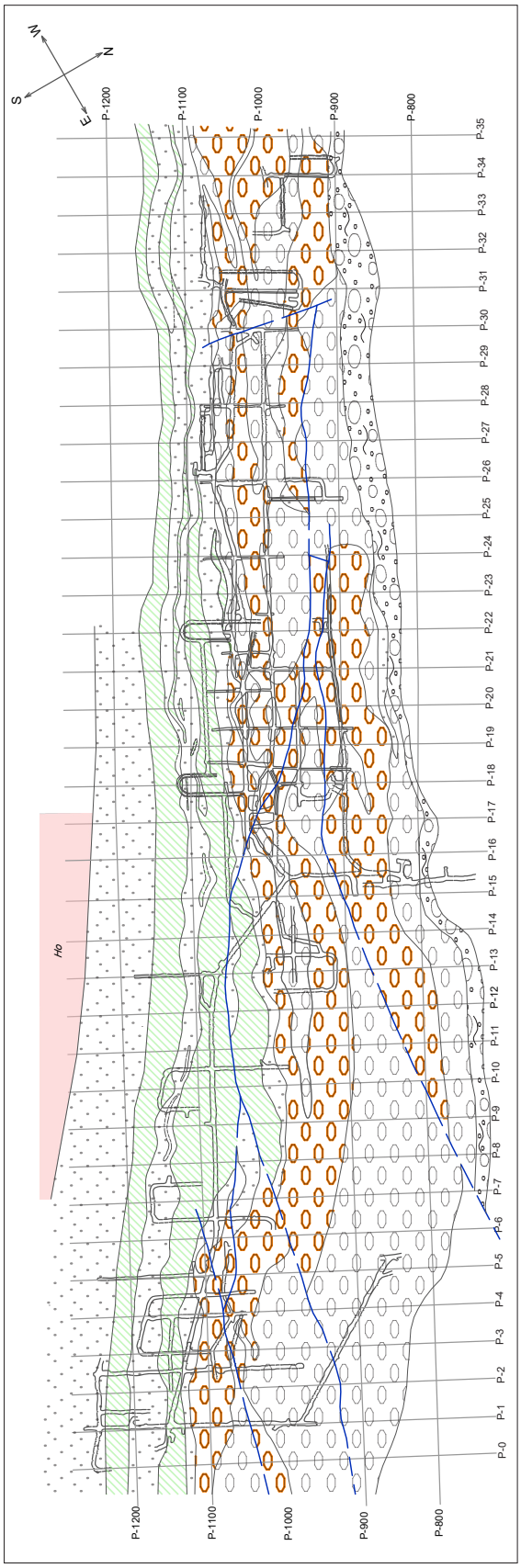
V pisanih konglomeratih je poleg prodnikov, ki se pojavljajo v sivih konglomeratih značilno še nastopanje kremenovih prodnikov rožnatih odtenkov, jaspisa ter prodnikov rožnatih predornin in apnenca (Skaberne, 1995). V vezivu prevladujejo zeleno obarvani peščenjaki, ki skupaj z rožnatimi odtenki prodnikov dajejo kamnini značilen pisani videz. V JV delu jame velja v večjem delu podobna razdelitev pisanih in sivih konglomeratov kot jo je podal Budkovič (1980) s tem, da so pod njimi sedaj še pisani peščenjaki in muljevci ter apnenčevi konglomerati in intraformacijski konglomerati, ki so bili prej del 3. horizonta. Pisani konglomerat se v vzdolžni smeri na prostoru jame spreminja tako, da sta večinoma prisotni po dve plasti ponekod celo tri, v vmesnih delih pa tudi le po ena. V večjem delu jame je pisani konglomerat zaključeval ta horizont. V prečni smeri je pisani konglomerat najdebelejši med nivojema 530 in 580 v SZ delu jame, kjer ponekod celo prevladuje nad sivim (sl. 5 in 6). Na nivoju 530, med P-16 in P-22, je bilo v konglomeratih izdelanih precej prog, kjer ugotavljamo, da so meje in prehodi med pisanim in sivim konglomeratom zelo nepravilne. Tak izgled njihovih meja najlepše dokazuje režim prepletajoče reke, ko so se med seboj ločeno odlagali sedimenti iz dveh izvornih območij (sl. 7). Navzdol oziroma proti JZ se pričenja debelina pisanega konglomerata zmanjševati in izklinjati, kar je vidno v prečnih prerezih.

O intraformacijskem konglomeratu z apnenimi prodniki in klasti muljevca na bazi tega horizonta je bilo v začetku, razen v obeh podkopih, bolj malo podatkov. V sklopu zapiralnih del pa so se vrtale tudi odvodnjevalne vrtine s katerimi smo ugotovili, da se konglomerati z apnenimi prodniki in/ali apnenim vezivom (sl. 8) ter konglomerati, ki jih lahko sestavljajo pretežno le klasti rdečkastih muljevcev, pojavljajo praktično na celi dolžini jame. V starejših vrtinah so te intraformacijske konglomerate s prevladujočimi klasti muljevcev napačno popisovali kot muljevce ali peščenjake. Prodniki apnencev so rožnatih, rdečih in sivih odtenkov. Klasti muljevcev so v tem delu pretežno rdečkaste barve, po obliki ploščati in lahko dosegajo velikosti blokov večmetrskih dimenzij.

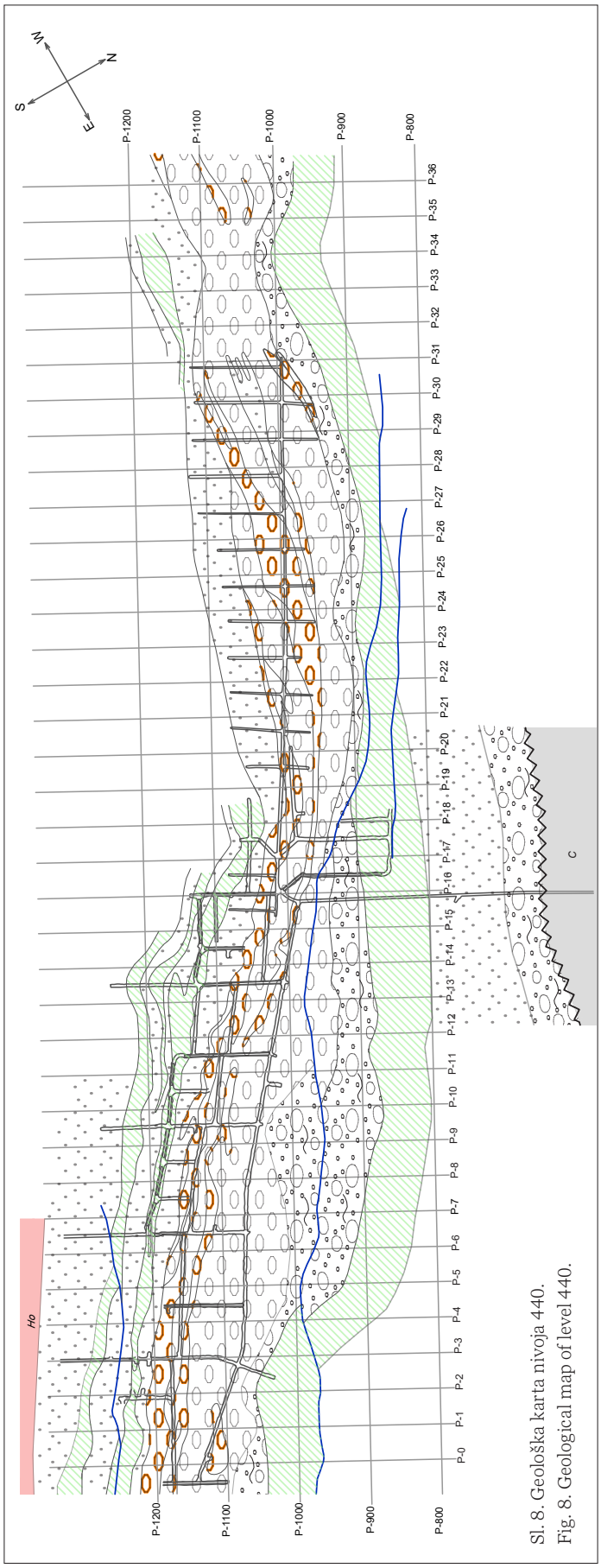
6. horizont se razprostira preko celotnega odprtega dela jame vendar njegova debelina precej niha. V njem prevladujejo sivi do temnosivi debelozrnati peščenjaki, v posameznih delih sekvenc prehajajo tudi v drobnejše različke. Nad erozijskimi površinami nastopajo tudi konglomeratični peščenjaki, ki jih sestavljajo klasti črnega in sivega muljevca ter drobni kremenovi prodniki. V paleokoritih reke najdemo poleg klastov črnega muljevca še številna antracitizirana zrnca netopne organske snovi, lahko celo ostanke debel. Te intraformacijske površine so navadno kar številne in predstavljajo le manjše prekinitve v sedimentaciji med posameznimi poplavnimi obdobji prepletajoče reke v primerjavi z erozijsko diskordanco, ki ločuje karbonske in grödenske plasti.

Debelina horizonta je na skrajni SZ strani jame (blok 1) znašala 20–30 m, v naslednjih blokih 2, 3 in 4 se je ponekod lahko še povečala, v bloku 5 pa je bilo opaziti, da se je debelina tega horizonta močno zmanjšala in je peščenjak postajal zelenosiv. To se je dogajalo s tem peščenjakom tudi nad temenom zgornje gube. S to spremembo v litološki sestavi v bloku 5 je bilo povezano tudi orudenje, ki se je vleklo skorajda neprekinjeno od bloka 1 do 5, največji obseg je imelo v bloku 3. V bloku 5 pa so se z zmanjšanjem debeline sivega peščenjaka izklinjala tudi rudna telesa. Navedeni bloki so segali do nivoja 530. Tudi v nadaljevanju jame med prerezi P-16 in P-0 je nad nivojem 530 ta horizont slabo razvit, kakor se je dogodilo v bloku 5. Zanimivo je, da se v smeri proti površju ta horizont tanjša oziroma spreminja po barvi iz temnosive in sive v zelenosivo in zeleno in ga zato potem na prerezih izklinjamo (sl. 2 do 6). Ta horizont se v JV delu jame ponovno odebeli šele pod nivojem 530, pod bloki 1–5 v SZ delu jame pa je podobno razvit kakor zgoraj. Tu so v njem pogostna rudna telesa in horizont je najpomembnejši nosilec zalog uranove rude na prostoru odprte jame.

7. horizont sestavljajo zeleni in rdeči peščenjaki ter muljevci. Njihova debelina se spreminja med 15 in 35 m in se povečuje v smeri proti SV, povečanje debeline pa gre na račun zmanjševanja debeline 6. horizonta kakor smo omenili zgoraj. Proti JZ kjer postaja ta horizont vse tanjši pa opazujemo prevladovanje zelenega peščenjaka in rdečega muljevca, rdeči peščenjak pa se tanjša in izklinja. Ponekod se ti pisani klastiti lahko v celoti izklinjajo in ne ločujejo več sivih peščenjakov 6. in 8. horizonta, kar smo opazovali predvsem v zgornjih blokih (1–5) v SZ delu rudišča.



Sl. 7. Geološka karta nivoja 530.
Fig. 7. Geological map of level 530.



Sl. 8. Geološka karta nivoja 440.
Fig. 8. Geological map of level 440.

8. horizont označuje pojavljanje sivih do temnosivih peščenjakov v katerih dobimo ob erozijskih površinah klaste črnega ter sivega muljevca in drobce antracita, redkeje silificirana antracitna debla. Navzgor v sekvencah običajno debelozrnat peščenjak prehaja v srednjezrnatega, ob zaključku sekvenc lahko še v drobnozrnatega in muljevce. 8. horizont deli v večjem delu do 4 m debela plast zelenega peščenjaka na dva dela. Debelina horizonta je dokaj stalna in znaša skupaj okrog 30 m. V SZ delu jame je ta horizont vseboval le siromašna orudenja z uranom, proti JV pa so se tudi tu pojavljala ekonomsko zanimiva rudna telesa, ki pa so bila omejena le na spodnji del horizonta pod vmesno plastjo zelenega peščenjaka.

9. horizont je po barvi podobno razvit kot 7. horizont. Gradijo ga rdeči in zeleni muljevci ter peščenjaki s tem, da je muljevcev več kakor peščenjakov, s čimer se razlikuje od klastitov 7. horizonta. Njegova debelina znaša 20–25 m. Horizont je predstavljal krovnino rudonosne cone saj v njem, kot tudi naslednjem horizontu, ni bilo več ugotovljenih povišanih vsebnosti urana.

10. horizont je bil podrobneje raziskan šele v zadnjem letu obratovanja rudnika. Takrat so bile v JV delu jame izdelane 4 prečne proge iz katerih se je nameravalo raziskati razvoj in orudenje pod najnižjim nivojem 430. Vse proge so se pričenjale v 8. horizontu in presekale 9. in 10. horizont ter se zaključile že v rdečih muljevcih Hobovškega člena. Iz podatkov kartiranj teh prog povzemamo njihovo sestavo. Horizont se pričenja z erozijsko površino nad katero leži sivi debelozrnati do srednjezrnati peščenjak s klasti črnega muljevca, ki hitro prevlada, v njem zasledujemo vzporedno in navzkrižno plastovitost. Naslednja sekvenca se ponovno pričenja s sivim debelozrnatim peščenjakom s klasti muljevca, drobci organske snovi in piritnimi gomolji. Navzgor se ponovijo srednjezrnati in nato že drobnozrnati peščenjaki, barve so sive do temnosive zaradi pogostih drobcev organske snovi (antracita). Na drobnozrnatem peščenjaku je bila v prerezu P-0 odložena še 3–5 m debela plast zelenega drobnozrnatega peščenjaka z rožnatimi karbonatnimi konkrecijami. V ostalih prerezih je bilo takih zelenih vložkov še več in imajo lečast značaj. Do konca horizonta je bilo zatem odloženih še več sekvenc debelih od 2–6 m, v njih prevladujejo sivi drobnozrnati peščenjaki, ki prehajajo že v muljevce. Poleg antracitnih drobcev je značilno pojavljanje piritnih gomoljev, podrobnejše mineraloške preiskave bi zanesljivo pokazale še prisotnost bakrovih mineralov, ki jih v tem delu Brebovniškega člena omenjata, po podatkih površinskih vrtin, Skaberne (1995) in Mlakar (2000). V ostali jami je bila v tem horizontu najdena mineralizacija z bakrovimi minerali le na enem mestu (prečnik H-35). Skupna debelina horizonta se spreminja med 25 in 55 m.

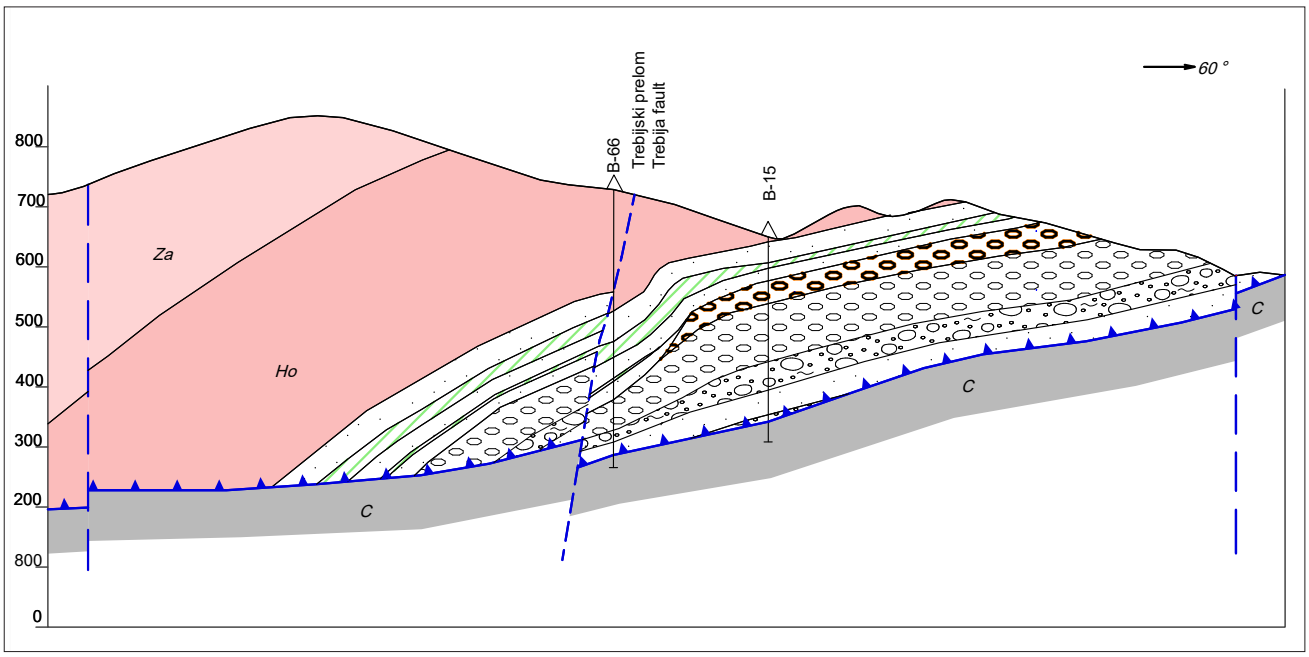
Skupna debelina Brebovniškega člena je največja prav v osrednjem delu jame okrog prereza P-16 (sl. 14), kjer imamo največ podatkov. Zaradi gubanja so sicer debeline posameznih horizontov, kot tudi skupno, navidezno povečane, vendar menimo, da je prava debelina podobna, kakor sta jo navajala že Budkovič (1980) in Skaberne (1995, 2000, 2002) in znaša 410 m.

Razvoj Brebovniškega člena v JV podaljšku

V nadaljevanju jamske zgradbe proti JV se podobne razmere, kakor smo jih opisali na prostoru odprte jame še nadaljujejo, vendar opazujemo postopno zmanjševanje debelin posameznih členov predvsem pa skupne debeline in še izklinjanje posameznih horizontov. V mejnem prerezu P-0 znaša skupna debelina horizontov Brebovniškega člena še 300 m, dokazano razviti pa so še vsi horizonti.

Kot reperni horizont se je v rudišču predvsem pa pri površinskih raziskavah izdvajal 5. horizont, ki je bil prevladujoče konglomeratno razvit. Na prostoru jame je bil največkrat zastopan z dvema nivojema sivega in dvema nivojema pisanega konglomerata ter po novem na bazi z nivojem intraformacijskega in apnenega konglomerata. Proti JV se takoj za prerezom P-0 izklini najprej spodnja plast pisanega konglomerata, ki se je sicer tanjšala in prekinjala že v zadnjih jamskih prerezih, po 1000 m pa še druga (v prerezu P-61 in naprej ga ni več, ga pa že pred tem ni bilo v posameznih vrtinah). V tem delu se na zadnjih prerezih z orudenjem tudi zmanjša njegova debelina s 50–70 na 40–10 m. Že pred tem se je izklinil 3. horizont (pisani drobnozrnati klastiti) oziroma v podaljških drugi horizont postaja bolj pestro razvit, s sivimi, različno zrnatimi peščenjaki in muljevci, ki nadomeščajo pisane klastite 3. horizonta. V njih se nahajajo tudi pojavi orudenja. Prvi horizont je večinoma še povsod razvit, značilen je po nastopanju tanjših slojev konglomerata, tudi z apnenimi prodniki, pa tudi različno obarvanimi muljevci, kar smo poznali že na prostoru prereza P-16 oziroma podkopov P-10 in P-11.

Nad konglomeratnim horizontom se med prerezom P-0 in prerezom 58 (sl. 9) začne pojavljati, med 5 in 6. horizontom, nivo rdečkastih in zelenih peščenjakov, kar se je ponekod ugotavljalo že tudi na območju obstoječe jame. Za horizonte nad konglomeratom je v JV nadaljevanju rudišča tudi značilno, da se zmanjšuje njihova debelina in da se v njih ponekod odebelijo vložki rdečkastih in zelenih



Sl. 9. Geološki prečni prerez 58 (dopolnjeno po I. Mlakarju).
Fig. 9. Geological cross section 58 (supplemented after I. Mlakar, 2000).

peščenjakov ter muljevcev, ki lahko celo presegajo debelino sivih. Debeline sicer znašajo v začetku od nekaj 10 m za posamezen horizont do samo nekaj metrov v zadnjih orudenih prerezih 65 in 66. Od prereza 60 do 64 je še značilno da se v 8. in 10. horizontu pojavljajo tudi debelozrnati in celo konglomeratični peščenjaki, kar na prostoru jame ni bilo poznano. Tam smo opažali striktno zmanjševanje velikosti zrn v mlajših horizontih nad 5. konglomeratnim. Medtem ko so v 6. horizontu prevladovali debelozrnati peščenjaki, na začetku sekvenc tudi konglomeratični peščenjaki s klasti muljevcev in drobnimi prodniki so bili v 8. horizontu na bazi sekvenc še odloženi debelozrnati peščenjaki tudi še s klasti muljevcev, sicer pa so že prevladovali srednjezrnati peščenjaki. V 10. horizontu so prevladovali srednje in drobnozrnati peščenjaki ter muljevci. Pojav debelozrnatih in konglomeratičnih peščenjakov v 8. in 10. horizontu v južnih podaljških, lahko razlagamo le z bočnim transportom. Na območju Golega vrha, kjer so zadnji prerezi s pojavi orudenja, se zmanjša debelina Brebovniškega člena na 50 m. Naprej se ta člen po geološki karti še nadaljuje na dolžini 3000 m, vendar se njegova debelina in širina še naprej zmanjšujeta in zaradi odsotnosti orudenja z uranom za podrobnejše raziskave ni bil več zanimiv.

Širina ohranjenega Brebovniškega člena znaša na območju Golega vrha še 900 m in se potem skupaj z debelino še naprej zmanjšuje, oz. po 3 km izklini ali pa je odrezan ob Sovodenjskem prelomu. Na drugo stran proti odprti jami se širina ohranjenega Brebovniškega člena povečuje in znaša v prerezu P-0 vsaj 1300 m. Do prereza P-14, kjer se pričenja jamska zgradba gubati, se taka širina ohranja. Prvotno je bila še večja vendar so bile te plasti na SV strani, torej proti površini, v preteklosti že deloma erodirane. Proti SZ se potem ohranjena širina zaradi nagubanosti lahko celo povečuje vendar so podatki v globino pod nivojem 430 zelo redki. S približno izravnavo gub smo dokazano širino ocenili na 900 m lahko pa znaša do 1200 m. Zaradi redkih podatkov pod nivojem 440 v JZ smeri rudišča, podrobnejše razmere v to smer niso poznane, vendar po podatkih razvoja 5. konglomeratnega horizonta vemo, da se le-ta v to smer izklinja (najprej pisani konglomerat) kar kaže na to, da se bodo zaključevali tudi ostali horizonti oziroma je bila tolikšna širina rečne doline, kjer so se odlagali njeni nanosi. Ker se debelina tega horizonta zmanjšuje tako v SV kot JZ smeri lahko rečemo, da je v celoti ohranjen osrednji del doline z največjo debelino konglomeratov. Obrobni del doline pa je deloma erodiran na SV strani, oziroma mestoma tektonsko odrezan na JZ strani.

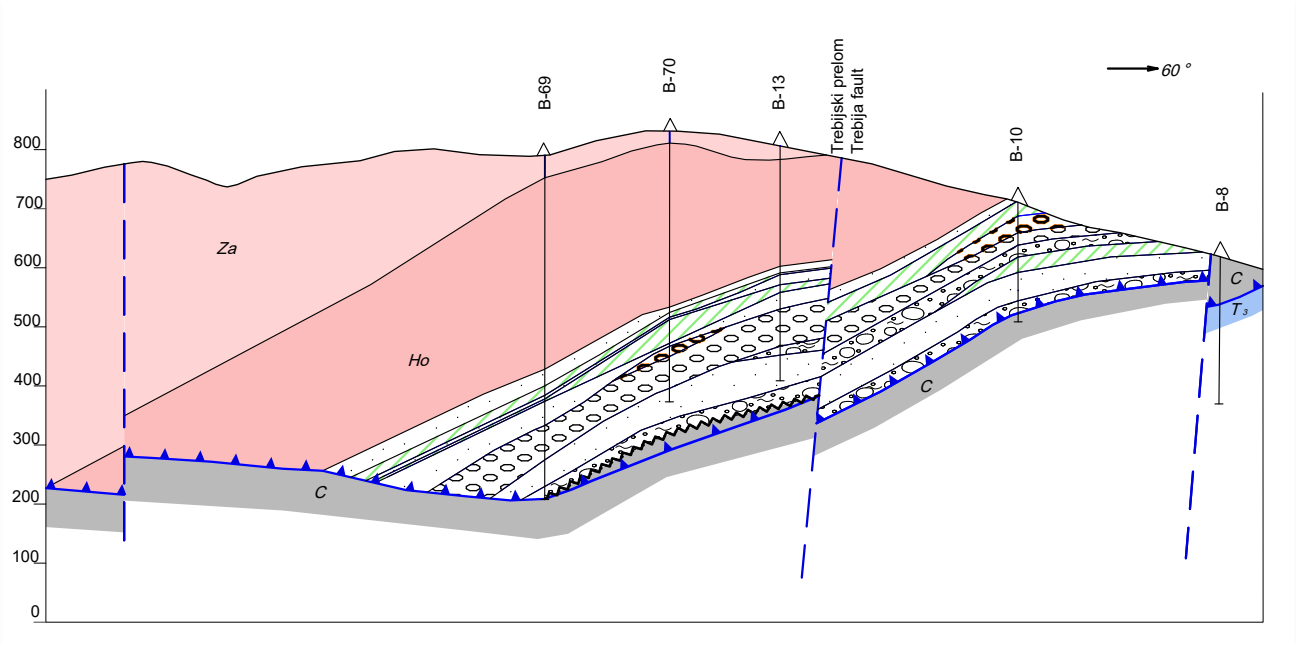
Značilnosti Brebovniškega člena v SZ nadaljevanju

Tudi za profilom P-37, ki je mejni prerez v SZ smeri na prostoru jame, se Brebovniški člen še nadaljuje. Vendar smo že pri poskusnem odkopavanju v bloku 1 opazili, da se je rudonosni 6. horizont med P-35a in P-37 še pojavljal vendar v njem ni bilo več ekonomsko zanimivega orudenja. Pred

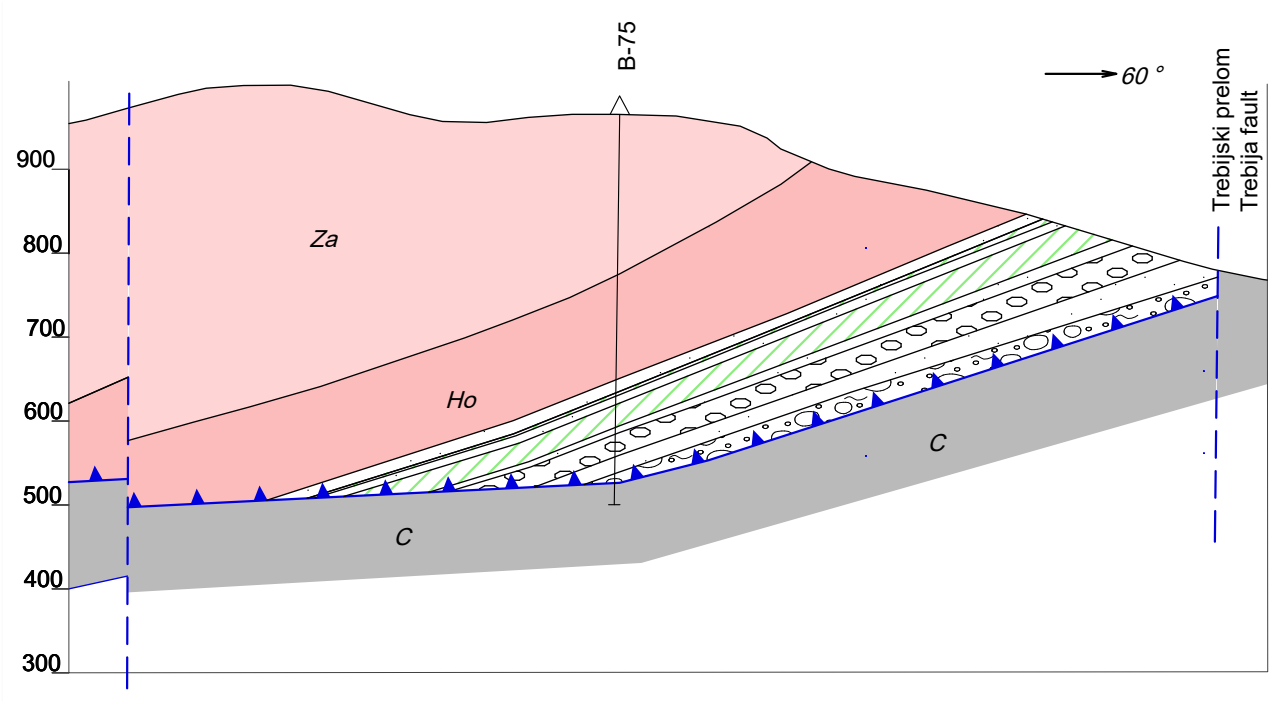
tem sklenjeno rudno telo se je začelo tanjšati, izklinjati in zmanjševala se je njegova vsebnost. Na oko je bilo opaziti, da so peščenjaki 6. horizonta, kot glavni nosilci orudenja v tem bloku, prehajali iz temnosivih do sivih odtenkov v zelenkastosive (Čadež, 2023). Zelenosivi in rjavkasti odtenki so potem značilni za kamnine Brebovniškega člena v severozahodnem nadaljevanju. V osrednjem delu jame in tudi južnem podaljšku je značilno često prevladovanje sivih in temnosivih različkov na katere je potem vezano tudi orudenje z uranom. Sivi in temnosivi različki peščenjakov se sicer pojavljajo tudi v nekaterih delih v SZ nadaljevanju jame saj so bili v njih kartirani tudi drobci in celo debla organske snovi, katerih prisotnost v veliki meri povzroča temno obarvanost. Z njimi je povezan nastanek redukcijskega okolja (Drovenik et al., 1980 ; Dolenec, 1983 ; Palinkaš, 1986; Skaberne, 1995), ki je na prostoru jame in v južnih podaljških vodilo do obarjanja uranilnih kompleksov in nastanka rudnih teles, v SZ nadaljevanju teh istih členov pa je le ponekod prihajalo do šibkih uranskih mineralizacij. Zaradi gubanja in nastanka nariva v SZ zgornjem delu jame, o čemer bomo več pisali v naslednjem poglavju, so plasti v tem delu medsebojno ločene še z več narivnimi enotami nižjega reda, kar onemogoča podrobnejše spremljanje horizontov v severnem nadaljevanju saj so bile kamnine marsikje močno tektonsko pregnetene. Poleg spremembe barve sivih klastitov je druga pomembna značilnost tega prostora še izklinjanje pisanih konglomeratov. V zadnjem prerezu odprte jame (P-37) so pisani konglomerati nastopali v dveh slojih nad sivimi s tem, da se je spodnji izklinjal malo pod nivojem 500, zgornji, ki leži pod 6. horizontom pa se nadaljuje še pod nivojem 400. Na njih so bili zelenosivi debelozrnati peščenjaki 6. horizonta, ki so le poredko vsebovali še tanjše leče siromašnega orudenja z uranom. V nadaljevanju se plast pisanega konglomerata reducira na leče. Podobno smo opazovali na prostoru jame že v zadnjih prerezih na spodnjem nivoju 440, dočim je bil ta horizont na višjih nivojih še enovit. Po podatkih vrtin so v SZ nadaljevanju posamezne vrtine imele, med prevladujočimi zelenosivimi in rjavosivimi konglomerati, še posamezne leče pisanih konglomeratov. Tako so bili kartirani pisani konglomerati še v vrtinah B-21, B-49, B-51, B-96 ter B-91 najdlje proti zahodu (profil 41, sl. 12), vse ostale vrtine pa jih niso ugotovile ali pa so bili opisi vrtin premalo natančni. Običajno so se v teh vrtinah pojavljali le še tanjši, nekaj meterski odseki konglomeratov s pisanimi ali rdečimi klasti. Zadnji sklenjen profil vrtin na Kovšakovem griču je bil že zanesljivo brez njih (sl. 13).

Strukturna lega plasti

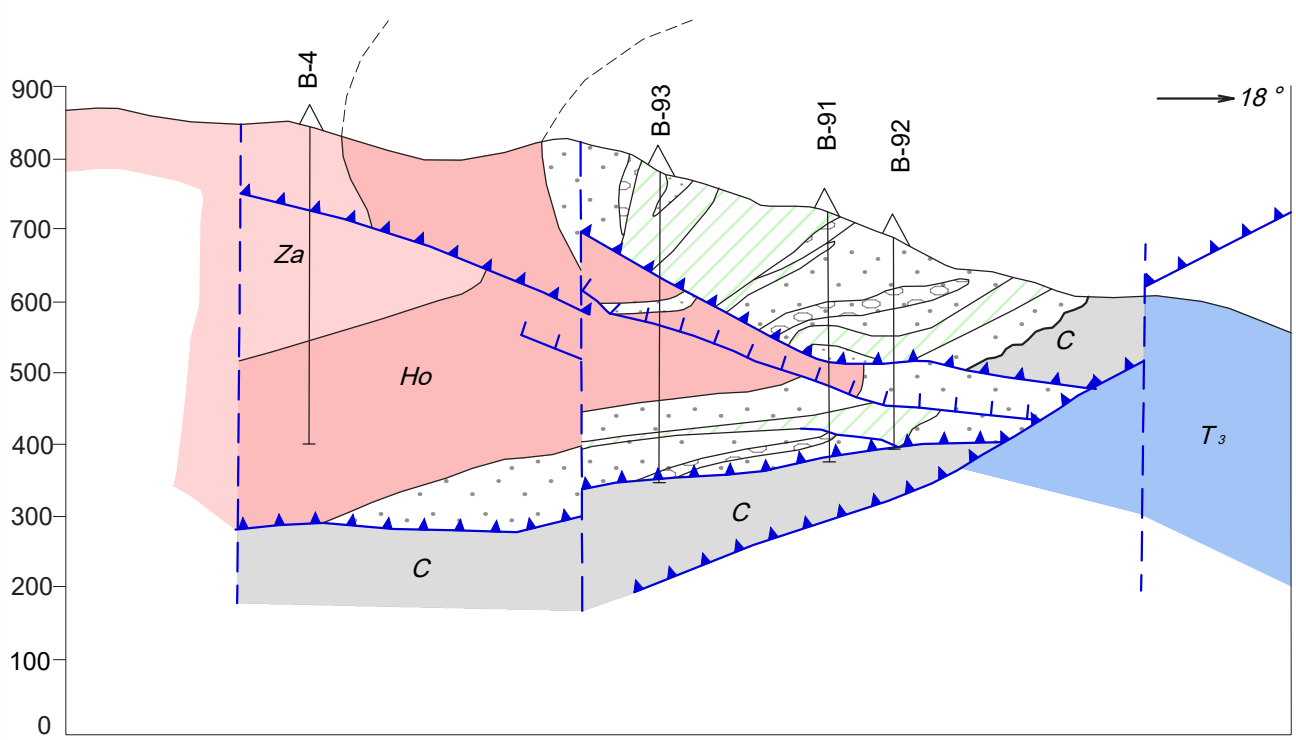
Na prostoru jame je bila v sedemdesetih letih ugotovljena dvojna S struktura (Lukacs & Florjančič, 1976) in sicer v njenem SZ delu. Z nadaljnimi raziskovalnimi deli smo dokazali, da v JV delu jame in celotnih južnih podaljških grödenske plasti le malo povijajo in enotno vpadajo proti JZ pod koti 20 do 50° (sl. 3 in 4). V prerezih P-12 do P-16 (sl. 2) se postopno oblikujeta spodnja in srednja guba, v prerezih P-17 do P-20 pa še zgornja guba.



Sl. 10. Geološki prečni prerez 60 (dopolnjeno po I. Mlakarju).
Fig. 10. Geological cross section 60 (supplemented after I. Mlakar, 2000).

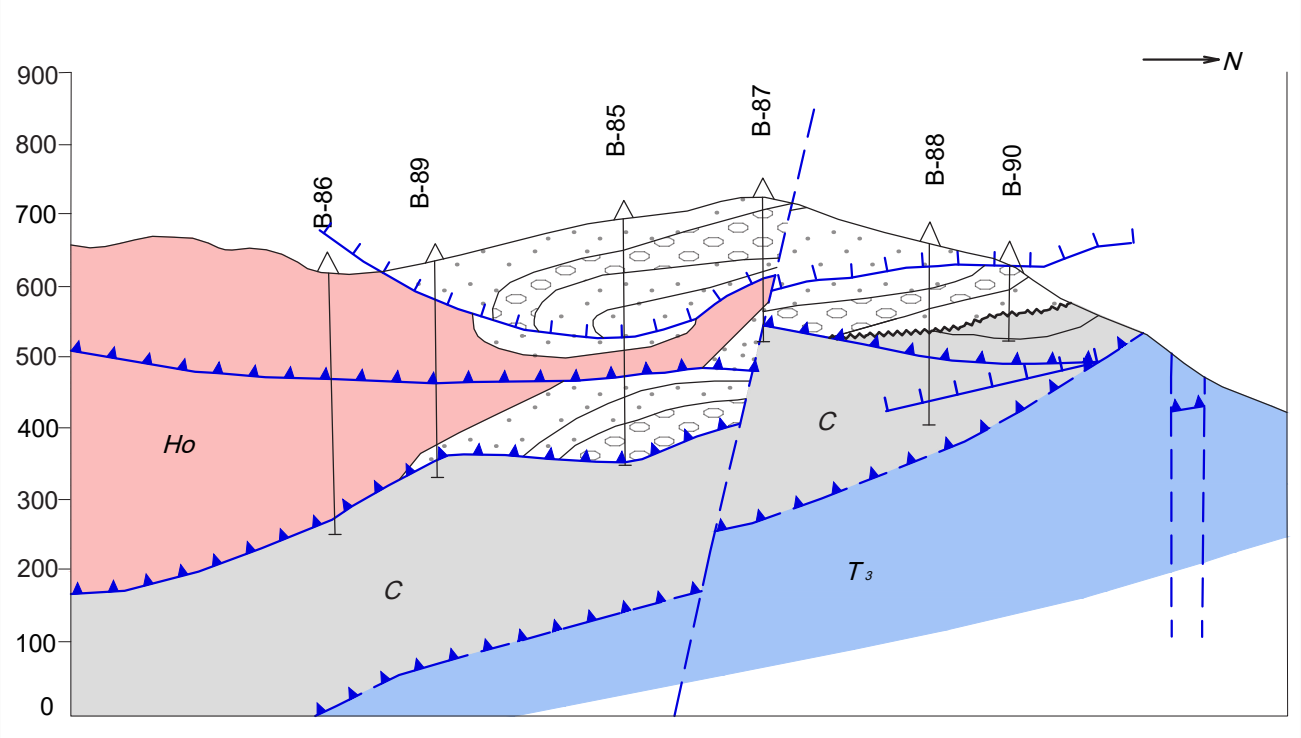


Sl. 11. Geološki prečni prerez 64 (dopolnjeno po I. Mlakarju).
Fig. 11. Geological cross section 64 (supplemented after I. Mlakar, 2000).



Sl. 12. Geološki prečni prerez 41 (po I. Mlakarju, 2000).
Fig. 12. Geological cross section 41 (after I. Mlakar, 2000).

Pri reintepretaciji podatkov globokih vrtin smo v zadnjih prerezih med P-27 in P-31 domnevali še pojavljanje dodatnih dveh gub pod nivojem 430 m. Že v zadnjih prerezih jamske zgradbe smo opažali vse bolj stisnjene gube, kar je še dlje proti severu vodilo v njihov prestrig in narivanje. Nastala je Kovšakova narivna enota (KNE) iz prevrnjene sinklinale in antiklinale, kakor jo je poimenoval Mlakar, njen nastanek pa sta s Placerjem pripisala posledicam narivanja Južnih Alp na Trnovski pokrov Zunanjih Dinaridov (Mlakar in Placer, 2000). V jami smo to narivno cono kartirali in potrdili na najvišje ležečih progah (sl. 5) in nekaterih jaških, ki so segali do površine. Preboje narivne cone v jaških so navadno spremljali zruški in/ali vdori vode.

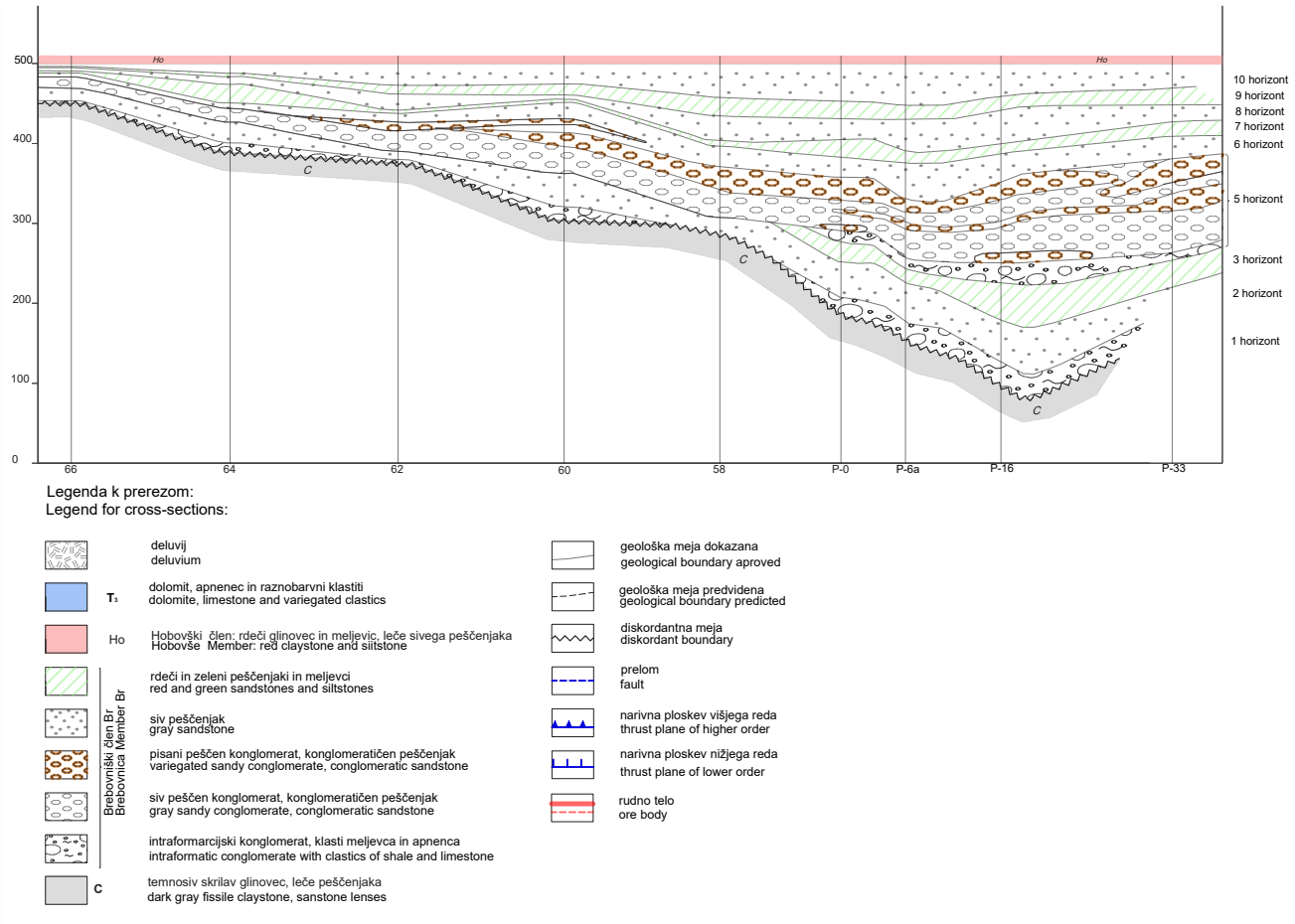


Sl. 13. Geološki prečni prerez 37 (po I. Mlakarju, 2000).
Fig. 13. Geological cross section 37 (after I. Mlakar, 2000).

Na geološki karti nivoja 440 (sl. 8) je razvidno, da v JV delu jame posamezni horizonti slemenijo približno v smeri 160–340°, med prerezi P-14 in P-20 pa postopno spreminjajo smer in za prerezom P-20 nato slemenijo v smeri 120–300°. Sprememba smeri je najizrazitejša na spodnjem nivoju, navzgor se zmanjšuje. Opazna je tudi na geoloških kartah površine (Kossmat, 1910, Grad in Ferjančič, 1976 in Mlakar, 2000). Omaljev (1967) jo je interpretiral kot zavoj reke, Mlakar in Placer (2000) pa menita, da je nastala kot posledica narivanja Julijskih Alp na Idrijsko žirovsko ozemlje. Z ugotovitvijo, da se v tem delu spreminja značaj sedimentacije (izklinjanje oziroma pojavljanje pisanih konglomeratov, ki jih je prinašal dotok iz severne do severovzhodne smeri) in da se v jami spreminja smer slemenitve teh plasti je verjetnejša razlaga, da se je na tem mestu dejansko spreminjal tok glavne reke. Pri tem je potrebno upoštevati še, da se po Mlakarjevi geološki karti in tektonski interpretaciji na površju pojavljajo plasti, ki pripadajo Kovšakovi narivni enoti, kar pomeni da so bile nagubane in narinjene v današnjo lego. Njihova slemenitev poteka približno v smeri vzhod-zahod. Plasti v tem delu jame, tudi spreminjajo smer iz predhodno dinarske proti smeri V-Z, vendar to z jamskimi deli ni bilo širše potrjeno, ker so se ta prej zaključila.

Med 200–2000 m JV od prereza P-0, ki zaključuje prostor odprte jame, poševno seče rudonosno strukturo Trebijski prelom (sl. 10 in 11). Trebijski prelom je edini regionalni prelom z Mlakarjeve geološke karte, ki preseče orudene grödenske sklade. Prostor jame sicer seče še Hotaveljski prelom katerega smo kartirali v podkopu P-10, a tam preseče le karnijske plasti. Oba sta subvertikalna, premik ob njima pa je le nekaj 10 m (Mlakar & Placer, 2000). Ob Hotaveljskem prelomu je bil ugotovljen vertikalni premik 40 m. Ob Trebijskem prelomu Mlakar njegov premik ocenjuje na 100 m v horizontalni in 30 m v vertikalni smeri. Na JV koncu Žirovskega vrha strukturo rudišča odreže Sovodenjski prelom, ob katerem znaša premik po Mlakarju več 100 m. Prelom pa nima vpliva na rudišče saj se orudenje v sivih plasteh Brebovniškega člena izklinja že pred tem. Vsi ostali prelomi z Mlakarjeve geološke karte površine so od orudenega dela še bolj oddaljeni.

V sami jami pa smo kartirali še nekaj prelomov, ki imajo dinarsko smer in vpadajo proti SV. Prikazani so na prečnih prerezih (sl. 2 do 6) in obzornih geoloških kartah (sl. 7 in 8). Ugotovljeni premiki so znašali od nekaj metrov do 20 m, SV krilo je bilo vedno pogreznjeno. Ti prelomi imajo podobno smer kakor klivaž, ki so ga že starejši avtorji smatrali za najizrazitejši tektonski element rudišča (Omaljev, 1967; Lukacs & Florjančič, 1976; Budkovič, 1980; Dolenec, 1983; Skaberne, 1995). Njegov vpad znaša okrog 60/40°, Placer navaja vpad 67/33°, Skaberne 64/37. Nastanek tektonske zgradbe je pojasnil Placer (Mlakar & Placer, 2000). Klivaž in ti prelomi so nastali kot posledica napetostnega stanja pri narivanju Žirovsko Trnovskega



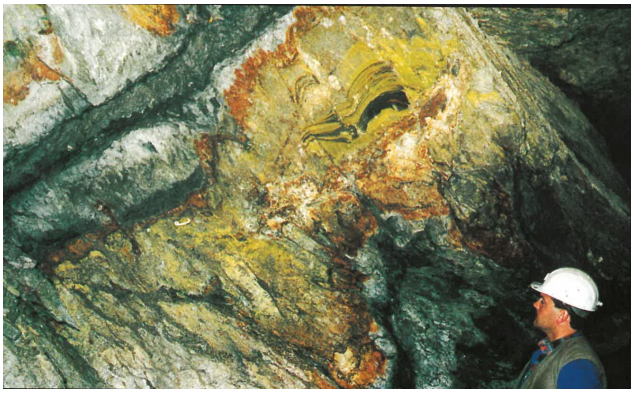
Sl. 14. Shematski vzdolžni prerez rudišča.
Fig. 14. Schematic longitudional section of the ore deposit.

ozemlja, ko se je SZ del rudišča nagubal. V bloku 1 je odkopna proga O-1/3 potekala prav po osi zgornje gube, ki je slemenila v smeri 150–330°, plasti so vpadale v smeri 60°. Nagubana zgradba v SZ delu jame je torej nastala kot posledica narivanja idrijsko trnovskega pokrova (Mlakar, 1969). V Kovšakovi narivni enoti pa plasti in gube slemenijo najprej v smeri 120–300° (profili P-21 in P-35) nakar se zelo hitro obrnejo v smer 100–280° (P-36 in P-37). Med Gorenjo vasjo in Trebijo Mlakar navaja spremenjen vpad klivažnih razpok (0/50), kar kaže na spremenjene napetostne razmere, ki pa so bile posledica narivanja Julijskih Alp na Idrijsko žirovsko ozemlje.

O orudenju

Vse raziskave rudišča so imele predvsem namen ugotoviti, kje se nahaja in pod kakšnimi zakonitostmi nastopa orudenje z uranovimi minerali. Tudi tu je bilo v preteklosti opravljenih in objavljenih kar nekaj del. Pomen in prisotnost kislih magmatskih kamnin kot izvoru urana je navajal že Drovenik s sod. (1980), še prej je Omaljev (1967) že poznal pomen organske snovi in redukcijskega okolja pri nastajanju orudenja. Največ se je z mikroskopskimi preiskavami orudenja v svojem doktoratu ukvarjal T. Dolenec (1983), ki je podal tudi razlago njegovega nastanka. Glede izvora urana je smatral, da je bodisi prihajal s kopnega z izluževanjem iz prodnikov kislih magmatskih kamnin ali pa je bilo na kopnem celo erodirano neko uransko nahajališče, kot izvor urana v podtalnici. Uranilni ioni so bili v začetni fazi transporta v oksidni obliki, v redukcijskem okolju, ki je v začetku diageneze prevladalo v horizontih z ostanki organskega materiala, lahko pa tudi z minerali glin, so se vezali in izločali v vezivu med klastičnimi zrni (Dolenec, 1983). Podobne razmere so bile dokazane v ploščastih penekonkordantnih rudiščih urana na Koloradskem platoju, le da na Žirovskem vrhu ni prišlo do obogatitev roll type. Skaberne pa je v svojem doktoratu podrobno preučil sedimentacijsko okolje pri usedanju grödenskih klastitov. Dokazal je, da so pisani konglomerati imeli drugačno sestavo in drugo izvorno območje kot sivi konglomerati in da so nastajali kot aluvialni vršaji. Njihova smer transporta naj bi bila s SV dočim je bila glavna smer transporta s SZ (Skaberne, 1995, 2000, 2002). V pisanih konglomeratih je bila oksidacijska porna voda, ki je prinašala raztopljen uran v sredine, kjer je bilo redukcijsko okolje in tam se je uran pričenjal izločati (Skaberne, 1995).

Pogled na prikazane prečne prereze in geološki karti dveh nivojev nam kaže, da je v predelu, kjer se pojavlja uransko orudenje, pomembna prisotnost pisanega konglomerata. Ta sicer ni nikoli oruden, v njem pa je bila dokazana prisotnost rdečkasto obarvanih klastov, ki pripadajo tudi kislim magmatskim kamninam. Skaberne (1995) je v njih določil kisle predornine riolite, kremenove riolite in trahite, med globočninami pa granite, ki se pojavljajo tudi v sivem polimiktnem konglomeratu, le da med njimi prevladujejo sivi in zelenkasti odtenki. Povprečne vsebnosti urana se od ultrabazičnih (0,003 ppm) in bazičnih magmatskih kamnin (0,5 ppm) povečujejo proti srednjim (1,8 ppm) in so najvišje pri kislih (3 ppm). Znotraj teh povprečnih vrednosti pa so na primer za granite z različnih lokacij navajali precejšnje razpone v njihovih povprečnih vrednostih od 1 do 32 ppm (Rossler & Lange, 1972). V tem članku se ne ukvarjamo podrobneje z orudenjem, pri preiskavi prostorskega razvoja posameznih horizontov pa smo prišli do naslednjega zaključka. Pri 18 km dolgem odseku Brebovniškega člena se pogojno ekonomsko orudenje, ki je bilo v preteklosti raziskovano in odkopavano, pojavlja le na 5,5 km njegove dolžine. V tem delu je značilno tudi nastopanje pisanega konglomerata oziroma se proti JV pisani konglomerati izklinijo že 1–2 km prej. Tok podtalnice je moral biti vzporeden toku reke od SZ proti JV saj v isto smer visijo tudi plasti. Zato se je po koncu odlaganja pisanih konglomeratov podtalnica premikala še naprej v tej smeri. Iz nje so se izločali v okolne sive klastite uranonosni minerali, ker je tu vladalo redukcijsko okolje. Izvorno območje urana so torej morale biti kisle magmatske kamnine, ki jih je v pisanih konglomeratih največ. Pri eroziji teh kislih predornin so pri oksidacijskih pogojih že površinske vode raztapljale uran, še dodatno pa so se z njim obogatile, ko so se kot podtalnica precejale skozi pisane konglomerate. Glavni tok reke zahodno od Gorenje vasi ni prinašal pisanih prodnikov, torej tudi površinske vode niso vsebovale bistveno povečanih koncentracij urana. Od Gorenje vasi proti zahodu zato nimamo ekonomsko povečanih vsebnosti urana v grödenskih klastitih. Pritok reke severno do severovzhodno od Gorenje vasi pa je prinašal pisane klaste in je tudi že sama površinska voda pritoka vsebovala povečane vsebnosti urana. SZ od odprte jame se pisani konglomerati pojavljajo le v lečasti obliki, nad njimi pa so peščenjaki 6. horizonta zelenosivo obarvani in zato tu še ni obstajalo zadostno redukcijsko okolje ugodno za obarjanje urana. V prerezu P-37 poznamo že sklenjene pasove pisanega konglomerata. S spremembo barve peščenjakov 6. horizonta okrog prereza P-36 iz zelenosive v sivo in temnosivo, kar pomeni povečan delež organske snovi in nastopanje redukcijskega okolja, se tudi pojavijo prva rudna telesa z večjo vsebnostjo in debelino, ki se nadaljujejo praktično skozi celoten prostor odprte jame in še naprej v južne podaljške. Ko se za prerezom P-0 izklini najprej spodnji nivo pisanega konglomerata in za prerezom 60 (sl. 10) še zgornji nivo pa se rudna telesa v sivih horizontih še pojavljajo. Podtalnica je torej morala še vsebovati in nositi uranilne komplekse, ki so se v redukcijskih sredinah še lahko izločali čeprav novega raztapljanja potem ni bilo več.



Sl. 15. Orudenje z uranovimi sekundarnimi minerali, odkop v bloku 4 (foto: Marko Miklavčič).

Fig. 15. Mineralization with uranium secondary minerals, stope in block 4 (photo: Marko Miklavčič).

Na prerezu P-6a (sl. 4) smo poleg litostratigrafskih enot za ponazoritev vrisali še mesta pojavljanja uranskih orudenj. Ta nastopajo večinoma vzporedno s pojavljanjem pisanega konglomerata, ki se večinoma izklinja na globinah okrog 400 m, kar je v času usedanja predstavljalo lateralno smer. Vrtanja z najnižjega prečnika na nivoju 450 m navzdol pod nivojem 400 m v peščenjakih, ki so višje orudeni, ugotavljajo le siromašne pojave orudenja (pod 300 gU3O8/t). V tem delu se pisani konglomerati izklinjajo. Tudi v severnih podaljških smo ugotavljali le pojave siromašnega orudenja. Tu se sicer S in SZ od jame manjše leče pisanega konglomerata že pojavljajo, od prereza 37 proti zahodu pa jih ni več, večji obseg in debelino pa dobijo šele s pričetkom odprtega dela jame. Zato menimo, da je bil izvor urana lahko vezan na pojavljanje pisanega konglomerata s kislimi magmatskimi kamninami, kjer se je izluževal, v ugodnih redukcijskih sredinah, ki so mejile na nivoje s pisanim konglomeratom pa izločal. Največja rudna telesa se pojavljajo v peščenjakih 6. horizonta, ki v večjem delu mejijo prav na zgornji nivo pisanega konglomerata. Rudna telesa v sivih konglomeratih so potem vezana na sive konglomeratične peščenjake ob pisanih konglomeratih, rudna telesa v peščenjakih 8. hori-

zonta pa so navadno nastala tam, kjer peščenjaki 6.horizonta niso nudili ugodnih pogojev za izločanje urana. Redukcijska podtalnica je iz 6.horizonta lahko prehajala tudi v 8. horizont na mestih, kjer se je vmesni slabše prepustni 7. horizont izklinjal. Primarno uranovo orudenje je sive barve kakor kamnina zato s prostim očesom ni vidno. V zgornjih delih rudišča pa je bila ruda že oksidirana, sekundarni uranovi minerali so bili pestrih pisanih barv in so nazorno kazali na orudena mesta (sl. 15).

Zahvala

Strokovni pregled članka je opravil dr. Dragomir Skaberne. Za njegove pripombe se mu najlepše zahvaljujeva. Grafične priloge je izdelala Maryna Malova za kar se ji prav tako lepo zahvaljujeva.

Literatura

Budkovič, T. 1980: Sedimentološka kontrola uranove rude na Žirovskem vrhu. Geologija, 23/2: 221–226.

Čadež, F. 2023: Geološka spremljava poskusnega odkopa uranove rude na Žirovskem vrhu. Geologija, 66/1: 73–85. https://doi.org/10.5474/geologija.2023.002

Dolenec, T. 1983: Nastanek uranovega rudišča Žirovski vrh. Doktorska disertacija. Univerza v Ljubljani, Ljubljana: 2 zv. 287 str. + 48 tabel.

Drovenik, M., Pleničar, M. & Drovenik, F. 1980: Nastanek rudišč v Sloveniji. Geologija, 23/1: 1–157.

Grad, K. & Ferjančič, L. 1974: Osnovna geološka karta 1:100000 List Kranj. Zvezni geološki zavod, Beograd.

Kossmat, F. 1910: Erlauterungen zur Geologische Karte Bischoflack-Idria, Wien.

Lukacs, E. & Florjančič, A.P. 1974: Uranium ore deposites in the Permian sediments of Northwest Yugoslavia. Formation of Uranium Ore Deposites, Proceedings of a Symposium, Athens, 6–10 May 1974, International Atomic Energy Agency, Wienna.

Marinković, P. 1961: Radiometrijska prospekcija i geološko kartiranje u oblasti Žirovski vrh 1961. godine. Fond strokovne dokumentacije Geoinstituta, Beograd.

Mlakar, I. 1969: Krovna zgradba idrijsko žirovskega ozemlja. Geologija, 12: 5–72.

Mlakar, I. & Placer, L. 2000: Geološka zgradba Žirovskega vrha in okolice. In: Florjančič, A.P. (ed.): Rudnik urana Žirovski vrh, 34–45.

Omaljev, V. 1967: Razvoj gredenskih slojeva i uranove mineralizacije u ležištu urana Žirovski vrh. Radovi IGRI, 3: 33–65.

Palinkaš, L.A. 1986: Geochemical facies analysis of gröden sediments and ore forming processes in Žirovski vrh uranium mine, Slovenia, Yugoslavia. Acta Geologica, Jugosl. akad. znan. i umjet., 16/2: 43–82.

Rössler, H.J. & Lange, H. 1972: Geochemical Tables. Edition Leipzig, Leipzig.

Skaberne, D. 1995: Sedimentacijski in postsedimentacijski razvoj grödenske formacije med Cerknim in Žirovskim vrhom. Doktorska di-sertacija. Univerza v Ljubljani, Ljubljana: 1. del 500 str., 2. del 192 str. + 46 prilog.

Skaberne, D. 2000: Sedimentacijsko okolje Brebovniškega (uranonosnega) člena. In: Florjančič, A.P. (ed.): Rudnik urana Žirovski vrh, 46–52.

Skaberne, D. 2002: Faciesi, razvoj in interpretacija sedimentacijskega okolja uranonosnega Brebovniškega člena Grödenske formacije na območju Žirovskega vrha. Geologija, 45/1: 163–188. https://doi.org/10.5474/geologija.2002.014