

O karnijskem oolitnem železnatem boksitu Kopitovega griča ter o plasteh v njegovi talnini in krovnini

On carnian oolitic iron bauxite of the Kopitov grič and on beds in its foot- and hanging walls

STEVO DOZET

Geološki zavod Slovenije, Dimičeva 14, 1000 Ljubljana, Slovenija;
E-mail: stevo.dozet @ geo-zs.si

Received: September 27, 2004 Accepted: December 10, 2004

Izvleček: Karnijske plasti Kopitovega griča (Železnik) pri Borovnici na južnem obrobju Ljubljanskega Barja obsegajo tri podstopnje: cordevolsko, julijsko in tuvalijsko. Cordevolski dolomit in apnenec v boksitovi talnini določa alga *Diplopora annulata* Schafhäütl. Julijsko-tuvalijsko pisano zaporedje kamnin ponekod pričenja z brečo, sestavljeno iz kosov boksita ali apnenca in dolomita z boksitnim vezivom, drugod pa z boksitom bogatim z železom in/ali kremenico. Nato se izmenjavajo karbonatne in klastične kamnine, na vrhu karnijskega stolpca pa so prehodne plasti, na katerih leži konkordantno glavni dolomit (Hauptdolomit).

Abstract: The Carnian beds of the Kopitov Grič (Železnik) at Borovnica on the southern borderland of the Ljubljana Marsh comprise three substages: Cordevolian, Julian and Tuvallian. Cordevolian beds of the bauxite footwall are defined by the alga *Diplopora annulata* Schafhäütl. The variegated Julian-Tuvallian rock succession begins at some places with a breccia composed of bauxite or limestone and dolomite fragments with bauxitic groundmass. At other places the considered succession starts with a bauxite rich in iron and/or silica. Thereupon, carbonate and clastic rocks alternate. On the top of the Carnian lithologic column there are transitional beds overlain concordantly by the Hauptdolomit.

Ključne besede: stratigrafija, formacijska analiza, boksit, morfologija, paleogeografija, Notranjsko, Zunanji Dinaridi.

Key words: stratigraphy, formation analysis, bauxite, morphology, paleogeography, Notranjsko, Outer Dinarides.

UVOD IN KRATEK PREGLED DOSEDANJH GEOLOŠKIH RAZISKAV

Namen tega članka je podati stratigrafski opis karnijskih plasti in boksitnega ležišča na Kopitovem griču oziroma Železniku, ki leži na južnem obrobju Ljubljanskega Barja.

Raziskave so bile sicer osredotočene na ležišče boksita na Kopitovem griču, vendar sem zaradi popolnejše predstave nadrobno pregledal tudi širšo okolico. Boksit Kopitovega griča pripada kraškemu tipu boksita. Zaradi neugodne kemične sestave nima posebne ekonomske vrednosti.

Južno obrobje Ljubljanskega Barja je bilo zaradi pestre geološke zgradbe in boksita precej privlačno za raziskovalce. Najstarejše geološke podatke o tem ozemlju najdemo na LIPOLD-ovi (1858) rokopisni geološki karti Višnja gora-Cerknica 1:75.000. Izčrpne podatke o geologiji barjanskega obrobja dobimo na KRAMER-jevi (1905) geološki karti v merilu 1:75.000 ter na VETTERS-ovi (1933, 1937) geološki karti Avstrije in sosednjih dežel 1:576 000. Južno obrobje Ljubljanskega Barja nadalje obravnavajo v svojih delih med drugimi tudi RAKOVEC (1932, 1933, 1938, 1955), ŠLEBINGER (1952), RAMOVŠ (1953, 1961, 1978), GERMOVŠEK (1955), BERCE (1956), BUSER (1965, 1966, 1969, 1974, 1976), PLENIČAR ET AL. (1970), BUSER ET AL. (1967), BUSER IN LUKACS (1973) in DOZET (1975, 1978, 1979).

GEOGRAFSKI OPIS

Raziskano ozemlje leži v okolici Borovnice na južnem obrobju Ljubljanskega Barja na Osnovni geološki karti Postojna 1:100.000 (BUSER, GRAD, PLENIČAR, 1967). Obsega Borovniško dolino, ki se v zgornjem delu nadaljuje v dolino Otavščice in dolino Prušnice, ter del južnega obrobja Ljubljanskega Barja. Borovniška dolina je v bistvu najjužnejši izrastek Ljubljanskega Barja, nastala pa je ob dinarskem prelomu. Proti jugozahodu se najprej položno nato dokaj strmo dvigne na višino 700 metrov in se razprostire v Pokojiško kraško planoto, ki je del skoraj 800 m visoke Logaške planote z vrhovi Mali Trebelnik (814 m), Ljubljanski vrh (813 m) in Veliki Trebelnik (807 m). Na drugi strani Borovniške doline sta vrhova Planina (737 m) in Srobotnik (780 m).

Hribčki in planota, ki leže južno od Borovniške doline in Barja so sestavljeni iz mezozojskih pretežno karbonatnih kamnin. Kraška tla so tod povečini precej zakrasela in obrasla z gozdom. V apnencu in dolomitu, ki sta daleč najbolj razširjeni kamnini obravnavanega ozemlja, so se razvile številne kraške oblike kot so žlebiči, škraplje in vrtače. Hidrografska mreža je slabo razvita. Vsa voda se steka v Borovniščico, ki se na Ljubljanskem Barju izliva v Ljubljanico.

METODE DELA

Geološke podatke, ki so uporabljeni v pričujočem članku, sem začel zbirati leta 1975, ko sem pri projektu Mezozoik Slovenije prevzel nalogo o triasnih plasteh na listu Postojna. Enomesečnemu profiliranju so sledili še priložnostni obhodi v letih 1976, 1977 in v letih 2003, 2004. Pri tem sem nabral precej vzorcev kamnin in fosilov za stratigrafsko razčlenjevanje triasnih plasti. V okolici Borovnice sem nadrobno pregledal tri profile, in sicer: Kopitov grič, Ohonica-Lašče in Ohonica-Borovnica. Zbruske vzorcev kamnin sem preiskal pod mikroskopom. Železovo-boksitni ooidi so preiskani z metodo elektronske mikroanalize na Inštitutu za kovinske materiale v Ljubljani.

Karbonatne kamnine so določene po FOLK-ovi (1959) in DUNHAM-ovi (1962), klastične pa po FOLK-ovi (1959) in PETTIJOHN-ovi (1975) klasifikaciji. Barva kamnin je določena po GSA Rock-Color-Chart barvni lestvici, ki jo je sestavil Rock-Color-Chart Committee, izdala pa Geological Society of America, Boulder, Colorado.

STRATIGRAFIJA

Karnijsko zaporedje plasti na obravnavanem ozemlju sestavljajo cordevolske, julijske in tuvalijske, karbonatne, klastične in presedimentirane vulkanske kamnine. Cordevolske plasti sestoje izključno iz karbonatnih kamnin, v julijskem zaporedju prevladujejo klastični sedimenti, v tuvalijskem intervalu kamnin pa se menjavajo klastične in karbonatne kamnine v približno enakem obsegu. Značilno za našete plasti je to, da vsebujejo zelo malo makro- in mikrofosilov s pomočjo katerih bi lahko določili njihovo starost. Z maloštevilnimi, slabo ohranjenimi in slabo razširjenimi fosili ni možno detajlno biostratigrafsko razčlenjevanje obravnavanega kamninskega intervala triasnih plasti. Po drugi strani pa je karnijska skladovnica zelo pestro sestavljena s številnimi tipičnimi horizonti in litologijo, ki omogoča formacijsko in litološko razčlenjevanje.

Karnijske kamnine Kopitovega griča in okolice pripadajo trem formacijam: "kasijanskemu" dolomitu in apnencu, borovniškimi plastem in glavnemu dolomitu.

"Kasijanski" dolomit in apnenc

Nadrobno sem raziskal cordevolske plasti na Kopitovem griču. Razkrite so ob gozdni cesti, ki pelje po zahodnem pobočju Kopitovega griča in Železnika in se konča pod Grido. V litostratigrafskem pogledu se dele na tri člene (od spodaj navzgor): masivni dolomit, plastnati diploporni biostromalni apnenc in plastnati zrnati dolomit. Masivni dolomit je povečini bel ali zelo svetlosiv, do modrikastosiv in debelozrnat. Debela zrnavost dolomita kaže, da je le-ta nastal pri pozni diagenezi iz apnenca.

Neplastnati dolomit je pogosto luknjičav. Nekatere luknjice so prazne, večinoma pa so zapolnjene z dolomitnimi kristalčki. V votlinicah okroglega in elipsastega preseka se mestoma dobijo močno prekrizalizirani ostanki diplopor.

V srednjesvetlosivem do rožnatem plastnatem (20-40 cm) biostromalnem apnencu je vse polno okroglih in podolgovatih presekov alge *Diplopora annulata* Schafhäutl. Alge se pojavljajo v obliki nekaj centimetrov dolgih in nekaj milimetrov debelih ter prečno jasno segmentiranih apnenčevih cevčic. Biomikritni, biosparitni in biolititni apnenc je mestoma bolj ali manj dolomitiziran. Dolomitizacija je ponekod precej ali docela uničila organske strukture. Severno od Ohonice je RAMOVŠ (1953) našel v teh plasteh poleg alg še polža *Undaria obliquelineata* Kittl. Na vrhu cordevolskih plasti je v profilu Kopitovega griča beli in svetlosivi debelozrnati dolomit. Od dolomita prvega člena se loči samo po tem, da je plastnat. V plastnatem dolomitu je močno razvit in lepo viden paleorelief, ki ga zapolnjujeta julijska boksitna breča in boksit. Na Železniku prehaja plastnati dolomit bočno v diploporni biostromalni apnenc.

Diploporni apnenci in dolomit pri Borovnici so po RAMOVŠ-u (1953) časovni ekvivalent kasijanskih skladov v posebnem razvoju.

Kamenotvorne apnenčeve alge v apnencih v okolici Borovnice kažejo na plitvo in toplo cordevolsko morje, kjer so na obsežnih podmorskih tratah uspevale omenjene zelene alge.

Nastanek karnijskega paleoreliefa

V okolici Borovnice in v južni Sloveniji nasploh so se v cordevolskem morju sedimenti odlagali na dokaj obsežni in stabilni karbonatni plošči, ki se je proti koncu cordevola vsled pojačanega epirogenetskega premikanja dvignila do te mere, da je ponekod nastalo kopno. Sledilo je njeno razkosanje, zatem pa zakrasedanje in preperevanje. Nastale so številne vrtače, v katerih sta se zbirala in kopičila razpadli kamninski material in rdeča boksitna glina. Le-to so vetrovi prenašali s kopnega tudi v bližnje morje. Tektonske sile in eksogeni dejavniki so na kraških tleh na meji cordevola in srednjega karnija omogočili nastanek dveh vrst paleoreliefa. V pozno-diagenetskem debelozrnatem dolomitu, ki zaradi svoje strukture zelo hitro razpada, so nastale zaobljene, nekaj metrov velike, stožčaste paleoreliefnе oblike. Najizrazitejše paleoreliefnе oblike pa najdemo v apnencih. V apnencih gre največkrat za bolj ali manj strmo odsekane, ravne, neravne, cikcakaste in stopničaste oblike. Robovi in površina reliefa so bolj ali manj izdolbeni, kar je dokaz, da so pri nastajanju paleoreliefa razen tektonskih sil sodelovali tudi mehanski in kemični erozijski dejavniki, kot so denudacija, fluvijalna in eolska erozija in kemično preperevanje. Zakrasedanje, preperevanje in nadaljnjo morfološko preoblikovanje nastalega površja, nastajanje rdeče boksitne ilovice in procese boksitizacije je sorazmerno zgodaj prekinila transgresija julijskega morja.

Borovniške plasti

V profilih Kopitov grič, Ohonica-Lašče in Ohonica-Borovnica izdanjajo tudi borovniške plasti, ki obsegajo julijsko in tuvalijsko

podstopnjo. Zaradi pomanjkanja fosilov se borovniške plasti kronostratigrafsko ne dajo ločiti v dve podstopnji. Kot celota so po pestri in tipični litološki sestavi deljive na štiri litostratigrafske enote, in sicer (od spodaj navzgor): boksitna enota, klastična enota, karbonatna enota in prehodne plasti.

Boksitna enota

Od Kopitovega griča pri Borovnici v smeri proti Vrhniki, Ligojni in Podlipi sledimo ob kontaktu cordevolskih in julijskih plasti več ležišč boksita iste starosti in približno enake mineralne sestave. Pojavljajo se v lečastih plasteh in nepravilnih oblikah, ki so debele od nekaj metrov do nekaj deset metrov. Dobimo jih tudi na več mestih osrednje Dolenjske.

Bazalna karbonatna breča. Meja med talninskim kasijanskim apnencem in dolomitom ter železnato boksitno rudo ni povsem ostra. Površina karbonatnih kamnin in še zlasti dolomita z rudo je namreč v debelini nekaj centimetrov mehansko in kemično razpadla, zdrobasta in prepojena z manganovimi in železovimi raztopinami. Tanka mejna plast je nastala pod vplivom hipergenetskih procesov, to je kompleksnih fizikalno kemičnih reakcij, ki vključujejo temperaturo, pritisk, koncentracijo vodikovih ionov, oksidacijski potencial, koloidno stanje materije in dejavnost organizmov (SAVIĆ ET AL., 1983).

V useku ob železniški progi severno od Ohonice (RAMOVŠ, 1953) so na paleoreliefu "kasijanskega" apnenca in dolomita v debelini od 3 do 7 metrov nakopičeni do 1 meter debeli apnenčevi in dolomitni bloki. Obdaja jih skrilav ponekod nekoliko peščen

lapornato glinen sediment vijoličnordeče barve. Bloki in kosi so večinoma ostrorobi, redkeje malce zaobljeni. Dolomitni bloki so svetlosivi do beli in vsebujejo redke ostanke diplopor. Apnenčevi bloki so svetlosivi, rožnati do rožnatordeči in vsebujejo številne preseke apnenčeve alge *Diplopora annulata* Schafhäutl. Sestava karbonatne breče z vijoličnordečimi lapornato peščeno glinenim vezivom ter velikost in nezaobljenost delcev kažejo na to, da je nastala v plitvem morju ob podorih kamnin s strme karbonatne obale.

Julijsko-tuvalijski litološki stolpec pričinja na drugih mestih s karbonatno brečo z boksitnim vezivom, ki pa je tanjša in je sestavljena iz drobnejših kosov kot karbonatna breča z lapornato-pšečeno-glinenim vezivom. Nastala je pri razpadanju talninskih karbonatnih kamnin in s prodiranjem rdeče boksitne glinice vzdolž razpok. Ta breča je nastala istočasno z oblikovanjem paleoreliefa in časovno sovpada s kopensko fazo in nastajanjem boksita. Nastanek te breče torej ni povezan s plitvenjem morja niti z regresijo in začetkom kopenske faze.

Bazalni del julijsko-tuvalijskih plasti na Železniku jugozahodno od Borovnice sestoji iz jerine, boksitne breče in železnatega boksita. Ponekod je paleorelief v cordevolskem dolomitu zapolnjen le z jerino, debelo nekaj metrov, ki predstavlja netopen ostanek pri preperevanju cordevolskega apnenca in dolomita. GREGORIČEVA (1969) je pri preiskavi netopnega ostanka triasnih karbonatnih kamnin ugotovila, da netopni ostanek cordevolskega dolomita severovzhodno od Zgornjega Blata sestoji iz mineralov glin, kremenca, hematita, sljude in

organske snovi, in sicer: kremen (18,0 %), hematit (14,4 %), illit (60,6 %), kaolinit (8 %) in sljuda (1,0 %).

Julijske plasti prično ponekod s čisto karbonatno brečo s kalcitnim in dolomitnim vezivom.

Boksitna breča. Ob gozdni cesti na Železnik pa je razgaljen kontakt, kjer na debelozrnatem belem cordevolskem dolomitu z jasno izraženim paleoreliefom leži boksitna breča. Rdečkastorjave boksitne drobce breče veže oranžno in svetlorjavkastorumeno boksitno vezivo. Nad boksitno brečo je železnati oolitni boksit.

Železnati oolitni boksit. Boksitni horizont Kopitovega griča je debel okoli 10 metrov. V ležišču prevladuje sivkasto, opekasto in črnkasto rdeč ter zelenkastosiv in srednesiv oolitni boksit, ki prehaja mestoma v oolitni železnati boksit, pri katerem je boksitna substanca bogata z železom. V rudi se pojavljajo tudi pizoliti, ki pa so manj razširjeni od ooidov. Elektronska mikroanaliza železnatega oolita Kopitovega griča je pokazala, da sestoji oolitna železovo boksitna ruda iz železovih in boksitnih ooidov ter iz ooidov mešane železno boksitne sestave. V boksitnem horizontu se mestoma pojavlja tudi skrjav boksitni glinavec. Pri mineraloških preiskavah je ugotovljeno, da je v železovo boksitni rudi več glinice kot železa. Glavni mineral je boehmit, zelo razširjeni pa so še limonit, hematit in kremen. Vsi vzorci in različki so bogati s kremenico. Značilno za karnijski boksit Kopitovega griča je to, da vsebina železa in glinice v rudi bočno in vertikalno zelo variira že na kratke razdalje, kar je zelo neugodno za njeno izkoriščanje.

KRAMER (1905) navaja, da v rudi Kopitovega griča vsebina železa niha od 13 % do 52 %. Ugotovil je še, da vsebuje ta ruda poleg železa tudi okoli 4 % TiO_2 . LUKACS IN KUCHAR (1964) podajata sledeče rezultate kemične analize dveh vzorcev boksita Kopitovega griča:

	Al_2O_3 %	SiO_2 %	Fe_2O_3 %	TiO_2 %	CaO %	ž.i. %
1.	47,09	12,70	27,97	2,30	0,0	11,37
2.	34,36	38,41	10,80	0,75	0,5	14,38

Kemična sestava železnatega boksita je bočno in vertikalno precej neenakomerna.

Po BUSERJU IN LUKACS-u (1973) pa je kemična sestava rude na Kopitovem griču sledeča:

Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %	SiO_2 %	TiO_2 %	ž.i. %
47,10	27,97	12,7	2,30	11,37

Klastična enota

Razvita je enako v vseh treh profilih julijsko-tuvalijskih plasti v širši okolici Borovnice. Sestoji iz sivkasto- in opekastordečega laporovca, skrilavega glinavca, peščenega glinavca, peščenjaka, konglomerata in breče. Prevladujeta laporovec in bolj ali manj peščen skrilav glinavec, medtem ko se konglomerat, breča in peščenjak pojavljajo le v treh, nekaj metrov debelih vložkih v skrilavem glinavcu. Prvi vložek konglomerata, breče in peščenjaka leži 10 do 15 metrov nad boksitno enoto, drugi je približno v sredini klastične enote, tretji pa nekaj metrov pod kontaktom klastične in karbonatne enote. Pisani konglomerat, breča in peščenjak so sestavljeni iz prodnikov, drobcev in zrn apnencev, dolomitov, dolomitnega laporovca, kremenca, jaspisa, redko iz porfirinov ali roženca; v apnenčevih prodnikih so preseki diplopore. Vezivo je karbonatno, peščeno in tufsko.

Skrilavi peščeni glinavci in laporovci so največkrat opekasto, sivkasto in črnkasto-rdeči, če pa imajo tufsko primes so zelenkasto in rumenkastosivi do sivkastozeleni.

V Koritnem dolu (RAMOVŠ, 1953) jugozahodno od Kopitovega griča se začne spodnji horizont julijsko-tuvalijskega zaporedja karnijskih skladov s sivkastordečimi plastmi, ki se nekajkrat menjavajo z apnenčevimi peščenjaki. Nad skrilavimi glinavci in peščenjaki leže temnosivi zgornjekarnijski apnenci. Pisani konglomerati tod niso razviti. Prav tako ni tu železnatih in boksitnih oolitov Kopitovega griča.

Karbonatna enota

Obravnavana enota se v profilih srednje- in zgornjekarnijskih plasti v širši okolici Borovnice prične z nekaj metrov debelim olivnozelenim laporovcem in temnosivo plastnato (20-120 cm) apnenčevo brečo, ki prehaja više v temnosivi plastnati (30-150 cm) apnenec z vložki zelenkastosivega laporovca. Na vrhu leži plastnati črni lapornati apnenec, ki se kroji v do 25 cm debele krogle. V opisanih karbonatnih kamninah Kopitovega griča nisem našel fosilov. Tudi orientacijski vzorci, vzeti za preiskave konodontov so bili sterilni. Nad peščenjakom in skrilavcem v okolici Dražice je RAMOVŠ (1978) v pasnatem apnencu našel

številne drobne megalodontide. Pasnati apnenec, ki se v obliki sklenjenega pasu vleče od Ljubljanskega Barja tja do Gorenje Trebuše, oziroma megalodontidni horizont (megalodontidne školjke so samo v zgornjem delu pasnatega apnenca, marsikje pa jih sploh ni) začinja po njegovem tuvalijsko podstopnjo. Potemtakem se julijska podstopnja konča z apnenci v vrhnjem delu klastičnega sedimentnega zaporedja. Čeprav med megalodontidnimi školjkami ni ozkih vodilnih oblik, smemo po Ramovševem mnenju uvrstiti megalodontidni horizont glede na velikost školjčnih lupin že v tuvalijsko podstopnjo. Plitvomorske "tvorbe" s samimi megalodontidnimi školjkami so po njegovem ena od značilnosti tuvalijske dobe med Ljubljanskim Barjem in Trebušo. Temnosivi apnenci s številnimi drobnimi megalodontidami se pojavljajo v julijsko-tuvalijskem zaporedju pri Ohonici.

Po RAMOVŠ-u (1978) je pomembno, da nikjer v megalodontidnem horizontu oziroma v pasnatem apnencu in nad njim ni več trigonodusov, mioforij in spremljajočih rodov, pa tudi ne značilne alge *Clypeina besici* Pantić in troholin. Prav tako pa v nižjih plasteh še ni takšnih megalodontidnih školjk, kot so šele v megalodontidnem horizontu. Tako je začetek pasnatega apnenca z algnimi tratami (alge in deloma iztrebki rakov so ustvarjali pasnatost) tudi biološka in upravičena biostratigrafska meja med julijem in tuvalijem.

Prehodne plasti

Zgornjemu delu tuvalijske podstopnje pripadajo plasti postopnega prehoda karnijskih plasti v glavni dolomit. V pasu postopnega prehoda se menjavajo skrilavi

glinavec, dolomitni laporovec, dolomitni apnenec in dolomit. Pri naštetih kamninah prevladuje temnosiva do siva barva, kamnine pa so bolj ali manj bituminozne. Temno barvo dajejo kamninam organske primesi. V svetlosivem dolomitnem apnencu nad borovniško železniško postajo se pojavljajo gomolji roženca. V naštetih zgornje-tuvalijskih kamninah ni značilne favne. V njih sem našel le nedoločljive in močno prekristalizirane ostanke alg ter polžev.

Okolje nastanka

Na prehodu med cordevolom in julijem je obstajalo lokalno kopno pogosto s strmo obalo in marsikje z rdečo ilovico na površju. Ostrorobi bloki in kosi diplopornega apnenca in dolomita v bazalni breči kažejo na nastanek "in situ" to je na skalni podor pod strmo karbonatno obalo. Peščeno boksitno vezivo, ki je zlepilo omenjene bloke in kose v brečo, je nanesel veter z zakraselega površja na kopnem. Ciklično menjavanje konglomeratov, peščenjakov in skrilavih glinavcev ter laporovcev kaže na nastanek v bližini obale.

Glavni dolomit

Pestro in živopisano karnijsko sedimentacijo je v noriju in retiju nasledila enolična karbonatna sedimentacija, ki vsebuje le malo fosilov. Norijski in retijski stopnji pripada formacija značilno drobnolaminiranega in stromatolitnega, plastnatega (5-15 cm) glavnega dolomita. Meja med karnijskimi in norijskimi plastmi je izrazito litološka. V litološkem stolpcu prehodnih plasti so v smeri navzgor lapornato-glineni vložki vse tanjši in redkejši, dokler popolnoma ne izginejo. Prav v tej točki pričinja glavni dolomit. Prehod karnijskih plasti v glavni

dolomit je torej postopen, kar kaže na to, da je tuvalijska podstopnja v tem delu Slovenije razvita v celoti.

Ob cesti, ki pelje od vasi Gornje Otave proti Rakitni (BUSER, 1966) so v glavnem dolomitu tik nad horizontom z onkoidi najdene školjke *Conhodus infraliasicus* Stoppani in polž *Worthenia solitaria* Bennecke, v grapi Pekel (RAMOVŠ, 1962) pa vrsta *Worthenia solitaria* Bennecke.

Plasti z naštetimi makrofavnimi in onkoidi pripadajo norijskim stopnjam. Sedimentološke značilnosti in favna kažejo, da je glavni dolomit nastajal na stabilni prostrani karbonatni platformi v plitvem litoralnem okolju. Pretežni del dolomita je nastajal z zgodnjo diagenozo prvotnega sedimenta, ko je skozenj pronicala morska voda.

ZAKLJUČKI

Ozemlje v okolici Borovnice je zgrajeno iz karnijskih, norijskih in retijskih kamnin, ki pripadajo trem formacijam: "kasijanskemu" apnencu in dolomitu, borovniškimi plastmi in glavnemu dolomitu (Hauptdolomit).

Cordevolske plasti, ki so ekvivalent kasijanskega dolomita v Dolomitih, so sestavljene iz masivnega in plastnatega debeložrnatega dolomita in plastnatega apnenca s številnimi preseki zelenih alg, ki pripadajo vrsti *Diplopora annulata* Schafhäütl.

Julijske in tuvalijske plasti Kopitovega griča ali borovniške plasti, kot jih je poimenoval BUSER (1976), sestojijo iz štirih členov, in sicer boksitne enote, klastične enote, karbonatne enote in intervala postopnega prehoda.

Starost julijsko-tuvalijskega zaporedja je določena po stratigrafski legi med cordevolskimi plastmi z alga *Diplopora annulata* Schafhäütl in glavnim dolomitom ter glede na značilno litološko sestavo sedimentnega zaporedja. Konodontna analiza vzorcev karbonatnih kamnin apnenčevega člena ni dala rezultatov. Po RAMOVŠ-u (1958) pomeni apnenčev horizont z drobnimi megalodontidami stratigrafsko mejo med plastmi julijske in tuvalijske podstopnje.

Ležišča karnijskega železnatega boksita južne Slovenije so razvrščena vzdolž kontakta cordevolskih in julijskih plasti. Kontakt cordevolskih in julijskih plasti je lepo razkrit v okolici Borovnice ob gozdni poti na Železnik. Na belem debeložrnatem cordevolskem dolomitu z jasno izraženim paleoreliefom leži boksitna breča, nad njo pa je železnati boksit. Krovino železno-boksitne rude predstavljajo opekastordeči, sivkasto in črnkastordeči (vijoličasti), zelenkastosivi in sivkastorumeni, bolj ali manj skrjavci glinavci, meljevci in peščeni laporovci z dokaj redkimi vložki pisanega peščenjaka, tufita, breče in konglomerata.

Železnati boksit Kopitovega griča pripada kraškemu tipu boksita in je sedimentnega nastanka.

Karnijski boksiti zapolnjujejo nekdanje vrtače in doline zato se pojavljajo v obliki bolj ali manj nepravilnih rudnih teles, lečasto, ali v obliki precej stalnih slojev.

Na podlagi površinskih karakteristik ležišča in dosedanjih raziskav ima ležišče Kopitov grič lečasto obliko v horizontali z bolj ali manj nepravilnimi obrisi rudnega telesa.

V rudi prevladuje železnati oolitni boksit. Preiskave z metodo elektronske mikroanalize so pokazale, da so v rudi boksitni, železnati in železnato-boksitni ooidi in da je osnova bogatejša z železom kot ooidi, zato je ponavadi temnejša od ooidov. Ruda ni čisto boksitna. Ker vsebuje precejšnje količine železa so jo nekoč kopali kot železno rudo.

Dosedanje raziskave so pokazale, da se kvaliteta rude zelo spreminja v vseh smereh. Železnato -boksitna ruda Kopitovega griča vsebuje do 52 % železa, do 60 % boksita in do 23 % kremenice.

Analizirana železno-boksitna ruda Kopitovega griča kaže visoko vsebnost kremenice in železa. Zaradi prevelike primesi kremenice in železa pa pri današnji tehnologiji ni uporabna za pridobivanje glinice. Neugodna za njeno izkoriščanje je tudi nestalnost kvalitete v vseh smereh.

Sedimenti in fosilni ostanki kažejo, da sta v karnijski dobi obstajala južno in zahodno od današnjega Ljubljanskega Barja stabilna karbonatna platforma in plitvo šelfno morje, kjer je nastajal biostromalni diploporni apnenec. Zelene apnenčeve alge iz rodu *Diplopora*, ki pripadajo dazikladacejam, so bile prav kamenotvorne. Pozneje se je pri kasni diagenezi večji del apnenca spremenil v debeloznat dolomit. V zgornjem cordevolu je morje zaradi okrepljenega delovanja epirogenetskih sil postajalo vse bolj plitvo. Pri koncu cordevolske dobe so se nekateri deli morskega dna dvignili nad morsko gladino. Na nastalem kopnem sta bila v začetku julijske dobe diploporni apnenec in dolomit izpostavljena zakrasevanju, preperevanju in eroziji, večkrat pa jih je za krajši čas preplavilo morje. Taki pogoji so bili ugodni

za nastanek jerine (terra rossa) in boksita, ki ga sledimo tudi v širši okolici Borovnice.

Železnati boksit Kopitovega griča leži diskordantno na diplopornem apnencu in dolomitu, transgresijsko na njem pa leži zaporedje pisanih klastičnih julijskih kamnin; nastal je torej v kopenski fazi med cordevolom in julijem kot produkt kopičenja netopnega ostanka pri preperevanju diplopornega dolomita in apnenca, deloma pa je aluvijalnega in eolskega nastanka. Boksitni material je bil pozneje prenesen v plitvo morje. Na podlagi dosedaj zbranih podatkov ni moč oceniti, kolikšen je delež avtohtono nastale boksitne materije (GREGORIČ, 1969) in v kolikšni meri gre za aluvijalno alohtono tvorbo GERMOVŠEK (1955), nakopičeno v kraških vdolbinah v času cordevolsko/julijske emerzije.

SUMMARY

On carnian oolitic iron bauxite of the Kopitov grič and on beds in its foot- and hanging walls

In this article a special emphasis is placed on the stratigraphic description of the Kopitov Grič iron-bauxite deposit as well as of the beds in its footwall and hanging wall. The Borovnica surroundings area is built of the Carnian, Norian and Rhaetian rocks belonging to three formations: the "Cassian" Dolomite, the Borovnica Beds and the Hauptdolomit. The Cordevolian beds, which are an equivalent of the Cassian Dolomite in the Dolomites, is composed of massive and bedded coarse-grained dolomite as well as of bedded limestone with numerous sections of green algae belonging to the species

Diplopora annulata Schafhäütl. The Julian and Tuvalian beds are composed of four members, namely: 1) – bauxite unit, 2) – clastic unit, 3) – carbonate unit and 4) – transitional beds. The age of the Julian-Tuvalian succession is defined according to the stratigraphic position between the Cordevolian beds with alga *Diplopora annulata* Schafhäütl and the Hauptdolomit as well as with regard to typical lithologic composition of the succession. The conodont analysis of samples of carbonate rocks in the limestone member has not given any results. According to RAMOVŠ (1958) the limestone horizon with megalodons represents the boundary between the Julian and Tuvalian beds.

The iron-bauxite deposits in the southern Slovenia are arranged along the contact between the Cordevolian and Julian beds. This contact is well-exposed in the Borovnica surroundings along the wood-path to Železnik. Upon the white coarse-grained Cordevolian dolomite with clearly expressed paleorelief lies a bauxite breccia underlying the iron-bauxite. The hanging wall of the iron-bauxite deposit is represented by brick-red, greyish and blackish red (violet), greenish grey and greyish yellow, more or less shaly claystones, siltstones and sandy marlstones with rather rare interbeds of variegated sandstones, tuffites, breccias and conglomerates.

The iron-bauxite of the Kopitov Grič deposit belongs to the karstic type of bauxite and it is of sedimentary origin.

The Carnian bauxites fill former funnel-shaped holes and valleys occurring therefore in form of more or less irregular lense-like ore-bodies and in the form of rather constant beds.

On the basis of surface characteristics of the deposit and previous investigations the Kopitov Grič deposit has a lense-like form with more or less irregular contours of the ore-body. In the ore the iron oolitic bauxite is prevalent. The electron-microanalysis method's examination showed, the ore consists of bauxite, iron and bauxite-iron ooids, and that the groundmass is richer in iron than the ooids, therefore, it is generally darker than the ooids. Containing considerable amounts of iron the ore is not quite bauxitic. In former times it was dug as iron ore. Previous investigations showed, the ore quality changes in all directions. The iron-bauxite ore of the Kopitov Grič deposit contains up to 52 % of Fe_2O_3 up to 60 % of Al_2O_3 and up to 25 % of SiO_2 . Due to high contents of SiO_2 it is mostly unuseless either as iron or as bauxite ore.

The analysed iron-bauxite ore of the Kopitov Grič shows high contents of SiO_2 and Fe_2O_3 . Due to too much admixture of silica and Fe_2O_3 it is not applicable for production of alumina. Pretty unfavourable for exploration is an inconstancy of its quality in all directions as well.

The sediments and fossil remains indicate, in the Carnian period in the southern and western borderland of the Ljubljana Moor existed a stable carbonate platform and a shallow shelf sea, where the biostromal *Diplopora* limestone originated. The green calcareous algae of the genus *Diplopora*, belonging to dasycladacean were rock-forming. Later, at late diagenesis processes the greater part of the limestone changed into a coarse-grained dolomite. Due to intensified action of epirogenetic forces the Upper Cordevolian sea became shallower. At the

end of the Cordevolian some parts of the sea bottom elevated over the sea level. On the originated dry land the Cordevolian limestone and dolomite were exposed to karstification, weathering and erosion being several times overflowed by the sea. These conditions were favourable for origin of terra rossa and bauxite, we follow in the Borovnica surroundings as well.

The iron bauxite of the Kopitov Grič, lying discordantly upon the *Diplopora* limestone and dolomite, and being overlain progressively by the succession of variegated clastic Julian rocks, originated consequently in the land phase between the Cordevolian and Julian as a product of accumulation of insoluble rest during the weathering of the

Diplopora dolomite and limestone. On the other side, it is most probably in greater part of alluvial and eolian origin. The bauxite material was later transported into a shallow sea. On the basis of up to present gathered data it is not possible to estimate the part of the autochthonous bauxitic substance and the part of alluvial and eluvial allochthonous formation, accumulated in karst holes during Cordevolian/Julian emersion.

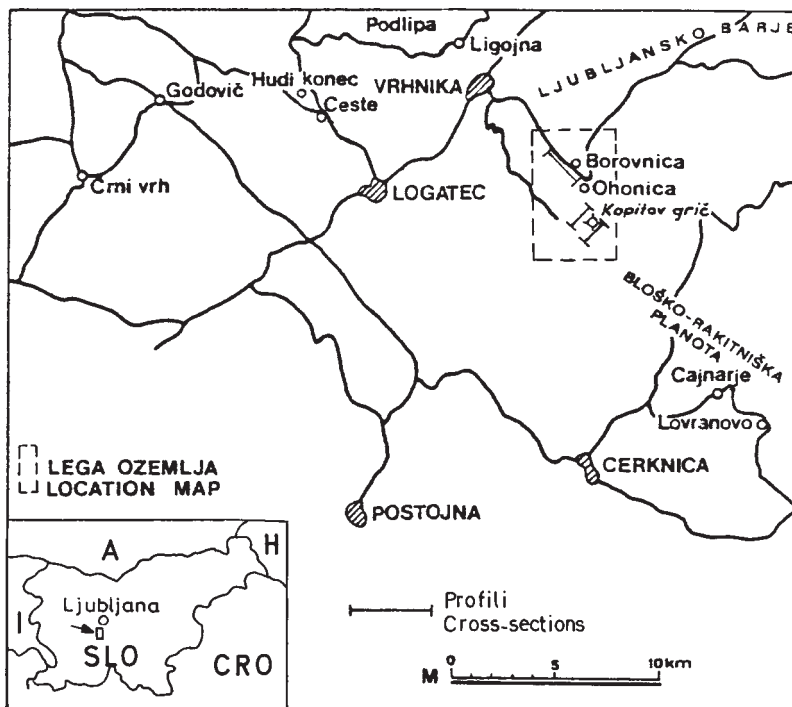
Acknowledgements

The author is much obliged to the Ministry of Schools, Science and Sports as well as to the Geological Survey of Slovenia for financial support of his investigations in the field.

REFERENCES

- BERCE, B. (1956): Pregled železnih nahajališč LR Slovenije; *Prvi Jugosl. geol. kongres* 1, 235-259, Ljubljana.
- BUSER, S. (1965): Geološka zgradba južnega dela Ljubljanskega barja in njegovega obrobja; *Geologija* 8, 34-57, Ljubljana.
- BUSER, S. (1966): Starost plasti z algo *Sphaerocodium bornemanni* Rothpletz v slovenskih Zunanjih Dinaridih; *Geologija* 9, 385-389, Ljubljana.
- BUSER, S. (1969): Osnovna geološka karta SFRJ, list Ribnica 1:100 000; *Zvezni geološki zavod*, Beograd.
- BUSER, S. (1974): Tolmač lista Ribnica L 33-76. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000; *Zvezni geološki zavod*, p. 60, Beograd.
- BUSER, S. (1976): Mezozoik v Sloveniji. Triasne plasti na listu Ribnica, 1. faza. Rokopis; *Geološki zavod Slovenije*, p. 70, Ljubljana.
- BUSER, S., GRAD, K. & PLENIČAR, M. (1967): Osnovna geološka karta SFRJ, list Postojna 1:100 000; *Zvezni geološki zavod*, Beograd.
- BUSER, S. & LUKACS, E. (1973): Bauxite in Slowenien; *Ann. Inst. Geol. Publ. Hungarici, Vol. LIV. Fasc.* 3, 209-220, Budapest.
- DOZET, S. (1975): Mezozoik v Sloveniji. Triasne plasti na listu Postojna; *Geološki zavod Slovenije*, p. 110, Ljubljana.
- DOZET, S. (1978): Biostratigrafski razvoj triasnih plasti na ozemlju lista Postojna. Magistrsko delo v rokopisu; *Univerza v Ljubljani-NTF-Katedra za geologijo in paleontologijo*, p. 126, Ljubljana.
- DOZET, S. (1979): Karnijske plasti južno in zahodno od Ljubljanskega barja; *Geologija* 22/1, 55-70, Ljubljana.
- DUNHAM, R.J. (1962): Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: HAM, W.E. (ed.): *Classification of carbonate rocks; AAPG Memoir*, 108-212, Tulsa.
- FOLK, R.I. (1959): Practical petrographic classification of limestones; *Amer. Ass. Petrol. Geol. Bull.* 43/4, 1-38, Tulsa.
- GERMOVŠEK, C. (1955): Poročilo o kartiranju južnovzhodnega obrobja Ljubljanskega barja; *Geologija* 3, 235-239, Ljubljana.
- GREGORIČ, V. (1969): Nastanek tal na triadnih dolomitih; *Geologija* 12, 201-230, Ljubljana.
- KRAMER, F. (1905): Das Laibacher Moor; *Ign. v. Kleinmayr & Fent. Bamberg*, 14-33, Ljubljana.

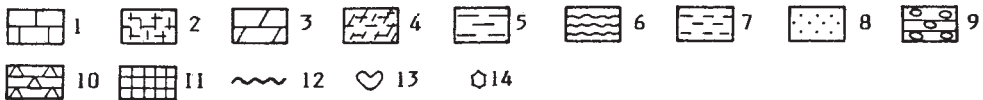
- LIPOLD, M.V. (1858): Bericht über die geologischen Aufnahmen im Oberkrain im Jahre 1857; *Jb. Geol. R.-A.*, 9, Wien.
- LUKACS, E. & KUCHAR, S. (1964): Poročilo o raziskavah na boksitih Slovenije v letu 1963; *Geološki zavod Slovenije*, p. 40, Ljubljana.
- PLENIČAR, M., BUSER, S. & GRAD, K. (1970): Tolmač za list Postojna L 33-77. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000; *Zvezni geološki zavod*, p. 62, Beograd.
- PETTIOHN, F.J. (1975): Sedimentary rocks; *Harper and Row, New York*, 628 p.
- RAKOVEC, I. (1932): H geologiji Ljubljane in njene okolice; *Geogr. vestnik* 8, 38-70, Ljubljana.
- RAKOVEC, I. (1933): Novi prispevki h geologiji južnega dela Ljubljane; *Geogr. vestnik* 9, 118-129, Ljubljana.
- RAKOVEC, I. (1938): K nastanku Ljubljanskega barja; *Geogr. vestnik* 14, 3-22, Ljubljana.
- RAKOVEC, I. (1955): Geološka zgodovina ljubljanskih tal. V: Rakovec (ed.): *Zgodovina Ljubljane I.*, 11-107, Ljubljana.
- RAMOVŠ, A. (1953): O stratigrafskih in tektonskih razmerah v borovniški dolini in njeni okolici; *Geologija* 1, 90-110, Ljubljana.
- RAMOVŠ, A. (1961): Geološki izleti po ljubljanski okolici. Borovnica-Pekel; *Mladinska knjiga*, 59-70, Ljubljana.
- RAMOVŠ, A. (1962): Vulkani v rabeljski dobi na Slovenskem; *Proteus* 24, 142-143, Ljubljana.
- RAMOVŠ, A. (1978): *Geologija*; Univerza v Ljubljani, p. 97, Ljubljana.
- SAVIĆ, D., MILANOVIĆ, M. & SARKOTIĆ, M. (1983): The Malmian terrigenous layers at Kamenjak (Gorski Kotar); *Abstracts, 4th I.A.S. regional meeting*, 152-154, Zagreb.
- ŠLEBINGER, C. (1952): Manuskriptna karta južnega dela Ljubljanskega barja.
- VETTERS, H. (1933): Geologische Karte der Republik Österreich und seinen Nachbargebieten, Wien.
- VETTERS, H. (1937): Erläuterungen zur geologischen Karte der Österreich und seinen Nachbargebieten, p. 352, Wien.



Slika 1. Položajna skica raziskanega ozemlja in profilov.

Figure 1. Location sketch map of the investigated area and cross-sections.

STAROST AGE	GEOLOŠKI STOLPEC GEOLOGICAL COLUMN	DEBELINA THICKNESS	LITOLOGIJA LITHOLOGY	FOSILI FOSSILS	FORMACIJA FORMATION
KARNIJ - CARNIAN	TUVAL TUVALIAN		Lapornati apnenec Marly limestone Apneni lapor Limy marl	Megalodonti Megalodons	Borovniške plasti Borovnica beds
	JUL - JULIAN	45 m	Pisane klastične kamnine Variegated clastic rocks		
		7 m	Oolitni železnati boksit Oolitic iron-bauxite		
	CORDEVOLIAN CORDEVOLIAN		Plastnati in masivni apnenec in dolomit Bedded and massive limestone and dolomite	Diplopora annulata Schafhäütl	"Kasijanski" dolomit in apnenec "Cassian" dolomite and limestone

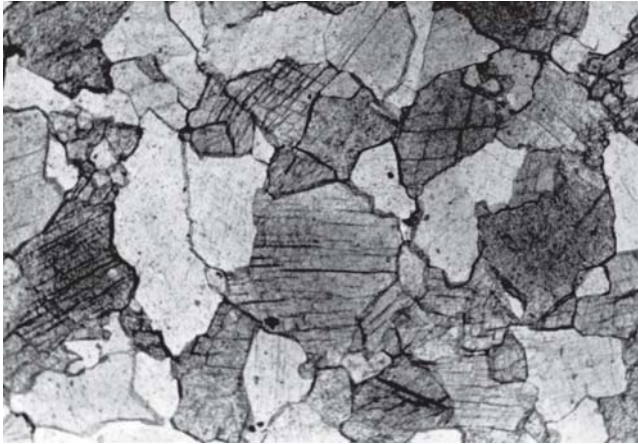


LEGENDA: 1 - Plastnati apnenec, 2 - masivni apnenec, 3 - plastnati dolomit, 4 - masivni dolomit, 5 - apneni lapor, 6 - skrilavi glinavec, 7 - laporovec, 8 - peščenjak, 9 - konglomerat, 10 - breča, 11 - boksit, 12 - diskordanca, 13 - megalodonti, 14 - alge

LEGEND: 1 - Bedded limestone, 2 - massive limestone, 3 - bedded dolomite, 4 - massive dolomite, 5 - limy marl, 6 - shaly claystone, 7 - marlstone, 8 - sandstone, 9 - conglomerate, 10 - breccia, 11 - bauxite, 12 - discordance, 13 - megalodonts, 14 - algae

Slika 2. Stratigrafski položaj ležišča železnatega boksita na Kopitovem griču.

Figure 2. Stratigraphic position of the iron-bauxite deposit on the Kopitov grič.



Slika 3. Debelozrnati dolosparit v vseku železniške proge severno od Ohonice (zbrusek PO II -T1), brez analizatorja (|| N), 23x.

Figure 3. Coarse-grained dolosparite in the cutting along the railway north of Ohonica (thin-section PO II-T1), Cordevolian, paralell polars (|| N), 23x.



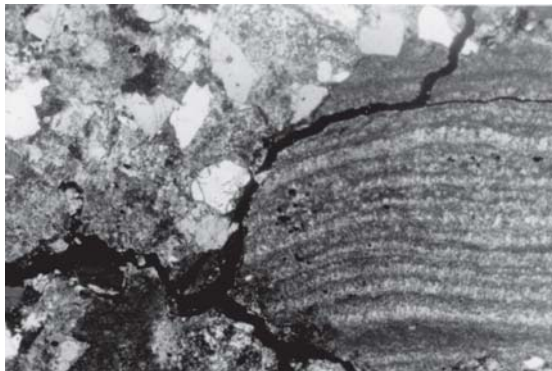
Slika 4. Biosparit s številnimi preseki alge *Diplopora annulata* Schafhäutl v diplopornem apnencu Kopitovega griča (zbrusek PO II – T4), cordevol, brez analizatorja (|| N), 31x.

Figure 4. Biosparite with numerous sections of the alga *Diplopora annulata* Schafhäutl in the *Diplopora* limestone, from the Kopitov Grič, (thin-section PO V-T4), Cordevolian, paralell polars, (|| N), 31x.



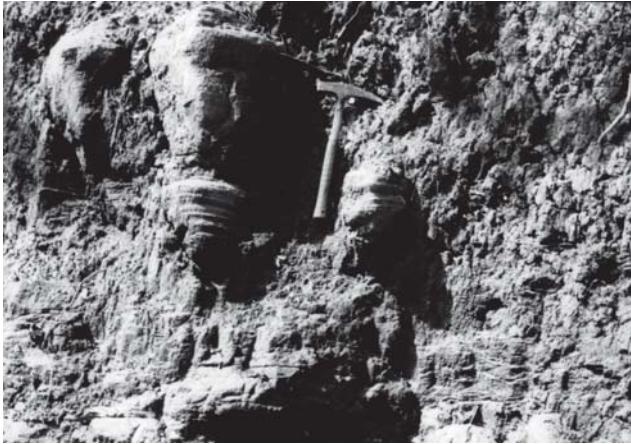
Slika 5. Železnati oolitni boksit z Železnika (Kopitov grič), zbrusek POP V-T10, jul, brez analizatorja ($\parallel N$) 31x.

Figure 5. Iron-bauxite from Železnik (Kopitov Grič), thin-section PO V-T10, Julian, parallel polars, ($\parallel N$), 31x.



Slika 6. Prodnik laminiranega anizijskega dolomita v heterogenem drobnozrnatem brečokonglomeratu v vseku ob železniški progi severno od Ohonice, (zbrusek PO II-T 2/3 D), jul, brez analizatorja ($\parallel N$), 23x.

Figure 6. Pebble of the laminated Anisian dolomite in the heterogeneous fine-grained breccioconglomerate from the cutting along the railway north of Ohonica (thin-section PO V-T 2/3), Julian, parallel polars ($\parallel N$), 23x.



Slika 7. Horizont plastnatega heterogenega konglomerata, breče in peščenjaka v skrnavem in peščenem glinavcu in laporovcu Železnika (Kopitov grič), jul.

Figure 7. Horizon of the bedded heterogeneous conglomerate, breccia and sandstone in the shally and sandy claystone and marlstone of Železnik (Kopitov Grič), Julian.



Slika 8. Plastnati in ploščasti apnec Kopitovega griča, tuval.

Figure 8. Bedded and platy limestone of the Kopitov Grič, Tuvalian.

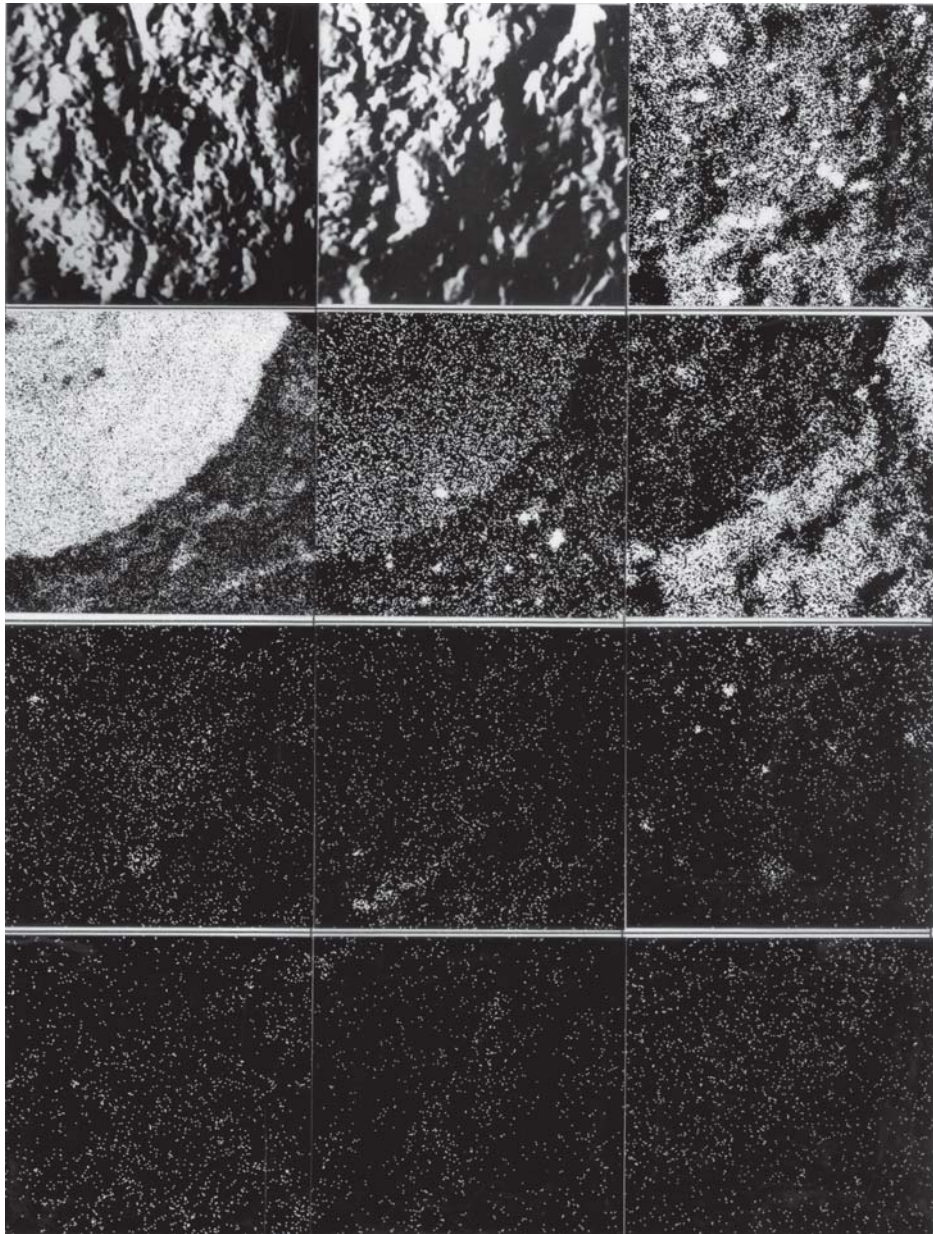


Slika 9. Lapornati apnenec s “kroglasto” krojivtjijo v profilu na Kopitovem griču, tuval.
Figure 9. Marly limestone with “roundish” disintegration in the Kopitov Grič cross-section, Tuvalian.



Slika 10. Menjavanje plasti dolomita, laporovca, skrilavega glinavca in dolomitnega apnenca v pasu postopnega prehoda tuvalskih plasti v norijski glavni dolomit ob železniški progi južno od Borovnice, tuval.

Figure 10. Alternation of beds of dolomite, marlstone, shaly claystone and dolomite-limestone in the belt of graded transition of the Tuvalian beds into the Norian Main Dolomite at the railway south of Borovnica, Tuvalian.



ES (pov. 150x)
 Fe
 S
 K

ES (pov. 300x)
 Ti
 P
 Na

Si
 Al
 Ca
 Mn

Slika 11. Rezultati elektronske mikroanalize železnatega boksita Železnika (Kopitov grič), jul, 150x in 300x.

Figure 11. Results of electron-microanalysis of the iron-bauxite from Železnik (Kopitov Grič), Julian, 150x and 300x.