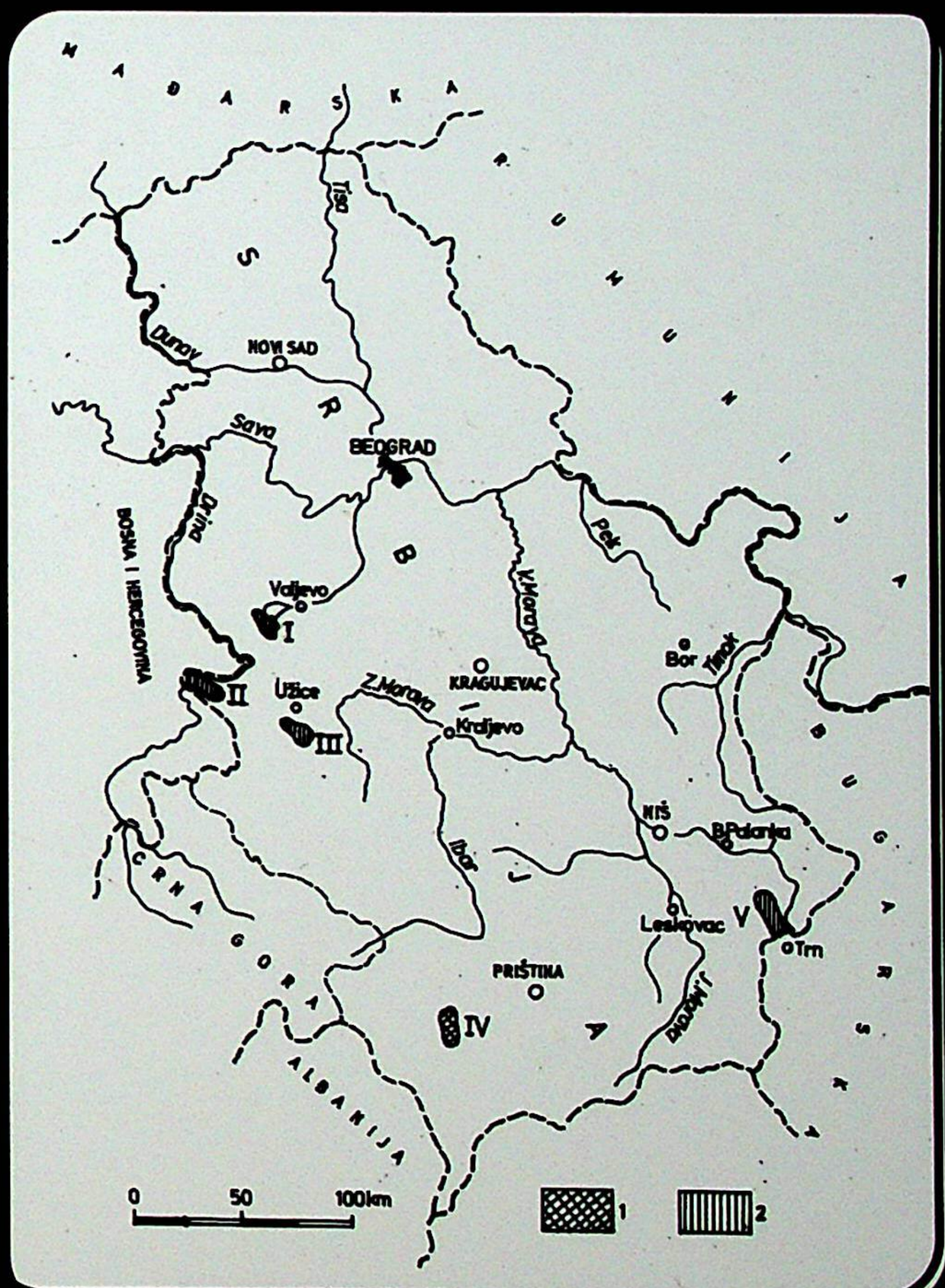
GEOINSTITUT

ISBN 86-7156-011-2

*Slađan TIMOTIJEVIĆ*

# KREDNI BOKSITI SRBIJE

## Cretaceous bauxites of Serbia




Posebna izdanja Geoinstituta, knjiga 27, Beograd, 2001.

**GEOINSTITUT**, Posebna izdanja knjiga 27
**GEOINSTITUTE**, Special Publication Nö. 27

Sladjan **TIMOTIJEVIĆ**

Monografija
Monograph

# KREDNI BOKSITI SRBIJE

# Cretaceous bauxites of Serbia

BEOGRAD, 2001

REDAKCIONI ODBOR

*Prof. Dr Ilija* ***ĐOKOVIĆ***
*Prof. Dr Dragan* ***MILOVANOVIĆ***
*Prof. Dr Zoran* ***STEVANOVIĆ***
*Prof Dr Milan* ***SUDAR***
*Dr Radmilo* ***JOVANOVIĆ***
*Dr Vlado* ***MILIĆEVIĆ***
*Dr Milosav* ***SIMIĆ***
*Dr Velizar* ***ŠTRUMBERGER***

GLAVNI I ODGOVORNI UREDNIK

*Dr Vlado* ***MILIĆEVIĆ***

RECENZENTI:

*Dr Aleksandar* ***GRUBIĆ***
Redovni profesor Rudarsko-geološkog fakulteta u Beogradu

*Dr Radule* ***POPOVIĆ***
Naučni savetnik u Geoinstitutu

Autor je naučno odgovoran za svoje izlaganje

Štampano zahvaljujući finansijskoj pomoći
MINISTARSTVA ZA NAUKU I TEHNOLOGIJU SRBIJE, Beograd,
Nemanjina 22-24
INDUSTRIJE GRAĐEVINSKOG MATERIJALA "7 JULI"
Toplička Mala Plana

# S A D R Ž A J


Strana

**PREDGOVOR**
**U V O D**
**OSVRT NA DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA**..... 11
**KRATAK PREGLED GEOLOGIJE BOKSITONOSNIH PODRUČJA**..... 13
UNUTRAŠNJI DINARIDI..... 14
**Palepzpok**..... 14
**Mezozoik**..... 15
**Kenozoik**..... 16
**Kvartar**..... 17
**Strukturne karakteristike**..... 17
**Boksiti**..... 17
KARPATO-BALKANIDI..... 17
**Proterozoik**..... 18
**Paleozoik**..... 18
**Mezozoik**..... 19
**Kenozoik**..... 20
**Kvartar**..... 20
**Strukturne karakteristike**..... 20
**Boksiti**..... 21
**GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE LEŽIŠTA I POJAVA KREDNIH BOKSITA SRBIJE**..... 23
UNUTRAŠNJI DINARIDI..... 23
**Donjokredni boksiti**..... 25
Boksitno rudno polje Poćute..... 25
Boksitno rudno polje Tare..... 35
Boksitno rudno polje Mačkata..... 41
**Gornjokredni boksiti**..... 54
Boksitno rudno polje Grebnika..... 55
**Kvartarni detritični boksiti**..... 62
KARPATO-BALKANIDI..... 63
**Donjokredni boksiti**..... 63
Boksitno rudno polje Babušnice..... 64
Pojave boksita u zapadnom pojasu..... 70
Pojave boksita u istočnom pojasu..... 81
**STRATIGRAFSKI POLOŽAJ BOKSITA**..... 87
**Boksiti između trijasa i krede**..... 87
**Boksiti između malm-neokoma i alb-cenomana**..... 94
**Boksiti između turona i mastrihta**..... 95

**MINERALNI I HEMIJSKI SASTAV I GEOHEMIJSKE KARAKTERISTIKE BOKSITA** ..... 99
**Mineralni sastav** ..... 99
**Strukture i teksture boksita** ..... 105
**Hemijski sastav** ..... 111
**Sadržaj mikroelemenata** ..... 113
**Radioaktivnost boksita** ..... 115
**Geohemijske karakteristike boksita** ..... 120
**GENEZA KREDNIH BOKSITA SRBIJE** ..... 125
**Izvor i poreklo materijala** ..... 127
**Transport materijala i njegova boksitizacija** ..... 131
**Boksitizacija transportovanog materijala u karstnim depresijama** ..... 136
**Uslovi i faktori bitni za obrazovanje karstnih boksita Srbije** ..... 141
**OSNOVNI POKAZATELJI PERSPEKTIVNOSTI SRBIJE NA CRVENE BOKSITE** ..... 147
**Rudna polja i ležišta sa visokim stepenom istraženosti** ..... 148
**Delimično istražena boksitonosna rudna polja** ..... 149
**Neistraženi perspektivni tereni** ..... 152
PERSPEKTIVNOST POJEDINIH PODRUČJA SRBIJE ..... 152
Perspektivna zona unutrašnjih Dinarida ..... 152
Perspektivna zona Karpato-balkanida istočne Srbije ..... 153
Povoljne površine bez ležišta i pojava boksita ..... 153
Površine bez perspektive ..... 154
**Z A K L J U Č A K** ..... 155
**LITERATURA – R E F E R E N C E S** ..... 159

**S U M M A R Y**
**CRETACEOUS BAUXITES OF SERBIA** ..... 167
**SPATIAL DISTRIBUTION AND GEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF BAUXITES IN SERBIA** ..... 167
INTERNAL DINARIDES ..... 168
**Lower Cretaceous bauxites** ..... 168
**Upper Cretaceous bauxites** ..... 172
**Quaternary detrital bauxites** ..... 173
CARPATHO-BALKANIDES ..... 174
**Ore field Babušnica** ..... 174
**MINERALOGICAL AND CHEMICAL COMPOSITION AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF BAUXITES** ..... 176
**GENESIS OF CRETACEOUS BAUXITES IN SERBIA** ..... 179
**OUTLOOK OF INDIVIDUAL DISTRICTS OF SRBIA** ..... 180

# PREDGOVOR

Ovu monografiju potrebno je razmatrati kao knjigu terenskih, laboratorijskih i literaturnih izučavanja geologa, koji se već dvadeset godina bavi problematikom i istraživanjem boksita. Sam početak istraživanja boksita nije bio nimalo lak, jer je bilo potrebno razbiti famu koja je do tada postojala, da u Srbiji nema boksita. Od ranije poznate pojave boksita na Tari, kao i saznanja o opštoj geološkoj građi uslovila su da se krajem sedamdesetih započnu sistematska i kompleksna geološka istraživanja. Proširenje ovih istraživanja i na ostale perspektivne terene zapadne Srbije išlo je veoma sporo i teško.

Neophodno je naglasiti da istraživanje boksita nije nimalo lak posao. Pronaći ležište zahteva, pre svega dobra teoretska znanja, kao i praktična iskustva gde tražiti boksite. Moramo priznati da je u početku bilo i manjih lutanja, ali se veoma brzo došlo do saznanja gde i u kojim sredinama tragati za ovom mineralnom sirovinom. Utvrđeno je da se boksit na prostorima zapadne Srbije javlja u istom stratigrafskom nivou kao i boksiti Vlasenice u istočnom delu Republike Srpske. Na osnovu toga istraživanja su nastavljena i na severozapadnim obroncima Zlatibora i drugim mestima, tako da su pronađene nove pojave i ležišta boksita.

Višegodišnja istraživanja i ispitivanja crvenih boksita Srbije omogućila su da se prikupi veliki broj podataka i činjenica. Izlaganja koja se, međutim, prezentiraju čitaocu na narednim stranicama i prilozima potiču ne samo od sopstvenih već i od istraživanja drugih autora. Najvećim delom su to ipak podaci koje je prikupio sam autor dugogodišnim istraživanjima boksita, prvenstveno zapadne Srbije. Kao osnova uzeti su relevantni delovi iz brojnih autorovih izveštaja i studija, koje je najvećim delom finansirao Republički fond za geološka istraživanja (sada Ministarstvo energetike i rudarstva) i Ministarstvo za nauku i tehnologiju. Osim toga, u monografiji su korišćeni i ranije publikovani radovi iz ove oblasti.

Cilj ovog rada je ne samo da se opišu pojave i ležišta koja su do sada poznata u Srbiji, već i da se pre svega odgonetnu njihove geološko-metalogenetske karakteristike, i način i uslovi njihovog nastanka. To je zahtevalo detaljno upoznavanje geološke građe boksitonosnih područja i rudnih polja, kao i njenog geoistorijskog razvoja. Zato smo, pored fondovskih izveštaja i publikovanih radova konsultovali i tumače za Osnovnu geološku kartu 1:100.000. Potrebno je napomenuti da je OGK, i pored nesumnjivo značajnih nedostataka, korisno poslužila u ranim fazama istraživanja boksita.

Prikaz pojava i ležišta boksita u okviru rudnih polja Srbije, izložen u ovoj monografiji, koncipiran je tako da obuhvati njihove bitne geološko-metalogenetske karakteristike. Pri obradi pojava i ležišta dolazilo je i do neujednačenosti u obimu njihovog prikaza, tako da su neka veoma detaljno razmatrana dok su karakteristike pojedinih iznete u opštim crtama. to je zavisilo od raspoloživih podataka, a sa druge

strane i od stepena istraženosti ležišta i rudnih polja. Potrebno je istaći da monografija nije zamišljena samo kao registar svih rudnih pojava i ležišta boksita Srbije, već i da se na jednom mestu prikažu njihove geološko-metalogenetske karakteristike, kao i to da se da model i objasne još uvek nedovoljno razjašnjeni uslovi njhovog postanka. Svakako da u datom trenutku nije bilo moguće dati odgovor na sva otvorena pitanja ali se nadamo da će sa novim saznanjima i prikupljenim činjenicama mnoga od njih biti razjašnjena i rešena.

Izražavam srdačnu zahvalnost *Milošu Bojiću*, dipl. inž. geologije, glavnom geologu Valjaonice bakra i aluminijuma "Slobodan Penezić-Krcun" iz Sevojna, za njegovu nesebičnu pomoć i angažovanje oko početka istraživanja boksita na Tari i Mačkatu.

Zahvalnost dugujem i profesoru Dr *Aleksandru Grubiću*, u to vreme svakako najvećem poznavaocu boksitne problematike kod nas, koji mi je pomogao korisnim sugestijama i savetima, naročito u početnim fazama istraživanja boksita. Bez te pomoći sasvim je sigurno da bi istraživanja najverovatnije imala sasvim drugi pravac. Zahvalan sam takođe i profesoru Dr *Miloljubu Petkoviću* na ukazanoj pomoći pri ovim istraživanjima.

Brojni su pojedinci koji su mi na razne načine pomogli u prikupljanju materijala o boksitima Srbije. Pri tome naročito ističem *Dušana Podunavca*, direktora Nemetala - Geozavod, i *Radoslava Ljubića*, direktora "Boksit i IGM" - Klina. Oseaćam obavezu i prema svojim kolegama specijalistima iz Geoinstituta na svestranoj pomoći po različitim problemima tretiranim u ovoj monografiji - *S. Hadži Popović, D. Pešiću, Z. Červenjaku, M. Arsenijeviću, R. Popoviću* i drugim specijalistima iz oblasti geologije.

Posebnu zahvalnost želim da izrazim svim stručnjacima Geoinstituta, saradnicima na istraživanjima boksita. Među njima naročito ističem *Vitomira Kezunovića i Čedomira Pavičića* stalnim članovima tima pri ovim istraživanjima, koji su mi pomogli stručnim savetiama i korisnim sugestijama.

Juli 1999. godine

***Autor***

# U V O D

Teritorija Srbije se karakteriše pojavama i ležištima raznovrsnih mineralnih sirovina. Dominantno mesto zauzimaju ležišta metaličnih i nemetaličnih mineralnih sirovina, kao i ležišta uglja. Ležišta boksita, osim onih na Kosovu, su nedavno otkrivena.

Boksit je važna mineralna sirovina, jer još uvek predstavlja jedinu rudu iz koje se ekonomično dobija aluminijum. Osim toga, on se može koristiti u abrazivnoj i vatrostalnoj industriji, industriji boja, kao i za neke druge svrhe. U južnoj Evropi i na području Mediterana postoje značajna ležišta karstnih crvenih boksita, koja predstavljaju sirovinsku bazu evropske industrije aluminijuma. Oni se javljaju u brojnim stratigrafskim nivoima, počev od trijasa pa do paleogena, zapunjavajući paleokarstne oblike karbonatnog paleoreljefa. U Srbiji su boksiti stvarani za vreme donje i gornje krede, odnosno oni se nalaze u hijatusu između trijaskih karbonatnih tvorevina i krednih sedimenata, malm, neokom-cenoman i turonskih krečnjaka i mastrihta.

Proučavanju boksitonosnosti Republike Srbije nije posvećivana posebna pažnja sve do kraja sedamdesetih godina, već su vršene samo pojedinačne ocene pojava koje su bile dostupne u obliku izdanaka. Činjenica je, međutim, da postoje povoljne geološke sredine u kojima su se mogla očekivati ležišta boksita, ali je njihovo otkrivanje bilo moguće samo kroz neophodna sistematska istraživanja. Ovo se pre svega odnosi na perspektivnu zonu unutrašnjih Dinarida, koja iz istočne Bosne (Vlasenički boksiti) prelazi u zapadnu Srbiju (Tara, Mačkat, Poćuta) i dalje nastavlja na Kosovo i Metohiju (Grebnički boksiti), Makedoniju i Grčku. Zatim Karpato-balkanidi istočne Srbije gde su boksiti poznati u terenima Bugarske i Rumunije.

Ležišta boksita u prethodnoj Jugoslaviji bila su poznata samo u Dinaridima - "dinarska boksitna provincija". Dugo se smatralo da se ležišta i pojave boksita mogu pronaći samo u toj provinciji. Zbog toga u literaturi nije bilo podataka da li ima ili nema boksita u Karpato - balkanidima Srbije. Razmatrajući mogućnost nalaska boksita u istočnoj Srbiji G r u b i ć i A n t o n i j e v i ć (1973) su, na osnovu poznavanja stratigrafskog položaja boksita u rumunskim i bugarskim Karpato-balkanidima došli do zaključka da se i u istočnoj Srbiji mogu očekivati boksiti karstnog tipa.

Kasnije u radu G r u b i ć a i grupe autora (1976) "Ocena perspektivnosti pronalaženja ležišta mezozojskih boksita u Jugoslaviji" pojedini tereni Srbije su označeni kao perspektivna područja za nalaženje ležišta boksita. Među ostalim tako je tretiran deo unutrašnjih Dinarida zapadne Srbije i Karpato-balkanidi istočne Srbije.Geološkom prospekcijom ovih terena pokazalo se da u njima zaista postoje crveni boksiti.

Prva proučavanja boksita izvršena su 1973. godine kroz preliminarnu stratigrafsku prospekciju jurskih i krednih sedimenata jugoistočno od Bele Palanke. Tada su po prvi put pronađene pojave boksitičnog materijala u istočnoj Srbiji (A r s i ć i dr., 1974). Početak sistematskog istraživanja boksita, međutim, može se vezati za 1974/75 godinu, kada je "Geozavod" prišao rešavanju ove složene problematike u okviru naučno istraživačkog projekta "Geologija ležišta raspadanja na teritoriji Srbije - boksiti". U toku ovih istraživanja, koja su bila višegodišnja, utvrđena je boksitonosnost terena jugozapadno od Valjeva i istočnoj Srbiji južno od Bele Palanke. Tom prilikom prvi put su pronađeni boksiti u okolini Poćute i Babušnice.

Intenzivna kompklesna i sistematska istraživanja boksita u zapadnoj i istočnoj Srbiji započeta su 1978. godine. Rezultati tog posla pokazali su da na ovim prostorima postoje crveni boksiti o kojima se ranije nije znalo. Istražnim radovima su pronađene značajne pojave i ležišta, sa rezervama od stotinak hiljada do nekoliko miliona tona. Kod pojedinih pojava i ležišta povlatni sedimenti su delimično ili potpuno erodovani, tako da se boksiti nalaze na površini terena. Boksiti pripadaju karstnom tipu sa veoma promenljivim kvalitetom, od kvalitetnih sa visokom sadržajem $Al_2O_3$ i niskim sadržajem $SiO_2$ i nekvalitetni koji čine prelaz ka glinovitim boksitima.

Dosadašnjim istražnim radovima na teritoriji Republike Srbije pronađeno je preko sto pojava i ležišta boksita. Rezultati tih istraživanja ukazuju da Srbija raspolaže značajnim koncentracijama ove mineralne sirovine i da može imati značajnu ulogu u aluminijumskoj industriji SR Jugoslavije. Na osnovu dosadašnjeg iskustva u istraživanju, kao i dobijenih rezultata može se reći da su područja zapadne i istočne Srbije veoma perspektivna za pronalaženje značajnih količina kvalitetnog boksita. U prilog ovome govori podatak da su pojedina ležišta u eksploataciji (Grebnik), dok su kod drugih verifikovane rezerve (Poćuta) ili se nalaze u poodmakloj fazi istraživanja (Mačkat).

Tokom poslednjih nekoliko godina, odnosno u doba ekonomske blokade SR Jugoslavije, kao i poznate finansijske situacije u Srbiji su za istraživanja boksita izdvajana vrlo skromna sredstva. Shodno tome regionalna istraživanja crvenih boksita Srbije su obavljena na ograničenom prostoru zapadne i istočne Srbije, zbog čega su i dobijeni rezultati takođe veoma skromni. U 1995. i 1996. godini obavljena su manja istraživanja u svim boksitonosnim terenima Srbije kombinovanjem terenskih, laboratorijskih i kabinetskih proučavanja boksita. Svrha ovih istraživanja je bila da se na jedinstveni način prikažu strukturne osobine, geohemijske karakteristike, pH i Eh, studija podine i povlate, samih boksita i druge karakteristike sa ciljem objašnjenja složenih uslova obrazovanja naših boksita pa i šire, kao i ukazivanja na osnovne metodološke pravce i prostore daljih geoloških istraživanja.

Crveni boksiti u Srbiji mogli bi da predstavljaju jednu od značajnijih mineralnih sirovina za razvoj Republike. Intenzivnim i kompleksnim geološkim istraživanjima postignuti su izvanredni rezultati. Pre svega dokazano je da u Srbiji postoje ležišta i pojave boksita i u drugim terenima osim onih na Metohiji, gde su dokazane rezerve

od preko 15 miliona tona, a do sada je otkopano manje od 5 miliona tona. Eksploatacija boksita vršena je samo na području Metohije, dok u ostalim područjima nije ni pokušavano. Istraživanjima su dobijeni brojni rezultati i podaci o geološkoj građi ispitivanih boksitonosnih terena, o hemizmu i količinama boksita istraživanih ležišta i pojava, mineralnom i hemijskom sastavu, sadržaju mikroelemenata i drugo, na osnovu kojih su objavljeni brojni naučni i stručni radovi i publikovane monografije. Ipak, mora se istaći, da je većina podataka i rezultata istraživanja ostala u fondovskoj dokumentaciji rudnika Grebničkih boksita u Klini i fondu stručne dokumentacije Geozavoda i kao takva manje poznata. Ovo se pre svega odnosi na dokumentaciju o Grebničkim boksitima, zbog čega im je u ovoj monografiji posvećeno manje prostora. Naime, o Grebničkim boksitima su prezentirani podaci do kojih se moglo doći proučavajući uglavnom objavljeni materijal.

Detaljan opis pojava i ležišta boksita u rudnim poljima Poćute, Tare i Mačkata dat je u monografiji *Metalogenetsko prognoziranje ležišta boksita zapadne Srbije* (T i m o t i j e v i ć, 1995). Radi celovitosti saznanja o boksitima Srbije uopšte, u ovom radu su prikazane glavne karakteristike ovih boksita, kao i najnoviji podaci do kojih se došlo istraživanjima pomenutih prostora u periodu između izdanja ovih monografija.

## OSVRT NA DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

Teritorija Republike Srbije organizovano se geološki istražuje više od jednog veka. U tom vremenskom periodu prikupljen je i obrađen veliki broj stratigrafskih, tektonskih i metalogenetskih podataka. Regionalno-geološki podaci, koji su prikupljeni tokom ovih istraživanja sintetički su prikazani u raznim publikacijama od kojih su najvažnije: Osnovna geološka karta 1:100.000 sa tumačima i monografija "Geologija Srbije". Osim toga, u raznim geološkim institucijama, geološkim službama rudnika i dr. postoji ogroman fondovski materijal iz raznih oblasti geologije. Nas, međutim, pretežno interesuje kako je teklo istraživanje crvenih boksita na teritoriji Srbije.

U SR Jugoslaviji boksiti se istražuju više od pedeset godina. Prva istraživanja obavljena su krajem tridesetih godina na terenima Crne Gore i od tada se uz manje prekide kontinuirano odvijaju. Istraživanja u Republici Srbiji započeta su desetak godina kasnije, početkom pedesetih na prostoru Metohije, kada su pronađeni Grebnički boksiti. U ostalim delovoma Srbije traganje za boksitima počinju tek krajem sedamdesetih godina, jer se smatralo da tu nema boksita, iako su bili poznati izdanci ove mineralne sirovine na planini Tari.

Prva istraživanja boksita obavljena su na području Metohije 1953. godine, od strane geološke službe rudnika "Trepča". Metohijski boksiti su dugo smatrani za oolitske rude gvožđa, kao što je to bio slučaj sa vlaseničkim i boksitima Tare. Obimnija istraživanja izvršena su tokom 1954/55 godine izradom geološke karte Grebničke planine, raskopima i plitkim šahtama. Tada su otkrivene važnije pojave, ispitan kvalitet i date rezerve feroznih boksita Grebnika (R i j a v e c, 1956) od oko 1,5 miliona tona uz napomenu da nisu pogodni za preradu Bayer-ovim postupkom.

Počev od 1966. godine, paralelno sa eksploatacijom, kontinuirano se vrše kompleksna sistematska istraživanja primenom geoloških i geofizičkih metoda i dubinskim bušenjem. Ova metodologija se od 1967. godine primenjuje i na šire područje Grebničke planine. Urađena je geološka karta u razmeri 1:10.000, a za pojedina rudna tela sračunate su i rezerve boksita. Tom prilikom utvrđen je i stratigrafski položaj boksita i pored već poznatih pojava i ležišta pronađeno je još dvadesetak novih.

Sistematskim biostratigrafskim proučavanjem (R a d o i č i ć, P e j o v i ć, 1969) kredne serije šireg područja Grebničke planine, utvrđeno je da postoje dva razvoja. "zapadni" boksitonosan, sa prekidom u sedimentaciji, i "istočni" bez prekida u sedimentaciji. Boksiti se javljaju u hijatusu između karbonatnih stena turona u podini i bankovitih krečnjaka mastrihta u povlati. Preko njih leže tanko slojeviti laporci i laporoviti krečnjaci mastrihta.

U poslednje vreme istražuju se i "detritični boksiti sa crvenicom" ( D a n g i ć, P o d u n a v a c, 1993). U toku ranijih istraživanja u zoni javljanja boksita izdvojena je

kao posebna jedinica "crvenica sa komadima boksita". U ovoj jedinici lokalno se pojavljuju i značajne koncentracije boksita.

I pored intenzivne geološke aktivnosti sistematska istraživanja boksitonosno-karbonatnih serija zapadne i istočne Srbije započeta su tek 1974/75 godine. Ova istraživanja su izvedena u okviru višegodišnjeg naučno-istraživačkog projekta "Geologija ležišta raspadanja na teritoriji SR Srbije -boksiti" (P e j o v i ć, R a d o i č i ć, A r s i ć, 1974-1978). Tom prilikom potvrđene su od ranije poznate pojave boksita na Tari, a pronađeno je i niz novih u području Poćute i Babušnice.

Sistematska istraživanja boksita Tare, Poćute i Babušnice započeta su 1978. godine, dok se na području Mačkata ona izvode tek od 1981. godine. Geološkom prospekcijom tih terena potvrđene su od ranije poznate pojave boksita, ali je pronađeno i niz novih za koje se nije znalo. Prospekciju su izvršili stručnjaci Geoinstituta (Tara, Mačkat) i Geozavoda (Poćuta, Babušnica) iz Beograda.

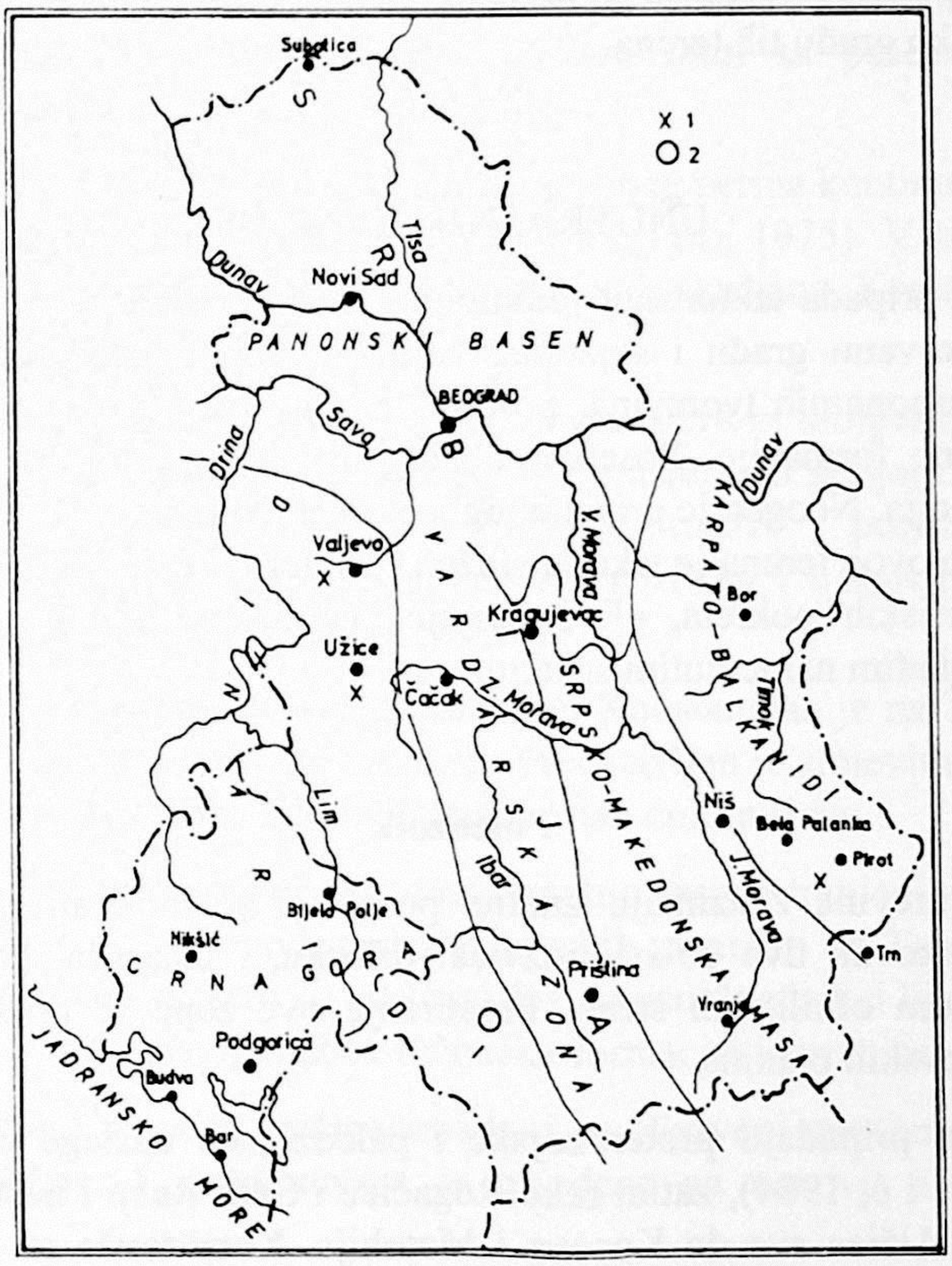
Dostignuti stepen istraženosti zapadne i istočne Srbije je raznolik. Najviše se zna o ležištu boksita Petrovići kod Poćute, gde su istražnim radovima okonturena dva rudna tela sa verifikovanim rezervama A i B kategorije od oko milion tona kvalitetnog boksita. Dosta se zna i o boksitima Mačkata i Babušnice, a nešto manje o boksitima Tare, jer tamo još nisu završena detaljna istraživanja utvrđenih pojava. Međutim, o potencijalnosti zapadne i istočne Srbije na boksite se nedovoljno zna. Izradom studije "Potencijalnost Srbije na crvene boksite" (T i m o t i j e v i ć i dr., 1991) izdvojene su površine koje su potencijalne za pronalaženje boksita, ali je njihovo definisanje moguće samo kroz terensku proveru.

Stepen istraženosti teritorija zapadne i istočne Srbije sa stanovišta izvedenih geolško-istražnih radova i pronađene pojave i ležišta boksita su različiti u pojedinim rudnim područjima. U osnovi stepen istraženosti je nizak u odnosu na veličinu zapadne i istočne Srbije i njihovu potencijalnost. Područja Tare, Poćute, Mačkata i Babušnice predstavljaju jedino ispitivan i istraživan deo. Samo se mestimično radilo izvan njih i to uglavnom na osnovu pretpostavki istraživača da bi se tu mogli očekivati boksiti. Tek se nakon završetka studije "Potencijalnost Srbije na crvene boksite" pristupilo sistematskom istraživanju boksita cele teritorije.

Neophodno je istaći da su dosadašnjim istraživanjima dobijeni takvi rezultati, na osnovu kojih se može zaključiti da su područja zapadne i istočne Srbije perspektivna za pronalaženje novih ležišta boksita. No, da bi se to postiglo mora se organizovanije prići ovom problemu uz angažovanje svih subjekata koji su zainteresovani za ova istraživanja.

## KRATAK PREGLED GEOLOGIJE BOKSITONOSNIH PODRUČJA

U Srbiji postoji više regionalnih tektonskih jedinica, koje se međusobno razlikuju litološki, stratigrafski, metalogenetski, zatim po tektonskom sklopu i paleogeografskoj evoluciji. To su Srpsko-makedonska masa, Panonska depresija, Karpato-balkanidi istočne Srbije i unutrašnji Dinaridi zapadne Srbije (Sl. 1).




Sl. 1 - Shematski prikaz regionalnih tektonskih jedinica Jugoslavije
1. Donjokredni boksiti; 2. Gornjokredni boksiti

Fig. 1 - Shematic review regional tectonic units of Yugoslavia
1. Lower Cretaceous bauxites; 2. Upper Cretaceous bauxites

Regionalne jedinice svojim razmerama daleko prevazilaze teritoriju Srbije, tako da se pri razmatranju geotektonskog sklopa mora zahvatiti mnogo širi prostor od onoga koji pokriva Srbija. Teritorija Srbije se istražuje više od jednog veka, a o geološkom razvoju pisali su mnogi domaći i strani geolozi. Geološka građa i tektonski odnosi u terenima Srbije su , međutim, sveobuhvatno razmatrani i sintetički prikazani u raznim publikacijama, a posebno OGK sa tumačima i monografiji "Geologija

Srbije". Boksiti su za sada pronađeni samo u Karpato-balkanidima i unutrašnjim Dinaridima, dok u ostalim jedinicama nisu poznati.

Za kratak prikaz geološke građe unutrašnjih Dinarida zapadne Srbije i Karpato-balkanida istočne Srbije korišćen je pre svega materijal Osnovne geološke karte. On je, s obzirom na vreme kada je karta rađena, jednim delom svakako i zastareo, ali je korisno poslužio za prikazivanje opšte građe boksitonosnih područja. Geologija boksitonosnih rudnih polja je dopunjena novim podacima koji su prikupljeni višegodišnjim istraživanjima boksita. To se pre svega odnosi na podatke koji su u direktnoj ili neposrednoj vezi sa stvaranjem i prostornim razmeštajem boksita, kao i na samu geološku građu tih terena.

## UNUTRAŠNJI DINARIDI

Zapadna Srbija pripada tektonskoj jedinici unutrašnjih Dinarida, koja ima geološki veoma komplikovanu građu i složenu evoluciju. Pored paleozojskih klastita i u manjoj meri karbonatnih tvorevina, poseban značaj imaju mezozojske karbonatne, klastične i flišne formacije. Posebno obeležje ovoj zoni daju ofioliti i dijabaz-rožnačka formacija. Neogen je prisutan uglavnom u izolovanim jezerskim basenima. Tektonski sklop ovog terena je takođe složen i obeležen prisustvom navlaka nastalih za vreme kimrijskih pokreta, ali i kasnije. Taj sklop je tokom neogena jako komplikovan mlađim nametnutim strukturama.

### Paleozoik

Paleozojske tvorevine zauzimaju znatne površine. U litostratigrafskom pogledu moguće je razlikovati dve oblasti razvića: drinsku, i jadarsku, koje su odvojene izduženom zonom ofiolitskih stena. Prostiranje ove zone se poklapa sa vencem podrinjsko-valjevskih planina.

Drinskoj oblasti pripadaju proterozojske i paleozojske naslage u području reke Drine (P o p o v i ć, 1984), zatim reke Rogačice i Seča Reke i nastavljaju dalje na jugoistok preko Užica sve do Kosova i Metohije. Karakteriše se nižim stepenom kristaliniteta, prisustvom zelenih škriljaca u dubljim delovima, odsustvu fosilonosnih marinskih sedimenata mlađeg karbona i perma i transgresivnim položajem donjotrijaskih konglomerata preko paleozojskih tvorevina. Paleozoik izgrađuju razne vrste kristalastih škriljaca, metamorfisani klastični sedimenti, karbonatno-terigene tvorevine i krečnjaci.

Paleozojske tvorevine jadarske oblasti imaju najveće rasprostranjenje u slivu reke Jadra. Za razliku od drinskog, jadarski paleozoik se karakteriše marinskim razvićem mlađeg karbona i perma i postupnim prelazom gornjeg perma u trijas. Najveće rasprostranjenje imaju sedimenti peščarsko-škriljaste serije devon-karbonske starosti sa sočivima krečnjaka. Transgresivno preko starijih naslaga leže sedimenti srednjeg perma, koji naviše prelaze u bituminozne krečnjake gornjeg perma.

## Mezozoik

Mezozojske tvorevine imaju znatno rasprostranjenje. Konstatovane su i paleontološki dokumentovane naslage trijasa, jure i gornje krede. Osim toga, znatno rasprostranjenje imaju i magmatske tvorevine.

T r i j a s. Sedimentne i magmatske stene trijaske starosti zahvataju velike površine terena. Izdvojeni su donji, srednji i gornji trijas.

U donjem trijasu izdvojena su dva tipa razvića: drinsko i jadarsko. U okviru drinskog razvića javljaju se dva superpoziciona paketa: klastični izgrađen od kvarcnih konglomerata, breča i peščara, i karbonatni sa peščarima, glinenim škriljcima i krečnjacima.

U jadarskoj oblasti crni bituminozni krečnjaci gornjeg perma kontinuirano prelaze u svetle krečnjake donjeg trijasa (M o j s i l o v i ć i dr., 1975). Viši delovi donjeg trijasa izgrađeni su od peščara, krečnjaka i glinenih škriljaca. Krečnjaci mogu biti bankoviti, slojeviti, škriljavi, dolomitični i laporoviti.

Srednji trijas je predstavljen sa dva tipa razvića: serijom slojevitih, bankovitih i delimično masivnih krečnjaka, i vulkanogeno-sedimentnom serijom. Vulkanogeno-sedimentnu seriju izgrađuju peščari, tufo-breče, tufovi i porfiriti. Vulkanska aktivnost u trijasu manifestovala se izbijanjem porfirita i njihovih piroklastita u severnom delu zapadne Srbije (okolina Valjeva).

Gornji trijas ima znatno manje rasprostranjenje. Konstatovan je na Tari, Bukoviku, Sušici, Čajetini, Mačkatu i drugim mestima. Predstavljen je slojevitim, bankovitim i masivnim krečnjacima, dolomitičnim krečnjacima i dolomitima.

J u r a . Tvorevine jurskog perioda imaju znatno rasprostranjenje. Javljaju se na severnom delu terena u zoni podrinjsko-valjevskih planina i od Tare preko Užica i Sjenice sve do Metohije. U juru su uvršćeni fosilonosni krečnjaci lijasa, serpentiniti, harcburgiti, gabrovi, dijabazi, dijabaz-rožnačka formacija i krečnjaci titona.

Jurska serija počinje lijaskim krečnjacima koji su otkriveni mestimično u severnom delu zapadne Srbije. Lijaska starost je utvrđena na osnovu nalaska određene mikrofaune.

Ultrabaziti i baziti zauzimaju znatne površine terena zapadne Srbije. Javljaju se u dolini Ljubovиđe, jugoistočnom delu Bukova, Maljena i Suvobora, Divčibare, zatim na Tari, Zlatiboru, Kosovu i Metohiji i drugim lokalnostima. Predstavljeni su najvećim delom serpentinisanim harcburgitima i harcburgitskim serpentinitima, zatim ređe lerzolitima, dunitima i piroksenitima. Po obodu ultrabazičnih kompleksa javljaju se gabrovi, dijabazi i amfiboliti u vidu manjih ili većih pojava.

Dijabaz-rožnačka formacija zahvata velike površine terena. Osnovno njeno obeležje je raznovrstan litološki sastav. To su raznobojni tankoslojeviti i pločasti rožnaci, masivni i bankoviti peščari, glinci, alevroliti, krečnjaci i bazični magmatiti. Zeleni škriljci, tufovi, konglomerati i breče su znatno ređi članovi. Dijabazi, spiliti i

gabrovi su mestimično česti u okviru ove formacije. Bitno obeležje formaciji daju raznobojni rožnaci, glinci i dijabazi.

K r e d a . Kredni sedimenti zauzimaju znatne površine terena zapadne Srbije. Uglavnom je razvijena gornja kreda, dok su donjokredni sedimenti razvijeni na Metohiji.

Sedimenti donje krede nalaze se samo u zoni Grebnik-Milatovac-planina Pagaruša. Donju kredu predstavljaju homogene krečnjačke breče i sprudni crvenkasti krečnjaci. Najstariji članovi krede pripadaju najverovatnije baremskom, aptskom i albskom katu.

U ostalim delovima zapadne Srbije za vreme donje krede bilo je kopno. Tada su, kao i u ostalim delovima Balkanskog poluostrva, obrazovane debele i prostrane lateritske kore raspadanja na ultramafitima i drugim stenama. Od tih kora raspadanja stvoreni su boksiti (Poćuta, Tara, Mačkat) i oolitne niklonosne rude gvožđa u bazi gornje krede (Mokra Gora i dr.).

Transgresivno preko starije podloge leži gornjokredna serija, predstavljena pretežno karbonatnim stenama, klastičnim sedimentima i flišnim formacijama. Zastupljeni su cenoman, cenoman-turon, turon i senon u okviru kojih su, zahvaljujući bogatim paleontološkim nalazima, u pojedinim oblastima izvršena veoma detaljna stratigrafska raščlanjavanja. Kredni sedimenti su otkriveni na Tari, Zlatiboru, u oblasti Kosjerića, Bele Crkve, Poćute, Metohije i drugim mestima. U Metohiji, krajem turona lokalno dolazi do prekida u sedimentaciji i stvaraju se boksiti Grebnika.

## Kenozoik

U zoni unutrašnjih Dinarida, na teritoriji Republike Srbije, su formirani slatkovodni jezerski baseni kao što su: valjevsko-mionički, kosjerićki, čačansko-kraljevački, dobrinjski, mačkatski, milanovački, sjenički, metohijski i drugi. Tvorevine slatkog neogena imaju izrazito sedimentni i sedimentno-vulkanogeni karakter. Vulkanska aktivnost je naročito izražena u srednjem miocenu, kada su nastale brojne pojave interserijskih tufova, vulkanskih breča i slivova lava. Faunistički su dokazani sedimenti miocena (donji, srednji, gornji) i pliocena. Predstavljeni su peščarsko-glinovitim kompleksom stena, konglomeratima, laporcima i krečnjacima. U pojedinim neogenim basenima (sjenički, dragačevski) obrazovane su debele naslage uglja.

Granodioriti se javljaju u području Boranje, najvećem centru tercijarnog magmatizma u zapadnoj Srbiji, zatim na Goliji i drugim mestima.

Produkti vulkanske aktivnosti su najvećim delom kvarclatitsko-dacitskog, sasvim retko latitskog i andezitskog sastava. Izlivanje lava je redovno praćeno snažnim eksplozivnim paroksizmima, kada su stvoreni raznovrsni tipovi piroklastičnih stena.

Krajem neogena dolazi do izlivanja manjih masa bazaltnih lava u okolini Nove Varoši, Sjenice i Gornjeg Milanovca.

### Kvartar

Kvartarni sedimenti imaju ograničeno rasprostranjenje. Predstavljeni su aluvijalnim i terasnim naslagama u dolinama većih rečnih tokova, zatim siparima, proluvijalnim nanosima, padinskim brečama i bigrovima. Barski sedimenti su konstatovani u pešterkom polju.

### Strukturne karakteristike

Unutrašnji Dinaridi se odlikuju veoma složenom tektonskom građom. Mogu se izdvojiti tri veće tektonske jedinice. To su tvorevine proterozoika i paleozoika koji izgrađuju drinski i jadarski antiklinorijum, mezozojski sedimenti i magmatiti, kompleks kraljušti i raseda nastalih u kimrijskim pokretima ali i kasnije, i tercijarne tvorevine koje leže transgresivno preko starije podloge. Tokom tercijara taj sklop je jako komplikovan mlađim nametnutim strukturama. Došlo je i do obnavljanja longitudinalnih dislokacija uz stvaranje niza neogenih basena.

### Boksiti

Boksiti zapadne Srbije, kao i boksiti istočne Bosne, nalaze se u zoni unutrašnjih Dinarida. U ovoj prostranoj zoni, na teritoriji Srbije, poznati su donjokredni i gornjokredni boksiti. Osnovno obeležje zone unutrašnjih Dinarida je, da su u njoj boksitonosni rejoni retki, a ležišta su grupisana, složena i mogu biti izuzetnih dimenzija (G r u b i ć i dr., 1976). Što se tiče karakteristika ovih boksita one su potpuno identične sa boksitima istočne Bosne. Donjokredni boksiti se javljaju između trijaskih krečnjaka i krednih sedimenata, zapunjavajući paleokarstna udubljenja trijaskih krečnjaka. Zbog ovakvog svog položaja smatra se da je znatan deo zapadne Srbije metalogenetski povoljan za pronalaženje novih ležišta boksita i rudnih rejona (T i m o t i j e v i ć, P o d u n a v a c, 1994).

Gornjokredni boksiti se nalaze u Metohiji, a javljaju se između turonskih karstifikovanih krečnjaka u podini i mastrihtskih rudistnih krečnjaka u povlati. Oni su veoma slični donjokrednim boksitima, ali postoje i bitne razlike. Jedna od njih je i ta što se u prvima kao glavni hidroksid aluminijuma javlja bemit, a u metohijskim dijaspor. Osim toga, reč je i o stratigrafski različitim boksitima.

## KARPATO-BALKANIDI

Istočna Srbija pripada tektonskoj jedinici Karpato-balkanida. Tu se nalazi samo segment ove jedinice kao jedan od najvažnijih u Srbiji, a istovremeno područje sa

brojnim rudnim ležištima među kojima bakar i zlato zauzimaju dominantno mesto (J a n k o v i ć, 1990).

Karpato-balkanidi istočne Srbije predstavljaju jako složen mega antiklinorijum uklješten između Srpsko-makedonske mase i Mezijske ploče. Kao takav odlikuje se složenom geološkom građom, u kojoj učestvuju stene koje pripadaju najstarijim na ovim prostorima, ali i mnoge druge stvarane kroz složenu geološku istoriju sve do najmlađih savremenih sedimenata. U njihovoj građi učestvuju metamorfne formacije proterozoika, metamorfiti i sedimenti paleozoika, mezozojski karbonatni i klastični sedimenti i vulkanogeno-sedimentna formacija, sedimenti kenozoika i kvartarne tvorevine. U alpijskom tektonskom ciklusu razlikujemo kimrijski i neotektonski. U kimrijskom sklopu na ovim terenima bili su prisutni paketi navlaka (getske i krajinske), koje su kasnije tektonski prerađene, odnosno ti tereni su rasednuti, prenabrani i sekundarno dovedeni u nenormalne odnose.

## Proterozoik

Najstarije formacije istočne Srbije nemaju veće rasprostranjenje. Stene proterozoika čine osnovu svim paleozoiskim i mezozojskim sedimentima, a predstavljene su kristalastim škriljcima.

## Paleozoik

Na terenima istočne Srbije konstatovane su tvorevine starijeg i mlađeg paleozoika i imaju znatno rasprostranjenje.

U stariji paleozoik paleontološki su utvrđeni sedimenti ordovicijuma, silura i devona. Ovu seriju čine, kao najstariji sedimenti ordovicijuma stvarani u plitkovodnoj sredini. Stariji paleozoik izgrađuju tamni škriljci, glinci, alevroliti, sitnozrni peščari, zatim glinovito-alevrolitski škriljci, liditi, peščari i krečnjaci i na kraju klastični sedimenti. Osnovna karakteristika je porast klastičnih sedimenata od ordovicijuma ka devonu.Mlađi paleozoik je otkriven na znatnom prostoru. Novijim istraživanjima je utvrđeno da postoje i sedimenti ranog karbona (K r s t i ć, M a s l a r e v i ć, 1989), koji su redovno povezani sa gornjodevonskim sedimentima. Najčešće su zastupljeni konglomerati i peščari, zatim glinci, krečnjaci i ugljeviti škriljci. Ugalj se javlja u slojevima jako promenljive debljine, obično nekoliko desetina centimetara.

Crveni permski peščari predstavljaju jednu od najmarkantnijih geoloških formacija istočne Srbije. Oni imaju veliko rasprostranjenje, naročito u unutrašnjem Karpato-balkanskom pojasu i porečko-staroplaninskoj zoni. Formacija crvenih peščara je izgrađena od konglomerata koji diskordantno leže preko starije podloge, zatim peščara i krupnozrne arkoze. U njima se nalaze nepravilne konkrecije dolomita. Jedinica se završava sitnozrnim peščarima i alevrolitima koji su često listasti.

## Mezozoik

Mezozojske tvorevine imaju znatno rasprostranjenje. Konstatovane su i paleontološki dokumentovane naslage donjeg i srednjeg trijasa, donje, srednje i gornje jure, donje i gornje krede.

T r i j a s. U istočnoj Srbiji trijas je razvijen u unutrašnjem Karpato-balkanskom pojasu gde gradi isprekidanu zonu koja iz Bugarske prelazi u našu zemlju, a na severu se nastavlja u Rumuniju i staroplaninskom području.

Donji trijas je predstavljen kvarcnim konglomeratima i peščarima, arkozama, a ređe glinama i leži transgresivno preko starijih stena. U gornjem delu stuba zastupljeni su glinoviti, laporoviti i dolomitični krečnjaci.

Prelaz između donjeg i srednjeg trijasa označen je pojavama krečnjaka sa srednjotrijaskom asocijacijom krupnih žervilija, lima i mioforija. Nađena je i anizijska i ladinska fauna. Srednji trijas je izgrađen od krečnjaka i dolomita sa interkalacijama laporaca i glinaca. Na Staroj planini otkriveni su dolomitični i peskoviti krečnjaci sa bogatom brahiopodskom faunom koji odgovaraju gornjem trijasu. Oni naviše prelaze u laporovite glince, laporce i alevrolite.

J u r s k i sedimenti imaju veliko rasprostranjenje i otkriveni su u mnogim oblastima istočne Srbije. Lijaskom transgresijom na ovom prostoru stvoreni su uslovi za stvaranje, prvo plitkovodnih sedimenata, zatim produbljavanjem mora sve izrazitija marinska facija. Jura započinje konglomeratima, peščarima, ugljevitim škriljcima, a kasnije se stvaraju laporci, krečnjaci, glinci i alevroliti.

Tokom srednje jure stvaraju se sedimenti nešto većih dubina kao peskoviti krečnjaci, zatim konglomerati i peščari. Krečnjaci su mestimično gvoždeviti i nose oolitske rude gvožđa.

Gornjojurske tvorevine imaju veliko rasprostranjenje. Gornjoj juri pripadaju laporoviti krečnjaci sa rožnacima i krečnjaci koji su mestimično dolomitični. Pelitoidni krečnjaci u širem predelu Babušnice čine podinu boksitima. Slojevitost im je različito izražena, a mogu biti bankoviti i masivni.

K r e d n e tvorevine imaju znatno rasprostranjenje i pokazuju veliku raznovrsnost u pogledu razvoja. Izdvojena je donja i gornja kreda i sedimentno-vulkanogeni kompleks.

Tokom donje krede na prostorima pokrivenim plitkim morem stvoreni su zoogeno-sprudni sedimenti, peščari i laporci, dok su neznatno u dubljim depresijama stvoreni laporoviti i pločasti krečnjaci, laporci i glinci. Jugoistočno od Bele Palanke neokomski sedimenti su predstavljeni plitkovodnim krečnjacima koji mestimično čine podinu boksitu.

Gornja kreda u istočnoj Srbiji je detaljno proučena. U okviru Karpato-balkanida izdvojena su tri pojasa. unutrašnji, središnji i spoljašni. U unutrašnjem pojasu kreda je predstavljena sprudnim rudistnim krečnjacima sa interkalacijama laporaca i

peščara. U središnjem pojasu, gde je najšire rasprostranjena (Majdanpek-Knjaževac-Pirot), odlikuje se tvorevinama razvijenim u različitim facijama koje se smenjuju po dužini i bočno. Spoljašni pojas pruža se u vidu uske zone od Miroča preko Vrške čuke do Vratarnice, izgrađuje kompleks raznobojnih glinaca, peščara, krečnjaka, laporaca, a završava se peščarima i konglomeratima koji leže transgresivno i diskordantno preko starijih sedimenata.

U boksitonosnom području Babušnice sedimenti povlate boksita odgovaraju alb-cenomanu, cenomanu, gornjem turonu i donjem senonu. Predstavljeni su konglomeratima, peščarima, glinovitim peščarima, glinama, vapnovitim peščarima i laporovito-peskovitim sedimentima sa kojima se završava sedimentacija gornje krede.

## Kenozoik

Tercijarna perioda centralne zone istočne Srbije se karakteriše formiranjem basena na različitim litološkim podlogama. Tvorevine tercijara predstavljene su proluvijalnim i jezersko-rečnim sedimentima sa mestimičnim ležištima uglja.

Kenozojski sedimenti u boksitonosnom području Babušnice predstavljeni su gruboklastičnim sedimentima, glincima i peskovitim laporcima sa slojevima uglja oligocenske starosti. U pirotskoj kotlini diskordantno preko starijih tvorevina leže peskovi, peskovite gline i šljunak plio-pleistocena.

## Kvartar

Kvartarne naslage su predstavljene većim brojem genetskih tipova, među kojima se ističu aluvijalni, proluvijalni i deluvijalni nanosi. Aluvijalni nanosi u pojedinim delovima, kao što su Pek sa pritokama, Timok i Temska, su zlatonosni.

## Strukturne karakteristike

Karpato-balkanidi istočne Srbije se sastoje iz više tektonskih zona koje se međusobno razlikuju litofacijama, stratigrafijom, strukturama i vremenom formiranja. Posmatrano u celini, oni se odlikuju složenom geotektonskom građom sa pojavama kraljuštanja i navlačenja, kao i raznovrsnim magmatskim kompleksima.

G r u b i ć (1980) u Karpato-balkanidima istočne Srbije izdvaja sledeće zone: golubačku jedinicu, Getikum, zonu Suve planine, Kučajsku zonu, Timočku zonu, Tupižničku zonu, Vidličku zonu, zonu Poreč-Stara planina, Getsku navlaku, Infra-getske jedinice, navlake Kosovice i Subkosovice, Deli Jovan, Miroč, Kosovicu, podzonu Mihajlovca, Dunavsku jedinicu, Miročku zonu i Vlaško-pontijski basen.

## Boksiti

Pojave i ležišta boksita u Karpato-balkanidima poznati su od sredine sedamdesetih godina na krajnjem jugoistočnom delu istočne Srbije, u blizini bugarsko-jugoslovenske granice. Boksiti se nalaze u hijatusu između plitkovodnih krečnjaka najmlađe gornje jure i starije donje krede koji im čine neposrednu podinu, i terigenih sedimenata alb-cenomana u neposrednoj povlati. To su crveni karstni boksiti sa pojavljivanjem ležišta u obliku nepravilno-sočivastih rudnih tela različitih dimenzija. Dosadašnjim istraživanjima pronađeno je dvanaest rudnih pojava i ležišta boksita, kao i više boksitičnih indikacija.

## GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE LEŽIŠTA I POJAVA KREDNIH BOKSITA SRBIJE

Do pre dvadesetak godina smatralo se da na teritoriji Republike Srbije ne postoje ekonomski značajna ležišta boksita, bez obzira što na njenu teritoriju prelaze boksitonosne formacije iz istočne Bosne (zapadna Srbija), Rumunije i Bugarske (istočna Srbija). Ležišta i pojave su lokalizovane prostorno u dve metalogenetske provincije: dinarskoj i karpato-balkanskoj. Još uvek nije pronađena ni jedna pojava boksita iz Srpsko-makedonske mase i iz Panonskog basena, što ne znači da u tim terenima ne treba tragati za boksitima.

Pojave i ležišta boksita dinarske metalogenetske provincije javljaju se na teritoriji Srbije u zoni unutrašnjih Dinarida. One su grupisane u dva boksitonosna područja: zapadna Srbija, i Metohija. Poznatiji su boksiti Metohije, dok su iz zapadne Srbije manje poznata, jer su kasnije otkriveni. Eksploatacija boksita, do zavođenja međunarodnih sankcija 1992. godine, vršila se na pojedinim ležištima Metohije.

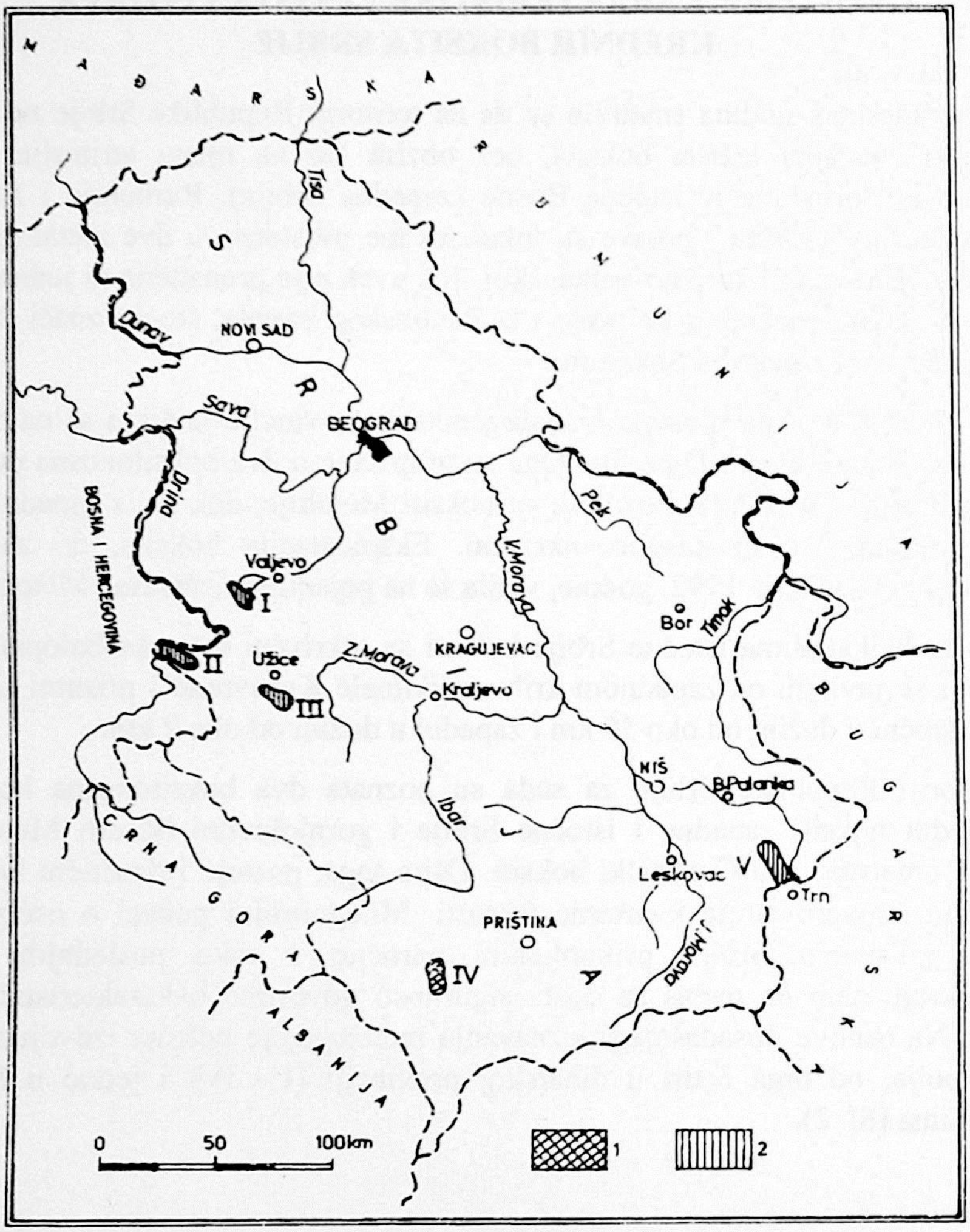
U Karpato-balkanidima istočne Srbije boksiti su otkriveni u trnsko-belopalanačkoj zoni. Oni se javljaju na zapadnom krilu antiklinale Kusavrane i prisutni su u dva pojasa: istočni u dužini od oko 30 km i zapadni u dužini od oko 8 km.

Na teritoriji Republike Srbije za sada su poznata dva boksitonosna horizonta: donjokredni boksiti zapadne i istočne Srbije i gornjokredni boksiti Metohije, u literaturi opisivani kao Grebnički boksiti. Osim toga, postoje i detritični boksiti sa crvenicom, najverovatnije kvartarne starosti. Mnogobrojni podaci o osobinama i starosti boksita u Srbiji, prikupljenim naročito u toku poslednjih godina, omogućavaju nam da danas sa dosta sigurnosti govorimo o karakteristikama tih boksita. Na osnovu dosadašnjeg poznavanja metalogenije boksita izdvojeno je pet rudnih polja, od toga četiri u dinarskoj provinciji (I - IV) i jedno u Karpato-balkanidima (Sl. 2).

### UNUTRAŠNJI DINARIDI

Dinarska metalogenetska provincija, odnosno zona unutrašnjih Dinarida ima relativno malo rasprostranjenje u Srbiji. Ona se uglavnom javlja u njenim zapadnim i jugozapadnim delovima. Perspektivna zona unutrašnjih Dinarida nalazi se severoistočno od glavne mezozojske boksitonosne zone Dinarida. U Srbiji se ova zona pruža duž zapadne granice republike, od Cera na severu do kosovsko-metohijske potoline na jugu i dalje prema Grčkoj, završavajući se na istočnoj margini ofiolitskog pojasa. Ovde se nalaze geološki veoma komplikovani tereni sa složenom evolucijom. Po G r u b i ć u i dr. (1976) do danas su u ovoj zoni poznata samo dva boksitonosna nivoa: srednjokredni i gornjokredni. Karakteristično je da su

boksitonosni rejoni retki, ležišta su u njima grupisana i složena, a mogu biti velikih dimenzija kao ona u Vlasenici.




Sl. 2 - Pregledna karta boksitonosnih terena Srbije (Timotijević, 1997)
I. Rudno polje Poćute, II. Rudno polje Tare, III. Rudno polje Mačkata, IV. Rudno polje Grebnika, V. Rudno polje Babušnica; 1. Gornjokredni boksiti, 2. Donjokredni boksiti

Fig.2 – Location map of bauxite terrains of Serbia (Timotijević, 1997)
I. Ore field Poćuta, II. Ore field Tara, III. Ore field Mačkat, IV. Ore field Grebnik, V. Ore field Babušnica; 1. Upper Cretaceous bauxites, 2. Lower Cretaceous bauxites

U zoni unutrašnjih Dinarida poznati su boksiti u području Vlasenice (istočna Bosna), Grebnika i boksiti u boksitonosnim rudnim poljima Poćute, Tare i Mačkata. Stepen istraženosti ove zone je veoma nizak, tako da ne dozvoljava da se ista može potpunije definisati kako u pogledu rezervi boksita, tako i u pogledu tehnoekonomskih pokazatelja njihove valorizacije. Rudna polja predstavljaju jedino

ispitivan i istraživan deo, a samo mestimično se radilo i izvan njih. Ovde su otkrivene, u pogledu kvaliteta, raznovrsne pojave i ležišta boksita. Ovakvo stanje istraženosti boksita ove zone nije zadovoljavajuće, tim pre što, oslanjajući se na savremena poznavanja zakonitosti o genezi i rasporedu karstnih boksita, postoje svi razlozi da se oni traže i u ostalim delovima zone.

U ovoj prostranoj zoni poznati su boksiti stvarani za vreme donje krede u zapadnoj Srbiji i gornjokredni boksiti Grebnika (Metohija). Što se tiče karakteristika ovih boksita one su potpuno identične sa boksitima istočne Bosne. U zapadnoj Srbiji se javljaju između trijaskih krečnjaka i krednih sedimenata. Zbog ovakvog svog položaja smatra se da je znatan deo zapadne Srbije metalogenetski povoljan za pronalaženje novih ležišta boksita i rudnih polja. Gornjokredni boksiti Grebnika su veoma slični boksitima zapadne Srbije, ali postoje i bitne razlike. Jedna od njih je i ta što se u zapadnoj Srbiji kao glavni hidroksid aluminijuma javlja bemit a na Metohiji dijaspor. Osim toga reč je i o stratigrafski različitim boksitima.

## Donjokredni boksiti

Najstariji boksiti u zoni unutrašnjih Dinarida na teritoriji Republike Srbije su donjokredni boksiti. Utvrđeno je da se boksitonosna zona Vlasenice, iz istočne Bosne nastavlja i na terene Tare i Zlatibora. Boksiti se nalaze između karstifikovanih trijaskih krečnjaka u podini i krednih sedimenata u povlati. Za boksite se do kraja sedamdesetih godina nije tako reći ni znalo, osim izvesnih manjih pojava na planini Tari. Utvrđeno je da crveni boksiti zapadne Srbije leže preko masivnih i bankovitih krečnjaka ladinskog kata (Poćuta), ladinsko-karnijskih krečnjaka (Mačkat) i karnijskih krečnjaka (Tara).

U okviru dinarske provincije, u delu koji leži na teritoriji Srbije, mogu se izdvojiti tri boksitonosna rudna polja:

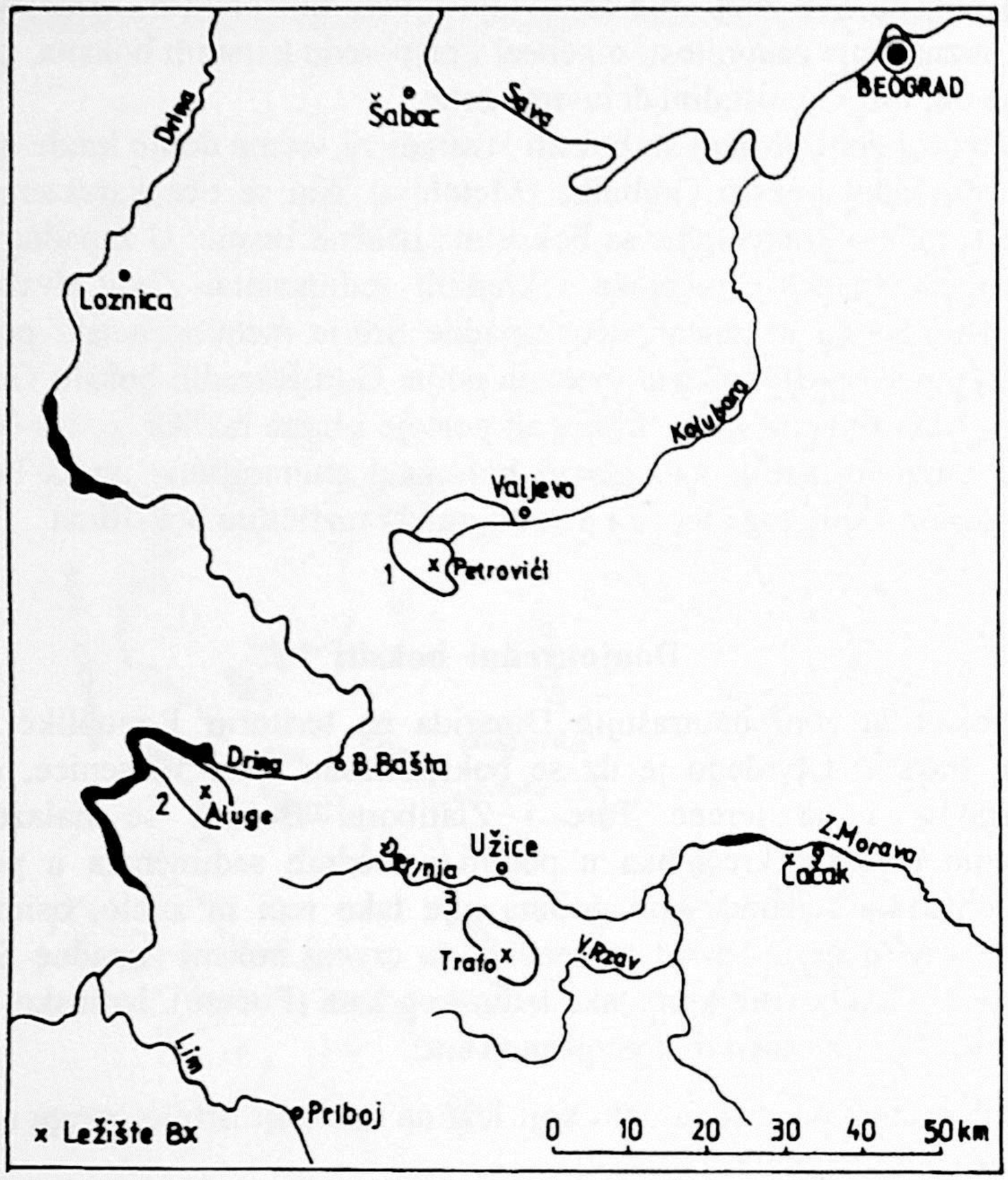
1. boksitno rudno polje Poćute,
2. boksitno rudno polje Tare i
3. boksitno rudno pilje Mačkata.

### Boksitno rudno polje Poćute

Pojave i ležišta boksita su novijeg datuma. Poznata su od kraja sedamdesetih godina (P e j o v i ć and R a d o i č i ć, 1976), a sistematski se istražuju od 1978. godine. Nalaze se oko dvadeset kilometara jugozapadno od Valjeva u ataru sela Brzovice, Poćute, Sušice i Stuba. U periodu od 1978-1989. godine vršena su istraživanja ovih pojava, koja su pokazala da se u ovim terenima mogu očekivati ekonomski značajna ležišta crvenog boksita (Sl. 3).

Terene Poćute i šire okoline izgrađuju sedimenti paleozojske starosti, trijaski sedimenti i porfiriti, zatim tvorevine jurske formacije, gornjokredni sedimenti i

kvartarne tvorevine. Sedimenti miocena se nalaze severno i istočno od Valjeva (valjevsko-mionički basen).




Sl. 3 – Najvažnija ležišta boksita u zapadnoj Srbiji
Rudna polja: 1, Poćuta; 2. Tara; 3. Mačkat (Timotijević, 1992)

Fig. 3 – The most important bauxite deposits in western Serbia
Ore fields: 1. Poćuta, 2. Tara, 3. Mačkat (Timotijević, 1992)

Paleozojski sedimenti su otkriveni na severnim i severozapadnim delovima rudnog polja i pripadaju "jadarskom razviću". Izdvojeni su fosilonosni krečnjaci gornjeg devona, zatim metasedimenti peščarsko-škriljave serije devon-karbonske starosti i fuzulinidski krečnjaci karbona. Transgresivno preko ovih naslaga leže terigeni sedimenti srednjeg perma, koji naviše prelaze u bituminozne krečnjake gornjeg perma.

Trijaski sedimenti su otkriveni na velikom prostoru, uglavnom istočno i jugoistočno od Poćute, a razvijena su sva tri odeljka. Bituminozni krečnjaci gornjeg perma postupno prelaze u krečnjake donjeg trijasa, koji naviše prelaze u peščare i glinene škriljce. Zatim sledi serija dolomita i dolomitičnih krečnjaka anizijskog kata pa krečnjaci ladinskog kata i na kraju krečnjaci gornjeg trijasa.

Početkom ladinskog kata u ovom području dolazi do vulkanske aktivnosti koja se manifestuje porfiritima i piroklastitima andezitskog sastava. Na više lokalnosti u Poćuti i široj okolini konstatovane su ove stene, koje probijaju starije tvorevine.

Jurske tvorevine su uglavnom predstavljene dijabaz-rožnačkom formacijom. Jura počinje lijaskim krečnjacima preko kojih leži dijabaz-rožnačka formacija u čiji sastav ulaze dijabazi, doleriti, spiliti, gabrovi, rožnaci, glinci, peščari, krečnjaci, konglomerati i breče. Jura se završava titonskim krečnjacima. Ultrabazične stene takođe pripadaju samo ovoj formaciji.

Gornjokredni sedimenti se javljaju u jednom pojasu pružanja jugoistok-severozapad na dužini od oko dvadeset kilometara i leže transgresivno preko starijih tvorevina. Izdvojeni su konglomerati, peščari i krečnjaci donjeg turona, zatim krečnjaci srednjeg turona, preko kojih se postupno razvija serija laporaca i laporovitih krečnjaka senona. U krajnjem jugoistočnom delu ovog rudnog polja, diskordantno preko srednjetrijaskih krečnjaka leže gornjoturonski sedimenti koji čine neposrednu povlatu boksitima.

Kvartarne tvorevine na terenima šire okoline Poćute predstavljene su uglavnom aluvijalnim nanosima stvaranim u dolinama reka, siparima, padinskim nanosima i deluvijalnim naslagama.

Tektonika područja Poćute i okoline je vrlo složena. Ovo područje pripada geološkoj jedinici prvog reda nazvanoj "mezozojski kompleks kraljušti i raseda podrinjskih planina". Kompleks se odlikuje linearnim rasporedom sedimenata, velikim intenzitetom ubranosti, tipičnom kraljušastom građom i navlačenjima manjih razmera u pravcu jugozapada sa vrlo čestim rasedanjima. Severno od Poćute kraljušasto su navučene paleozojske i trijaske tvorevine preko gornjokrednih sedimenata, a u predelu Dragodol-Poćuta je jedna markantna zona kraljuštanja u kojoj učestvuju paleozojske, trijaske, jurske i gornjokredne tvorevine. Najznačajnije dislokacije u rudnom polju konstatovane su dolinom reke Sušice i zapadno od Poćute gde su mlađi sedimenti znatno spušteni i dovedeni u niži nivo od starijih.

***B o k s i t i.*** Na osnovu detaljnih biostratigrafskih proučavanja trijaskih i krednih sedimenata Poćute utvrđeno je da su boksiti neravnomerno raspoređeni. Oni se nalaze u hijatusu između krečnjaka ladinskog kata u podini i gornjokrednih krečnjaka u povlati. Rudna tela su nepravilno-sočivastog oblika, površine nekoliko desetina hiljada kvadratnih metara, debljine do dvadeset metara, sa karakterističnom neravnom podinom i ravnom povlatom. To su karstni crveni boksiti oolitsko-pizolitske strukture. U sastav rudnih tela ulaze kompaktni boksiti, onečišćeni boksiti i boksitične gline, koje su karakteristične za površinske delove ležišta i najverovatnije su proizvod procesa raspadanja i pretaložavanja eroziji izloženog boksita. Boksiti su neravnomerno raspoređeni u rudnom polju kao veća ili manja rudna tela.

Ležišta crvenog boksita rudnog polja Poćute formirana su za vreme kontinentalne faze koja je nastupila posle stvaranja trijaskih karbonatnih sedimenata i jurskih

tvorevina. Koncentracije boksita obrazovane su na zakaršćenoj podlozi srednjetrijaskih krečnjaka, dok im povlatu čine transgresivni sedimenti gornje krede. U delovima terena gde su erodovani povlatni sedimenti, samo se mestimično mogu da zapaze relikti ležišta boksita. Ležišta su nastala razaranjem lateritskih kora raspadanja i redepozicijom boksitnog materijala u plitkovodnoj sredini zapunjavanjem karstifikovanih prostora ladinskih krečnjaka.

Dosadašnjim istraživanjima registrovano je dvadesetšest izdanaka boksita ili boksitično-glinovitog materijala. Od svih registrovanih pojava, samo one u Petrovićima, Bakića brdu, Jasikama i Marinom brdu su većih dimenzija i zaležu ispod povlatnih sedimenata. Sve ostale pojave predstavljaju erozione ostatke boksita na trijaskim krečnjacima, manjih su dimenzija i kao takve nemaju ekonomski značaj. S obzirom da su to samo ostaci erodovanih rudnih tela čije nam prvobitne dimenzije nisu poznate, ove pojave ukazuju na nekadašnji visok stepen boksitonosnosti ovog rudnog polja.

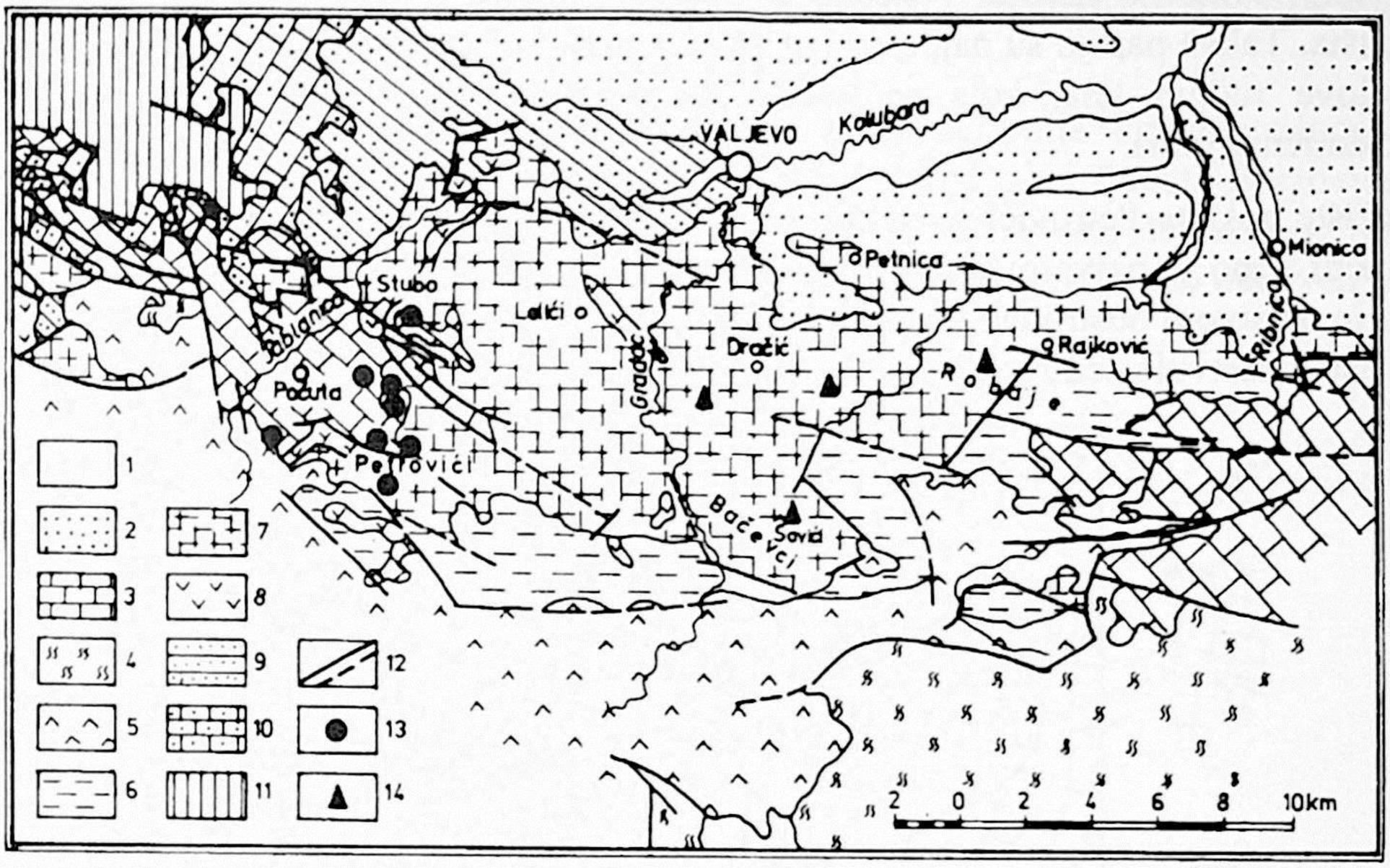
Prilikom istraživanja boksita često se pored boksita, u svim boksitonosnim područjima Srbije, pa i šire pronađu glinoviti boksiti i boksitične gline. Karakteristično je da se glinovit boksit i boksitične gline prvenstveno javljaju u najnižem delu boksitnog horizonta, odnosno neposredno iznad podinskih krečnjaka. Intersantne pojave boksitičnih glina sa malim procentom aluminijumskih minerala registrovane su 1991. godine južno od Valjeva (Sl. 4).

Geološkom prospekcijom terena južno od Valjeva, koji predstavlja istočni nastavak rudnog polja Poćute, pronađene su indikacije boksita kao što su glinoviti boksit i mrkocrveni zaglinjeni humus. U ovim tvorevinama mestimično su uočeni ooliti. Na delovoma terena gde kredni sedimenti leže preko trijaskih krečnjaka konstatovana je crvenica bez oolita, ali sa povećanim sadržajem aluminijuma. Preko karstifikovanih sivih srednjetrijaskih i gornjetrijaskih krečnjaka registrovane su veće površine izgrađene od glinovitih boksita i crvenice, koji su konstatovani na više mesta. Po T i m o t i j e v i ć u (1996a) na otvorenim profilima zapaženo je da debljina ovih tvorevina mestimično iznosi i preko pet metara. Naročito interesantne pojave nalaze se na lokalnostima Dračići, Bačevci, Robaje i Rajković.

Ovi sedimenti su pretežno izgrađeni od minerala iz grupe glina, kaolinita, hematita i oksida titana. Od minerala aluminijuma konstatovani su bemit i dijaspor u malim količinama. Na osnovu ovakvog mineralnog sastava i kvalitet im je znatno lošiji od boksita na području Poćute. Sadržaj osnovnih komponenti boksita je jako varijabilan, tako da su $Al_2O_2$ (do29%), $Fe_2O_3$ (do12%) i $TiO_2$ (do 2%) daleko niži, dok je $SiO_2$ znatno povećan u odnosu na iste sadržaje u boksitima. Sve ovo ukazuje da je na ovim terenima najverovatnije bilo boksita, ali su oni razoreni i odneti pre taloženja gornjokrednih sedimenata.

Postrudna tektonika je jako izražena. U rudnom polju su naročito karakteristični radijalni pokreti. Najistaknutiji rased je svakako onaj koji ležište Petrovići deli na dva rudna tela. Duž njega su izvršena i manja vertikalna kretanja tako da su pojedini delovi ležišta dovedeni u površinski nivo, a kredni sedimenti spušteni oko 50 m.

Pored ovog, uočavaju se i manji razlomi kojima je cela boksitonosna serija razlomljena i poremećena, pri čemu relativna kretanja pojedinih blokova nisu velika.




Sl. 4 - Geološka karta područja Poćuta-Rajković (Timotijevića, 1996a)

1.Aluvijon; 2. Konglomerati, šljunkovi, peskovi, gline, laporci i krečnjaci miocena; 3. Konglomerati, laporci, krečnjaci i peščari gornje krede; 4. Serpentinisani peridotiti; 5. Dijabaz-rožnačka formacija; 6. Krečnjaci i dolomiti gornjeg trijasa; 7. Krečnjaci, dolomitični krečnjaci i dolomiti srednjeg trijasa; 8. Porfiriti i piroklastiti; 9. Krečnjaci, glinci i peščari donjeg trijasa; 10. Krečnjaci, glinci, škriljci i peščari perma; 11. Peščari, glineni škriljci, konglomerati i krečnjaci devon-karbona; 12. Rasedi; 13. Pojave boksita; 14. Pojave boksitičnih glina

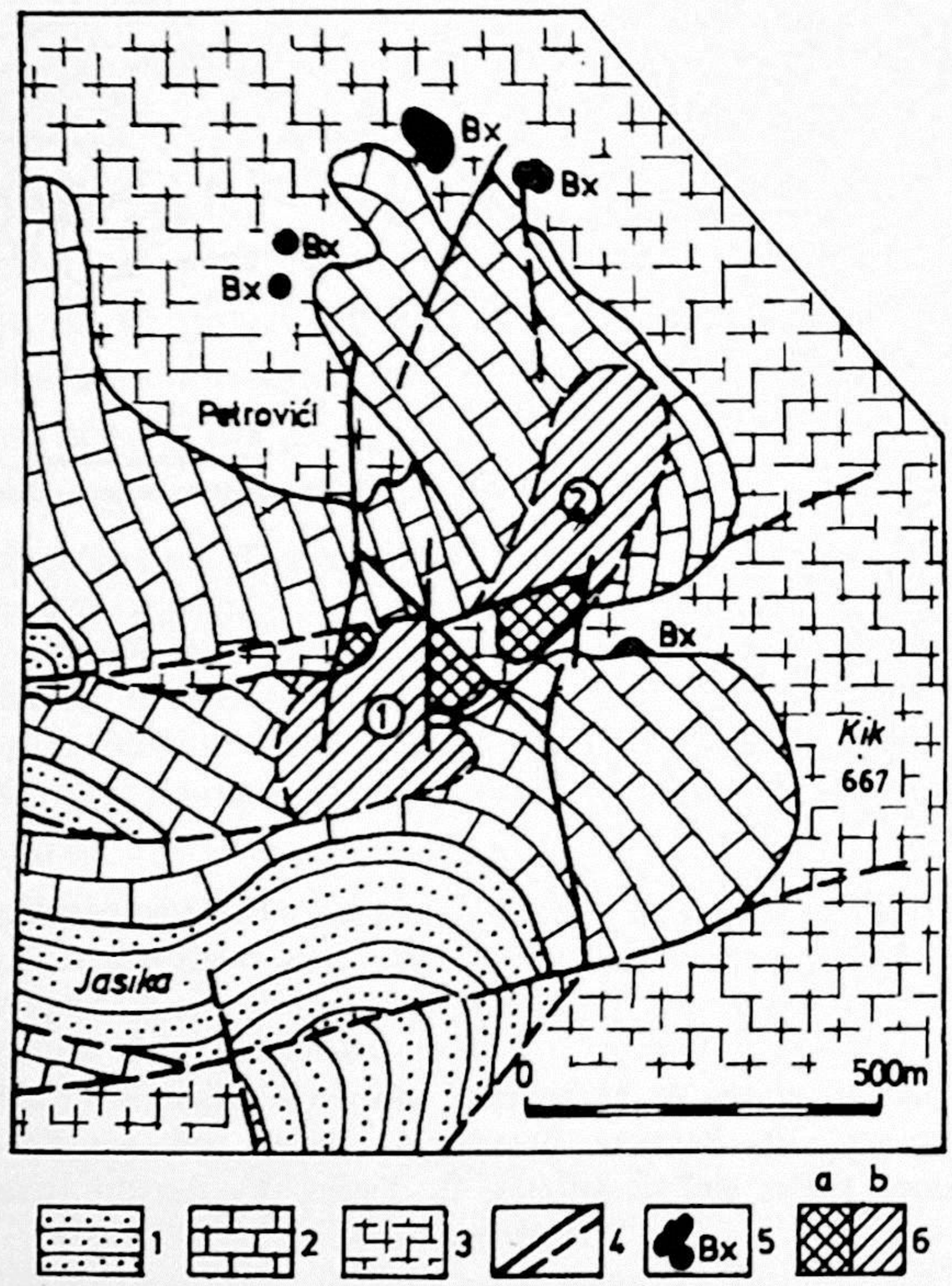
Fig. 4 – Geological map of the Poćuta-Rajković area (Timotijevića, 1996a)

1. Alluvium; 2. Miocene conglomerates, gravels, sands, clays, marlstones and limestones; 3. Upper Cretaceous conglomerates, marlstones, limestones and sandstones; 4. Serpentinized peridotite; 5. Diabase-Chert formation; 6. Upper Triassic limestones and dolomites; 7. Middle Triassic limestones, dolomitic limestones and dolomites; 8. Porphyrites and pyroclastics; 9. Lower Triassic limestones, claystones and sandstones; 10. Permian limestones, shales and sandstones; 11. Devonian - Carboniferous sandstones, shales and sandstones; 12. Faults; 13. Bauxite occurrences; 14. Bauxitic clays occurrences

Istražnim radovima pronađena su tri ležišta (Petrovići, Bakića brdo, Jasike), od kojih je samo ležište Petrovići detaljno istraženo. Boksiti po mineralnom sastavu odgovaraju bemitskom tipu, a po kvalitetu pripadaju grupi koja ima veoma izraženu promenljivost kvaliteta rude i to u vertikalnom i horizontalnom pravcu. Takvi međusobni odnosi pojedinih vrsta boksita utvrđeni su tokom istražnih radova. Prema sadržaju osnovnih korisnih i štetnih komponenti, crveni boksiti ovog rudnog polja karakterišu se povećanim sadržajem $SiO_2$ i $CaCO_3$. Ležište Petrovići se odlikuje niskim sadržajem $SiO_2$ (srednji 7,64%) i $CaCO_3$ (srednji 0,90%) i zadovoljavajućim sadržajem $Al_2O_3$ (srednji 48,33%). Ostala ležišta imaju povećan sadržaj ovih komponenti što ih čini vanbilansnim na sadašnjem stepenu istraženosti.

Ležište **P e t r o v i ć i** je najznačajnije i do sada najistraženije ležište crvenih boksita u rudnom polju Poćute. U osnovi celokupno ležište izgraduje crveni boksit oolitsko-pizolitske strukture. Najzastupljeniji je kompaktan boksit, ali se često javljaju i mekše partije, posebno u obodnim i površinski otkrivenim delovima ležišta. Takve partije su najčešće izgrađene od glinovitih boksita i boksitičnih glina. Delove rudnih tela, koja se nalaze na površini terena, karakteriše prisustvo boksitičnih glina.

Ležište boksita Petrovići se sastoji od dva rudna tela koja se nalaze u neposrednoj blizini. Ono je najverovatnije u geološkoj prošlosti bilo jedinstveno geološko telo, ali je dejstvom postrudne tektonike razdvojeno na dva rudna tela. U geološkoj građi ležišta učestvuju sedimenti trijasa i gornnje krede (Sl. 5).




Sl. 5 - Geološka karta ležišta boksita Petrovići

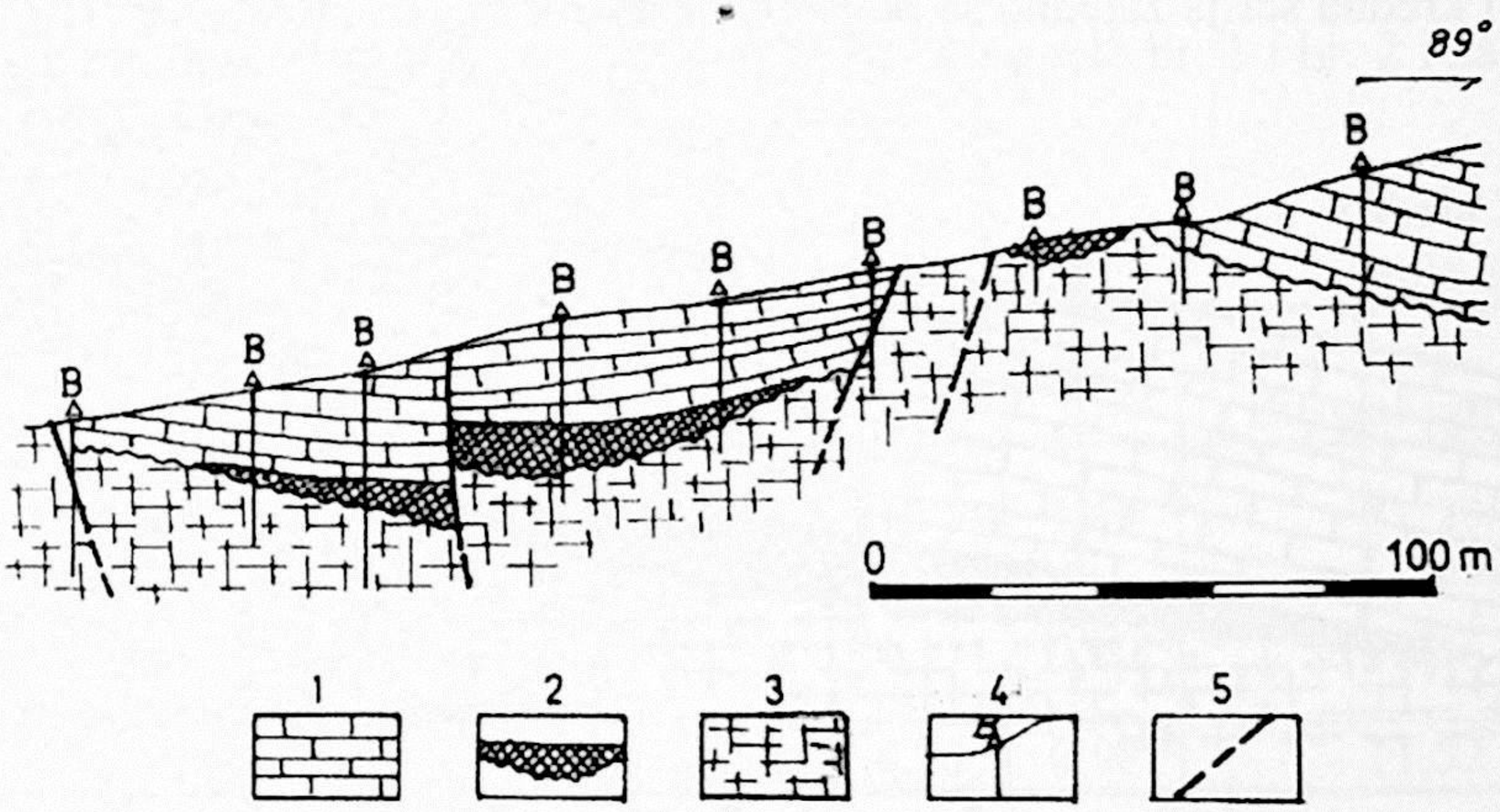
1. Laporci, laporoviti krečnjaci, peščari i konglomerati senona; 2. Slojeviti, bankoviti i masivni krečnjaci turona; 3. Masivni i bankoviti krečnjaci ladinskog kata; 4. Rasedi; 5. Otkrivene pojave boksita; 6. Ležište boksita: a) otkriven deo, b) pokriven deo (po podacima Arsića, Podunavca) iz Timotijevića, 1995

Fig. 5 – Geologic map of the Petrovići bauxite deposit

1. Senonian marlstones, marly limestones, sandstones and conglomerates; 2 Turonian bedded, massive bedded and massive limestones; 3. Ladinian massive and massive bedded limestones; 4. Faults; 5. Bauxite outcrops; 6. Bauxite deposit: a) uncovered part, b) covered part (after Arsić, Podunavac) iz Timotijevića, 1995

Karstifikovani srednjetrijaski svetlosivi, često prekristalisali krečnjaci ladinskog kata čine podinu boksitu. Neposredno iznad boksita nalaze se sivožuti slojevito-bankoviti krečnjaci sa proslojcima ugljevitih glina i uglja turonske starosti. Kredna serija se na ovom delu terena završava laporcima, laporovitim krečnjacima, peščarima i konglomeratima senona.

**Rudno telo br. 1** se nalazi u centralnom delu rudnog polja Poćute, odnosno jugozapadnom delu zaseoka Petrovići, neposredno pored puta Poćuta-Brezovica. Ima oblik nepravilnog sočiva izduženog u pravcu ISI-ZJZ. Najveći deo rudnog tela je pokriven povlatnim sedimentima debljine do 26 m, a samo manji deo otkriven na površini (Sl. 6).




Sl. 6 - Poprečni geološki profil rudnog tela br. 1
1. Slojeviti i bankoviti krečnjaci turona; 2. Boksiti; 3. Masivni i bankoviti krečnjaci ladinika; 4. Istražne bušotine; 5. Rasedi (po podacima Arsića i Podunavca) iz Timotijevića, 1995

Fig. 6 – Geological cross section of the ore body No 1
1. Upper Turonian bedded and massive bedded limestones; 2. Bauxites; 3. Ladinian massive and massive bedded limestones; 4. Exploratory boreholes; 5. Faults (After Arsić and Podunavac) from Timotijević, 1995

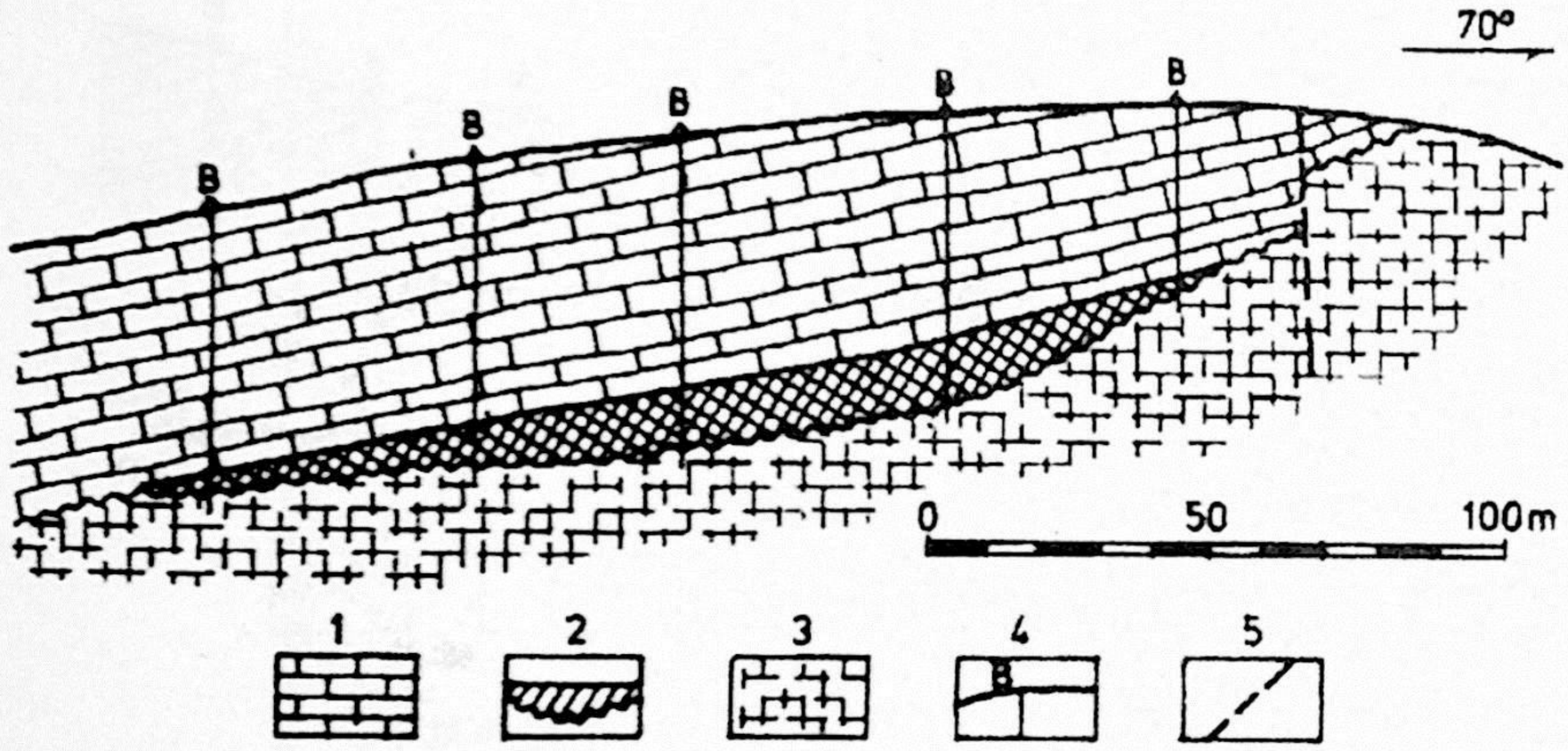
Dejstvom erozije otkriveni deo je uglavnom razoren, a boksit je ostao sačuvan samo u nižim delovima paleoreljefa. Kasnije je, u savremenim geološkim uslovima vršeno razaranje, spiranje i pretaložavanje boksita iz viših delova terena u niže, obrazujući boksitične gline u površinskom delu rudnog tela. Sračunata srednja debljina boksita iznosi oko 4 m. Boksit je uglavnom kompaktan, ali ima i mekših delova posebno na periferiji i površini rudnog tela. Mekše proslojke obično predstavlja boksitična glina ili glinoviti boksit.

Kvalitet boksita je promenljiv kako po horizontali tako i po vertikali. Međutim, u celini gledano može se reći da se radi o boksitu dobrog kvaliteta. Srednji ponderisan sadržaj osnovnih komponenti boksita po P o d u n a v c u i dr. (1989) iznosi: 49,35% $Al_2O_3$, 6,52% $SiO_2$, 28,41% $Fe_2O_3$, 4,71% $TiO_2$, 1,49% CaO i 11,79% Gž.

**Rudno telo br 2.** se nalazi neposredno pored rudnog tela br. 1, ali oko 100 m severoistočnije. Ima oblik nepravilno izduženog sočiva tektonski razdvojenog na dva dela: površinski otkriveni manji i pokriveni, znatno veći, najznačajniji deo.

Po P o d u n a v c u i dr. (1989) manji deo rudnog tela br. 2, koji se nalazi na površini predstavlja neerodovani boksit sačuvan u udubljenjima paleoreljefa. Debljina boksita kreće se od nekoliko centimetara do 14,4 m, srednje sračunata iznosi 4,5 m. Kvalitet boksita je znatno neujednačen, mada u celini posmatrano može se reći da je boksit na otkrivenom delu slabijeg kvaliteta, ali da se javljaju i kvalitetnije partije.

Najveći i najznačajniji deo rudnog tela br. 2 nalazi se sačuvan ispod povlatnih sedimenata zahvaljujući napred pomenutom rasedu, duž čije je površine cela trijaska i kredna serija zajedno sa boksitom spuštena oko 50 m i sačuvana od erozije (Sl. 7).




Sl. 7 - Geološki profil rudnog tela br. 2

1. Slojeviti i bankoviti krečnjaci gornjeg turona; 2. Boksit; 3. Masivni i bankoviti krečnjaci ladinika; 4. Istražne bušotine; 5. Rased (Pavlović, 1980)

Fig. 7 – Geological cross section of the ore body No 2

1. Upper Turonian bedded and massive bedded limestones; 2. Bauxite; 3. Ladinian massive and massive bedded limestones; 4. Exploratory boreholes; 5. Faults (Pavlović, 1980)

Spušteni deo rudnog tela ima oblik sočiva izduženog u pravcu sever - severoistok, dužine oko 300 m, a širine do 140 m. Boksit u ovom delu ležišta je uglavnom kompaktan, a ređe se javljaju proslojci rastresitog, kao što je to slučaj u severnom delu duž njegovog oboda. Pored boksita sporadično se javljaju proslojci boksitičnih glina koje retko prelaze debljinu od tri metra. Debljina boksita kreće se od nekoliko centimetara na obodu do 20 m u centralnom delu rudnog tela. Srednje sračunata debljina iz svih bušotina iznosi 6,2 m.

Kvalitet boksita je jako promenljiv, ali gledano u celini on je dobar. Konstatovano je prisustvo kako visoko kvalitetnih tako i manje kvalitetnih boksita. Ipak, udeo boksita dobrog kvaliteta znatno preovlađuje. Srednji sadržaji osnovnih komponenti boksita za otkriveni i pokriveni deo rudnog tela br. 2 dati su u tabeli 1.

Tabela 1 (u %)

Table 1 (in %)

| Deo ležišta<br>A part of deposit | $Al_2O_3$ | $SiO_2$ | $Fe_2O_3$ | $TiO_2$ | CaO | Gž<br>Loss of ignition |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Otkriveni<br>Uncovered | 45,65 | 12,23 | 25,50 | 3,65 | 0,72 | 11,00 |
| Pokriveni<br>Covered | 48,32 | 7,58 | 26,31 | 4,19 | 0,91 | 11,50 |
| Rudno telo br. 2<br>Ore body Nö. 2 | 48,20 | 7,79 | 26,34 | 4,17 | 0,90 | 11,46 |

Srednji sadržaji osnovnoh komponenti boksita za rudno telo br. 1 i br. 2 i za ležište Petrovići u celini dati su u tabeli 2.

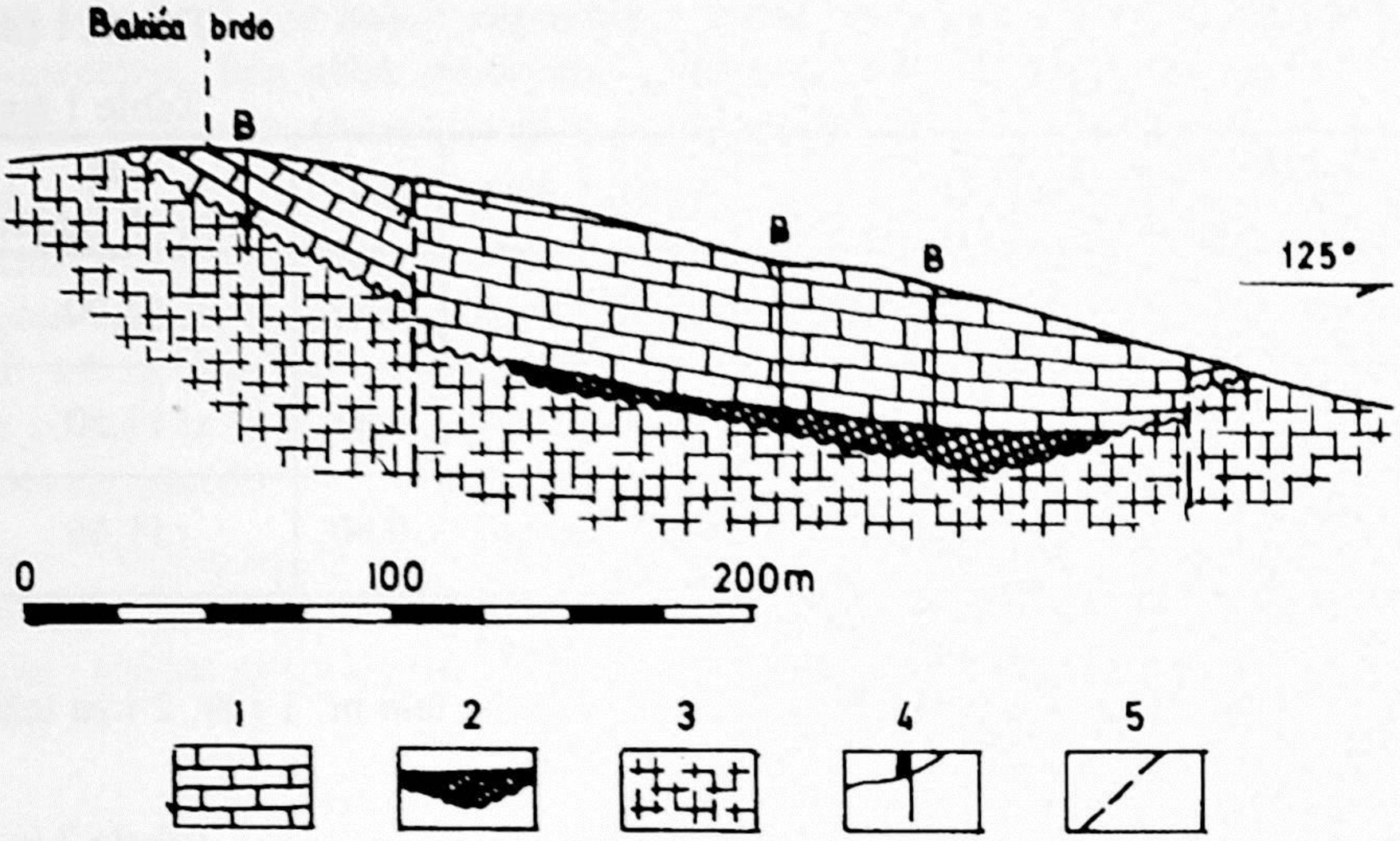
Tabela 2 (u %)

Table 2 (in %)

| Rudno telo<br>Ore body | $Al_2O_3$ | $SiO_2$ | $Fe_2O_3$ | $TiO_2$ | CaO | Gž<br>Loss of ignition |
|---|---|---|---|---|---|---|
| br. 1<br>Nö. 1 | 49,35 | 6,52 | 28,41 | 4,71 | 1,49 | 11,79 |
| Br. 2<br>Nö. 2 | 48,20 | 7,79 | 26,34 | 4,17 | 0,90 | 11,46 |
| 1 + 2 | 48,33 | 7,64 | 26,58 | 4,23 | 0,92 | 11,52 |

Prema prisustvu aluminijumskih minerala, boksit ovog ležišta pa i šire pripada bemitskom tipu. Karakteristična mineralna asocijacija je: bemit, hematit i kaolinit. Od ostalih minerala prisutni su: limonit, getit, kvarc, ilit, anatas i kalcit. Mikroskopskim ispitivanjima utvrđeno je da osnovu, vrlo sitnozrnu masu boksita, izgrađuju aluminijum hidroksid, hidrohematit i limonit više ili manje prožeti žilicama opala, kvarca i kalcita. Česti su i fragmenti hematita, spinela, sfena, nešto ređe rutila i u tragovima magnetita. U ovoj osnovi nalaze se neravnomerno raspoređeni i u pojedinim uzorcima različito zastupljeni ooliti. Ooliti su izgrađeni od hidrohematita i aluminijum hidroksida (bemita), koji se u koncentričnim zonama naizmenično smenjuju.

Ležišta **B a k i ć a b r d o i J a s i k e** su delimično istražena i na osnovu dosadašnjih saznanja ona su znatno manjih dimenzija. Boksit koji je otkriven na površini zaleže i ispod povlatnih gornjokrednih sedimenata, što je potvrđeno istražnim bušenjem (Sl. 8).




Sl. 8 - Geološki profil ležišta Bakića Brdo
1. Slojeviti i bankoviti krečnjaci gornjeg turona; 2. Boksit; 3. Masivni i bankoviti krečnjaci ladinika; 4. Istražne bušotine; 5. Rasedi (Arsić, 1986)

Fig. 8 – Geological cross section of the Bakića Brdo bauxite deposits
1. Upper Turonian bedded and massive bedded limestones; 2. Bauxite; 3. Ladinian massive and massive bedded limestones; 4. Exploratory boreholes; 5. Faults (After Arsić, 1986)

Boksiti su uglavnom trošni, zaglinjeni i znatno lošijeg kvaliteta. Na površini su dosta izmenjeni i onečišćeni, pretežno vrlo trošni i meki. Debljina im je neujednačena i kreće se do 8 m. Hemijski sastav je jako varijabilan kako u horizontalnom tako i u vertikalnom pravcu. Sadržaji osnovnih komponenti boksita dati su u tabeli 3.

Tabela 3 (u %)
Table 3 (in %)

| Komponente<br>Constituent | Od<br>From | Do<br>To |
|---|---|---|
| $Al_2O_3$ | 25,92 | 48,45 |
| $SiO_2$ | 6,40 | 36,52 |
| $Fe_2O_3$ | 6,57 | 34,02 |
| $TiO_2$ | 2,33 | 5,83 |
| CaO | 0,14 | 11,50 |
| Gž<br>Loss of ignition | 10,10 | 20,18 |

Ovaj boksit se karakteriše povećanim sadržajem CaO i Gž. Na osnovu ovoga može se konstatovati da je hemijski sastav boksita karakterističan za obodne delove ili boksite površinski jako izmenjene.

## Boksitno rudno polje Tare

Boksitno rudno polje Tare zahvata delove planine Tare po čemu je i dobilo ime. Pojave boksita registrovane su u ataru sela Aluge, zatim u predelu Mitrovca, na krečnjacima iznad Perućca i na Čemeristu. Indikacije boksita javljaju se na više mesta, često u blizini kontakta trijaskih krečnjaka i krednih sedimenata tako da mogu ukazivati na prisustvo boksita ispod povlatnih sedimenata, kao što je to slučaj na lokalnost Aluge.

Boksitno rudno polje Tare i šira okolina izgrađeno je od paleozoika i mezozojskih tvorevina. U stratigrafskom smislu izdvojeni su škriljci mlađeg paleozoika, zatim sedimenti trijaske starosti, jurske tvorevine i kredni sedimenti (Sl. 9).

Drinski paleozoik zauzima krajnje severoistočni deo rudnog polja Tare i čini osnovu mezozojskim tvorevinama. Predstavljen je škriljcima, alevrolitima, arenitima, argilošistima, konglomeratima, filitima, spilitima i tufovima. Na osnovu oskudne paleontološke dokumentacije (O l u j i ć, K a r o v i ć, 1986) ove tvorevine su svrstane u karbon.

Trijaski sedimenti u boksitonosnom rudnom polju Tare zauzimaju najveće površine. Razvijena su sva tri odeljka: donji, srednji i gornji trijas.

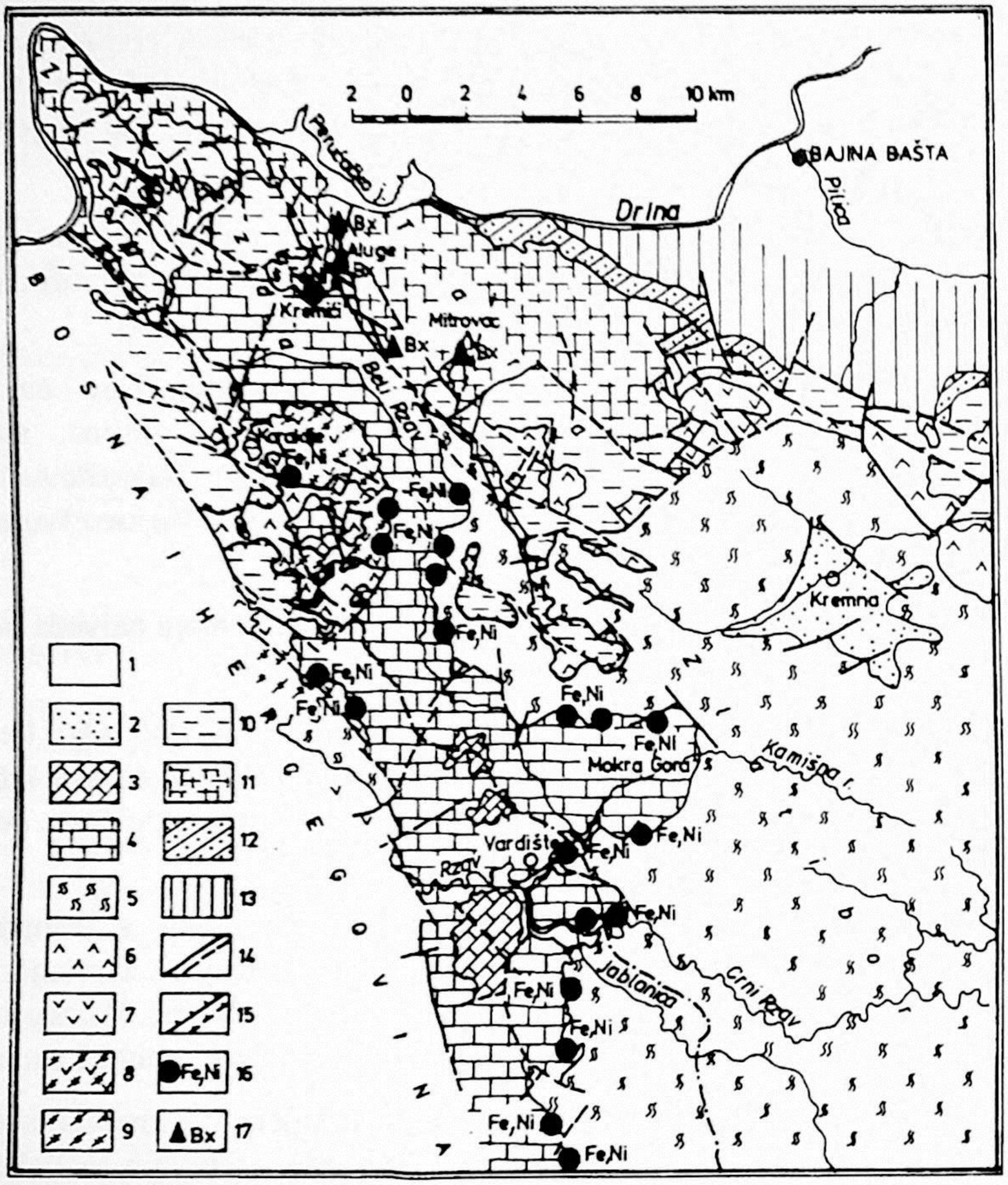
Donji trijas ima najmanje rasprostranjenje, a javlja se lokalno oko Perućca i Zaovina. Na severoistočnom delu terena klastična facija donjeg trijasa leži preko drinskog paleozoika. Izgradjena je od alevrolita, glinaca, peščara, kvarcnih konglomerata i breča i ređe krečnjaka.

Srednji trijas se postupno razvija iz donjotrijaskih krečnjaka, a pripadaju mu bankoviti, masivni, podređeno slojeviti i dolomitični krečnjaci. Krečnjaci imaju veliko rasprostranjenje na Mitrovcu, Alugama, Sedaljci, Nevelju, Požaru i drugim mestima. Najvećim delom otkriven je na padinama prema Drini gradeći ostenjake.

Sedimenti gornjeg trijasa su znatno manje rasprostranjeni od krečnjaka srednjeg trijasa. Izgrađuju najviše delove planine Tare i Zvijezde, a javljaju se i oko Ljutog polja, Dobrog polja i Alugama. Predstavljeni su bankovitim i masivnim mestimično dolomitičnim krečnjacima, koji su jako karstifikovani. Na Mitrovcu i Alugama gornjotrijaski krečnjaci predstavljaju neposrednu podinu boksitima. U navedenim sedimentima je pored megalodona, konstatovana i bogata asocijacija foraminifera i algi gornjotrijaske starosti.

Jurske tvorevine zauzimaju manje površine ispitivanog terena. Uglavnom su otkrivene na zapadnom i južnom delu rudnog polja. Jura je predstavljena dijabaz-rožnačkom formacijom, serpentinisanim peridotitima i gabrovima. Dijabaz-rožnačka formacija nema veliko rasprostranjenje u boksitnom rudnom polju Tare. U sastav formacije ulaze peščari, konglomerati, breče, alevroliti i raznobojni rožnaci. Opšta je karakteristika da se bazični magmati retko javljaju. Magmatiti su zastupljeni blokovima spilita i ređe dijabaz-gabroidnih stena. Peridotiti se javljaju u predelu Rastišta i južnom delu terena. Predstavljeni su uglavnom dunitskim tipovima koji su

manje ili više serpentinisani. Između Jokića i Kremića potoka otkrivena je manja masa gabro stena. To su jako čvrste i dosta aveže stene, masivne, tamnosive boje i srednjezrne do krupnozrne strukture .

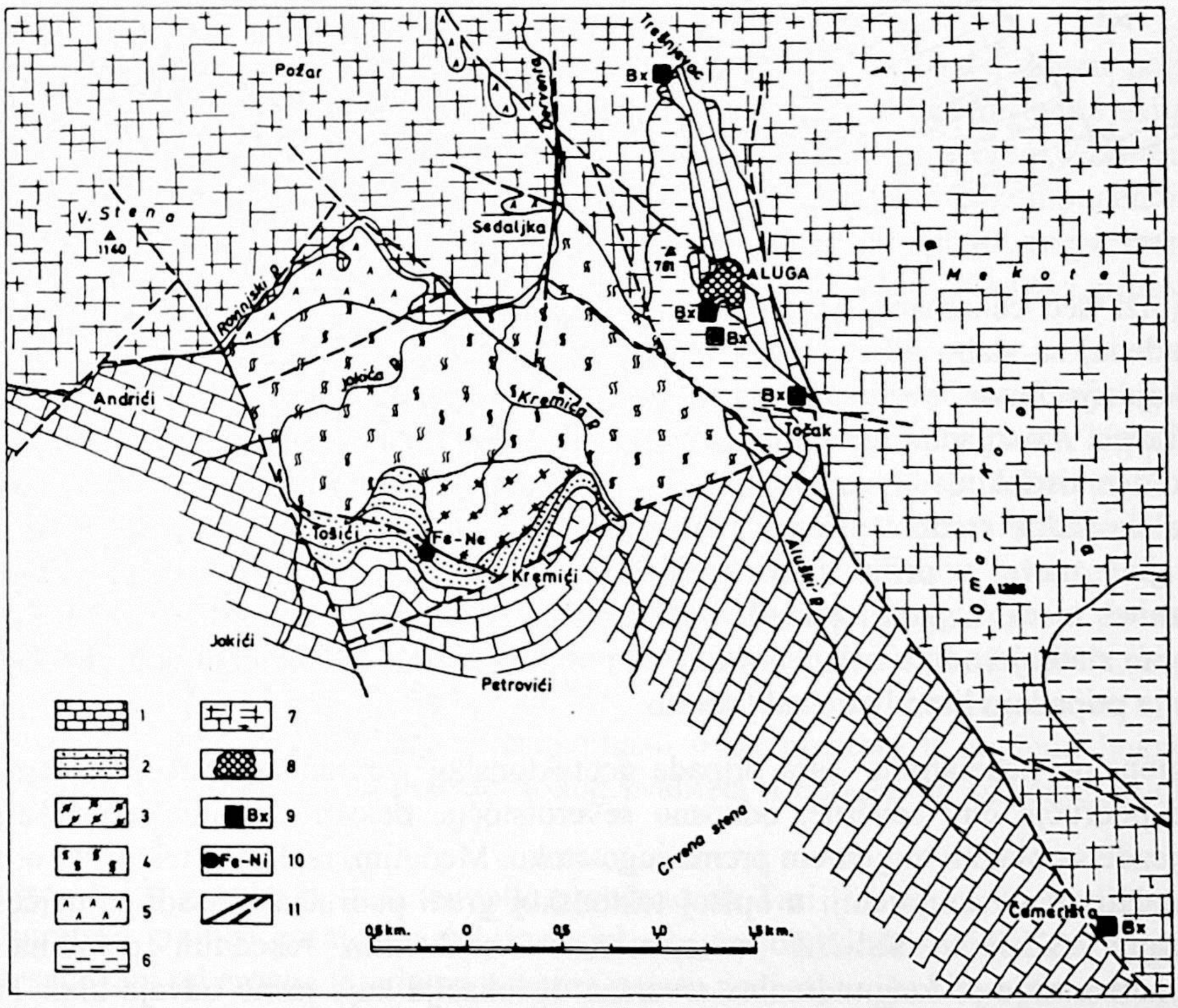



Sl. 9 - Geološka karta mokrogorsko-rzavskog basena (po podacima OGK, dopunjeno)
1. Aluvijon; 2. Konglomerati, peskovi, laporci i dolomiti miocena; 3. Masivni i bankoviti krečnjaci senona; 4. Konglomerati, peščari, glinci i krečnjaci alb-cenomana; 5. Serpentinisani peridotiti; 6. Dijabaz-rožnačka formacija; 7. Dijabazi; 8. Gabrodijabazi; 9. Gabrovi; 10. Krečnjaci i dolomiti gornjeg trijasa; 11. Slojeviti i masivni krečnjaci srednjeg trijasa; 12. Kvarcni konglomerati, peščari, kvarcne breče i ređe krečnjaci donjeg trijasa; 13. Filiti, sericitski škriljci, metamorfisani peščari i peščari karbona: 14. Rasedi; 15. Čelo navlake; 16. Pojave Fe, Ni; 17. Pojave boksita

Fig. 9 – Geologic map of the Mokra Gora- Rzav basen (After Basic Geologic map)
1. Alluvium; 2. Miocene conglomerates, sands, marlstones and dolomites; 3. Senonian massive and massive bedded limestones; 4. Albian-Cenomanian conglomerates, sandstones, claystones and limestones; 5. Serpentinized periđotite; 6. Diabase-Chert formation; 7. Diabase; 8. Gabbro-diabase complex; 9. Gabbro; 10. Upper Triassic limestones and dolomites; 11. Middle Triassic bedded and massive limestones; 12. Lower Triassic quartz conglomerates, sandstones, quartz breccia and limestones; 13. Carboniferous phyllite, sericite schists, metamorphozed sandstones and sandstones; 14. Faults; 15. Front of nappe; 16. Occurrences Fe-Ni; 17. Bauxite occurrences

Sedimenti krede na ovom terenu, posle trijaskih tvorevina, zauzimaju najveće površine. Javljaju se na Mitrovcu, Alugama i jugozapadnom delu terena (mokrogorsko-rzavski basen). Gornjokredni sedimenti leže transgresivno preko starije podloge ili su sa njima u tektonskom kontaktu. Na osnovu litološkog sastava i stratigrafskog položaja gornjokredne sedimente možemo podeliti na dva dela u rudnom polju Tare: bazalni, i karbonatni.

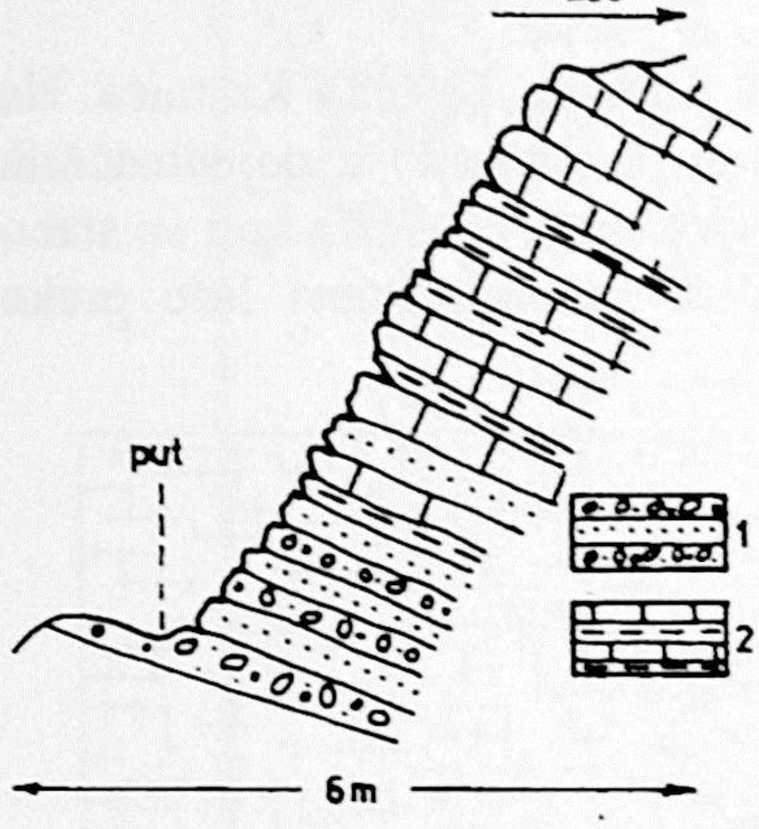
Bazalni deo gornje krede otkriven je u atarima sela Andrića, Tošića i Kremića. Na ostalom delu terena bazalni deo nije otkriven ili se javlja samo u pojedinačnim izdancima. Ova serija je izgrađena od kvarcnih konglomerata i peščara koji su slabo vezani. T i m o t i j e v i ć (1995) navodi da bazalni slojevi leže preko serpentinisanog peridotita i gabra (Sl. 10).




Sl. 10 - Geološka karta boksitonosnog područja Tare (Timotijević, 1995a)
1. Krečnjaci, laporoviti krečnjaci i laporci cenomana; 2. Konglomerati i peščari alb-cenomana; 3. Gabro; 4. Peridotiti; 5. Dijabaz-rožnačka formacija; 6. Bankoviti i masivni krečnjaci gornjeg trijasa; 7. Bankoviti i masivni krečnjaci i dolomitični krečnjaci srednjeg trijasa; 8. Ležište boksita; 9. Pojave boksita; 10. Pojave Fe, Ni; 11. Rasedi

Fig. 10 – Geological map of bauxite bearing Tara area (Timotijević, 1995a)
1. Cenomanian limestones, marly limestones and marlstones; 2. Albian-Cenomanian conglomerates and sandstones; 3. Gabbro; 4. Peridotite; 5. Diabase-Chert formation; 6. Upper Triassic massive and massive bedded limestones; 7. Middle Triassic massive and massive bedded limestones and dolomitic limestones; 8. Bauxite deposit; 9. Bauxite occurrences; 10. Fe-Ni occurrences; 11. Faults

Preko bazalne serije leže slojeviti peskoviti i laporoviti krečnjaci i laporci sa bogatom faunom. Najviše delove gornjokredne serije predstavljaju masivni rudistni krečnjaci. Slojeviti krečnjaci na Tari i Zvijezdi leže preko bazalnog dela gornje krede i postupno se razvijaju iz završnog dela ovih slojeva, u kojoj se pored klastičnih sedimenata javljaju i laporoviti sedimenti (Sl.11).




Sl. 11 - Geološki profil krednih sedimenata (Timotijević, 1995a)
1. Konglomerati i peščari; 2. Krečnjaci i laporci

Fig. 11 – Geological cross section of Cretaceous sediments (Timotijević, 1995a)
1. Conglomerates and sandstones; 2. Limestones and marlstones

Najniži deo cenomana stvaran je u priobalskoj plitkovodnoj sredini, koja je bila oslađena, sa slabo alkalnim i slabo izraženim redukcionim uslovima. Na osnovu asocijacije faune, sedimentacija je vršena u sredini koja čini prelaz od morske u brakičnu. Asocijacija foraminifera a donekle i ostrakoda ukazuju na morsku sredinu, dok deo ostrakoda i harofiti ukazuju na brakičnu sredinu stvaranja sedimenata. Ovakva jedna sredina pripada ranoj fazi ingresije mora, vremenu kada je kopno osvajalo more, a priliv slatke vode u plitke priobalne delove basena snižavao salanitet mora. U gornjoj kredi konstatovane su forme koje mogu živeti u skoro sasvim slatkoj vodi, u oslađenoj morskoj vodi, a izuzetno u morskoj vodi. Po mestu života pripadaju litoralu do sublitoralu.

Regionalno posmatrano Tara pripada geotektonskoj jedinici unutrašnjih Dinarida. Uže područje čini severne, odnosno severoistočne delove sinklinorijuma Tare i Zvijezde sa blagim tonjenjem prema jugoistoku. Međutim, razlomni tektonski oblici su uočljiviji i zastupljeniji u opštoj tektonskoj građi područja. Rasedi su najčešće pružanja SZ-JI i SSI-JJZ sa strmim i vertikalnim rasednim površinama. Najmarkantnija je longitudinalna reversna dislokacija koja jasno odvaja blok Tare od Zvijezde. Ona se od sela Rastišta pruža južno od zaseoka Aluge i nastavlja dalje prema jugoistoku. Od poprečnih disjunktivnih oblika značajnih za ovo područje treba pomenuti Mitrovački rased uz koji se danas nalaze sačuvani kredni sedimenti, zatim Aluški rased na čijem su zapadnom krilu sačuvani kredni sedimenti i drugi rasedi manjeg značaja.

***B o k s i t i.*** Boksiti Tare se nalaze u istoj strukturno-geološkoj zoni kao i poznata ležišta Vlasenice u istočnoj Bosni. Obzirom da je položaj ovih boksita isti kao u istočnoj Bosni, može se smatrati da rudno polje Tare predstavlja jugoistočni nastavak boksitonosnog područja Vlasenice

Dosadašnjim istraživanjima u boksitonosnom rudnom polju Tare registrovano je više izdanaka boksita ili glinovitih boksita. Od svih izdanaka i pojava samo su one u Alugama i Mitrovcu većih dimenzija. Ostale pojave predstavljaju erozione ostatke na trijaskim krečnjacima i kao takve nemaju veći ekonomski značaj.

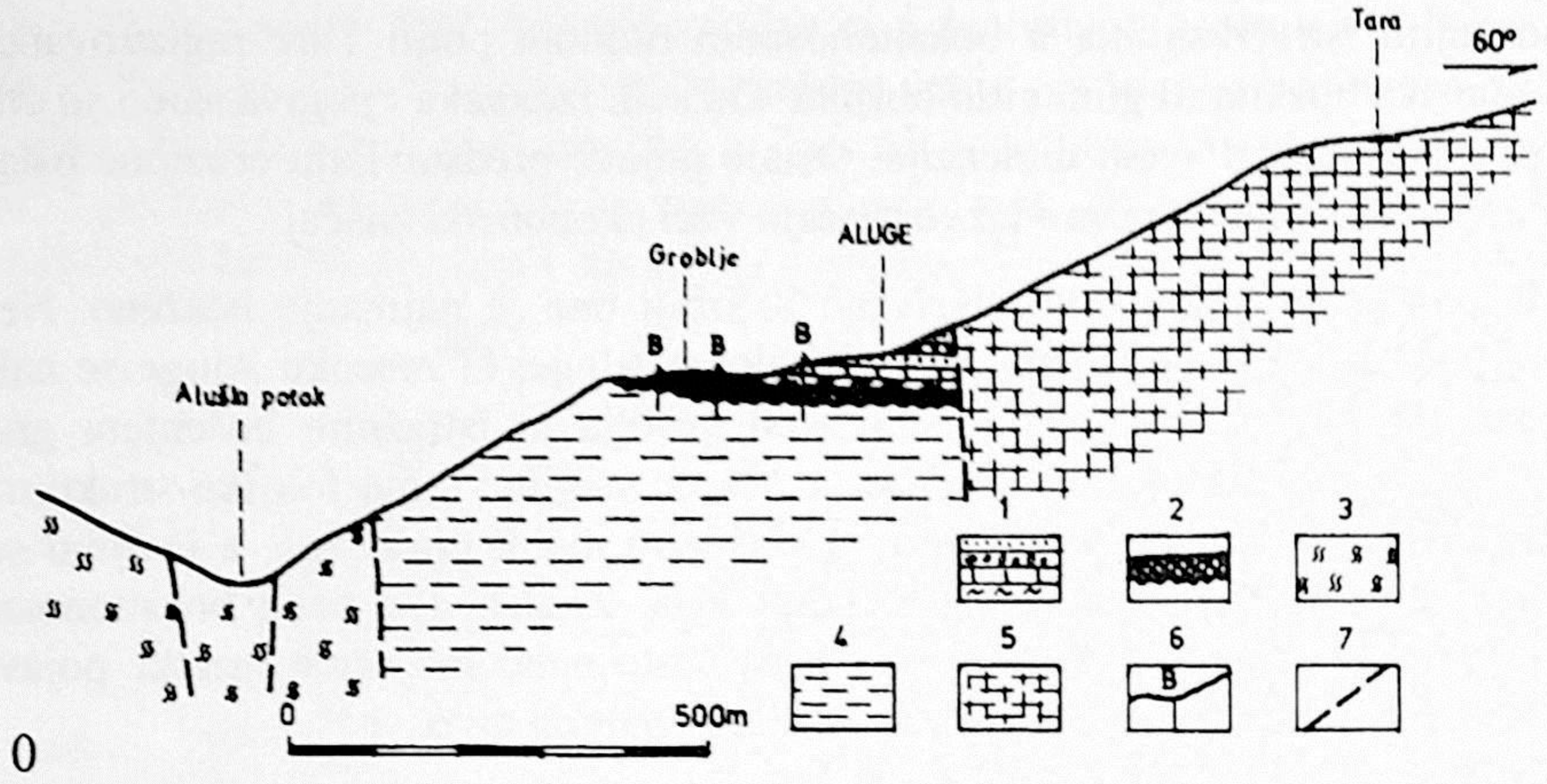
Iako je ovo rudno polje prvo otkriveno u Srbijj ono je najmanje istaženo. Nešto obimnija istraživanja obavljena su na lokalnost Aluge. U zaseoku Aluge se nalazi najveći broj pojava crvenog boksita. Kod groblja je istražnim bušenjem grubo okontureno najznačajnije ležište. Po svojim morfološko-strukturnim karakteristikama i načinu pojvaljivanja ležišta su malih dimenzija, a javljaju se u obliku manjih nepravilno-sočivastih rudnih tela. Znatan deo ovog boksitonosnog rudnog polja je razoren i erodovan, tako da često nalazimo samo ostatke pojava i ležišta bez povlatnih sedimenata ili samo njihov najniži nivo.

Bez obzira na vrlo mali obim izvedenih istražnih radova u ovom rudnom polju, može se zaključiti da boksiti pripadaju grupi ležišta sa promenljivim hemijskim i mineralnim sastavom. Ta promenljivost je izražena kako među pojedinim ležištima i pojavama tako i u okviru samih rudnih tela. Prisustvo glinovite komponente u boksitima je veoma izraženo, zbog čega oni uglavnom pripadaju grupi manje kvalitetnih. U građi boksita učestvuju, pored kompaktnih i trošnih boksita i glinoviti boksiti, boksitične gline i gline sa karbonatima.

Podinu boksita čine karstifikovani krečnjaci gornjeg trijasa a povlatu gornjokredni sedimenti. Prema tome, može se smatrati da su boksiti formirani tokom kopnene faze koja je ovde trajala od karnijskog kata do cenomana. To je relativno duga kopnena faza koja je mogla dati velika i ekonomski značajna ležišta boksita kao u vlaseničkom području. Ona su do sada veoma malo istraživana, a naročito na drugim perspektivnim lokalnostima pa i u samim Alugama, zbog čega je do sada pronađeno samo jedno ležište boksita u ovom rudnom polju. Treba, međutim, istaći da je današnji stepen istraženosti terena Tare veoma nizak da bi se na osnovu njega mogla doneti pouzdanija ocena potencijalnosti ovog prostora u pogledu boksita. Ovo se pre svega odnosi na boksite boljeg kvaliteta u odnosu na sadržaje $Al_2O_3$ i $SiO_2$.

Ležište **A l u g e** je za sada najbolje proučeno na Tari i Zvijezdi. Duž otkrivene stratigrafske granice gornjotrijaskih krečnjaka i gornjokrednih sedimenata, koji su ovde sačuvani od erozije u jednom uzanom pojasu pružanja više kilometara, a širine do 400 m, je otkriven boksit na dužini od preko 80 m. Tome je doprineo regionalni rased duž koga su kredni sedimenti spušteni, a krečnjaci srednjeg trijasa izdignuti (Sl. 12).

Na ovoj lokalnosti, dosadašnjim istražnim radovima grubo je okontureno ležište u predelu groblja. Jugoistočno od ovog ležišta nabušeno je i drugo, ali istražnim radovima nije okontureno. U podini ležišta i pojava boksita na čitavom prostoru javljaju se svetlosivi i sivi pretežno kristalasti i prekristalisali, delom dolomitični krečnjaci gornjeg trijasa.




Sl. 12 - Geološki profil ležišta boksita Aluge (Timotijević, 1995a)
1. Povlatni gornjokredni sedimenti; 2. Crveni boksiti; 3. Peridotiti; 4. Krečnjaci gornjeg trijasa; 5. Krečnjaci srednjeg trijasa; 6. Istražne bušotine; 7. Rasedi

Fig. 12 – Geological cross section of the Aluge bauxite deposit (Timotijević, 1995a)
1. Overlying Upper Cretaceous sediments; 2. Red bauxite; 3. Peridotite; 4. Upper Triassic limestones; 5. Middle Triassic limestones; 6. Exploratory boreholes; 7. Faults

Neposredna krovina boksita je heterogenog sastava. Predstavljena je raznim peščarima, peskovima, raznobojnim peskovitim glinama i glinama, ređe slabo vezanim kvarcnim konglomeratima, peskovito-laporovitim krečnjacima i bituminoznim krečnjacima sa ostacima organske materije. Na osnovu mikropaleontoloških analiza, koje su uradili M. S l a d i ć-T r i f u n o v i ć i R. R a d o i č i ć, ovi sedimenti odgovaraju gornjoj kredi, odnosno cenomanu.

U zavisnosti od eroziono-denudacionih procesa i tektonskih pokreta povlatni sedimenti su različito očuvani iznad boksita. Naime, na pojedinim delovima ležišta krovinski sedimenti su potpuno erodovani tako da se boksit javlja odmah ispod humusnog pokrivača ili izdanjuje na površinu. Po T i m o t i j e v i ć u (1983) na pojedinim mestima erodovan je i boksitni sloj tako da su ostali samo njegovi najniži delovi, odnosno boksitične gline.Debljina krednih sedimenata iznad ležišta iznosi do 24m.

Jedna od karakteristika građe ovog ležišta je da se neposredno iznad karnijskih krečnjaka, a u podini boksita javljaju boksitične gline i glinoviti boksiti, a iznad njih boksit boljeg kvaliteta. Debljina kvalitetnijih boksita nije ujednačena i varira u granicama od 1.4-7,0 m, dok debljina boksitičnih glina iznosi do 5 m. Boksit je crvenomrke boje, oolitsko-pizolitske strukture i kompaktne teksture. Ooliti i pizoliti su neravnomerno raspoređeni u osnovnoj masi,. tako da postoje delovi boksita gde oni čine i do 50% boksita.

Prema mineralnom sastavu boksit u celom rudnom polju Tare, je bemitski i bemitsko-kaolinitski. Pored bemita i kaolinita, čije je procentualno učešće promenljivo, javljaju se hematit, anatas i kalcit. Hidrargilit se javlja krajnje

podredeno i to uglavnom u glinovitim boksitima i boksitičnim glinama. U boksitima su identifikovani i minerali koji se javljaju u malim količinama: hromit, spinel, pirit, magnetit, martit i limonit.

Na osnovu hemijskog sastava boksiti u ležištu Aluge pripadaju grupi niskokvalitetnih. Oni se karakterišu relativno visokim sadržajem $Al_2O_3$, ali i visokim sadržajima $SiO_2$. Po T i m o t i j e v i ć u (1983, 1995) sadržaj osnovnih komponenti boksita u ležištu je: 37,35-50,00% $Al_2O_3$, 8,14-22,00% $SiO_2$, 20,80-38.69% $Fe_2O_3$, 1,64-3,88% $TiO_2$, 0,01-3,47% CaO i 9,56-13,52% Gž. Varijabilnost sadržaja osnovnih komponenti boksita naročito je izražena u boksitičnim glinama i glinovitim boksitima.

Ostale pojave boksita nisu detaljnije istraživane, tako da se o njima relativno malo zna. Većina od njih predstavlja samo erozione ostatke na trijaskim krečnjacima i kao takve nemaju veći ekonomski značaj. One su utoliko interesantne što se nalaze u neposrednoj blizini kontakta trijasa i krede i mogu da ukažu na prisustvo boksita ispod povlatnih gornjokrednih sedimenata.

## Boksitno rudno polje Mačkata

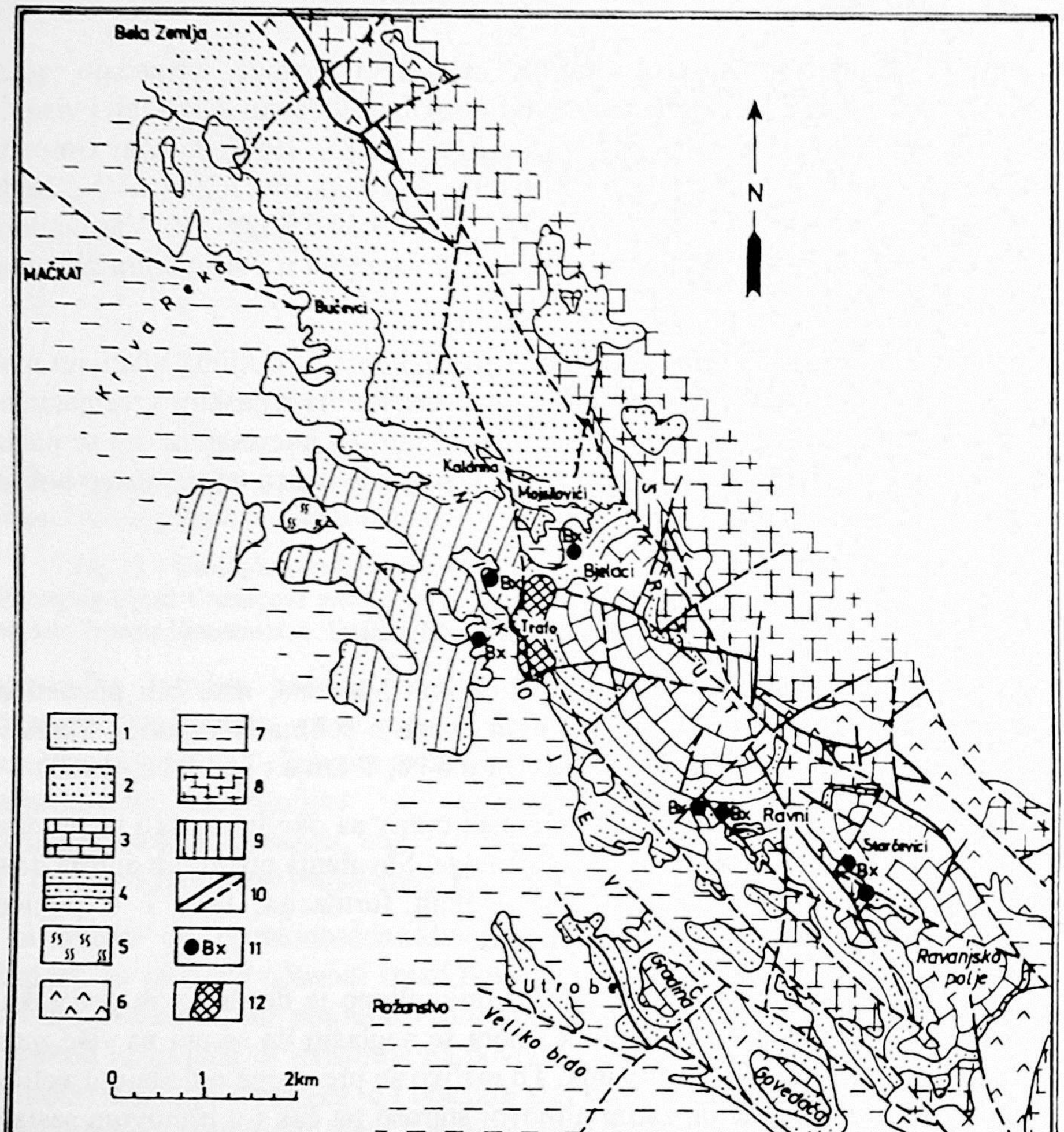
Kredni boksiti na Zlatiboru, odnosno široj okolini Mačkata, nisu bili poznati do 1981. godine. Geološkom prospekcijom ovih terena u selima Nikojevići, Skržuti i Ravni otkrivena su ležišta crvenih boksita (G r u b i ć, T i m o t i j e v i ć, 1983).

Zapadna Srbija, naročito zlatiborski peridotitski masiv sa okolinom, bili su predmet istraživanja većeg broja stranih i domaćih geologa. Shvatanja pojedinih autora dosta se razlikuju kako u pogledu starosti pojedinih formacija, tako i u pogledu tektonskog sklopa ove oblasti i susednih terena.

Po podacima T i m o t i j e v i ć a (1988) prikupljeno je dosta novih podataka o geološkoj građi ovog područja. Pri tome, mora se naglasiti da se oni na više mesta razlikuju od rezultata ranijih ispitivanja. Te razlike se pre svega ogledaju u veličini pojedinih geoloških formacija, zatim njihovoj starosti pa čak i u njihovom sastavu. Tereni koji se nalaze jugoistočno od Mačkata, na kome su pronađeni crveni boksiti, odlikuje se relativno jednostavnom geološkom građom. Neposredna okolina ležišta boksita izgrađena je od trijaskih sedimenata, tvorevina dijabaz-rožnačke formacije, krednih i miocenskih sedimenata na severozapadu (Sl. 13).

Trijaski sedimenti imaju najveće rasprosranjenje u rudnom polju Mačkata. Sedimenti donjeg trijasa se javljaju samo uz veće rasedne strukture, a predstavljeni su kvarcnim klastitima i karbonatnim sedimentima. Srednji trijas zauzima istočne i jugoistočne delove terena. Njemu pripadaju slojeviti, bankoviti i masivni krečnjaci i podređeno dolomitični krečnjaci. Masivni i bankoviti krečnjaci ladinik-karna se postupno razvijaju iz srednjetrijaskih krečnjaka anizijske starosti. Zauzimaju velike površine terena na zapadnom delu rudnog polja i veoma su značajni jer čine

neposrednu podinu boksitima. Preko njih u nekoliko lokalnosti leže kredni sedimenti, a na severnom delu terena miocenski sedimenti.




Sl. 13 - Geološka karta boksitonosnog područja Mačkata

1. Mačkatski šljunkovi miocena; 2. Konglomerati, peščari i peskovi sa proslojcima dolomita - miocen; 3. Slojeviti i bankoviti krečnjaci cenomana; 4. Konglomerati, peščari i gline alb-cenomana; 5. Peridotit; 6. Dijabaz-rožnačka formacija; 7. Krečnjaci i dolomiti ladinik-karna; 8.Slojeviti i msivni krečnjaci srednjeg trijasa; 9. Konglomerati, peščari, gline i krečnjaci donjeg trijasa; 10. Rasedi; 11. Otkrivene pojave boksita; 12. Ležište boksita Trafostanica

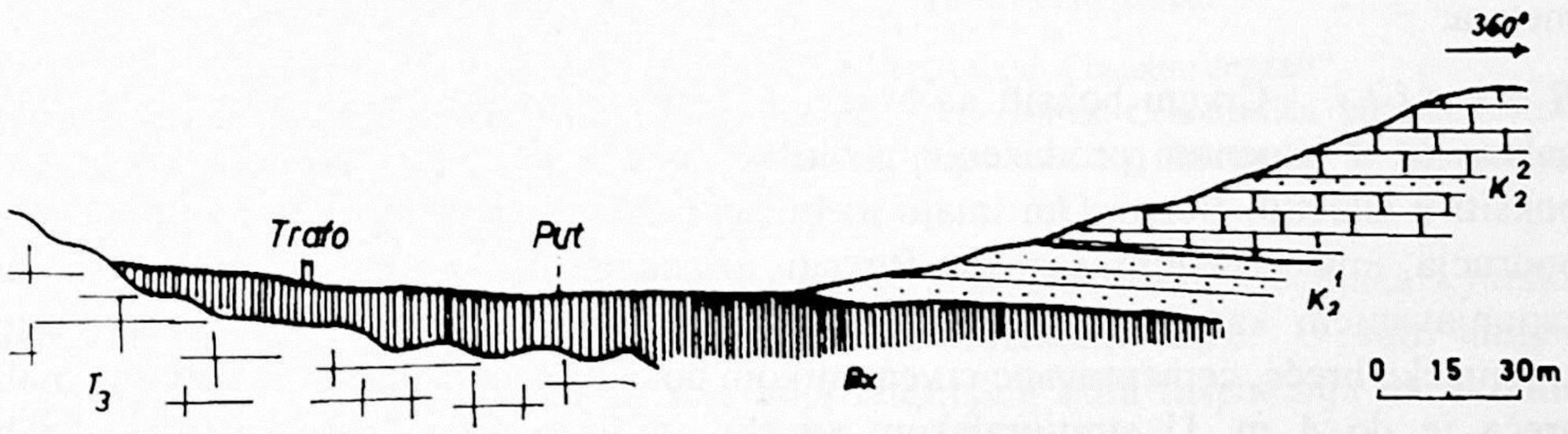
Fig. 13 - Geological map of the bauxite bearing Mačkat district

1. Miocene gravel of Mačkat; 2. Miocene conglomerates, sandstones and sands with dolomite interbeds; 3. Cenomanian bedded and massive bedded limestones; 4. Albian-Cenomanian conglomerates, sandstones and clays; 5. Peridotite; 6. Diabase-Chert formation; 7. Ladinian-Carnian limestones and dolomites; 8. Middle Triassic bedded and massive limestones;9. Lower Triassic conglomerates, sandstones, clays and limestones; 10. Faults; 11. Bauxite occurrences; 12. Bauxite deposit

Jurske tvorevine su predstavljene dijabaz-rožnačkom formacijom čije je rasprostranjenje vezano za istočne i jugoistočne delove ispitivanog terena. Sa starijim formacijama je obično u tektonskom kontaktu ili su duž reversnih dislokacija starije formacije navučene preko njih. Serpentinisani peridotiti su otkriveni kao manja masa zapadno od Kaldrme.

U toku istraživanja boksita prikupljeni su podaci o krednim sedimentima, koji se u znatnoj meri razlikuju od ranije publikovanih. Novim detaljnim radovima T i m o t i j e v i ć a (1984, 1988, 1992), G r u b i ć a, T i m o t i j e v i ć a i dr. (1988), T i m o t i j e v i ć a, B o j i ć a (1986) posebno su dobro izučeni klastični sedimenti, za koje je većina istraživača smatrala da su bazalni deo transgresivne krede. Oni čine, međutim, najstarije slojeve kredne serije i leže transgresivno preko starije podloge i boksita.

Po G r u b i ć u i T i m o t i j e v i ć u (1983) kredna starost povlatnih peskovito-glinovitih i šljunkovitih tvorevina, sa niskim stepenom dijagenetskih promena, odmah je utvrđena čim su pronađeni boksiti na osnovu njihovog superpozicionog položaja. Kasnije, na osnovu palinoloških ispitivanja koja je obavio M. E r c e g o v a c , utvrđeno je da ovi sedimenti sigurno pripadaju cenomanu, ali da mogu sadržati i deo alba (G r u b i ć i dr., 1988). Ovi klastiti na otvorenim profilima leže preko boksita i ispod sigurno utvrđenih gornjokrednih krečnjaka (Sl. 14).




Sl. 14 - Geološki profil preko ležišta boksita (Trafo) u blizini sela Nikojevići (Grubić, Timotijević, 1983)
$T_3$ - Krečnjaci gornjeg trijasa; Bx - Boksit; $K_2^1$ - Bazalni klastiti cenomana; $K_2^2$ - Krečnjaci turona

Fig. 14 – Geological cross section over the bauxite deposit (Trafo) near the village Nikojevići(Grubić,Timotijević, 1983)
$T_3$ – Upper Triassic limestones; Bx – Bauxite; $K_2^1$ – Basal clastites of Cenomanian; $K_2^2$ – Turonian limestones

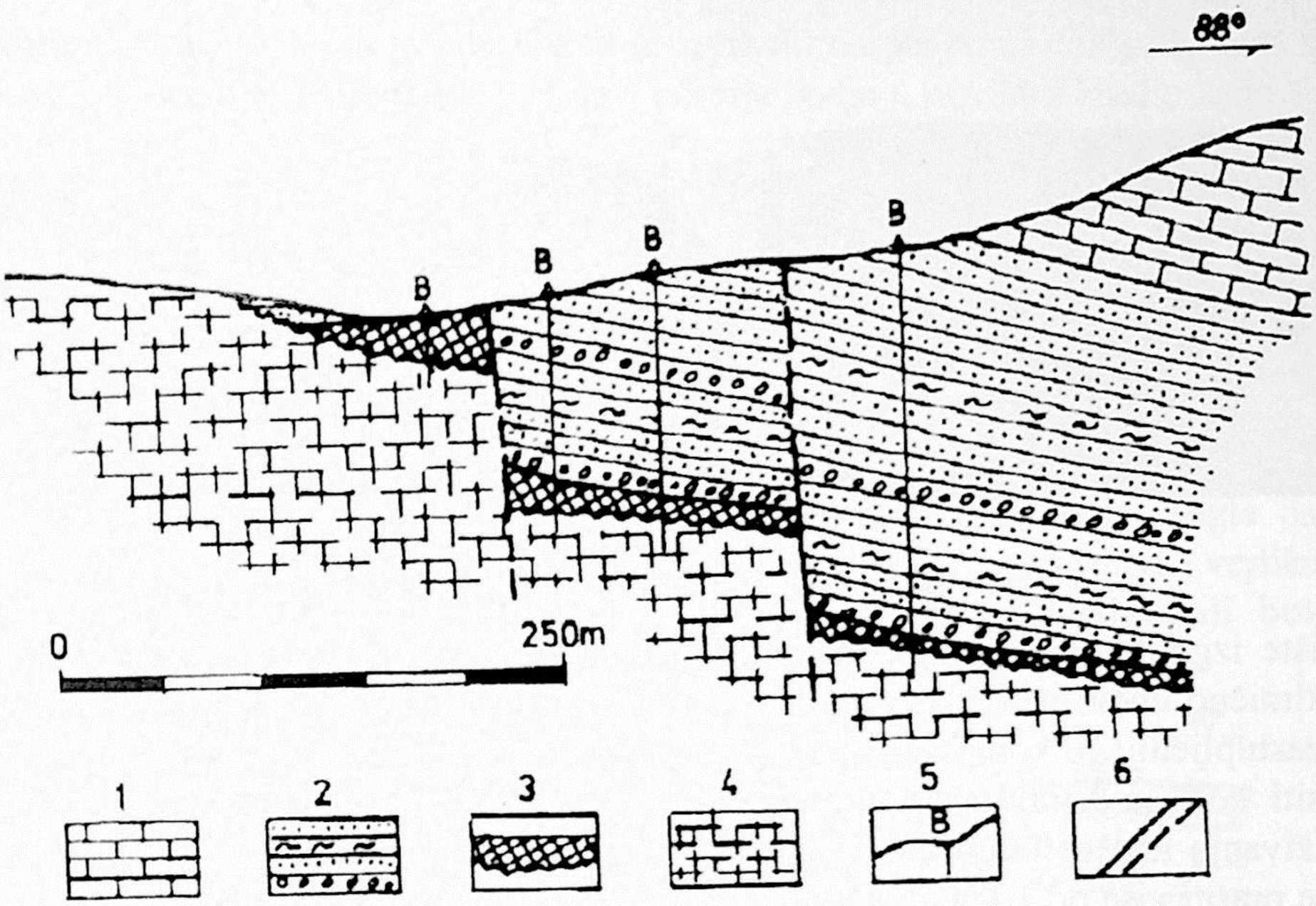
Slojeviti i bankoviti krečnjaci leže preko klastičnih sedimenata ili su u tektonskom kontaktu sa trijaskim krečnjacima i dijabaz-rožnačkom formacijom. Slojeviti krečnjaci se po T i m o t i j e v i ć u i B o j i ć u (1986) postupno razvijaju iz završnog dela klastične serije. Na osnovu mikropaleontoloških ispitivanja slojeviti krečnjaci po starosti odgovaraju donjem cenomanu, a bankoviti srednjem do gornjem cenomanu. Kredna serija u rudnom polju Mačkata završava se bankovitim i masivnim krečnjacima čiji jedan deo najverovatnije odgovara turonu, a konstatovan je na Ravanjskom polju (D i m i t r i j e v i ć i dr., 1996).

Po podacima T i m o t i j e v i ć a (1988) utvrđeno je da su tereni u ataru sela Nikojevići izgrađeni od klastičnih sedimenata krede, a ne od miocenskih sedimenata kao što se ranije mislilo. Pojedini autori su im davali veće rasprostranjenje od stvarnog, najverovatnije zato što su i klastični sedimenti krede u većini slučajeva slabo vezani i raspadnuti. Slatkovodni jezerski sedimenti miocena javljaju se severno od Mojsilovića, prema Belim Zemljama. Na osnovu litološkog sastava mogu se izdvojiti dve jedinice: kompleks zelenih klastita, i mačkatski šljunkovi.

Tektonika rudnog polja Mačkata i okoline je veoma složena. Rasedi predstavljaju najizraženiji oblik strukturnih deformacija. Na osnovu orjentacije mogu se izdvojiti dva glavna sistema: longitudinalni, dinarskog pravca pružanja, i transverzalni, upravni na njih. Longitudinalne rasedne strukture dominiraju u geološko-strukturnom sklopu ovog područja. Najmarkantnija dislokacija je ona koja se pruža preko sela Ravni i Skržuti i dalje prema severozapadu. Druga po važnosti je dislokacija Nikojevići, koja se prati po pružanju više od deset kilometara. Duž ovog raseda, kao i prethodnog došlo je do znatnih vertikalnih kretanja. U njihovom severozapadnom delu ova kretanja iznose 30-80 m, pri čemu je istočni blok relativno spušten u odnosu na zapadni blok. T i m o t i j e v i ć (1995) navodi da je postrudna tektonika takođe veoma izražena. Posmatrano u celini boksitno rudno polje Mačkata, boksiti i povlatni sedimenti pretrpeli su intenzivna razlamanja i pomeranja posle njihovog stvaranja. Ova kretanja su iznosila i nekoliko desetina metara.

***B o k s i t i.*** Crveni boksiti na Mačkatu, u predelu Nikojevića, Ravni i Skržuta nalaze se u istočnom produženju geološke zone u kojoj su smešteni vlasenički boksiti u istočnoj Bosni. Oni imaju identičan položaj, mada između dva pomenuta područja ima i manjih razlika. Boksiti pripadaju karstnom tipu, a nastali su zapunjavanjem karstnog paleoreljefa u krečnjacima. U podini boksita su česte krečnjačke breče, cementovane crvenomrkom boksitičnom materijom. Debljina ovih breča je do 4 m. U stratigrafskom smislu oni leže preko paleokarstifikovanih trijaskih krečnjaka ladinsko-karnijskog kata, a prekriveni su krednim klastičnim sedimentima alb-cenomana.

Dosadašnjim prospekcijsko-istražnim radovima, u rudnom polju Mačkata, pronađeno je više izdanaka boksita duž granice između trijaskih krečnjaka i krednih sedimenata ili u njenoj neposrednoj blizini. Pored toga, duž granice na više mesta, kao i na trijaskim krečnjacima registrovane su indikacije koje ukazuju na prisustvo boksita u blizini. Na bazi tih izučavanja konstatovano je da ležišta imaju nepravilno slojevit oblik površine do nekoliko stotina hiljada kvadratnih metara i debljine boksitnog sloja do 40 m. Podina boksitnog sloja je zakaršćena i jako neravna, a povlata ravna i postrudnom tektonikom rasedana i pomerana zajedno sa boksitnim slojem. Postrudna tektonika je jako izražena tako da su podinski krečnjaci i boksiti mestimično izdignuti do površine terena. Vertikalna kretanja mestimično iznose preko 150 m, a u predelu Trafostanice, na osnovu dubinskog bušenja, ona se kreću od 30-80 m (Sl. 15).

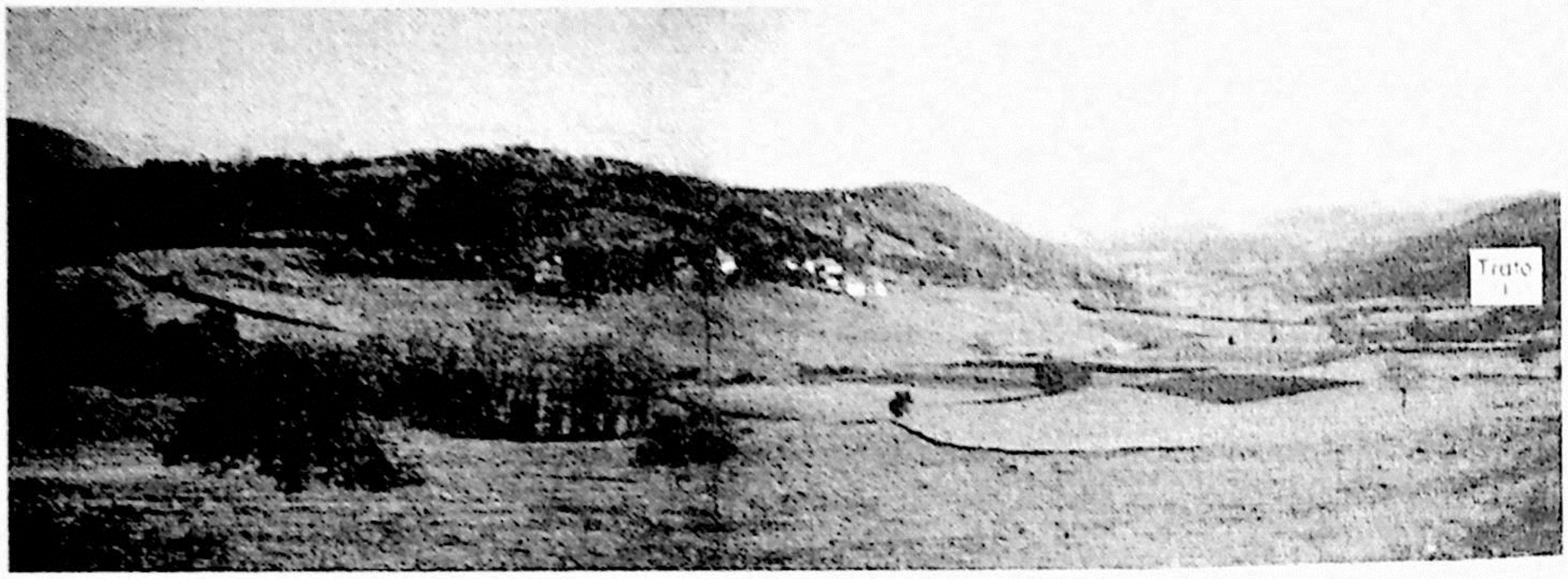



Sl. 15 - Poprečni geološki profil ležišta boksita Trafostanica
1. Slojeviti i bankoviti krečnjaci cenomana; 2. Konglomerati peščari i gline alb-cenomana 3. Boksiti; 4. Krečnjaci i dolomiti ladinsko-karnijskog kata; 5. Istražne bušotine; 6. Rasedi

Fig. 15 – Geological cross section of the Trafostanica bauxite deposit
1. Cenomanian bedded and massive bedded limestones; 2. Albian-Cenomanian conglomerates, sandstones and clays; 3. Bauxites; 4. Ladinian-Carnian limestones and dolomites; 5. Exploratory boreholes; 6. Faults

Stvaranje boksita je vezano za period posle stvaranja trijaskih krečnjaka i jurskih tvorevina, kada je nastupio duži period kontinentalne faze. U tom dugom vremenskom periodu došlo je do stvaranja lateritskih kora raspadanja na okolnim terenima, a u isto vreme dolazi i do karstifikacije trijaskih krečnjaka. Kasnije, usled povoljnih klimatskih i drugih uslova, dolazi do razaranja lateritskih kora raspadanja, njihovog kraćeg transporta i deponovanja u već stvorenim karstnim oblicima. Materijal koji je deponovan u toku kontinentalne faze u pogodnim karstnim oblicima pretrpeo je različit stepen boksitizacije u pojedinim delovima rudnog polja, pa sada imamo po kvalitetu raznovrsna ležišta crvenog boksita. Sudeći po podacima o geohemijskoj migraciji elemenata u ležištima izgleda dosta verovatno da se boksitizacija vršila u neposrednoj blizini kore raspadanja ili posle kraćeg transporta. Ležišta boksita su nepravilno-slojevitog oblika i mogu biti velikih dimenzija, sa rezervama od nekoliko miliona tona, kao što je slučaj sa ležištem boksita Trafostanica.

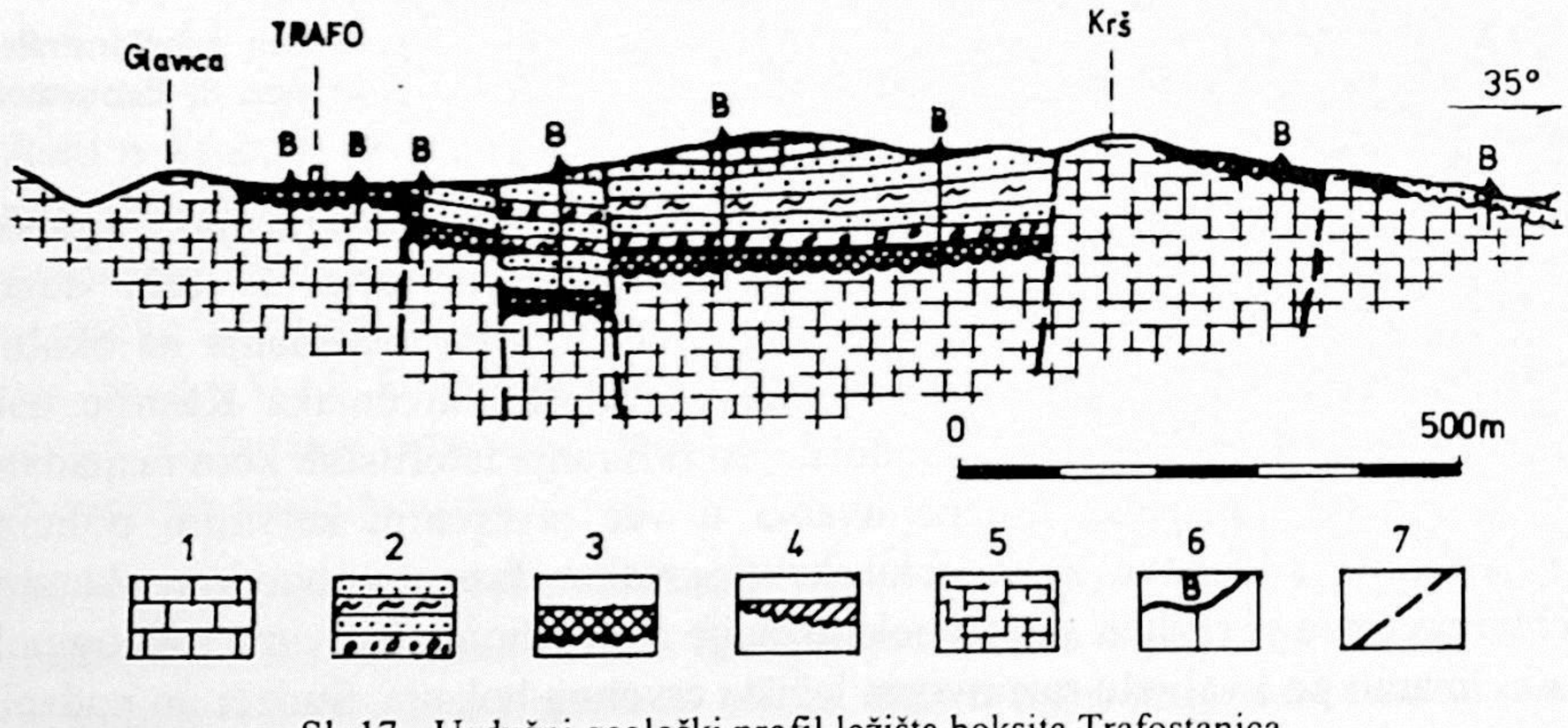
Ležište **T r a f o s t a n i c a** je najznačajnije i do sada najistraženije ležište boksita u rudnom polju Mačkata, a nalazi se u Nikojevićima u predelu Trafostanice (Sl.16).




Sl. 16 – Panorama ležišta boksita Trafostanica

Fig. 16– Panoramic wiev of the Trafostanica bauxite deposit

Ležište izgrađuje crvenomrki boksit oolitsko-pizolitske strukture i mada se mogu mestimično uočiti delovi ležišta gde se ooliti i pizoliti skoro u potpunosti povlače. Najzastupljeniji je kompaktan boksit, ali se često javljaju mekše partije i glinoviti boksiti koji su karakteristični za obodne delove ležišta. Na osnovu dosadašnjih istraživanja ležište Trafostanica ima oblik kontinuiranog sloja, koji se po pružanju može pratiti više od 1 km, dok mu širina iznosi oko 300 m. Podinu boksita čine jako karstifikovani svetlosivi, bankoviti i masivni krečnjaci ladinik-karna. Neposredna povlata predstavljena je klastičnim sedimentima alb-cenomana, preko kojih leži karbonatna serija cenomana (Sl. 17).




Sl. 17 - Uzdužni geološki profil ležišta boksita Trafostanica

1. Slojeviti krečnjaci cenomana; 2. Konglomerati, peščari i gline alb-cenomana; 3. Crveni boksiti; 4. Glinoviti boksiti; 5. Krečnjaci i dolomiti ladinsko-karnijskog kata; 6. Istražne bušotine; 7. Rasedi

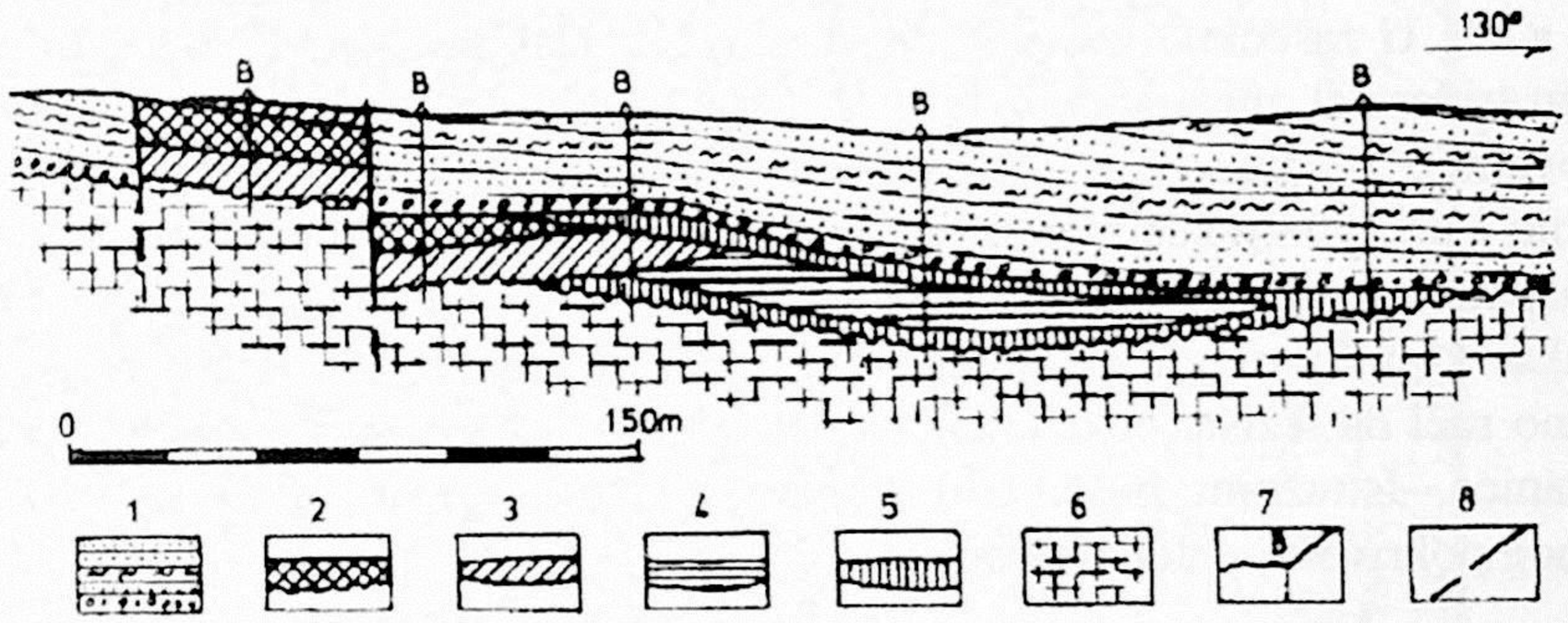
Fig. 17 – Longitudinal geological cross section of the Trafostanica bauxite deposit

1. Cenomanian bedded limestones; 2. Albian-Cenomanian conglomerates, sandstones and clays; 3. Red bauxites; 4. Clayey bauxites; 5. Ladinian-Carnian limestones and dolomites; 6. Exploratory boreholes; 8. Faults

Ležište boksita Trafostanica se sastoji iz dva dela: otkriveni, manji, i pokriveni znatno veći deo. Manji deo, koji se nalazi na površini i delimično pokriven humusom mrkocrvene boje male debljine, predstavlja neerodovani boksit sačuvan u udubljenjima paleoreljefa. On je sačuvan na površini približno 200x200 m, a

zahvaljujući regionalnom rasedu boksit je izdignut na površinu dok je istočni blok relativno spušten oko 30 m, gde se preko boksita javljaju povlatni kredni sedimenti. Debljina boksita u ovom delu ležišta, na osnovu podataka istražnog bušenja, kreće se od 12-28 m.

Kvalitet boksita u ležištu je jako promenljiv. Varijabilnost sadržaja osnovnih komponenti boksita izražena je kako u vertikalnom tako i u horizontalnom pravcu. Činjenica je, međutim, da se u okviru ležišta mogu izdvojiti boksiti dobrog kvaliteta sa silicijumskim modulom ($Al_2O_3/SiO_2$) preko 7, koji i u sadašnjim uslovima zadovoljavaju uslove prerade Bayer-ovim postupkom. Kvalitetan boksit se javlja u delu ležišta koji se nalazi na površini terena, gde bi eksploatacija mogla da se obavlja površinskim kopom uz veoma mala ulaganja. Na osnovu vertikalne distribucije aluminije i silicije može se konstatovati da se kvalitetniji boksiti uglavnom javljaju u središnjem ili gornjem delu boksitnog sloja (Sl. 18).




Sl. 18 - Geološki profil ležišta boksita Trafostanica (Timotijević, 1995)
1. Konglomerati, peščari i gline alb-cenomana; 2. Kvalitetan boksit; 3. Boksit dobrog kvaliteta; 4. Boksit slabijeg kvaliteta; 5. Glinoviti boksit; 6. Krečnjaci i dolomiti ladinik-karna; 7. Istražne bušotine; 8. Rasedi

Fig. 18 – Detailed geological cross section of the Trafostanica bauxite deposit (Timotijević, 1995)
1 Albian-Cenomanian conglomerates, sandstones and clays; 2. Wery high grade bauxite; 3. High grade bauxite; 4. Low grade bauxite; 5. Clayey bauxite; 6. Ladinian-Carnian limestones and dolomites; 7. Exploratory boreholes; 8.Faults

Crveni boksiti u ležištu, kao i u celom rudnom polju, pripadaju bemitsko-kaolinitskom i kaolinitsko-bemitskom tipu, dok su čisto bemitski boksiti retki. Stalni mineralni sastav boksita je sledeći: bemit, kaolinit, hematit i Ti-minerali. Ostali minerali kao getit, magnetit i pirit prisutni su u minimalnim količinama. U tesnoj vezi sa mineralnim sastavom je i hemijski sastav boksita, koji je za ležište Trafostanica veoma varijabilan. Sadržaji osnovnih komponenti boksita dati su u tabeli 4.

Hemijskim i geohemijskim ispitivanjima utvrđeno je da ovi boksiti imaju povećane sadržaje Fe, Cr, Ni, Co i Mn što ukazuje na matični materijal od koga su oni nastali. Povećano učešće ovih elemenata svakako ukazuje da jedan deo materijala potiče iz lateritskih kora raspadanja koje su bile formirane na bazičnim i ultrabazičnim stenama.

Tabela 4 (u %)
Table 4 (in %)

| Komponenta<br>Constituent | Od<br>From | Do<br>To |
|---|---|---|
| $Al_2O_3$ | 38,06 | 52,10 |
| $SiO_2$ | 5,23 | 16,10 |
| $Fe_2O_3$ | 19,08 | 41,25 |
| $TiO_2$ | 2,27 | 3,88 |
| CaO | 0,08 | 0,83 |
| Gž<br>Loss of ignition | 9,27 | 11,37 |

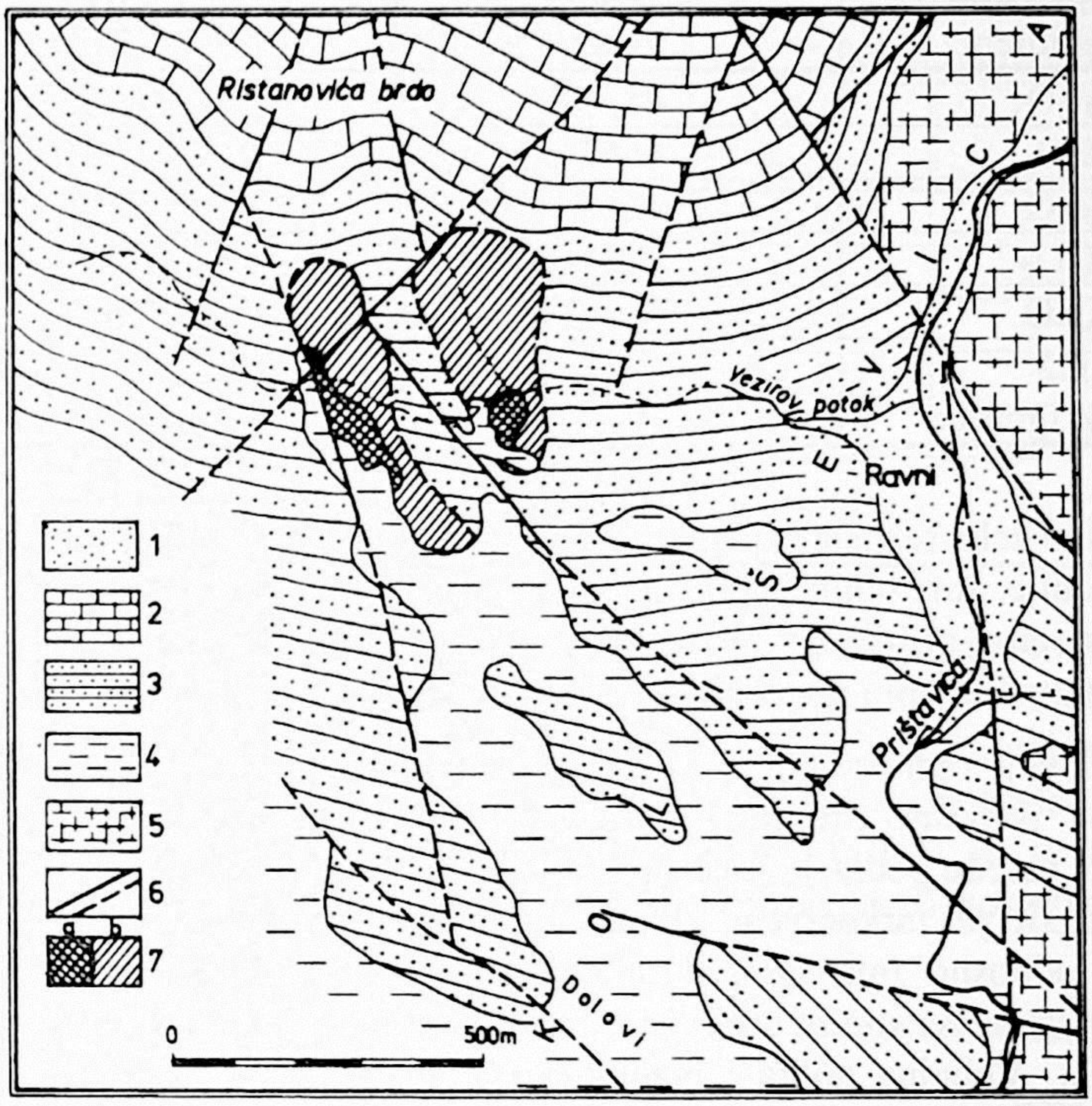
Severoistočno od ležišta Trafostanica, na daljini od oko 600 m nalazi se ležište **B j e l a c i**. U zaseoku Ćose otkrivena su tri izdanka boksita od kojih najveći ima površinu tridesetak metara kvadratnih. Izdanci se javljaju na dužini od oko 300 m i najverovatnije predstavljaju otkrivene delove jednog rudnog tela, zamaskiranog humusom i povlatnim sedimentima male debljine. Boksiti su na površini u znatnoj meri raspadnuti, trošni i podina im nije otkrivena osim manjih izdanaka trijaskih krečnjaka, koji bi mogli da predstavljaju vrhove "piramida". Za sada se može pouzdano reći da ležište boksita Bjelaci zauzima znatno manju površinu od ležišta Trafostanica. Istražnim bušenjem je potvrđeno da boksit zaleže ispod tankog humusnog pokrivača, a debljina boksita se kreće do 28 m.

Boksiti su oolitske i oolitsko-pizolitske strukture, crvenomrke boje i promenljivog kvaliteta. Na izdancima su znatno raspadnuti i onečišćeni što se svakako odražava i na njegov kvalitet. Za ove boksite bemitskog tipa, karakterističan je znatno veći sadržaj gvožđa, tako da u pojedinim probama dostiže vrednost do 48% $Fe_2O_3$. Sadržaj $SiO_2$ je takođe visok (do 31%) i posmatrano u celini boksiti su nekvalitetniji od onih u ležištu Trafostanica.

Na južnim padinama Ristanovića brda, u Vezirovom potoku otkriveno je ležište boksita **V e z i r o v P o t o k.** Ležište se nalazi oko 700 m zapadno od sela Ravni i sastoji se iz dva rudna tela: zapadno i istočno rudno telo (Sl. 19).

Zapadno rudno telo ima oblik nepravilnog sočiva izduženog u pravcu SZ-JI, i po dužini se može pratiti oko 500 m. U Vezirovom potoku otkriven je veći izdanak boksita. Na otvorenom profilu u desnoj obali potoka vidljiva debljina boksita iznosi preko 10 m. Boksit je mrkocrvene do crvene boje oolitsko-pizolitske do afanitske strukture, kompaktan, krt i cepa se u tanke ploče. Ooliti i pizoliti su neravnomerno raspoređeni u osnovnoj masi tako da postoje partije u kojima oolita uopšte nema ili su vrlo retki (desna obala potoka), dok su mestimično jako koncentrisani tako da čine i do 50% boksita (leva obala potoka). Veličina oolita i pizolita kreće se od mikroskopskih dimenzija do preko 3 mm u prečniku. Najzastupljeniji su ooliti veličine do 1 mm, dok su pizoliti preko 3 mm krajnje retki. Boksiti su sačuvani uz

rasede, duž kojih je došlo do izdizanja trijaskih podinskih krečnjaka, a delimično i boksita, dok su kredni sedimenti spušteni i sačuvani od erozije.




Sl. 19 - Geološka karta ležišta boksita Vezirov Potok

1. Aluvijon; 2. Slojeviti i bankoviti krečnjaci cenomana; 3. Konglomerati, peščari i gline alb-cenomana; 4. Krečnjaci i dolomiti ladinik-karna; 5. Slojeviti i masivni krečnjaci srednjeg trijasa; 6. Rasedi; 8. Ležište boksita ; a) otkriven deo, b) pokriven deo

Fig. 19 – Geological map of the Vezirov Potok bauxite deposit

1. Alluvium; 2. Cenomanian bedded and massive bedded limestones; 3. Albian-Cenomanian conglomerates, sandstones and clays; 4. Ladinian-Carnian limestones and dolomites; 5. Middle Triassic bedded and massive bedded limestones; 6. Faults; 7. Bauxite deposit: a) uncovered part, b) covered part

Preko sprudnih krečnjaka trijasa leže boksiti, a preko njih klastični delom glinoviti deo kredne serije. Veći deo zapadnog rudnog tela je pokriven povlatnim krednim sedimentima debljine do 90 m. Boksit je kompaktan i kataklaziran sa retko uočljivim oolitima i pizolitima, debljine relativno ujednačene koja se kreće do 6 m. Pripada bemitsko-kaolinitskom tipu, a kvalitet je jako neujednačen, ali gledano u celini on je loš, odnosno čini prelaz ka glinovitim boksitima i boksitičnim glinama. Sadržaji osnovnih komponenti boksita za celo rudno telo prikazani su u tabeli 5.

Uočava se da je sadržaj $Al_2O_3$ relativno nizak, $SiO_2$ visok, dok je sadržaj $Fe_2O_3$ znatno niži (17,5% srednji) u odnosu na boksit iz severozapadnog dela ovog rudnog polja. Sadržaji ostalih komponenti se kreću u uobičajenim granicama za ove boksite.

Tabela 5 (u %)
Table 5(in %)

| Komponenta<br>Constituent | Od<br>From | Do<br>To |
|---|---|---|
| $Al_2O_3$ | 25,14 | 44,75 |
| $SiO_2$ | 9,65 | 35,76 |
| $Fe_2O_3$ | 12,25 | 33,20 |
| $TiO_2$ | 1,44 | 3,08 |
| CaO | 0,02 | 0,96 |
| Gž<br>Loss of ignition | 9,43 | 13,35 |

Istočno rudno telo se nalazi neposredno pored zapadnog rudnog tela, ali oko sto metara istočnije. Ima oblik nepravilno izduženog sočiva dužine oko trista, a širine do dvesta metara, približnog pružanja sever-jug. Sastoji se iz dva dela: površinski otkriveni, znatno manji i pokriveni znatno veći deo.

Manji deo ovog rudnog tela, koji se nalazi u desnoj obali Vezirovog potoka, i otkriven na površini predstavlja neerodovani boksit sačuvan u paleoreljefu. Zahvaljujući rasedu podinski krečnjaci trijasa su izdignuti, a zajedno sa njima i deo boksita. Boksit je mrkocrvene do crvene boje, a u površinskim delovima je obezbojen, odnosno ima svetliju nijansu. Najčešće je kompaktan, polomljen i afanitske strukture sa sitnim oolitima. Mestimično su, međutim, ooliti i pizoliti jako koncentrisani. Veličina oolita i pizolita kreće se od ispod milimetra do 3 mm i gledano u celini neravnomerno raspoređeni u osnovnoj masi. Debljina boksita na izdanku, na osnovu istražne bušotine, iznosi do 15 m.

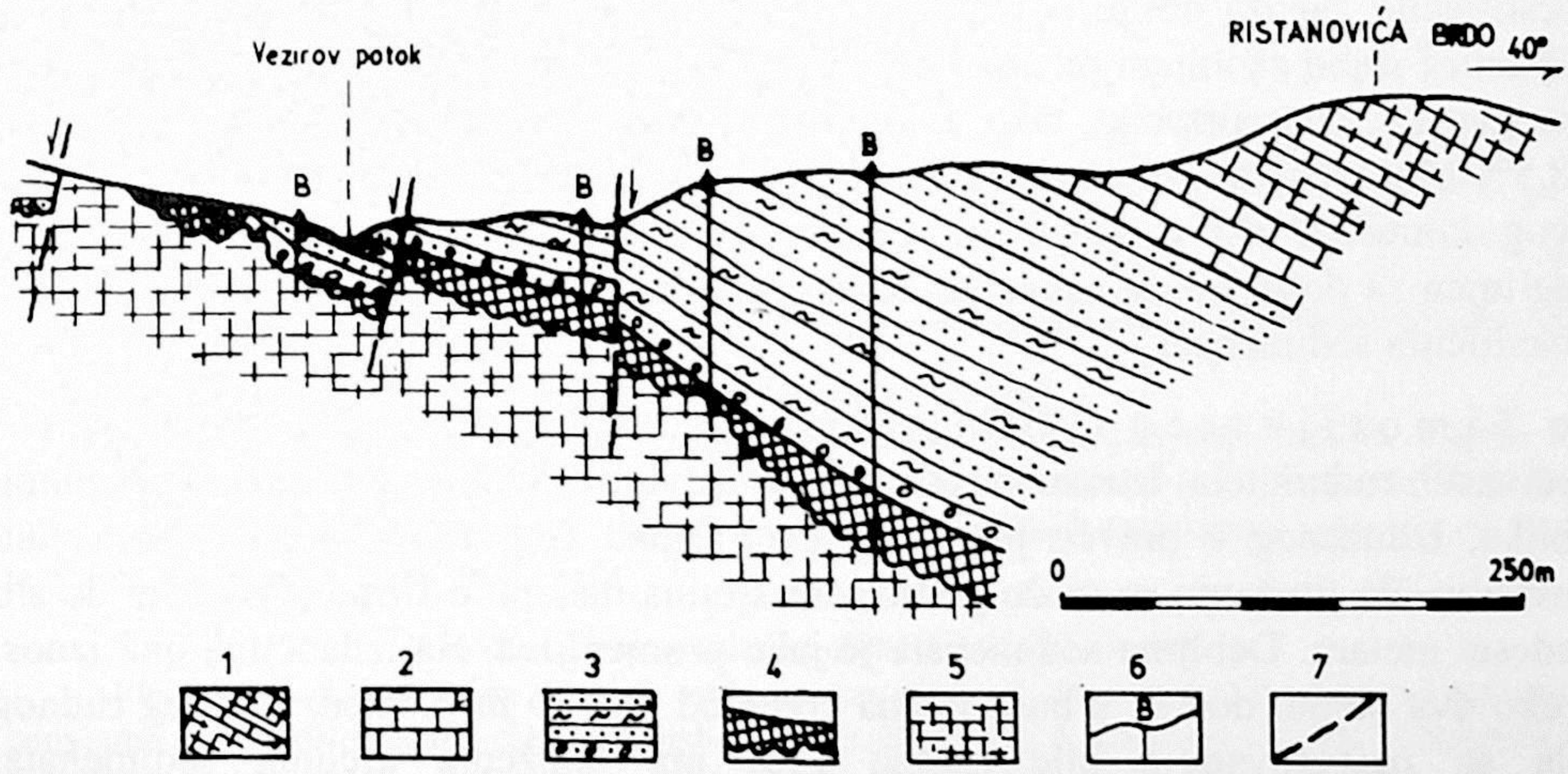
Najveći i najznačajniji deo istočnog rudnog tela nalazi se sačuvan ispod povlatnih krednih sedimenata, debljine 40-178 m. Debljina boksita, na osnovu podataka bušenja kreće se u intervalu od 6-29 m. Boksit je pretežno afanitske strukture sa retko uočljivim sitnim oolitima, ređe su oolitsko-pizolitske strukture i kompaktni. Česte su pojave trošnih, glinovitih i tektoniziranih boksita sa vidljivim tragovima kretanja. Neposredno u podini boksita trijaski krečnjaci su zakaršćeni, brečizirani i silifikovani, sive do crvenkaste boje sa boksitnom materijom u pukotinama i prslinama. U većini slučajeva se ispod boksita javljaju krečnjačke breče cementovane crvenomrkim boksitično-glinovitim materijalom. Debljina krečnjačkih breča je do 4 m.

Mineralni sastav boksita je promenljiv. To su najčešće kaolinitsko-bemitski i bemitsko-kaolinitski boksiti, koji čine prelaz ka glinovitim boksitima i boksitičnim glinama. Od ostalih minerala konstatovani su hematit, getit, hlorit, montmorionit i kvarc. Takav mineralni sastav boksita u velikoj meri se odražava i na njegov kvalitet, što ih čini nekvalitetnim i u sadašnjim uslovima vanbilansnim. Sadržaji osnovnih komponenti boksita dati su u tabeli 6.

Tabela 6 (u %)
Table 6 (in %)

| Komponenta<br>Constituent | Od<br>From | Do<br>To | Najčešće<br>Most commonly | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Od<br>From | Do<br>To |
| $Al_2O_3$ | 25,00 | 49,46 | 30,00 | 44,10 |
| $SiO_2$ | 13,02 | 36,72 | 13,02 | 26,52 |
| $Fe_2O_3$ | 16,63 | 43,97 | 16,63 | 24,00 |
| $TiO_2$ | 1,53 | 3,30 | 1,90 | 3,00 |
| CaO | 0,10 | 1,15 | 0,15 | 0,25 |
| Gž<br>L. of ignition | 10,15 | 13,87 | 10,50 | 12,00 |

Tektonska aktivnost posle stvaranja ležišta boksita je bila veoma intenzivna što je ostavili traga i na boksitima. Boksiti su zaglinjeni, mestimično brečizirani, sa vidljivim tragovima kretanja i tamnije su boje nego obično. Rasedi su najčešće dinarskog pravca pružanja, mada su česti rasedi upravni na prethodne zbog čega ovaj teren poprima oblik blokovske strukture. Duž raseda je dolazilo i do značajnijih vertikalnih kretanja tako da su podinski krečnjaci i boksiti dovedeni u površinski nivo (Sl. 20).




Sl. 20 - Geološki profil ležišta boksita Vezirov Potok
1. Bankoviti krečnjaci cenomana; 2. Slojeviti krečnjaci cenomana; 3. Konglomerati, peščari i gline alb-cenomana; 4. Crveni boksiti; 5. Krečnjaci i dolomiti ladinik-karna; 6.Istražne bušotine; 7. Rasedi

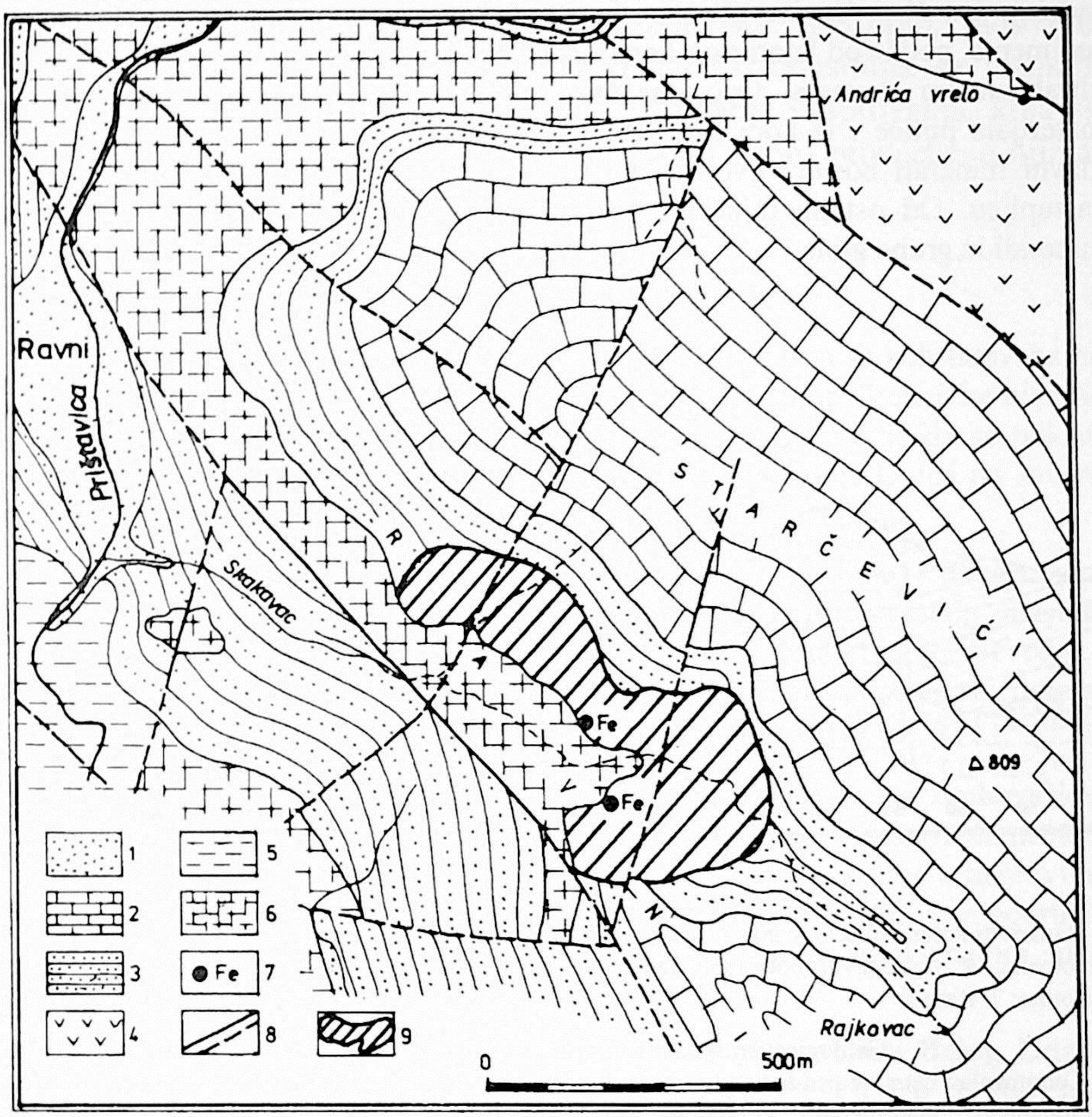
Fig. 20 – Geological cross section of the Vezirov Potok bauxite deposit
1. Cenomanian massive bedded limestones; 2. Cenomanian bedded limestones; 3. Albian-Cenomanian conglomerates, sandstones and clays; 4. Red bauxites; 5. Ladinian-Carnian limestones and dolomites; 6. Exploratory boreholes: 7. Faults

***G v o ž đ e v i t o - b o k s i t i č n i s e d i m e n t i.*** Proučavanjem boksita zapadne Srbije utvrđeno je da pojedina ležišta i pojave sadrže povećane koncentracije gvožđa, tako da se često može govoriti o gvoždevitim boksitima. Ovo se naročito odnosi na boksitonosno područje Mačkata, gde sadržaji $Fe_2O_3$ često iznose 48%. U jugoistočnom delu ovog rudnog polja otkriveni su gvoždevito-boksitični sedimenti, koji leže na srednjetrijaskim krečnjacima, sa povećanim sadržajem $Fe_2O_3$. Gvoždevito-boksitični sedimenti zauzimaju veću površinu, a istražnim bušenjem je utvrđeno da se javljaju i ispod povlatnih sedimenata.

Pojave gvoždevito-boksitičnih sedimenata na lokalnost Starčevići nalaze se u istom stratigrafskom nivou kao i boksiti ovog područja. U podini ovih sedimenata leže srednjetrijaski krečnjaci, najčešće sive boje, ispucali, silifikovani i karstifikovani. Krovina je heterogenog sastava i neposredno iznad gvoždevito-boksitičnih sedimenta predstavljena klastičnim krednim sedimentima. Izgrađena je od slabo vezanih kvarcnih konglomerata i peščara, zatim peskovitih glina, alevrolita i glina alb - cenomanske starosti. Kontinuirano u stubu zatim slede slojevi uslojenih krečnjaka, koji se postepeno razvijaju iz završnog dela klastične serije. Kreda se na ovom delu terena završava bankovitim i masivnim krečnjacima cenomanske starosti. Geološkom prospekcijom na ovom terenu su do sada registrovana dva izdanka gvoždevito-boksitičnih sedimenata (Sl. 21).

Na izdancima su gvoždevito-boksitični sedimenti u znatnoj meri raspadnuti i zaglinjeni. Boje su mrkocrvene i oolitsko-pizolirske strukture. U njima se mestimično zapaža obilje oolita i pizolita. Pored zaobljenih oolita često se mogu zapaziti i slabo zaobljeni pa čak i nepravilne forme. Na južnom izdanku zapaža se i manganska mineralizacija, tako da je sadržaj mangana znatno povećan i iznosi do 18,5% MnO. Izdanci su otkriveni u neposrednoj blizini kontakta trijasa i krede. Duž ovog kontakta, skoro njegovom celom dužinom, humus je mrkocrvene boje, zaglinjen sa dosta oolita i pizolita, a mestimično se zapažaju i komadi gvoždevito-boksitičnih sedimenata.

Po T i m o t i j e v i ć u (1996b) gvoždevito-boksitični sedimenti se javljaju u vidu sočivastih rudnih tela. Istražnim radovima je izdvojeno jedno rudno telo nepravilnog oblika, izduženog u pravcu jugoistok-severozapad koje zauzima relativno veliku površinu. Po pružanju se može pratiti više stotina metara, a širine je oko sto do sto pedeset metara. Debljina sedimenata je jako promenljiva. Na izdancima ona iznosi preko dva metra, dok se u bušotinama kreće od 0,7-4,0 m. Dimenzije ovog rudnog tela su najverovatnije bile znatno veće pre taloženja krednih sedimenata. Predpostavljamo da je pre i za vreme alb-cenomanske transgresije došlo do intenzivnog razaranja i odnošenja nataloženog gvoždevito-boksitičnog materijala. Od erozije su sačuvani samo najniži delovi koji su se nalazili u paleokarstnim udubljenjima. Kao potvrda ovome mogli bi poslužiti pretaloženi ooliti i komadići ovih sedimenata u klastičnim krednim sedimentima. Strukturno istražnim bušenjem je konstatovano da se gvoždevito-boksitični sedimenti javljaju i dalje od kontakta trijasa i krede (Sl. 22).




Sl. 21 - Geolška karta Starčevići

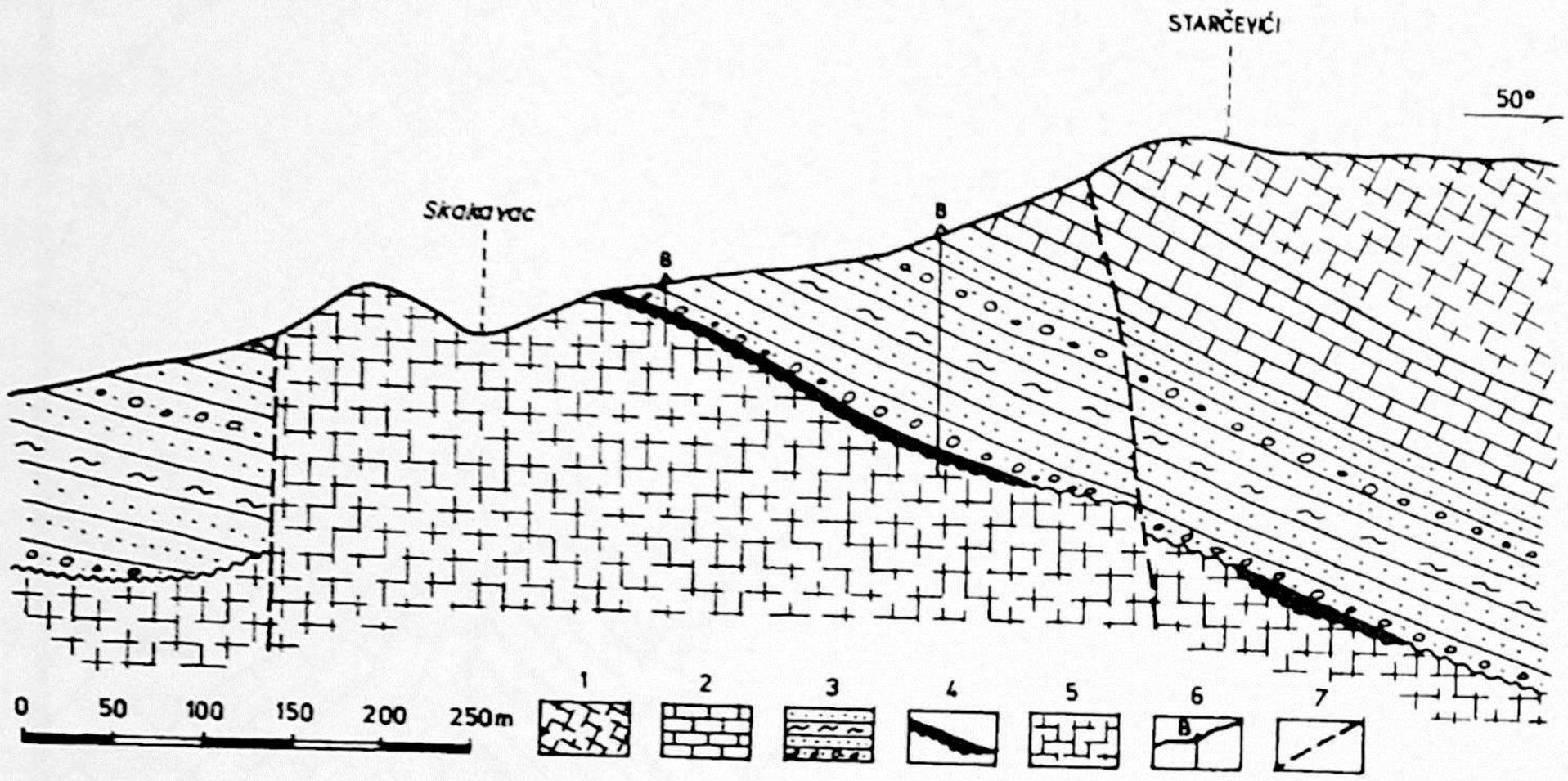
1. Aluvijon; 2. Slojeviti i bankoviti krečnjaci cenomana; 3. Konglomerati, peščari i gline alb-cenomana; 4. Dijabaz-rožnačka formacija; 5. Krečnjaci i dolomiti ladinsko-karnijskog kata; 6. Slojeviti i masivni krečnjaci srednjeg trijasa; 7. Pojave gvoždevito-boksitičnih sedimenata; 8. Rasedi; 9. Rudno telo gvoždevito-boksitičnih sedimenata

Fig. 21 – Geological map of the Starčevići locality

1. Alluvium; 2. Cenomanian bedded and massive bedded limestones; 3. Albian-Cenomanian conglomerates,sandstones and clays; 4. Diabase-Chert formation; 5. Ladinian-Carnian limestones and dolomites; 6. Middle triassic bedded and massive bedded limestones;7. Occurrences of ferruginous-bauxitic sediments; 8. Faults; 9. Ore body of ferruginous sediments

Kvalitet mineralne sirovine je veoma promenljiv. Postoje delovi rudnog tela gde je sadržaj $Fe_2O_3$ relativno visok preko 50%, ali na pojedinim delovima rudnog tela spušta se i ispod 20% $Fe_2O_3$. Niski sadržaji gvožđa se javljaju sa udaljavanjem od kontakta trijasa i krede. Sadržaji $Fe_2O_3$ kreću se u granicama od 20,00-53,12%. Karakteristično je da su povećani sadržaji $SiO_2$ (18-42%) i $Al_2O_3$ (do 27%), kao i MnO koji u južnom delu rudnog tela iznosi do 18,5%. Osim toga povećani su i

sadržaji Cr, Ni i Co što ukazuje da matični materijal, koji je dao boksite i ove sedimente, potiče od lateritskih kora raspadanja koje su bile formirane na bazičnim i ultrabazičnim stenama. Ovo, međutim, ne isključuje mogućnost da jedan deo materijala potiče i iz kora raspadanja formiranih na nekim drugim stenama. Kao glavni minerali nosioci gvožđa javljaju se hematit i getit, dok je limonit manje zastupljen. Od ostalih minerala prisutni su kaolinit, kvarc, bemit, Ti-minerali i minerali iz grupe glina.




Sl. 22 - Geolška profil rudnog tela Starčevići (Timotijević, 1996b)
1. Bankoviti krečnjaci cenomana; 2. Slojeviti krečnjaci cenomana; 3. Konglomerati, peščari i gline alb-cenomana; 4. Gvoždevito-boksitični sedimenti; 5. Masivni krečnjaci srednjeg trijasa; 6. Istražne bušotine; 7. Rasedi

Fig. 22 – Geological cross section of the ore body Starčevići (Timotijević, 1996b)
1. Cenomanian massive bedded and massive limestones; 2. Cenomanian bedded limestones; 3. Albian-Cenomanian conglomerates, sandstones and clays; 4. Ferruginous-bauxitic sediments; 5. Middle Triassic massive limestones; 6. Exploratory boreholes; 7. Faults

**Gornjokredni boksiti**

Na Grebničkoj planini, na oko 30 km istočno od Peći nalaze se pojave i ležišta gvoždevitih dijasporskih boksita. Grebnički boksiti su poznati više od četrdeset godina, dok se njihova eksploatacija, uz manje prekide u doba ekonomske blokade, obavlja preko trideset godina. Pre nego što je utvrđeno da se radi o ovoj mineralnoj sirovini, smatralo se da se na ovom području javljaju oolitne rude gvožđa, koje su poznate na više lokalnosti u široj okolini. O ovim rudama gvožđa najstarije podatke nalazimo kod H i s s l e i t n e r a (1951/52), koji u svojoj monografiji o serpentinitima Balkanskog poluostrva i Male Azije, smatra da su pojave na Grebničkoj planini tipična

oolitna ruda gvožđa u bazi krečnjačkih sedimenata. Međutim, radovima 1954/1955 godine je dokazano da se ovde radi o boksitima sa visokim sadržajem gvošđa. Bez obzira na obimna istraživanja i ispitivanja, koja su obavljena od tada pa do danas i što su ovi boksiti dobro proučeni, o njima, međutim, nema mnogo publikovanih radova.

## Boksitonosno rudno polje Grebnika

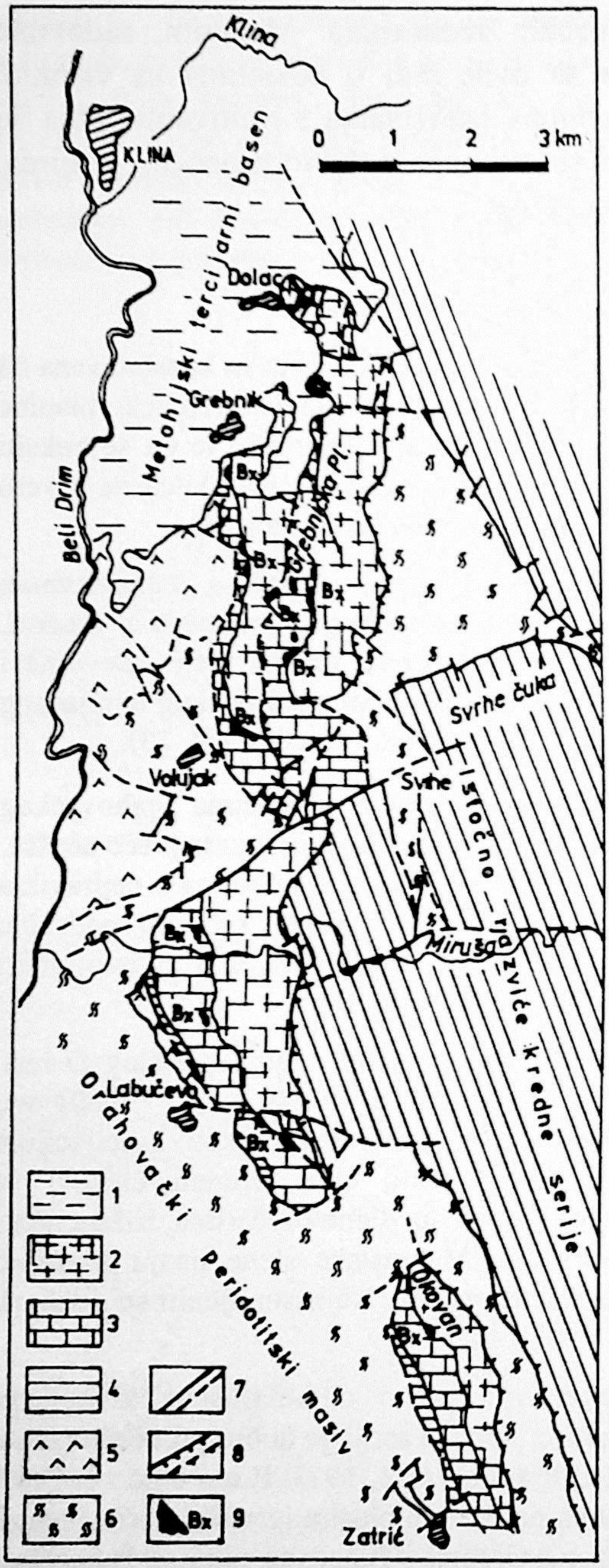
Pojave i ležišta gornjokrednih boksita nalaze se u Metohiji. Ona su konstatovana na istočnom obodu metohijske kotline i smeštena su na obroncima Grebničke planine po čemu su ova ležišta poznata kao Grebnički boksiti. Utvrđeno je da se boksiti javljaju u zoni pravca pružanja sever-jug, koja se pruža od sela Dolca na severu preko Grebničke planine, Labučeva i Okovana do sela Zatrića na jugu.

Područje Grebničke planine i šire okoline odlikuje se relativno jednostavnom geološkom građom. Teren je izgrađen od orahovačkog peridotitskog masiva, tvorevina dijabaz-rožnačke formacije, kao i sedimenata kredne serije. Severne i severoistočne delove terena prekrivaju pliocenski sedimenti metohijskog tercijarnog basena, dok su na celom prostoru česte pojave kvartarnih tvorevina (Sl. 23).

Peridotiti i serpentinisani peridotiti pripadaju severnim obroncima orahovačkog peridotitskog masiva. Od svih ultramafitskih stena harcburgiti imaju najveće učešće. Neizmenjeni harcburgiti su veoma retki i izdeljeni sistemom pukotina u nepravilna tela. Pojave dunita se javljaju u najistočnijem delu masiva, kao i u području Labučeva sa kojima su vezane pojave hromita. Ove stene su u znatnoj meri serpentinisane, tako da su mestimično pretvorene u serpentinite.

Dijabaz-rožnačka formacija ima najveće rasprostranjenje u oblasti Belog Drima, gde leži preko serpentinisanog peridotita. Po L o n č a r e v i ć u (1980) ovu formaciju sačinjavaju vulkanogeni deo sa dijabaz-spilit-keratofirskom asocijacijom stena i sedimentni u kome osnovnu komponentu čine terigeni članovi sa vulkanogenim facijama. Sedimentne stene su predstavljene peščarima, rožnacima i škriljavim glincima sive do crvenkaste boje. Magmatske stene imaju značajno rasprostranjenje i to češće u nižim delovima formacije. Najzastupljeniji su dijabazi, spiliti, gabrovi i keratofiri.

Serija krednih sedimenata leži transgresivno preko ultramafitskog kompleksa orahovca i stena dijabaz-rožnačke formacije. Kredna serija je dobro proučena (R a d o i č i ć, P e j o v i ć, 1969; P e j o v i ć, R a d o i č i ć, 1973; R a d o i č i ć, 1987; L o n č a r e v i ć, 1980 i dr.), tako da su na osnovu biostratigrafskog proučavanja izdvojena dva tipa razvića: zapadni, zona Grebnik-Milanovac planina-Pabaruša - boksitonosni, i istočni bez prekida u sedimentaciji .

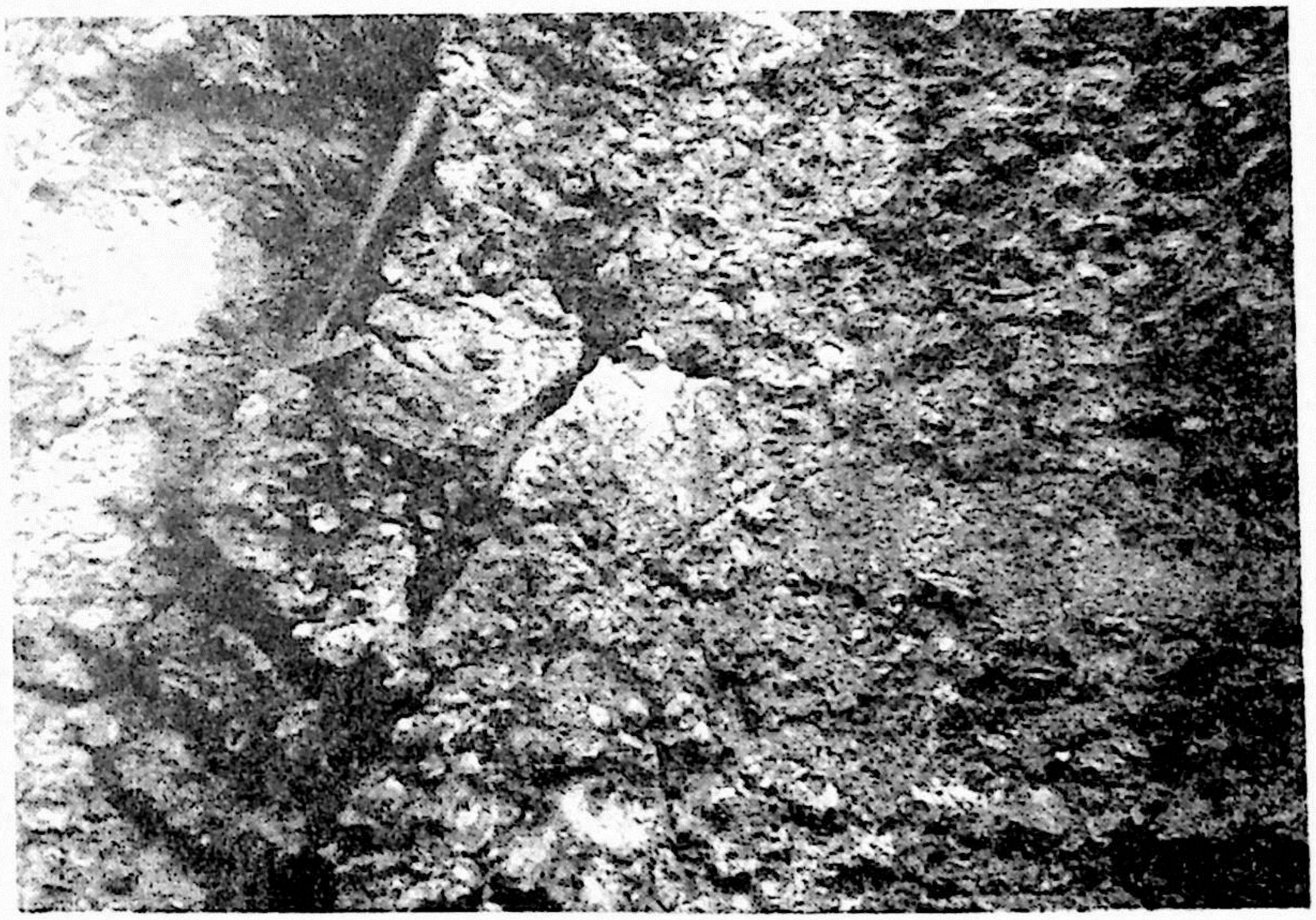



Sl. 23 - Pregledna geološka karta boksitonosne zone Grebnika i okoline
1. Konglomerati, peskovi i gline pliocena; 2. Bankoviti i slojeviti krečnjaci, laporoviti krečnjaci i laporci mastrihta; 3. Slojeviti krečnjaci donjeg i srednjeg turona; 4. Slojeviti i bankoviti krečnjaci cenomana; 5. Dijabaz-rožnačka formacija; 6. Serpentiniti; 7. Rasedi; 8. Čelo navlake, osmatrano i pokriveno; 9. Boksiti

Fig. 23 – Geological sketch map of the bauxite bearing zone of Grebnik and surroundings
1. Pliocene conglomerates, sands and clays; 2. Mastrrichtian massive bedded and bedded limestones, marly limestones and marlstones; 3. Lower and middle Turonian bedded limestones; 4. Cenomanian bedded and massive bedded limestones; 5. Diabase-Chert formation; 6. Serpentinites; 7. Faults; 8. Front of the overthrust, observed, covered; 9. Bauxites

Zapadni tip razvića kredne serije za nas je interesantniji, jer se u njemu javljaju boksiti. Po L o n č a r e v i ć u (1980) serija počinje sedimentima donje krede, koji se nalaze samo u ovoj zoni i mogu se pratiti kao uski pojas od Orahovca na sever i severoistok. Predstavljena je homogenim krečnjacima, brečama i sprudnim

crvenkastim krečnjacima barem-aptske starosti. Gornjokredne tvorevine kontinuirano leže preko donje krede, a počinje krečnjacima, peščarima i konglomeratima cenomanske starosti. Preko cenomanskih krečnjaka postepeno se razvijaju krečnjaci, skoro redovno tamne boje, donjeg turona, zatim slede dolomitični i peskoviti krečnjaci srednjeg i krečnjaci gornjeg turona. Sedimentacioni basen zapadne zone krajem turona oplićava, a zatim dolazi do emerzije i prekida sedimentacije. Kontinentalni režim traje od najvišeg turona do mastrihta. U tom periodu dolazi do karstifikacije turonskih krečnjaka, stvaranja lateritskih kora raspadanja i obrazovanja ležišta boksita. U oblasti grebničkih planina gde je stvaran boksit dolazi do transgresije za vreme mastrihta. Prvo se stvaraju plitkovodni sedimenti, odnosno rudistni krečnjaci, a zatim pelaški laporoviti krečnjaci i laporci. U jednom delu ovog razvića, pri završetku krečnjačkog paketa krečnjaci su peskoviti sa mnogo fragmenata rudistne faune (Sl. 24).



Sl. 24 – Sloj mastrihtskih krečnjaka sa fragmentima rudistne faune

Fig. 24 – Layer of Mastrichtian limestones with fragments or rudist fauna

Pliocen je predstavljen jezerskim sedimentima, koji se javljaju u severnim i zapadnim delovima boksitonosnog područja i pripadaju metohijskom basenu. Sedimenti pliocena leže transgresivno preko starijih formacija. Izgrađeni su od glinovito-laporovito-peskovitih sedimenata. U neposrednoj blizini ležišta boksita u njima su pronađeni pretaloženi fragmenti boksita (pojava br. 15).

Kvartar je predstavljen aluvijalnim nanosima, duž većih rečnih tokova, zatim siparima i deluvijalno-proluvijalnim tvorevinama. Na grebničkom boksitonosnom području značajni delovi terena izgrađeni su od crvenice sa uklopljenim komadima boksita.

Osnovne tektonske karakteristike boksitonosne gornjokredne serije Grebničke zone, po P o d u n a v c u i dr. (1988), je njeno pružanje u pravcu približno sever-jug, i pad slojeva najčešće prema istoku. U njoj su česta kraljuštanja, mestimično i ponavljanja pojedinih članova gornjokredne serije. Najizrazitiji reversni rasedi su na istočnom obodu peridotitskog masiva, pri čemu su kredni sedimenti navučeni na peridotite i obrnuto. Naborne strukture su naročito zapažene u području Grebničke planine, ali su redovno jako tektonski deformisane. Boksitonosna zona Grebnika, kao i šire područje, je za vreme paleogena pretrpela znatna ubiranja i intenzivna razlamanja. Duž većih raseda i rasednih zona došlo je mestimično do znatnih vertikalnih pomeranja, odnosno spuštanja ili izdizanja krupnijih delova boksitonosne zone. Sistemom longitudinalnih, poprečnih i dijagonalnih raseda čitava boksitonosna serija je ispresecana i izdeljena u manje ili više kretane blokove.

U zavisnosti od ovako složene tektonike, morfologije terena i stepena erodovanosti krovinskih sedimenata, u pojedinim delovima boksitonosne zone, pojave i ležišta boksita su potpuno i delimično otkrivena na površini terena ili se nalaze ispod povlatnih sedimenata. Samo duž zapadnog oboda serije, gde je erozijom otkrivena granica podine i povlate, kao i na južnim padinama Grebničke planine boksiti se javljaju na površini terena. U ostalim delovima zone, gde je sačuvana povlata debljina krovinskih sedimenata kreće se i preko 200 m. Dubina boksitonosnog nivoa se postepeno povećava u pravcu pada serije.

***B o k s i t i.*** Pojavljivanje boksita u području Grebnika i okoline vezano je isključivo za jednu jasno definisanu boksitonosnu zonu gornjokrednih sedimenata. Ona zahvata uzani pojas od sela Dolca na severu do sela Zatrića na jugu, dužine oko 15 km a širine 0,5-3,5 km. Zapadni obod ovog tektonski redukovanog boksitonosnog područja čine serpentiniti i dijabaz-rožnačka formacija, dok je na istoku u tektonskom kontaktu sa krednom serijom "istočnog razvića" i serpentinitima, koji su navučeni preko boksitonosne zone. Po A r s i ć u (1973) kod sela Dolca boksitonosna zona tone ispod sedimenata pliocena, a kod sela Zatrića tektonski iskljinjava između serpentinitskih kraljušti.

Detaljna biostratigrafska proučavanja omogućila su precizniju odredbu vremena deponovanje boksita na Grebničkoj planini. Ono svakako pada u interval između turona i mastrihta. Po R a d o i č i ć, P e j o v i ć (1969) najverovatnije je da je do deponovanja gvožđevito-boksitne materije došlo neposredno pre stvaranja rudistnih krečnjaka mastrihta, u prvim momentima transgresije, kada su stvarani krečnjački konglomerati i algalni krečnjaci slatkovodne ili oslađene sredine.

Podinu boksita izgrađuju slojeviti plitkovodni krečnjaci i ređe dolomitični krečnjaci cenomana, donjeg i najniži slojevi srednjeg turona, ukupne debljine do 200 m. Preko njih i u paleoreljefu krečnjaka najmlađeg dela srednjeg turona, neravnomerno raspoređenih džepno-sočivastih rudnih tela boksita, transgresivno i diskordantno leže rudistni krečnjaci mastrihta debljine do 80 m (A r s i ć, 1973). Preko ovih sedimenata kontinuirano je razvijena serija laporaca i laporovitih krečnjaka takođe

mastrihtske starosti. Iznad reljefa podine, na više mesta leži podrudna krečnjačka breča sa boksitnim vezivom .

Dosadašnjim istraživanjima u boksitonosnoj zoni .Grebnika pronađeno je šesdesetak manjih ili većih pojava i ležišta boksita. Od toga je polovina na samoj površini terena, dok su sva ostala "slepa" rudna tela pronađena dubinskim bušenjem na dubini od 20-200 m ispod krovine. Rudna tela su uglavnom sočivasto-izduženog oblika, rede nepravilnog oblika, istog pružanja i zaleganja kao kredna serija. Veličina rudnih tela znatno varira i kreće se od hiljadu do dva miliona tona, dok debljina boksita u ležištima iznosi do preko 25 m. Boksiti zapunjavaju džepna palcokarstna udubljenja u turonskim krečnjacima. Podina im je obično nepravilna (neravna) i odgovara zakaršćenom paleoreljefu, dok im je povlata skoro uvek ravna (Sl.25).



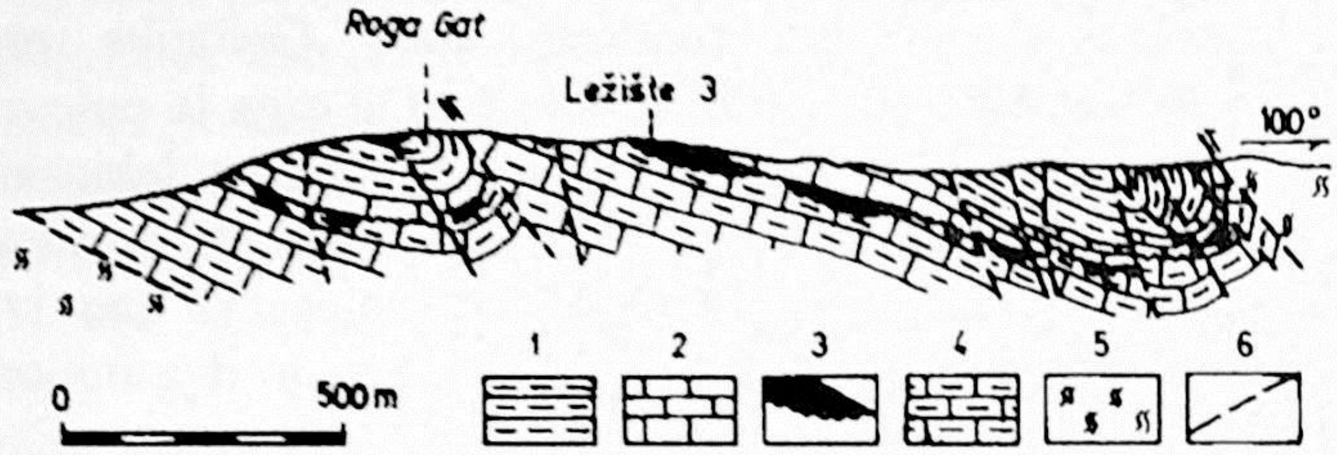
Sl. 25 – Zakaršćena podina u ležištu br. 3

Fig. 25 – Karstified floor in deposit No 3

Intenzivna tektonska aktivnost, karakteristična za rudno polje Grebnika, ostavila je traga i na ležišta boksita. Kod pojedinih ležišta zapažaju se manja ili veća vertikalna kretanja boksita zajedno sa krovinom i podinom, duž uočenih raseda. Rasedima, sistemima prslina i pukotina boksiti su izdeljeni u nepravilne blokove, a mestimično su i uškriljeni (Sl. 26).

Boksiti su mrkocrvene boje, kompaktni, oolitske, oolitsko-pizolitske i pizolitske strukture, preloma nepravilnog do školjkastog. Najčešće su velike tvrdine tako da se često ne mogu razbiti čekićem. Uz krovinu se zapaža prisustvo belih i crvenkastih glinovitih boksita, koji postupno prelaze u

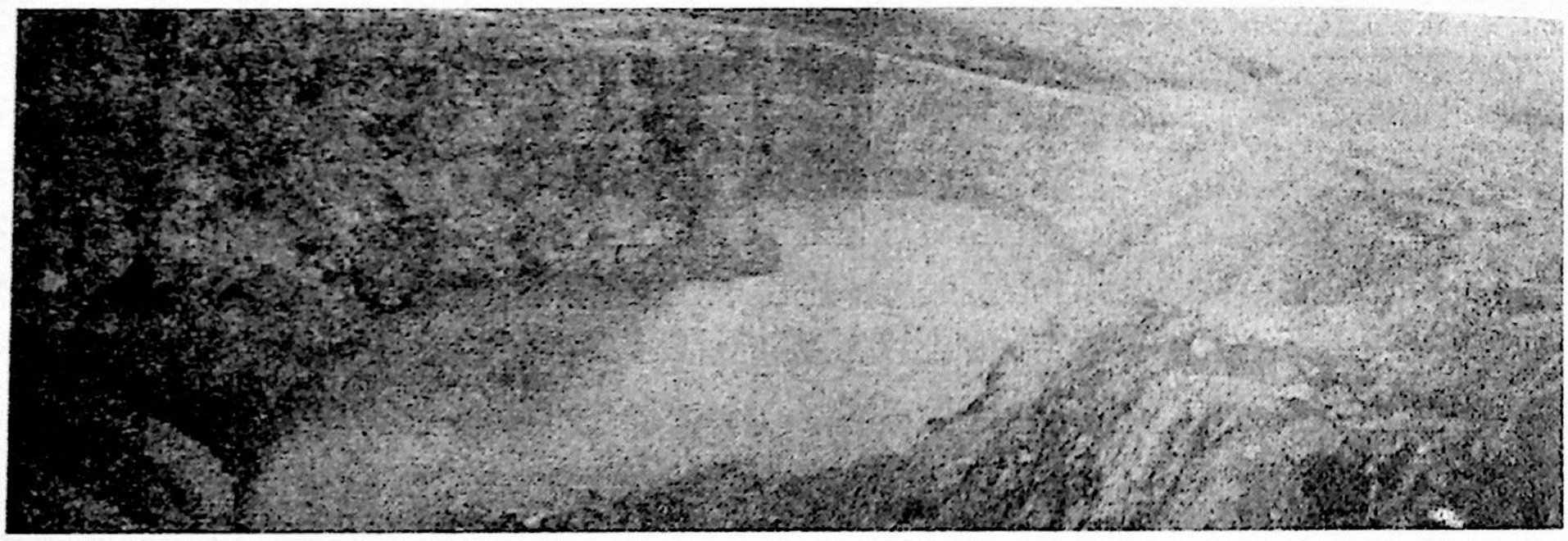
krovinske krečnjake, tako da se nekada i u njima nalaze ooliti. U ležištima su prisutne i glinovite partije.




Sl. 26 - Geološki profil ležišta boksita br. 3 (Po pod. Podunavca, 1979, i Arsića, 1973)
1. Laporoviti krečnjaci i laporci mastrihta; 2. Bankovito-slojeviti krečnjaci mastrihta; 3. Boksiti; 4. Slojeviti krečnjaci turona; 5. Serpentiniti; 6. Rasedi

Fig. 26 – Geological cross section of the deposit No 3 (Podunavac, 1979, Arsić, 1973)
1. Mastrrichtian marly limestones and marlstones; 2. Mastrrichtian massive bedded limestones; 3. Bauxites; 4. Turoninan bedded limestones; 5. Serpentinites; 6. Faults

Stepen istraženosti i proučenosti Grebničkih boksita je veoma visok. Sistematski i detaljno su istražene skoro sve poznate pojave i ležišta grebničke boksitonosne zone, a rezerve A i B kategorije iznose oko šest miliona tona za 41 detaljno istraženo ležište. Procenjuje se, međutim, da se u grebničkoj zoni mogu očekivati rezerve od oko četiri miliona tona. Rezerve u rudnim telima su neujednačene i najčešće su od desetak hiljada do 400 hiljada tona. Izuzetak su ležišta br. 3 i 3a, kod kojih su rezerve iznosile oko 2,5 miliona tona. Kod oba ležišta eksploatacija je završena (Sl. 27).



Sl. 27 – Ležište br. 3a posle završene eksploatacije

Fig. 27 - Bauxite deposit No 3a after terminated extracting

P o d u n a v a c, Lj u b i ć, (1998), prema količini boksita u do sada poznatim ležištima u Grebničkoj boksitonosnoj zoni, preovlađuju mala i srednja ležišta. Učešće rezervi pojedinih ležišta u ukupnim rezervama izgleda ovako: do 50 hiljada tona istražena su 20 ležišta (49%), 50-100 hiljada tona 5 ležišta (12%), 100-200 hiljada tona 10 ležišta (24%), 200-400 hiljada tona 4 ležišta(10%), 400 hiljada do milion tona 1 ležište (2%) i preko milion tona 1 ležište (2%).

Eksploatacija boksita započela je 1966. godine i kontinuirano se odvijala sve do uvođenja međunarodnih sankcija. Ona se uglavnom obavljala u severnom delu rudnog polja, odnosno u domenu Grebničke planine, na pojavama i ležištima koja su bila otkrivena na površini, ili su zalegala plitko ispod povlatnih sedimenata. Dosadašnjom eksploatacijom izvađeno je preko tri miliona tona boksita. Naredna eksploatacija bila bi mnogo nepovoljnija, jer su ostala uglavnom "slepa" rudna tela. Kod većine njih boksit bi trebao da se eksploatiše jamskim metodama, što u znatnoj meri poskupljuje proizvodnju.

Ležište br.34 je jedno od poslednjih koje je pripremljeno za eksploataciju, ali zbog poznate situacije posle raspada Jugoslavije, ona je odložena za neko buduće vreme. Ležište je džepno-sočivastog tipa, detaljno istraženo bušenjem. Za razliku od ostalih ležišta, koja imaju pružanje SSZ-JJI, ležište br. 34 se pruža pravcem SZ-JI i poremećeno je postrudnom tektonikom. Debljina povlatnih rudistnih krečnjaka se kreće od 25-56 m, a debljina boksita varira od 0,7-15,5 m (srednja 5,5 m). Boksit u ležištu je veoma kvalitetan, sa znatnim variranjem osnovnih komponenti – tabela 7.

Tabela 7 (u %)
Table 7 (in %)

| Komponenta<br>Constituent | Od<br>From | Do<br>To | Srednji<br>Average |
|---|---|---|---|
| $Al_2O_3$ | 36,68 | 53,82 | 50,31 |
| $SiO_2$ | 1,80 | 5,97 | 3,00 |
| $Fe_2O_3$ | 23,64 | 35,91 | 30,55 |
| $TiO_2$ | 1,48 | 2,58 | 2,28 |
| CaO | 0,03 | 19,30 | 1,77 |
| Gž<br>Loss of ignition | 9,93 | 16,41 | 11,86 |

Mrkocrveni boksiti Grebničke planine su monohidratni izgrađeni od bemita i dijaspora, dok se trihidratni mineral hidrargilit javlja u minimalnim količinama. M i s i r l i ć i M i t r o v i ć (1969) ispitivali su mineraloško-hemijska svojstva boksita na četrnajest reprezentativnih uzoraka iz ležišta br. 3. Utvrđeno je da u ležištu postoji veći broj varijeteta rude koji se razlikuju po sastavu. Promene su izražene po vertikalnom i horizontalnom pravcu. Svi se, međutim odlikuju visokim sadržajem $Al_2O_3$ a niskim sadržajem $SiO_2$. Oni su izdvojili četiri tipa mineralne sirovine: bemitski, bemitsko-dijasporski, dijasporsko-oolitsko-pizolitski i dijasporski. Od svih preovlađuje dijasporski tip boksita, sa sporadičnim pojavljivanjem bemitskih partija. Pored bemita i dijaspora hematit, kao glavni mineral gvožđa, je znatno zastupljen. Od pratećih minerala zapaženi su turmalin, epidot, granat, pirit, hromit, cirkon, rutil, anatas, barit i kvarc (P r o t i ć, 1970).

Opšta karakteristika kvaliteta Grebničkih boksita je veoma izražena varijabilnost glavnih komponenata. Hemijski sastav boksita znatno varira kako u celoj boksitonosnoj zoni, tako i u samim ležištima. Retka je pojava da neko rudno telo ili

pak neki njegov deo ima relativno ujednačen sadržaj. Po P o d u n a v c u i Lj u b i ć u (1998) sadržaj osnovnih komponenata se najčešće kreće u granicama: 46-52%$Al_2O_3$, 1,5-4% $SiO_2$, 30-40% $Fe_2O_3$, 1,5-2,5% $TiO_2$, 0,1-0,7% CaO i 9,5-10,5% Gž. Po istim autorima srednji sadržaj $Al_2O_3$ i $SiO_2$ za dvadeset delimično ili potpuno otkrivenih ležišta iznosi 48,03% $Al_2O_3$ i 2,34% $SiO_2$.

## Kvartarni detritični boksiti

U kontinentalnim uslovima, pod dejstvom različitih faktora (tektonska pomeranja, napredovanje procesa karstifikacije, snažne povremene oluje i dr.) može doći do razaranja i premeštanja primarnih ležišta crvenih boksita. Ovakav tip ležišta pripada deluvijalnim ili deluvijalno-proluvijalnim ležištima. Ova ležišta odavno su izdvojili G o r d o n i T r a c e y 1952 (iz Janković, 1981). Ovaj tip boksita obrazovan je na padinama nefelin-sijenitskog masiva. Boksitni sloj je izgrađen od pizolitičnog agregata boksita, a javljaju se detritični boksiti i detritične gline. Po nagibu u pravcu doline deluvijalni boksiti bivaju zamenjeni detritičnim i kaolinitskim glinama.

Detritični boksiti, na osnovu dosadašnjih saznanja, nisu opisivani iako je u pojedinim boksitonosnim područjima Srbije registrovan ovaj tip boksita (Tara, Grebnik). Deformacije i premeštanje boksitne materije odvijalo se u neposrednoj okolini pojedinih primarnih ležišta u obodnim delovima, ali je i dobar deo ležišta premešten niz paleopadinu. Premeštanje komada boksita različite krupnoće obavljalo se prvenstveno gravitacijom i povremenim jakim vodenim tokovima.

Tokom ranijih istraživanja, u zoni grebničkih boksita izdvojena je geološka jedinica "crvenica sa komadima boksita", ali nije posebno istraživana. Tek zadnjih godina, kada nastaju problemi u eksploataciji primarnih ležišta, istražuju se i ovi boksiti. Utvrđeno je da se lokalno u ovoj jedinici javljaju i značajne koncentracije boksita koje su definisane kao novi tip ležišta: **detritični boksiti sa crvenicom** (D a n g i ć, P o d u n a v a c 1993).

Ležišta detritičnih boksita sa crvenicom obrazovana su oko nekih erozijom otkrivenih primarnih ležišta boksita. Njih izgrađuju fragmenti boksita i glinovito-peskovit materijal mrkocrvene boje. Na planu su lepezastog a u profilu slojevito-sočivastog oblika, dužine do nekoliko desetina m, a debljine od ispod 0,3 do oko 3 m. Nalaze se na površini ili pokriveni slojem crvenice debljine 1-2 m, a leže direktno preko krečnjaka ili tankog sloja crvenice.

U jedinici detritičnih boksita smenjuju se dva tipa materijala: fragmenti boksita veličine 10 cm, i glinovito-peskovitog materijala. Koncentracija fragmenata boksita varira najčešće oko 40-50%, ali nekada dostiže i do 90% zapreminskih. Fragmenti boksita su neizmenjeni dijasporski kredni boksit, a glinovito-peskovit materijal je crvenica. Prepiranjem "rude" može da se dobije koncentrat krupnijih fragmenata koji je istog sastava kao boksit otkopan iz primarnih ležišta, odnosno dijaspor, hematit, Ti-minerali i nešto kaolinita.

Kvalitet rude detritičnih boksita je u direktnoj vezi sa granulometrijskim sastavom materijala. Delovi ležišta sa većim učešćem krupnijih frakcija (preko 5 cm) predstavljaju rudu dobrog kvaliteta, dok je ruda sa visokim učešćem (preko 50%) frakcija ispod 5 cm lošeg kvaliteta, odnosno ne predstavlja sirovinu za dobijanje komercijalnog boksita.

## KARPATO-BALKANIDI

Metalogenetska provincija Karpato-balkanida ima malo rasprostranjenje u republici Srbiji. Ona se uglavnom poklapa sa teritorijom istočne Srbije, a smeštena je između Srpsko-makedonske mase na zapadu i Mezijske platforme na istoku. Prema severu se nastavlja u Rumuniju, a na jugoistoku u Bugarsku. Karakteriše se brojnim ležištima metala i nemetala, među kojima bakar i zlato zauzimaju dominantno mesto. Pre dvadesetak godina u ovoj zoni su pronađene pojave i ležišta boksita.

Dugo se smatralo da su pojave i ležišta boksita u prethodnoj Jugoslaviji vezana samo za "dinarsku boksitonosnu provinciju". Zbog toga u literaturi nije bilo nikakvih podataka da li ima ili nema boksita u istočnoj Srbiji, bez obzira na činjenicu što ih ima u Bugarskoj i Rumuniji. Na osnovu "Razmatranja mogućnosti nalaska boksita u istočnoj Srbiji" (G r u b i ć, A n t o n i j e v i ć, 1973) i poznavanja stratigrafskog položaja boksita u rumunskim i bugarskim Karpato-balkanidima došlo se do zaključka da bi boksite karstnog tipa u istočnoj Srbiji mogli očekivati u dva nivoa: 1. između titona i transgresivnog neokoma sa baremom i aptom i 2. između jursko-donjokrednih krečnjaka i transgresivnog alb-cenomana ili turona.

Velike mase i znatno rasprostranjenje karbonatnih stena gornje jure i najstarije donje krede istočne Srbije, velike površine pokrivene crvenicom, kao i prisustvo hijatusa u raznim delovima, čine pretpostavku da u ovim terenima treba očekivati pojave i ležišta boksita. Prva proučavanja sa stanovišta boksita izvedena su 1973. godine kroz preliminarnu stratigrafsku prospekciju jurskih i krednih sedimenata jugoistočno od Bele Palanke. A r s i ć i dr. (1973) navode da su tada po prvi put pronađene pojave boksitičnog materijala u istočnoj Srbiji.

### Donjokredni boksiti

U istočnoj Srbiji boksiti su pronađeni1976. godine. To je prvi nalazak boksita u jugoslovenskom delu Karpato-balkanida, odnosno trnsko-belopalanačke zone. Ovome su prethodili pronalasci boksitičnog materijala 1973. godine jugoistočno od Bele Palanke, na području Greben planine. Stepen istraženosti Karpato-balkanida je veoma nizak, tako da se ne mogu potpuno definisati kako u pogledu rezervi boksita, tako i u pogledu ostalih pokazatelja njihove valorizacije. Osim rudnog polja Babušnice, gde su obavljena regionalna istraživanja, ostali delovi Karpato-balkanida se mogu smatrati neistraženim.

## Boksitno rudno polje Babušnice

U karpato-balkanidima boksiti su po prvi put registrovani 1976. godine (P e j o v i ć i dr., 1977) na zapadnim krilima kusovranske antiklinale. Ovome je prethodio nalazak boksitičnog materijala na Greben planini (A r s i ć i dr., 1976), koji predstavlja nastavak boksitonosne zone iz Bugarske. Ovim nalaskom potvrđena je pretpostavka da se boksitonosna zona Trna iz Bugarske nastavlja i na teritoriju Jugoslavije. Sistematska istraživanja usledila su 1978. godine i ona su kontinuirano izvođena desetak godina. Posle ovog perioda istraživanja su prekinuta i do danas nisu obnovljena, bez obzira što su postignuti dobri rezultati.

Geološka građa područja trnsko-belopalanačke boksitonosne zone odlikuje se znatnom složenošću, kako u pogledu geološkog sastava tako i po strukturno-tektonskim karakteristikama. U geološkoj građi učestvuju stene koje pripadaju najstarijim na ovim prostorima, sve do najmlađih savremenih sedimenata. Na ovom području izdvojene su tvorevine paleozoika, mezozoika, kenozoika i kvartara (Sl. 28).

Sedimenti ordovicijuma su najstarije stene u boksitonosnom rudnom polju Babušnice. Javljaju se u vidu uzane zone između sela Jasenov Del i Kusa Vrana. Otkriveni deo stuba se sastoji od kvarcnih peščara, alevrolita i subarkoza.

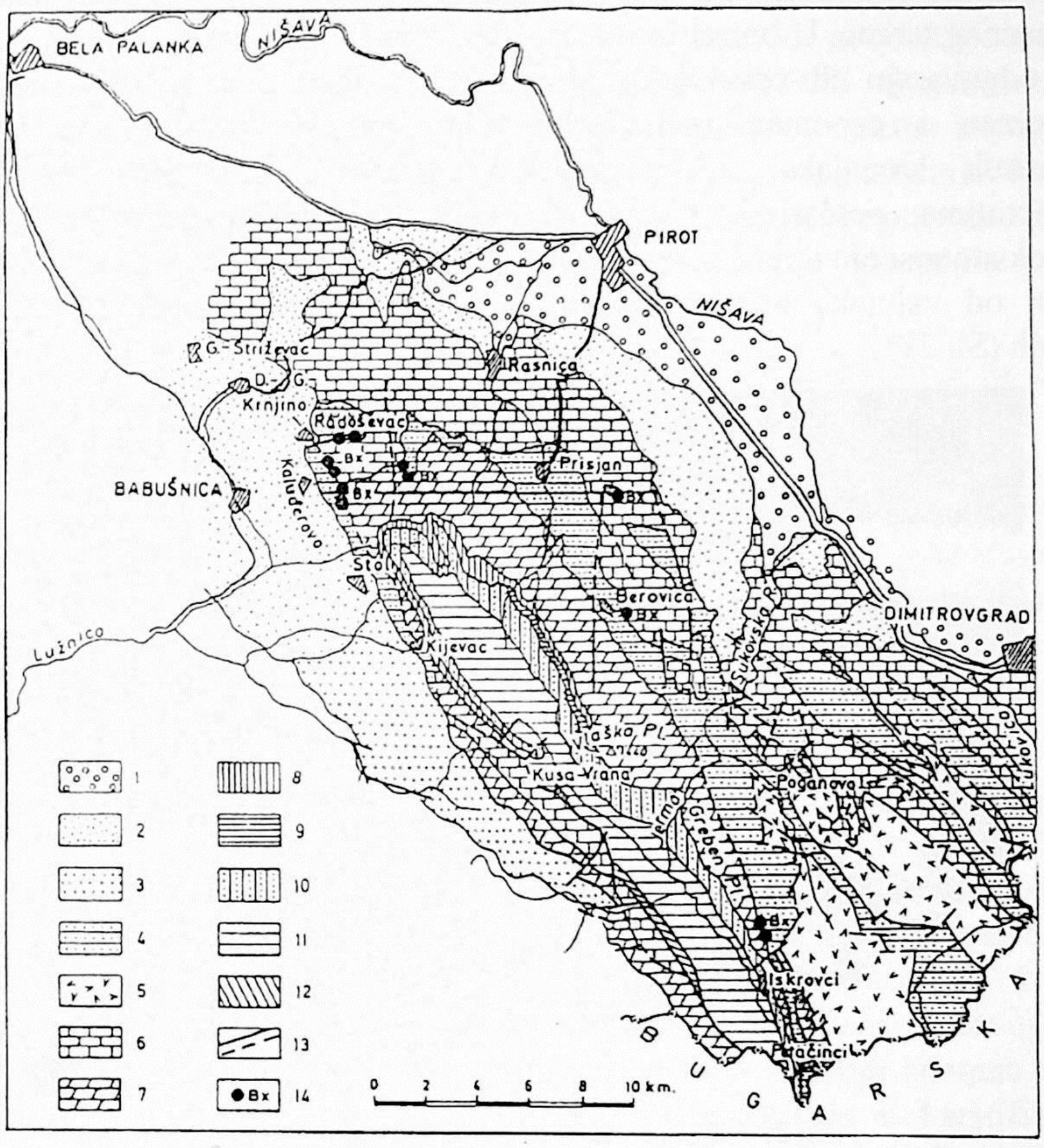
Devonski sedimenti su izdvojeni na severozapadnim padinama Ruj planine i u dolinama Jerme, Blatnice i Kusovranske reke. Devonu pripada fliš i metamorfisani krečnjaci njegove podine. Starost fliša je utvrđena na osnovu fosilne flore, stiliolina i konodonata (A n đ e l k o v i ć i dr., 1977). Osnovne litološke članove fliša predstavljaju areniti, alevroliti, škriljavi glinci, a mestimično konglomerati. Sekvence su većinom građene od arenita i alevrolita.

Permski sedimenti se javljaju u području Ruja, Grebena i Vlaške. Oni pripadaju formaciji crvenih peščara. Počinju diskordantno preko starije podloge arkoznim konglomeratima koji se smenjuju sa krupnozrnim arkozama. Preko njih leže srednjezrne arkoze u smeni sa paketima sitnozrnih peščara. U njima se nalaze nepravilne konkrecije dolomita. Jedinica se završava sitnozrnim peščarima i alevrolitima, koji su često listasti.

Sedimenti trijasa po P o d u n a v c u i T i m o t i j e v i ć u (1994) imaju vrlo malo rasprostranjenje u trnsko-belopalanačkoj zoni. Na osnovu superpozicije i faunističkog materijala izdvojeni su donji i srednji trijas. Donji trijas leži transgresivno preko crvenih permskih peščara i predstavljen je kvarcnim konglomeratima, peščarima, arkozama i ređe glinama. Prelaz između donjeg i srednjeg trijasa označen je pojavama krečnjaka sa srednjotrijaskom asocijacijom faune. Srednji trijas je izgrađen od krečnjaka, dolomitičnih krečnjaka, dolomita i ređe alevrolita.

Planine Greben i Vlaška su izgrađene skoro isključivo od jurskih sedimenata, kao i jedan deo Ruja. Srednja jura ima veliko rasprostranjenje u kusovranskoj antiklinali i na obroncima Ruja. Predstavljena je konglomeratima, peskovitim krečnjacima koji

su mestimično gvoždeviti i nose oolitske rude gvožđa. Gornjoj juri pripadaju pelitoidni krečnjaci, mestimično dolomitični i predstavljaju podinu boksitu. Boje su svetlosive i sive, a u neposrednoj podini boksita poprimaju rumenkastu nijansu.




Sl. 28 - Pregledna geološka karta boksitonosnog područja Babušnice

1. Kvartarni sedimenti; 2. Peskovi, gline, sočiva krečnjaka i šljunkovi plio-pleistocena; 3. Alevroliti, glinci, laporci, peščari i konglomerati gornjeg oligocena; 4. Konglomerati, peščari, laporci i glinci gornje krede; 5. Andeziti, tufovi, aglomerati i breče; 6. Krečnjaci, laporci i dolomiti donje krede; 7. Krečnjaci, dolomitični krečnjaci i dolomiti gornje jure; 8. Konglomerati, peščari, peskoviti krečnjaci, laporci i glinci srednje jure; 9. Krečnjaci, dolomitični krečnjaci i dolomiti srednjeg trijasa; 10. Formacija crvenih peščara perma; 11. Peščari, alevroliti, škriljavi glinci i krečnjaci devona; 12. Alevroliti, kvarcni peščari i subarkoze ordovicijuma; 13. Rasedi; 14. Pojave boksita

Fig. 28 – Geological sketch map of the Babušnica area

1. Quaternary sediments; 2. Plio-Pleistocene sands, clays, limestones and gravels; 3. Upper Oligocene siltstones, claystones, marlstones, sandstones and conglomerates; 4. Upper Cretaceous conglomerates, sandstones, marlstones and claystones; 5. Andesite,tuffs, agglomerates and volcanic breccia; 6. Lower Cretaceous limestones, marlstones and dolomites; 7. Upper Jurassic limestones, dolomitic limestones and dolomites; 8. Middle Jurassic conglomerates, sandstones, limestones, marlstones and claystones; 9. Middle Triassic limestones, dolomitic limestones and dolomites; 10. Permian red sandstones; 11. Devonian sandstones, siltstones, claystones and limestones; 12. Ordovician siltstones and quartz sandstones; 13. Faults; 14. Bauxite occurrences

Kredne tvorevine imaju znatno rasprostranjenje i pokazuju veliku raznovrsnost u pogledu razvoja. Donjokredni neokomski sedimenti predstavljeni su različitim plitkovodnim krečnjacima svetlosive i sive, a kada su u podini boksita, rumenkaste boje. Andeziti, tufovi, aglomerati i breče rasprostranjeni su u jugoistočnom delu boksitonosnog terena. U boksitonosnom rudnom polju Babušnice sedimenti povlate boksita odgovaraju alb-cenomanu, cenomanu, gornjem turonu i donjem senonu. Alb-cenoman i cenoman transgresivno leže preko gornjojurskih i starijih donjokrednih krečnjaka, a mestimično i preko boksita. Predstavljeni su konglomeratima, peščarima, glinovitim peščarima i glinama. Sedimentacija na celom boksitonosnom terenu započinje bazalnim konglomeratima. Oni su uglavnom izgrađeni od valutaka kvarca, različite veličine i uglavnom srednje do dobro zaobljenih (Sl. 29).



Sl. 29 – Kvarcni konglomerati u povlati boksita

Fig. 29 – Quartzose conglomerates of the hanging wall of bauxites

Preko cenomana leže glinoviti peščari, peskoviti glinci, peščari i vapnoviti peščari gornjeg turona. Dalje u stubu slede laporovito-peskoviti sedimenti senona sa kojima se završava sedimentacija gornje krede.

Kenozojski sedimenti su predstavljeni gruboklastičnim sedimentima, glincima i peskovitim laporcima sa slojevima uglja oligocenske starosti. U pirotskoj kotlini diskordantno preko starijih stena leže peskovi, peskovite gline i šljunak plio-pleistocena.

Kvartarne naslage su predstavljene velikim brojem genetskih tipova, među kojima se ističu aluvijoni, proluvijalni i deluvijalni nanosi.

Boksitonosno rudno polje Babušnice se odlikuje dosta složenom strukturno-tektonskom građom. sa izraženim kako radijalnim tako i tangencijalnim pokretima. Diskordantan položaj povlatnih sedimenata preko krečnjaka gornje jure i neokoma,

svedoči da ovde postoje dve tektonike: starija, kojom su posle barema a pre gornjokredne transgresije poremećeni i ubrani sedimenti podine boksita (prerudna tektonika), i druga mlađa, postrudna tektonika. Postrudnom tektonikom su obuhvaćena ležišta boksita i povlatni sedimenti, a ranija strukturno-tektonska građa jursko-donjokrednih tvorevina prekrojena. Za razliku od podinskih krečnjaka, sedimenti povlate boksita imaju generalno pružanje SSZ-JJI. S obzirom da su povlatni sedimenti u celini jedna mekšija serija, lokalno su znatno poremećeni i nabrani, mestimično čak jako zgužvani kada im je pružanje najrazličitije. Intenzivni radijalni pokreti se manifestuju velikim brojem raseda različitih pravaca, pri čemu su ipak najčešći i najmarkantniji uzdužni, a zatim poprečni u odnosu na generalno pružanje povlatne serije.

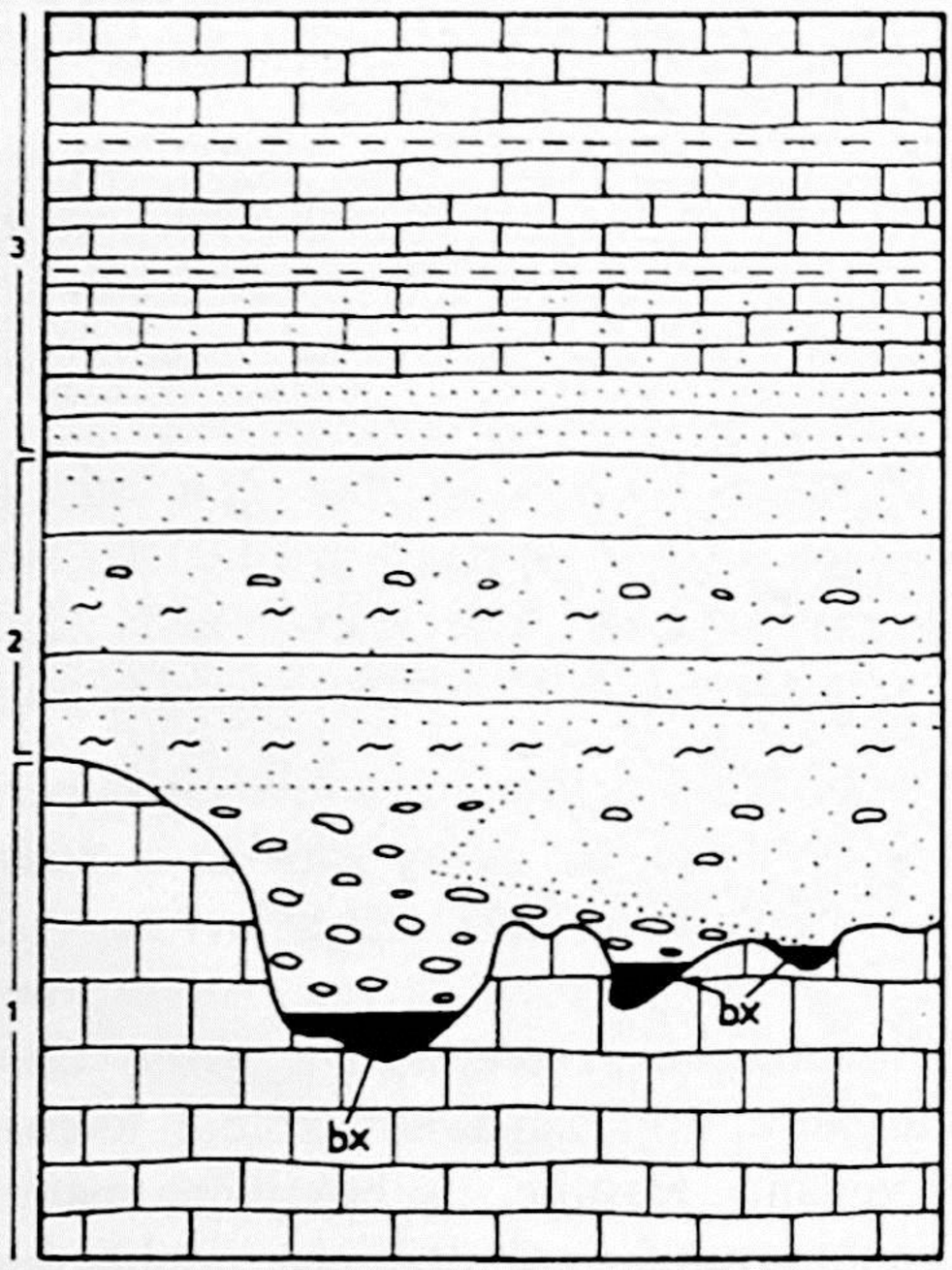
***B o k s i t i.*** Pojave i ležišta boksita u Karpato-balkanidima javljaju se na krajnjem jugoistočnom delu istočne Srbije, u blizini bugarsko-jugoslovenske granice. Boksiti se nalaze u hijatusu između krečnjaka najmlađe gornje jure i starije donje krede u podini, i terigenih sedimenata alb-cenomana u neposrednoj povlati. Pojavljivanje boksita vezano je za tzv. trnsko-belopalanačku zonu, koja se proteže iz Bugarske od Rebra preko Paramuna i Filipovaca do naše granice, a zatim grana na dva pojasa: istočni od Petačinaca na jugu do Prisjana na severu u dužini od oko 30 km i zapadni pojas Kijevac-Kaluđerovo-Radoševac kod Babušnice u dužini od oko 8 km. Jugoslovenski deo ove zone nazvan je "boksitonosno rudno polje Babušnice".

Stvaranje boksita u istočnoj Srbiji vezano je za vremenski period posle neokoma a pre alb-cenomana, kada je došlo do dužeg prekida u sedimentaciji i kada su egzistirali kako paleogeografski tako i klimatski uslovi za stvaranje lateritskih kora raspadanja. Pretpostavlja se da je u to vreme, najverovatnije neposredno pre stvaranja povlatnih alb-cenomanskih sedimenata, došlo do razaranja i spiranja materijala iz lateritskih kora raspadanja sa okolnih terena i njihovog kraćeg transporta površinskim vodama. Kasnije je boksitična materija obarana u veoma plitkovodnoj sredini zapunjavajući već stvorena udubljenja u karstifikovanom paleoreljefu podinskih gornjojursko - donjokrednih krečnjaka. Transgresija je zahvatila ovo područje krajem alba i početkom cenomana i preko boksita i podinskih krečnjaka stvorena serija povlatnih sedimenata, čija debljina u pojedinim delovima iznosi i preko 300 m.

Višegodišnjim sistematskim istraživanjima u jugoslovenskom delu trnsko-belopalanačke zone pronađeno je dvanaest rudnih pojava i ležišta boksita, kao i više boksitnih indikacija. Pojave boksita uglavnom predstavljaju manje, površinski otkrivene delove zaostalih rudnih tela čiji je najveći deo erodovan. Neke od njih predstavljaju samo erozione ostatke u paleokarstnim udubljenjima na krečnjacima podine, dok se druge nalaze na samoj stratigrafskoj granici i delom zaležu ispod krovinskih sedimenata. Za nas su naročito interesantni izdanci na stratigrafskoj granici, koji mogu da indiciraju sačuvana rudna tela ispod povlatnih sedimenata. Prostorno pojave boksita nalazimo kako u istočnom tako i u zapadnom delu boksitonosne zone. U istočnom pojasu se većinom nalaze pojave boksitičnog materijala, a samo na Greben planini i Berovici ima nekoliko manjih pojava boksita.

U zapadnom pojasu, kod Babušnice otkriveno je više pojava boksita dobrog kvaliteta..

Boksiti u boksitonosnom rudnom polju Babušnice pripadaju karstnom tipu. Nastali su od lateritskih kora raspadanja zapunjavanjem karstnog paleoreljefa u krečnjacima, za vreme kontinentalne faze koja je nastupila posle neokoma. U tom pogledu oni su potpuno identični sa boksitima u Bugarskom delu trnsko-belopalanačke zone (K a r a n o v, 1965). U stratigrafskom smislu boksiti Babušnice leže preko paleokarstifikovanih krečnjaka gornje jure i donje krede, a prekriveni su alb-cenomanskim klastitima (Sl. 30).




Sl. 30 - Shematski stratigrafski stub boksitonosne serije Babušnice (Arsić, 1982)
1. Podinski krečnjaci malm-neokom; 2. Stariji deo povlatne serije alb-cenoman; 3. Mladi deo povlatne serije gornjeg turona; bx-Boksit

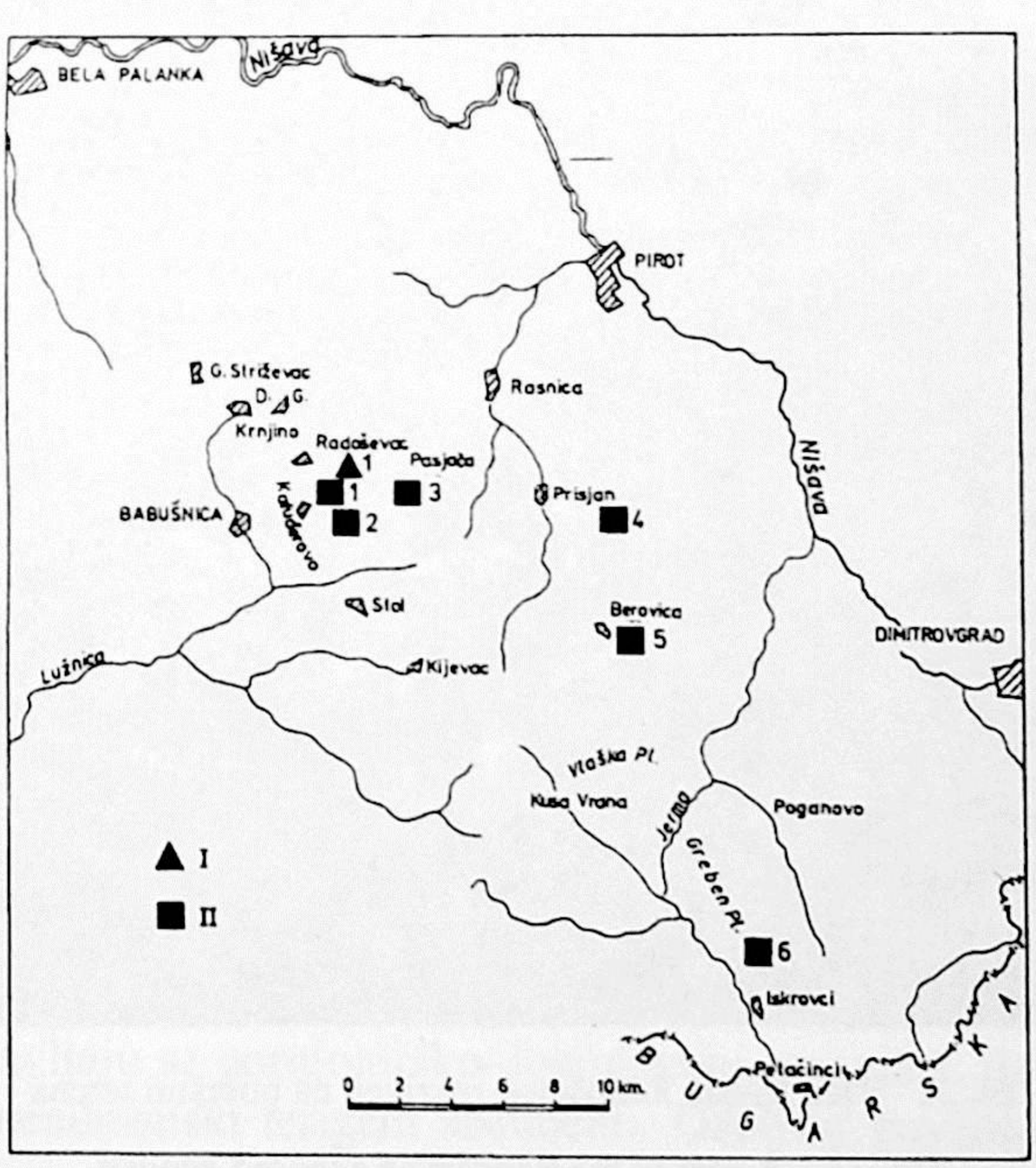
Fig. 30 – Shematic stratigraphic column of the Babušnica bauxite series (Arsić, 1982)
1. Malm-Neocomian footwall limestones; 2. Older section of the roof Albian-Cenomanian series; 3. Younger section of the Upper Turonian-Senonian roof series; bx – Bauxite

Preko cenomana leže glinoviti peščari, peskoviti glinci, peščari i vapnoviti peščari gornjeg turona. Dalje u stubu slede laporovito-peskoviti sedimenti senona sa kojima se završava sedimentacija gornje krede.

Kenozojski sedimenti su predstavljeni gruboklastičnim sedimentima, glincima i peskovitim laporcima sa slojevima uglja oligocenske starosti. U pirotskoj kotlini diskordantno preko starijih stena leže peskovi, peskovite gline i šljunak plio-pleistocena.

U boksitnom rudnom polju Babušnice boksiti se javljaju u obliku nepravilnih sočivastih rudnih tela sa rezervama do nekoliko stotina hiljada tona. Rudna tela mogu biti različitih dimenzija i vrlo neravnomerno raspoređena u rudnom polju. Podina im je uglavnom jače karstifikovana i neravna, a povlata redovno ravna. Boksiti su uglavnom kompaktni, ali se redovno sreću mekše partije najčešće u površinski otkrivenim delovima, oolitsko-pizolitske strukture sa mestimičnim pojavljivanjem afanitskih partija. Oni pripadaju bemitskom tipu sa promenljivim učešćem bemita i kaolinita. Kvalitet im je jako promenljiv kako u horizontalnom tako i u vertikalnom pravcu. Postoje vrlo kvalitetni boksiti sa $Al_2O_3$ preko 60% i $SiO_2$ ispod 2%, kao i boksiti lošeg kvaliteta sa visokim sadržajem $SiO_2$. Glinoviti boksiti su karakteristični za ovo rudno polje. Na osnovu dosadašnjih rezultata ispitivanja može se zaključiti da većina pojava crvenog boksita pripada grupi manje kvalitetnih i nekvalitetnih.

U rudnom polju Babušnice boksiti su neravnomerno raspoređeni u trnsko-belopalanačkoj zoni, s obzirom na potencijalno perspektivni prostor. Oni su raspoređeni u dva pojasa: zapadni, i istočni. U zapadnom pojasu pojave boksita pronađene su na lokalnostima Radoševac, Kaluđerovo i Pasjača, a u istočnom pojasu na Greben planini, Berovici i Prisjanu (Sl. 31).




Sl. 31 - Ležišta i pojave boksita u istočnoj Srbiji

I. Ležište i pojave boksita: Radoševac, II. Pojave boksita: 1 i 2. Kaluđerovo, 3. Pasjača, 4. Prisjan, 5. Berovica, 6. Greben planina

Fig. 31 – Bauxite ore deposits and occurrences in eastern Serbia

I. Bauxite deposits; 1. Radoševac, II. Bauxite occurrences; 1. Kaluđerovo 1, 2. Kaluđerovo 2, 3.Pasjača, 4. Prisjan, 5. Berovica, 6. Greben planina

## Pojave boksita u zapadnom pojasu

Zapadni pojas se javlja na potezu Kijevac-Kaluđerovo-Radoševac na dužini od oko 8 km i širini nekoliko stotina metara. Ovde je, kod Babušnice i Radoševca otkriveno više pojava boksita dobrog kvaliteta.

R a d o š e v a c. Na lokalnost Radoševac registrovane su tri pojave boksita (4,5,6). **Pojava br. 4,** odnosno ležište Radoševac je za sada najznačajnije i najistraženije u ovom rudnom polju. Nalazi se na grebenu brda Del, oko kilometar istočno od sela Radoševac. Ležište je nepravilno sočivastog oblika, dužine oko 300 m a širine 50-100 m (A r s i ć, 1980). Debljina boksita, na osnovu rezultata dubinskog bušenja je neujednačena i kreće se od 2-19 m, pri čemu je najveća na severnim delovima ležišta. Jedan deo ležišta se nalazi na površini terena (Sl. 32).

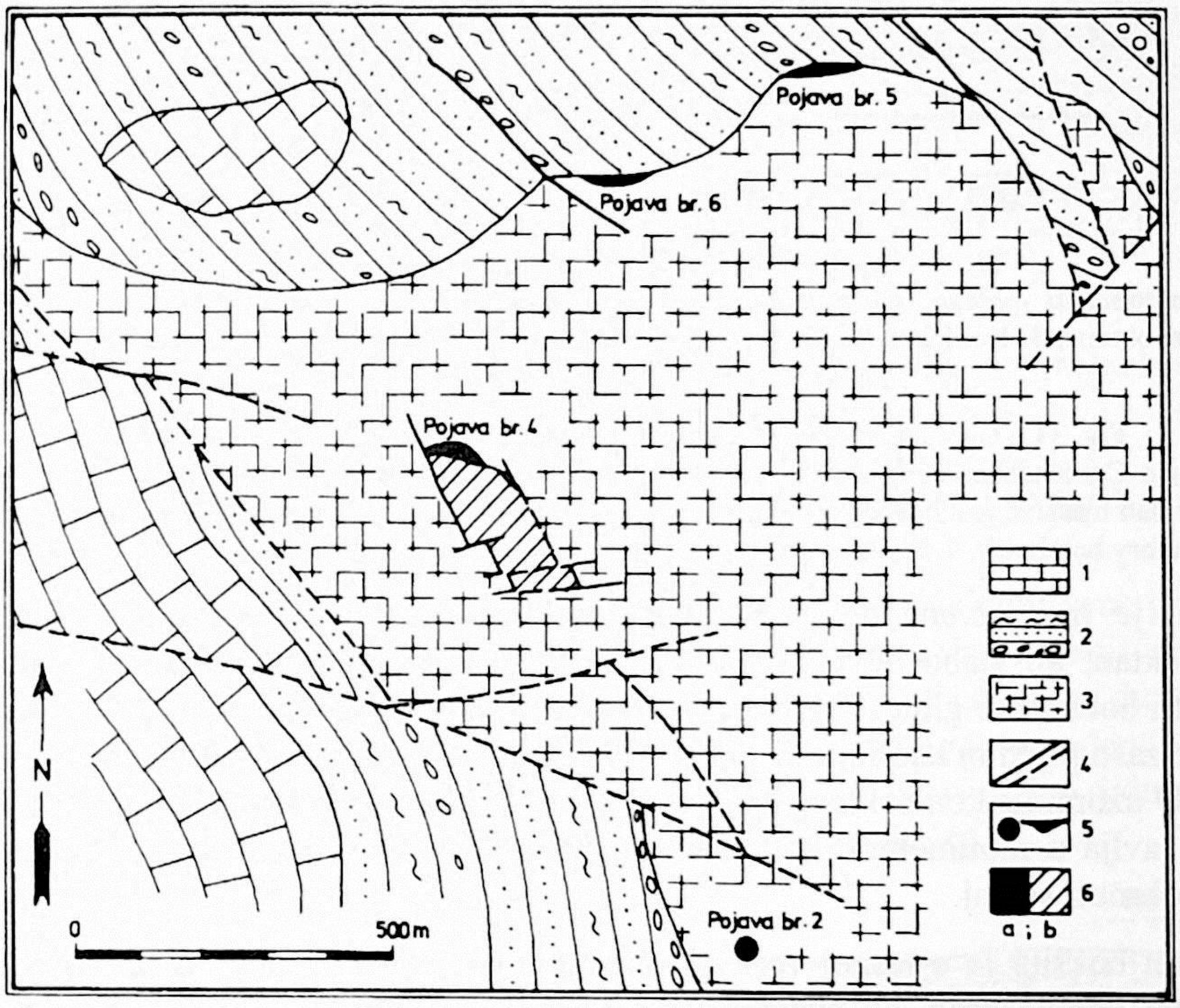


Sl. 32 – Deo ležišta Radoševac otkriven na površini terena

Fig. 32 – A part of the Radoševac exposed deposit

Na osnovu rezultata dosadašnjih istraživanja može se konstatovati da je boksit sa površine terena pronađen i ispod povlatnih alb-cenomanskih sedimenata. Ležište boksita Radoševac predstavlja jedno veće ležište, čiji je manji deo, na severu i severoistoku otkriven na površini, dok je znatno veći pokriven povlatnim sedimentima.

Na relativno zaravnjenom i jako pokrivenom platou, izgrađenom uglavnom od gornjojursko-donjokrednih krečnjaka i povlatnih alb-cenomanskih sedimenata sačuvanih na maloj površini nalazi se ležište Radoševac. Na zapadu i jugu, a delom i na istoku su u tektonskom kontaktu sa podinskim krečnjacima. Duž raseda ovi sedimenti su tektonski spušteni, a delom i boksiti i tako sačuvani od erozije (Sl. 33).



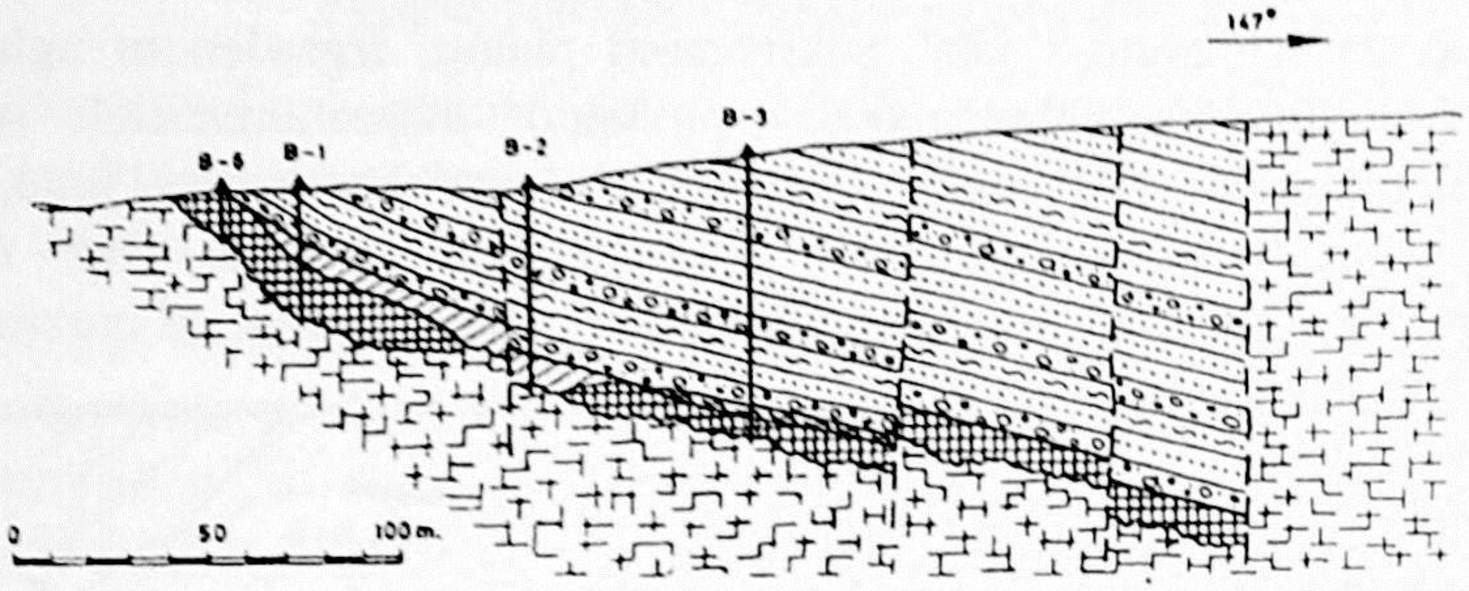

Sl. 33 - Geološka karta Radoševca

1. Peščari, vapnoviti peščari i laporoviti krečnjaci turona i senona; 2. Konglomerati, peščari i gline alb-cenomana; 3. Krečnjaci gornje jure i donje krede; 4. Rasedi; 5. Pojave boksita; 6. Ležište boksita; a) otkriveni deo, b) pokriveni deo

Fig. 33 – Geological map of the Radoševac locality

1. Turonian and Senonian sandstones and marly limestones; 2. Albian-Cenomanian conglomerates, sandstones and clays; 3 Upper Jurassic and Lower Cretaceous limestones; 4. Faults; 5. Bauxite occurrences; 6. Bauxite deposit; a) uncovered part, b) covered part

U podini ležišta javljaju se gornjojursko-donjokredni krečnjaci, dok im neposrednu povlatu čine alb-cenomanski terigeni sedimenti. Debljina povlatnih sedimenata se postepeno povećava od izdanaka boksita u pravcu jugozapada i juga do preko 65 m. Postrudna tektonika na ovom ležištu je takođe izražena. Ležište je na zapadu, jugu i delom na istoku redukovano, odnosno izdignuti delovi su erodovani zajedno sa krovinom. Sačuvani deo ležišta se karakteriše blokovskom tektonikom. Pri tome, kretanje pojedinih blokova nije većeg intenziteta i ne iznosi više od 10-15 m (Sl. 34).




Sl. 34 - Geološki profil ležišta boksita Radoševac (Arsić, 1980)
1. Konglomerati, peščari, glinoviti peščari i glinci alb-cenomana; 2. Masivni i slojeviti krečnjaci malm-neokoma; 3. Kompaktan boksit; 4. Glinoviti boksit; 5. Boksitične gline; 6. Istražne bušotine; 7. Rasedi

Fig. 34 – Geological cross section of the Radoševac Bauxite deposit (Arsić, 1980)
1. Albian-Cenomanian conglomerates, sandstones and clayey sandstones and siltstones; 2. Malm-Neocomian massive and bedded limestones; 3. Compact bauxite; 4. Clayey bauxite; 5. Bauxitic clay; 6. Exploratory boreholes; 7. Faults

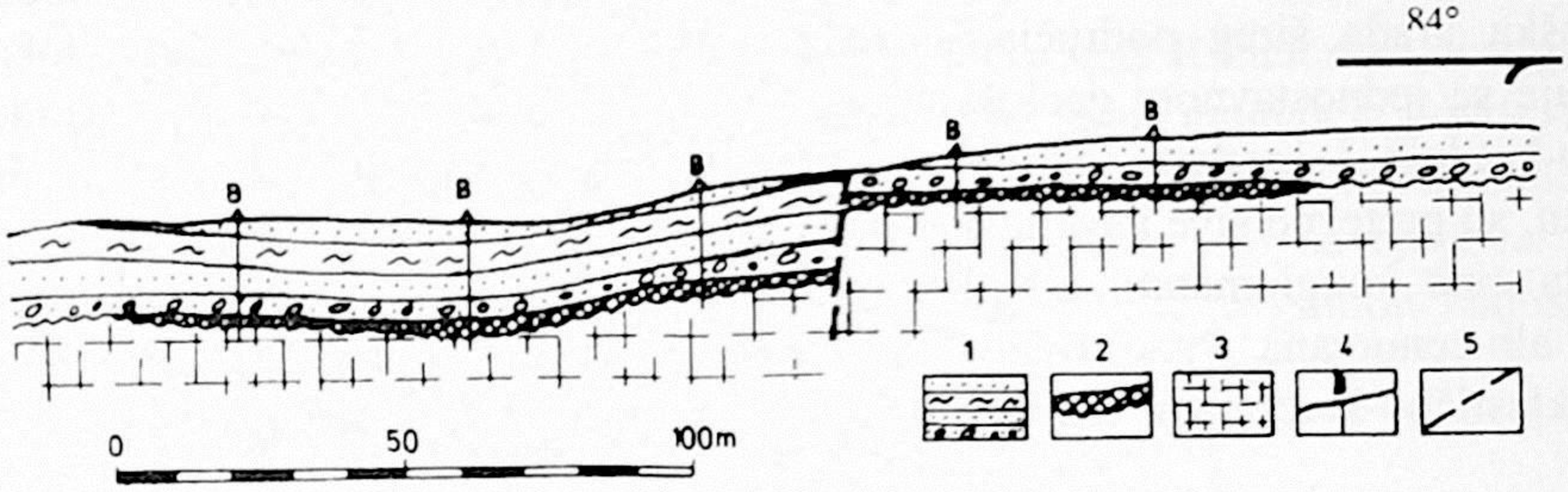
Boksit je mrkocrvene do crvene boje, oolitsko-pizolitske strukture i uglavnom kompaktan, ali slabo očvrsli i trošan. Pored boksita indentifikovan je i glinoviti boksit i boksitične gline. Utvrđena mineralna asocijacija je bemit-hematit, sa više ili manje zastupljenim kaolinitom. Od ostalih minerala prisutni su limonit, kalcit, kvarc i ilit. U uzorcima kompaktnog boksita bemit je dominantan mineral a kaolinita nema ili se javlja u minimalnim količinama, dok je kod glinovitih boksita i boksitičnih glina obrnuti slučaj.

Kvalitet boksita je u tesnoj vezi sa mineralnim sastavom, odnosno tipom boksita. Kvalitet kompaktnog, ali slabo očvrslog boksita je dobar sa srednjim sadržajem $Al_2O_3$ 52,33% i $SiO_2$ 9,62%, kod glinovitih boksita $Al_2O_3$ iznosi 40,17%, a $SiO_2$ 26,34%, dok se boksitične gline karakterišu niskim sadržajem aluminije (30,84% $Al_2O_3$) i visokim sadržajem silicije (40,50% $SiO_2$). Po A r s i ć u (1980) rezerve kvalitetnog boksita u ležištu iznose oko trista hiljada tona.

**Pojava br. 5** nalazi se oko jedan kilometar istočno od Radoševca na tzv. Radoševačkoj kosi. Na samoj granici podinskih krečnjaka i povlatnih alb-cenomanskih sedimenata, koja ovde ima pružanje istok zapad, otkriveni su boksiti na maloj površini. Boksit je mrkocrvene boje, kompaktan i sa retko uočljivim sitnim oolitima javlja se u vidu manjih erozionih ostataka na podinskim krečnjacima. Pojava je proveravana istražnim bušenjem čime je potvrđeno zaleganje boksita ispod povlatnih sedimenata (Sl. 35).

Bušenjem na rudnoj pojavi i severno od nje otkriveno je manje rudno telo približnih dimenzija 210x80 m, ispod povlatnih sedimenata male debljine. Kvalitet boksita je jako loš, odnosno oni se karakterišu visokim sadržajem silicije (od 7,68-43,15%), dosta neujednačenim sadržajem aluminije (od 21,40-47,20 % $Al_2O_3$), niskim

sadržajem gvožđa (do 17,66% $Fe_2O_3$) i sadržajem CaO do 8%. Nabušeni boksit je bemitsko-kaolinitskog tipa sa povećanim učešćem kaolinita, tako većina ispitivanih uzoraka pripada glinovitim boksitima i boksitičnim glinama.



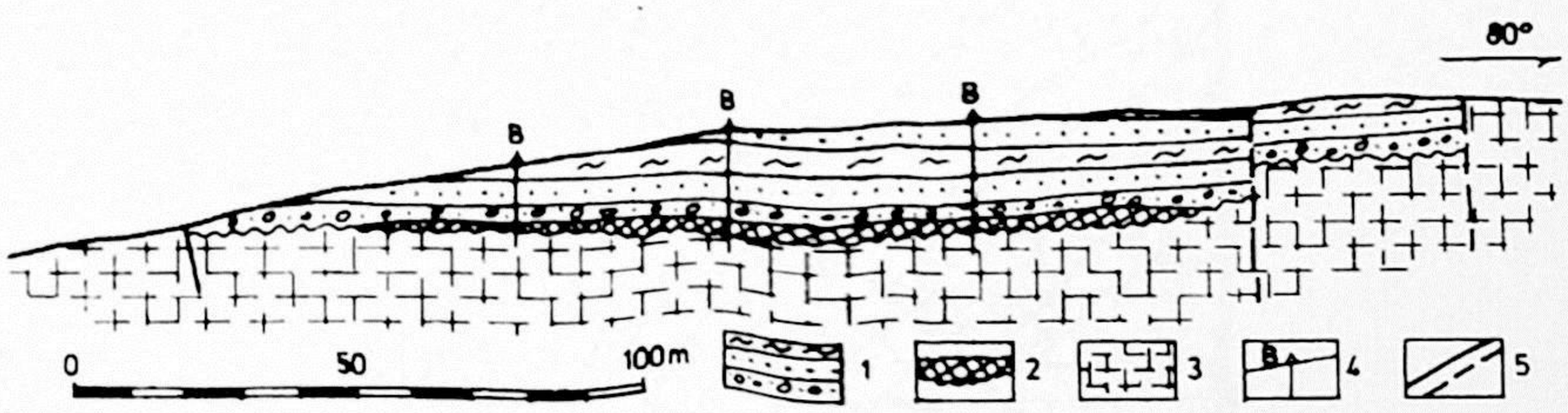

Sl. 35 - Uzdužni geološki profil pojave br. 5

1. Konglomerati, peščari i gline alb-cenomana; 2. Boksit; 3. Krečnjaci jura-kreda; 4. Istražne bušotine; 5. Rased

Fig. 35 – Longitudinal geological cross section of the bauxite occurrence No 5

1. Albian-Cenomanian conglomerates, sandstones and clays; 2. Bauxites; 3. Malm-Neocomian limestones; 4. Exploratory boreholes; 5. Faults

**Pojava br. 6** se nalazi oko 200 m zapadnije od pojave br.5. Duž pokrivene granice kredno-jurskih krečnjaka i alb-cenomanskih sedimenata pronađen je manji izdanak boksita i obilje komada. Raskopima je utvrđeno da se boksit javlja na dužini od preko sto metara. Kao i na prethodnoj rudnoj pojavi bušenjem je pronađeno manje rudno telo, koje je okontureno sa šest pozitivnih bušotina. Pokriveni deo rudnog tela zalеže ispod povlatnih sedimenata na dubini od 9,5-41,0 m (sl. 36).




Sl. 36 - Uzdužni geološki profil pojave br. 6

1. Konglomerati, peščari i gline alb-cenomana; 2. Boksit; 3. Krečnjaci jura-kreda; 4. Istražne bušotine; 5. Rasedi

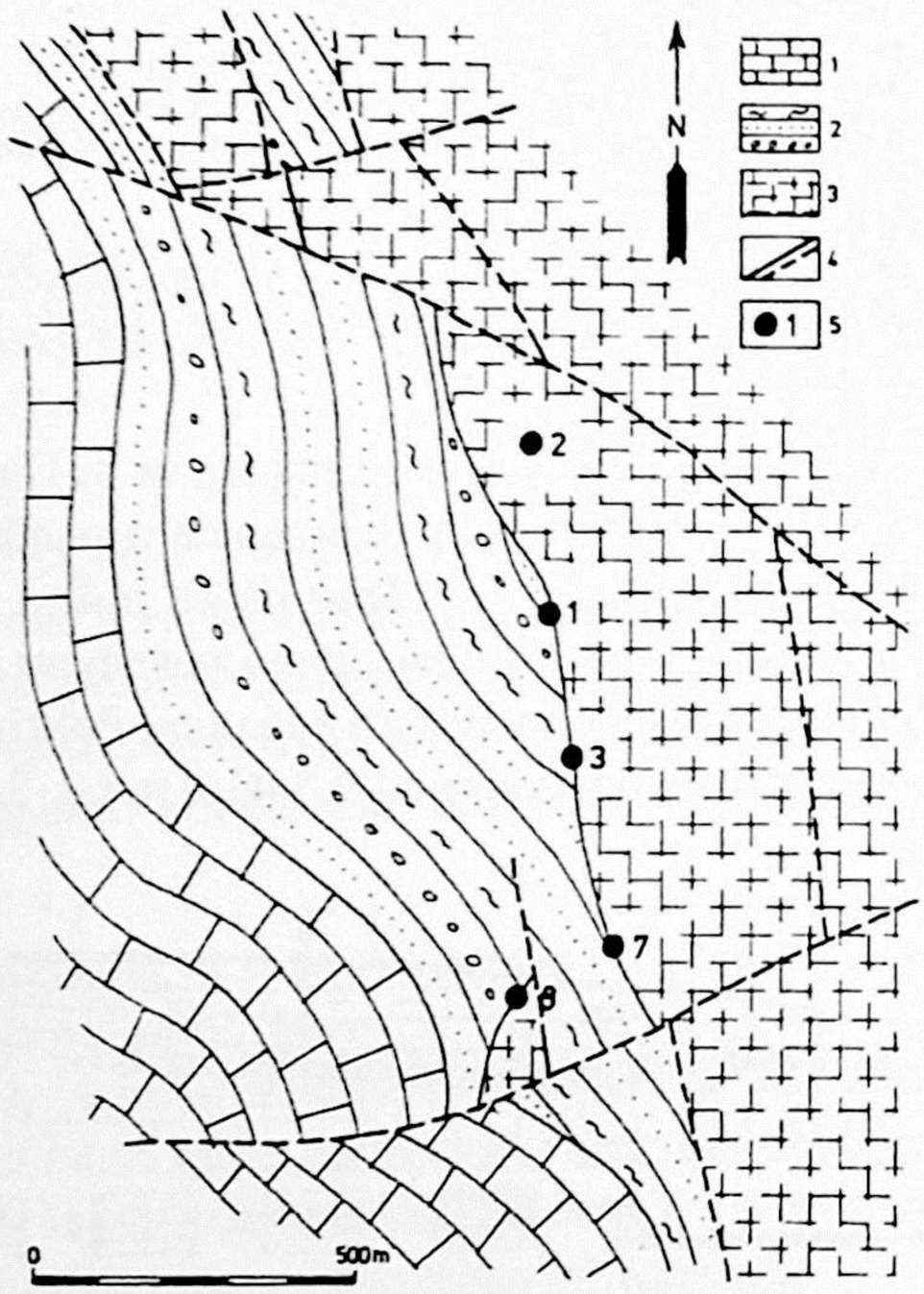
Fig. 36 – Longitudinal geological cross section of the bauxite occurrence No 6

1. Albian-Cenomanian conglomerates, sandstones and clays; 2. Bauxite; 3. Malm-Neocomian limestones; 4. Exploratory boreholes; 5. Faults

Nabušeni boksit čini prelaz ka glinovitim boksitima i boksitičnim glinama. Karakteriše se visokim sadržajem $SiO_2$ od 16,86-48,67%, niskim sadržajem $Al_2O_3$ od 16,60-34,87, izuzev jedne bušotine gde iznosi 51,80% $Al_2O_3$. Sadržaji ostalih komponenti kreću se u granicama: 8,32-12,25% $Fe_2O_3$, 1,5-2,62% $TiO_2$, 0,40-1,70% CaO i 10,20-13,72% Gž. Nabušeni boksit pretežno je bemitskog tipa, sa promenljivim učešćem bemita i kaolinita. Kod kvalitetnih boksita bemit je dominantan, a kaolinita skoro da nema ili se javlja u neznatnoj količini. Kod

glinovitih boksita kaolinit je dominantan mineral, a bemit se javlja u malim količinama ili potpuno izostaje.

K a l u đ e r o v o. Lokalnost Kaluđerovo se nalazi u zapadnom pojasu "trnsko-belopalanačke boksitonosne zone", odnosno 1-1,5 km južno od Radoševca. Geološka građa šireg područja je relativno složena, međutim, sama lokalnost odlikuje se jednostavnom geološkom građom. Geološki stub je ovde izgrađen od jursko-krednih i krednih sedimenata. Jursko-kredni krečnjaci, koji čine podinu boksitu, su pretežno sive i svetlosive boje i jako karstifikovani. Neposrednu povlatu boksita čine konglomerati, konglomeratični peščari, glinoviti peščari i peskoviti glinci alb-cenomana. Preko ovih sedimenata, posle kraćeg prekida u sedimentaciji slede klastično-karbonatni sedimenti gornjeg turona i starijeg senona (Sl. 37).




Sl. 37 - Geološka karta Kaluđerova (po Arsiću, 1980)

1. Peščari, vapnoviti peščari i laporoviti krečnjaci turona i senona; 2. Konglomerati, peščari i gline alb-cenomana; 3. Krečnjaci gornje jure i donje krede; 4. Rasedi; 5. Pojave boksita

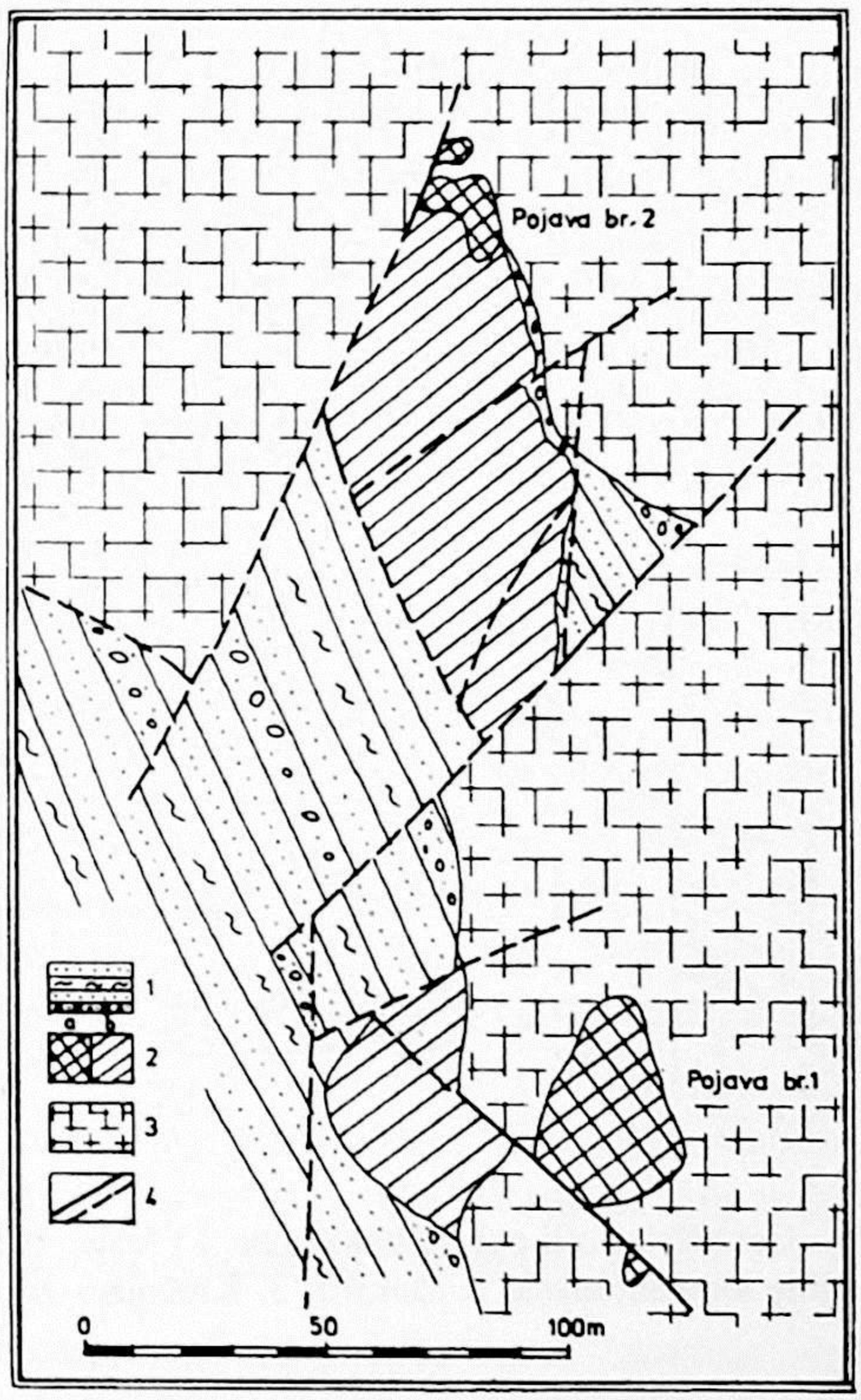
Fig. 37 – Geological map of the Kaluđerovo locality (After Arsić, 1980)

1. Turonian-Senonian sandstones and marly limestones; 2. Albian-Cenomanian conglomerates, sandstones and clays; 3. Malm-Neocomian limestones; 4. Faults; 5. Bauxite occurrences

Dosadašnjim istraživanjima na lokalnost Kaluđerovo, pronađeno je pet površinski otkrivenih pojava boksita. Boksiti, u vidu manjih nepravilno-sočivastih rudnih tela, po T i m o t i j e v i ć u i P o d u n a v c u (1997) javljaju se kao erozioni ostaci na podinskim krečnjacima ili na stratigrafskoj granici neokoma i alb-cenomana što ukazuje na mogućnost da se oni pronađu i ispod povlatnih sedimenata. Oni,

medutim, zapunjavajući palcokarstna udubljenja leže na malmskim ili neokomskim krečnjacima (u zavisnosti od stepena erodovanosti podine pre stvaranja boksita), a prekriveni su terigenim sedimentima povlate. Najinteresantnije i najznačajnije su pojave boksita br. 1 i br. 2, koje su najsevernije otkrivene na ovoj lokalnosti.

**Pojava br. 1** je otkrivena na istočnoj padini Dela kod Kaluđerova, na granici podinskih krečnjaka i povlatnih terigenih sedimenata. Sama granica je i ovde, kao u većini slučajeva pokrivena do nekoliko metara debelim deluvijalnim nanosom. Izdanak boksita je otkriven na relativno velikoj površini, ali se njegove prave dimenzije ne uočavaju jer je u pravcu zapada pokriven deluvijalnim nanosom, i dalje povlatnim sedimentaima (Sl. 38).




Sl. 38 - Geološka karta pojava boksita br. 1 i 2

1. Konglomerati, peščari i gline alb-cenomana; 2. Pojave boksita; a) otkriveni deo, b) pokriveni deo; 3. Krečnjaci gornje jure i donje krede; 4. Rasedi

Fig. 38 – Geological map of the bauxite occurrences No 1 and No 2

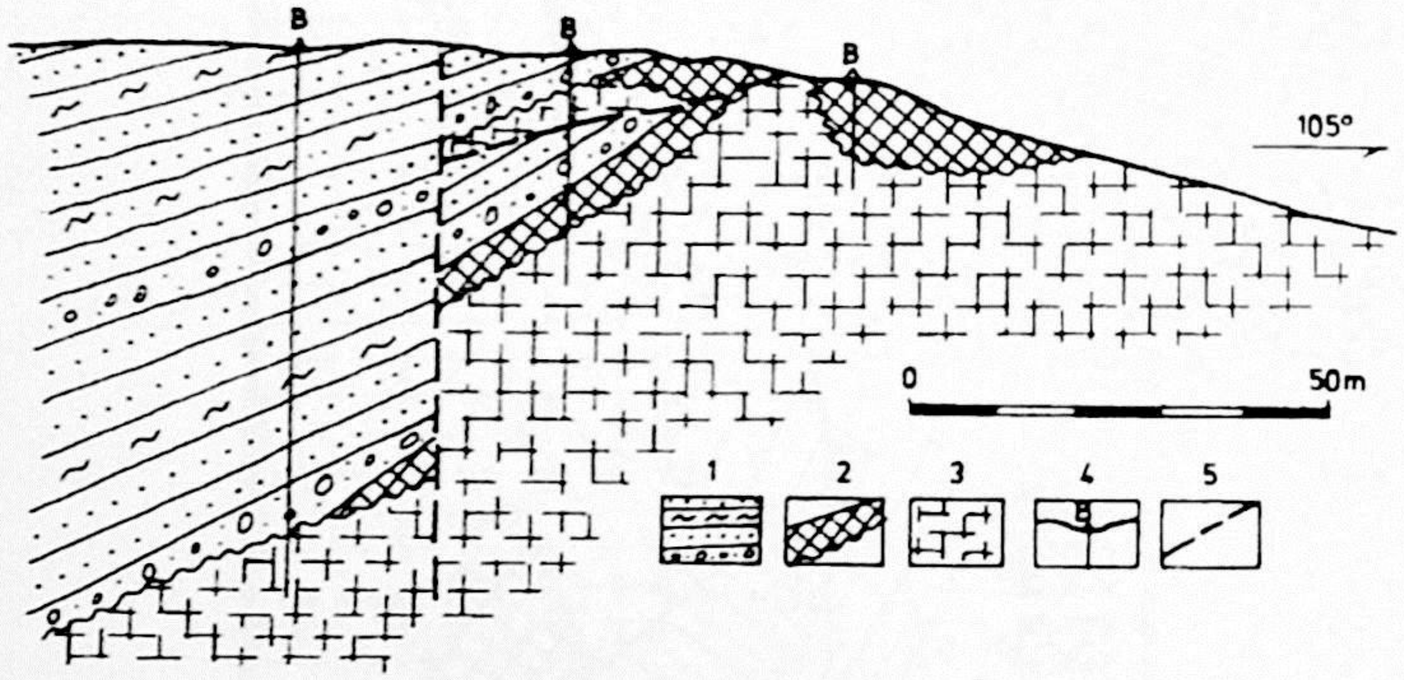
1. Albian-Cenomanian conglomerates, sandstones and clays; 2. Bauxite occurrences; a) uncovered part, b) covered part; 3. Malm-Neocomian limestones; 4. Faults

Rudna pojava boksita se sastoji iz dva dela: otkriveni i pokriveni, koji se nalaze u neposrednoj blizini. U geološkoj prošlosti ova rudna pojava je najverovatnije bila jedinstveno geološko telo koje je dejstvom postrudne tektonike i erozije razdvojena na dva manja rudna tela.

Dejstvom erozije otkriveni deo je uglavnom razoren, a boksit je ostao sačuvan samo u nižim delovima paleoreljefa. Kasnije je, u savremenim geološkim uslovima vršeno razaranje, spiranje i pretaložavanje boksita iz više u niže delove terena obrazujući boksitične gline i humus sa komadima boksita u površinskom delu pojave. Debljina boksita varira u granicama od nekoliko cm do 9 m. Boksit je uglavnom kompaktan, mada postoje i mekši delovi, mrkocrvene boje sa slabo uočljivim oolitima i pizolitima. Kvalitet boksita je veoma dobar. Po A r s i ć u (1982) sadržaj $Al_2O_3$ iznosi 52,82%, a $SiO_2$ 5,12%.

Pokriveni deo pojave br. 1 je sličnih dimenzija kao i otkriveni. Debljina povlatnih sedimenata kreće se do 25 m. Boksit u ovom delu rudnog tela je takođe kompaktan, a samo ređe se javlja rastresit i to obično duž njegovog oboda. Debljina boksita, na osnovu dosadašnjih rezultata istraživanja, kreće se od desetak centimetara na obodu do 3,5 m u centralnom delu. Kvalitet boksita je veoma dobar i po podacima A r s i ć a (1982) srednji sadržaj $Al_2O_3$ iznosi 54,05%, a $SiO_2$ 6,51%. Boksit pripada bemitskom tipu sa promenljivim učešćem hematita i kaolinita.

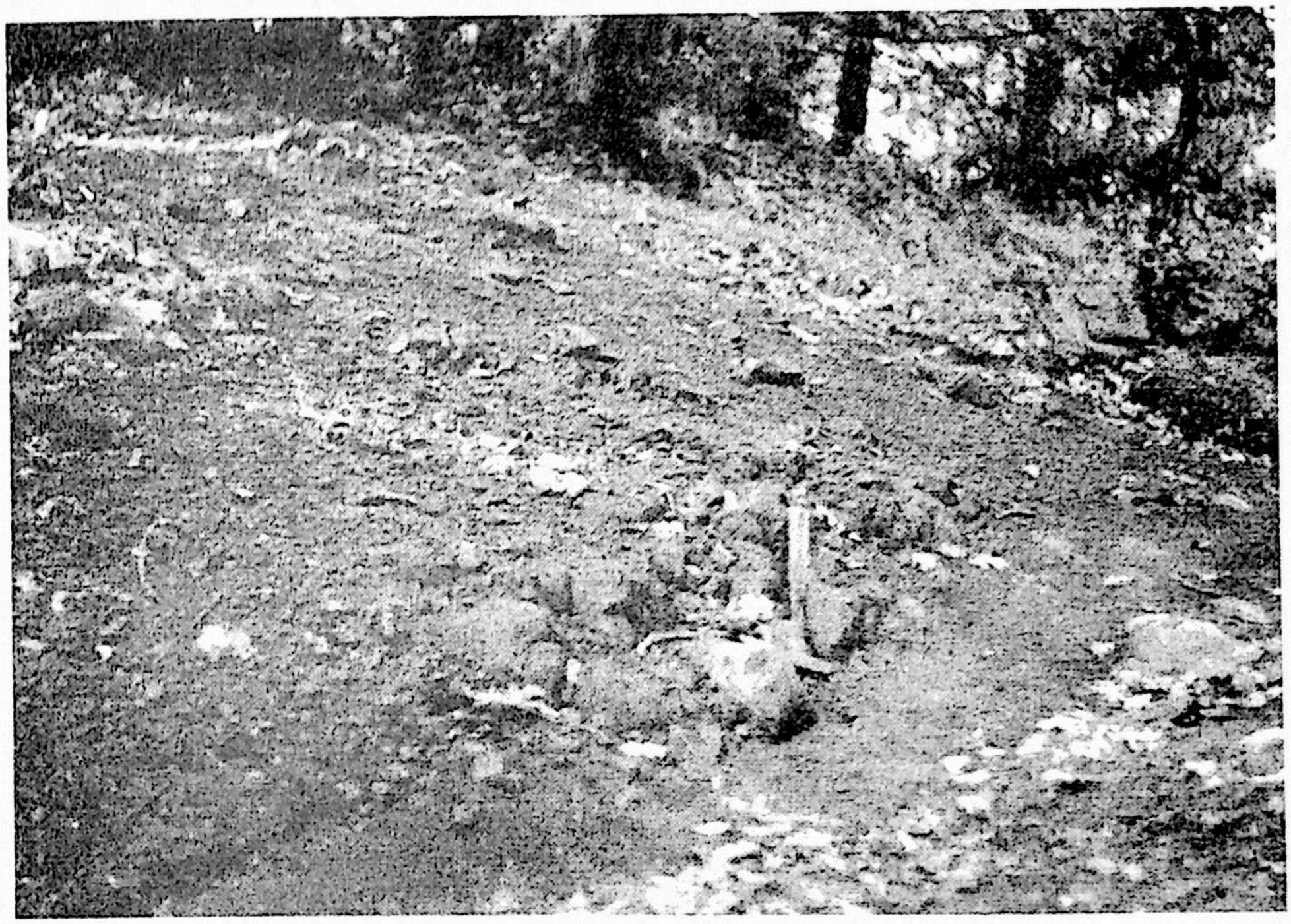
Dejstvom postrudne tektonike boksit i povlatni sedimenti su znatno poremećeni. Boksit i podinski krečnjaci su izdignuti do površine terena, a povlatni terigeni sedimenti relativno spušteni zajedno sa delom boksitnog horizonta. Vertikalna kretanja pri tome nisu velika i iznose do 15 m (Sl. 39).




Sl. 39 - Geološki profil pojave boksita br. 1 (Arsić, 1984)
1. Konglomerati, peščari i gline alb-cenomana; 2. Boksiti; 3. Krečnjaci gornje jure i donje krede; 4. Istražne bušotine; 5. Rasedi

Fig. 39 – Geological cross section of the bauxite occurrence No 1 (After Arsić, 1984)
1. Albian-Cenomanian conglomerates, sandstones and clays; 2. Bauxites; 3. Malm-Neocomian limestones; 4. Exploratory boreholes; 5. Faults

**Pojava br. 2** se nalazi oko 200 m severnije od pojave br. 1. Ovde, na oko pedesetak metara od pokrivene granice podinskih jursko-krednih krečnjaka i povlatnih alb-cenomanskih klastita otkriveni su izdanci kompaktnog boksita. Boksit leži u paleokarstnom udubljenju, a u pravcu juga prema pojavi br. 1 čitava istočna padina brda Del pokrivena je deluvijalnim nanosom sa komadima boksita (Sl. 40).

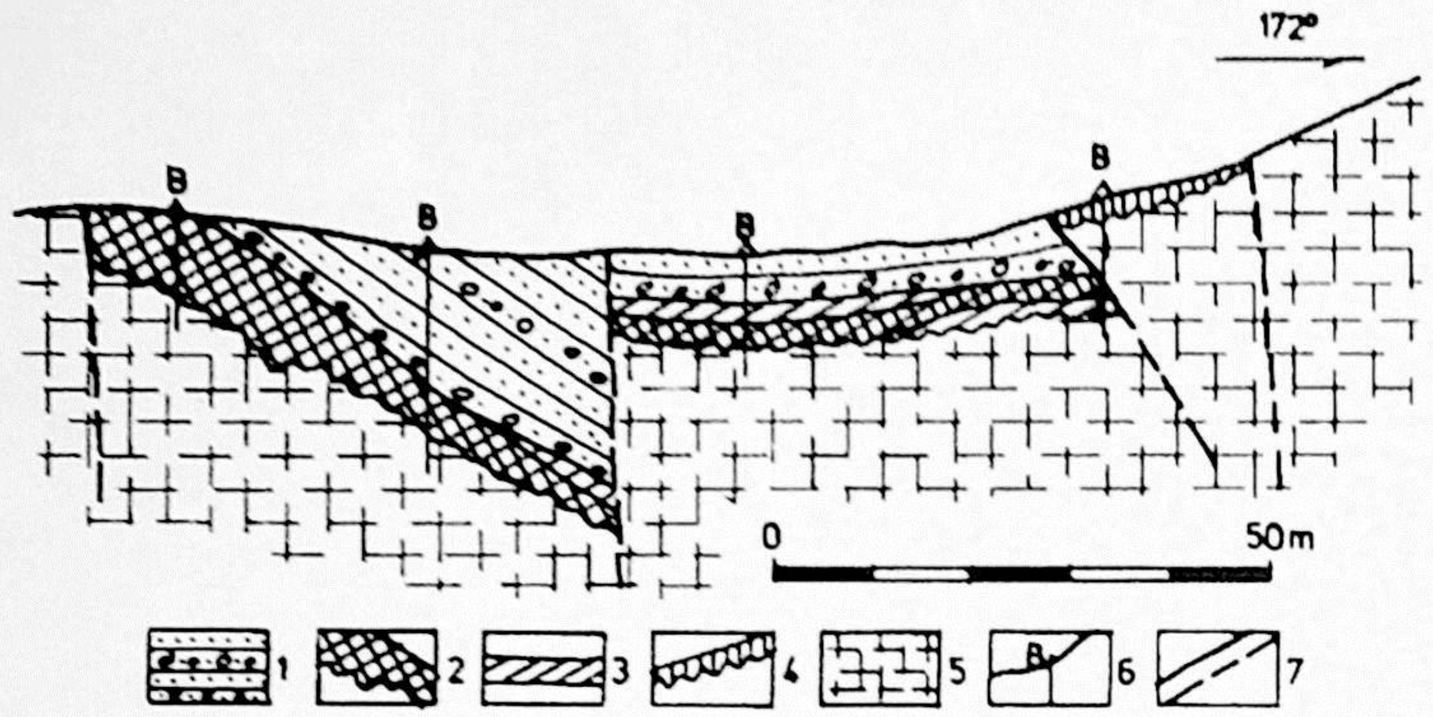


Sl. 40 – Pojava boksita br. 2 u Kaluderovu

Fig. 40 - Bauxite occurrence No 2 in the Kaluderovo locality

Južno od pomenutog izdanka, u pravcu pojave br. 1, boksitonosnost je proveravana istražnim bušenjem. Boksit je nabušen sa četiri bušotine. Debljina mu je neujednačena i kreće se u intervalu od 0,5-8,0 m, a srednja, na osnovu podataka istražnog bušenja, iznosi 3,05 m. Debljina povlatnih sedimenata kreće se do 15 m iznad rudnog tela. Pojava ima oblik manjeg sočivastog rudnog tela, pružanja približno sever-jug. Po pružanju se može pratiti oko 110 m, dok širina iznosi oko 40 m. Krajnji severni deo je otkriven na površini približno 20 x 20 m, dok joj je najveći deo pokriven povlatnim sedimentima. Postrudna tektonika je veoma izražena, tako da je došlo do vertikalnih pomeranja (do 20 m) pa čak i do navlačenja podinskih krečnjaka preko boksita, duž reversnog raseda (Sl. 41).

Za sada se može pouzdano reći da pojava br. 2 zauzima znatno veću površinu od pojave br. 1. Značajno je istaći i to da boksiti leže blizu površine ili vrlo plitko ispod povlatnih sedimenata. Boksiti su uglavnom kompaktni, ali se javljaju i trošni, pa čak i glinoviti, mrkocrvene boje i oolitske strukture. Kvalitet im je promenljiv, ali znatno lošiji od boksita na pojavi br. 1. Za ove boksite karakterističan je povećan sadržaj silicije, koja u pojedinim probama dostiže vrednost do 26%. Ove boksite karakteriše i visok sadržaj aluminije, koja se kreće u granicama od 38,26-52,43%. Boksiti pripadaju bemitskom tipu sa hematitom i kaolinitom kao glavnim mineralima. Po A r s i ć u i dr., (1987) rudne rezerve boksita iznose oko 40 hiljada tona, sa srednjim sadržajem $Al_2O_3$-45,59% i $SiO_2$-18,27%.




Sl. 41 - Uzdužni geološki profil pojave br. 2 (po Arsiću)
1. Konglomerati, peščari i gline alb-cenomana; 2. Boksiti; 3. Boksitične gline; 4. Crvenica sa boksitom; 5. Krečnjaci gornje jure i donje krede; 6. Istražne bušotine; 7. Rasedi

Fig. 41 – Longitudinal geological cross section of the bauxite occurrences No 2 (Arsić)
1. Albian-Cenomanian conglomerates, sandstones and clays; 2. Bauxites; 3. Clayey bauxite; 4. Red clays; 5. Jurassic-Cretaceous limestones; 6. Exploratory boreholes; 7. Faults

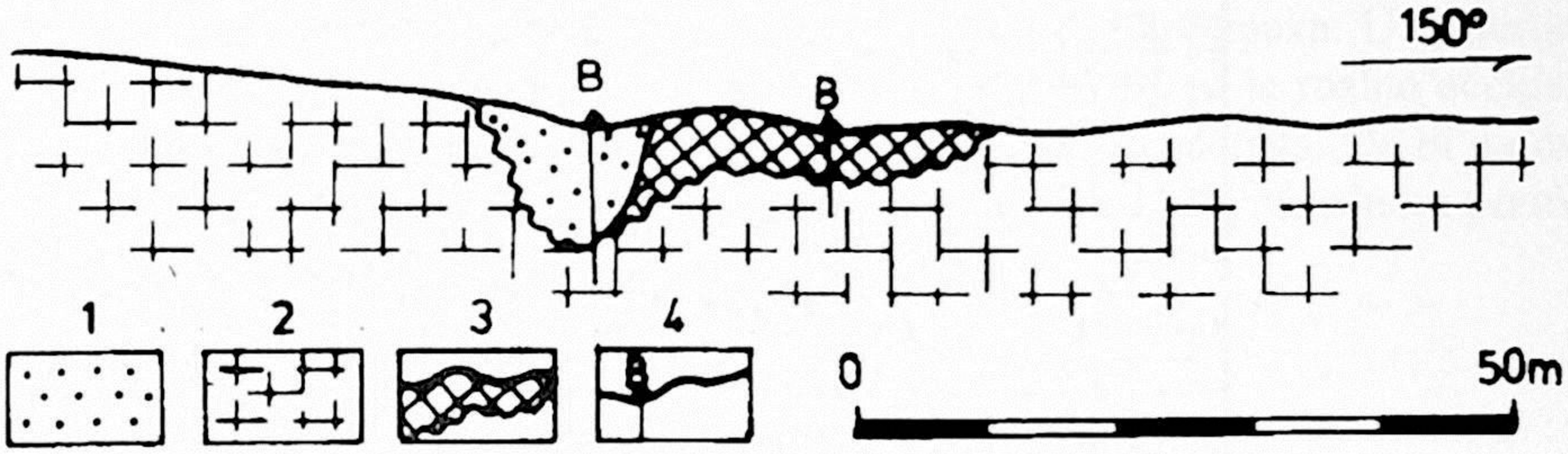
**Pojava br. 3** je oko 200 m južnije od pojave br. 1. Na samoj granici podinskih krečnjaka i povlatnih sedimenata alb-cenomana otkriven je boksit. Boksiti se javljaju na maloj poršini, boje su mrkocrvene, kompaktni su i sa retkim oolitima i pizolitima. Raskopom je utvrđeno da boksit zaleže u pravcu zapada pod povlatne sedimente, u čemu i jeste značaj ove male rudne pojave. Znači da ona najverovatnije predstavlja erozijom otkriveni samo deo rudnog tela, čije dimenzije treba utvrditi dubinskim bušenjem u pravcu zapada boksitonosne serije. Bušotina koja je izbušena zapadno od izdanka, odnosno od granice podine i povlate, međutim, nije nabušila boksit. Boksit na izdanku je bemitskog tipa i dobrog kvaliteta, sa visokim sadržajem $Al_2O_3$ (48,37%) i relativno niskim sadržajem $SiO_2$ (6,34%).

**Pojava br. 7** potpuno je slična pojavi br. 3, od koje je udaljena oko 300 m u pravcu jugoistoka. I ovde je na poklrivenoj granici podinskih i povlatnih sedimenata pronađen mali razoreni izdanak kompaktnog boksita mrkocrvene boje, oolitske strukture. Sve ovo ukazuje da u pravcu zapada, ispod povlatnih alb-cenomanskih sedimenata treba očekivati pokriveno rudno telo. Raskopima nije otkriven boksit, već samo deluvijalni nanos sa crvenicom i komadima kompaktnog boksita. Bušenjem na rudnoj pojavi otkriveno je malo rudno telo na samoj površini terena (Sl. 42).

Boksit je pokriven crvenicom, sa komadima boksita, male debljine. Dimenzije ovog rudnog tela su male i iznose oko 25 x 10 m. Po kvalitetu boksit je loš i čini prelaz ka glinovitim boksitima, sa srednjim sadržajem (po A r s i ć u ) 33,44% $Al_2O_3$, 16,23% $SiO_2$ i 34,81% $Fe_2O_3$.

Istražno bušenje, koje je obavljeno zapadno i jugoistočno od pojave dalo je dobre rezultate. Pre svega potvrđeno je da se boksiti javljaju i ispod povlatnih sedimenata, kao i to da je nabušen boksit veoma dobrog kvaliteta. U zavisnosti od erozionо-denudacionih procesa i tektonskih pokreta kredni sedimenti su, na ovom delu terena,

različito očuvani tako da im debljina iznosi do 70 m. Debljina boksita je relativno mala i iznosi 0,7-1,0 m. Može se pretpostaviti da je pozitivnim bušotinama nabušen obodni deo rudnog tela indiciranog na pojavama 7 i 8. Središnje delove ovog rudnog tela treba očekivati u pravcu zapada-jugozapada gde su sačuvani povlatni sedimenti. Nabušeni boksit je bemitskog tipa, veoma dobrog kvaliteta, odnosno sadržaj $Al_2O_3$ je visok i kreće se od 55,55-60,84%, a $SiO_2$ nizak od 4,52-8,45%.

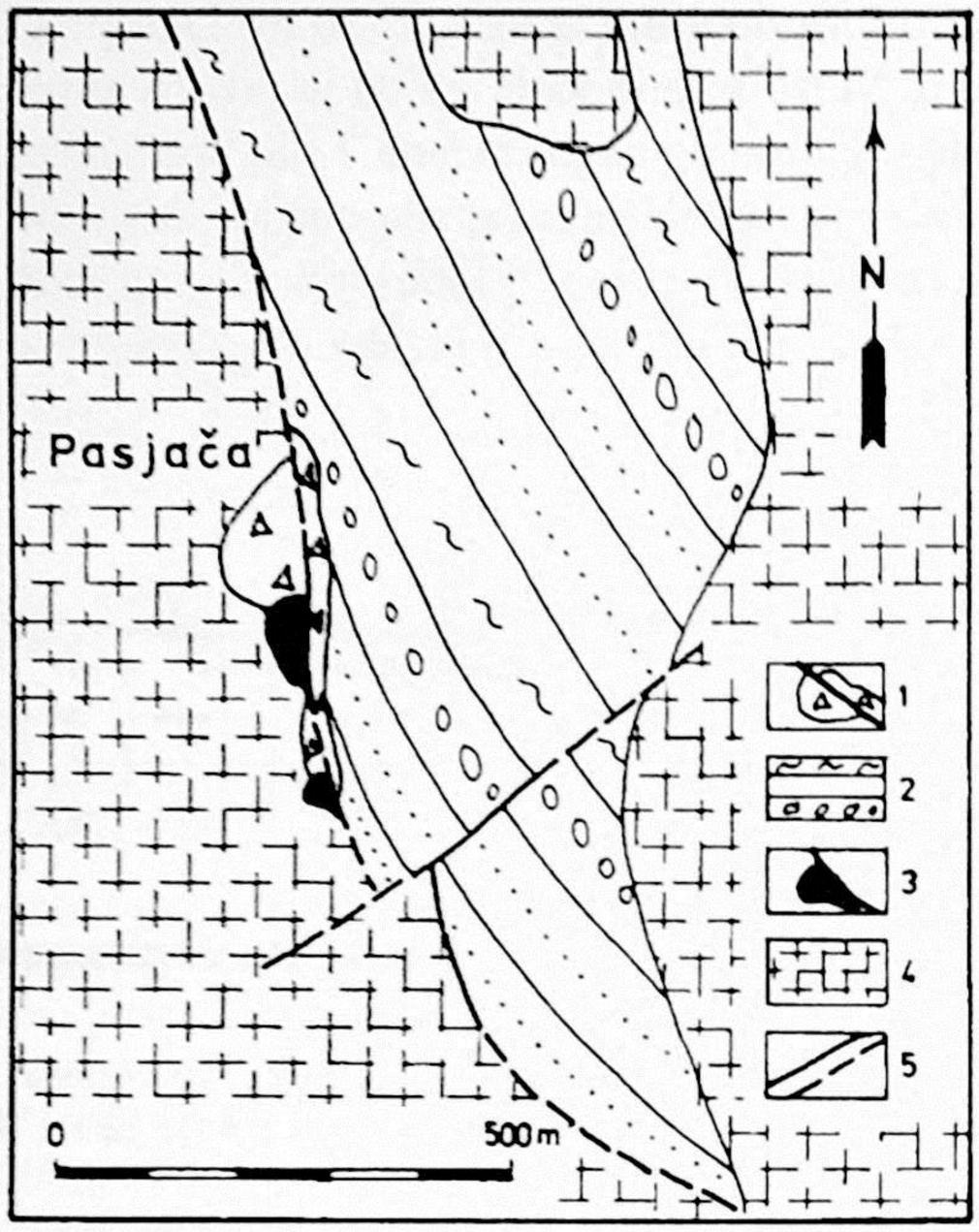



Sl. 42 - Uzdužni geološki profil pojave br. 7 (po Arsiću)
1. Konglomerati, peščari i gline alb-cenomana; 2. Krečnjaci gornje jure i donje krede; 3. Boksiti; 4.Istražne bušotine

Fig. 42 - Longitudinal geological cross section of the bauxite occurrence No 7 (Arsić)
1. Albian-Cenomanian conglomerates, sandstones and clays; 2. Jurassic-Cretaceous limestones: 3. Bauxites; 4. Exploratory boreholes

**Pojava br. 8** se nalazi zapadno od pojave br. 7. Ovde se u vidu manjeg tektonsko-erozionog prozora nalaze podinski jursko-kredni krečnjaci koji proviruju ispod povlatnih alb-cenomanskih sedimenata. Na njegovom severnom delu, na granici između ove dve formacije nađen je manji izdanak boksita. To nam ukazuje da se u pravcu severa i severozapada može očekivati pokriveno rudno telo većih dimenzija. Ovome ide u prilog i podatak da je na oko 80 m severoistočno od pojave nabušen kompaktan boksit dobrog kvaliteta (60,84% $Al_2O_3$, 4,52% $SiO_2$)

P a s j a č a . Pojave boksita na ovoj lokalnosti nalaze se u ataru istoimenog sela Pasjača. Ovde su još 1980. godine pronađene pojave boksita prilikom izrade geološke karte razmere 1:10.000, ovog dela perspektivne trnsko-belopalanačke boksitonosne zone. Na grebenu, u neposrednoj blizini sela, boksit se javlja u vidu razorenog izdanka na velikoj površini a u neposrednoj blizini kontakta ili na samom kontaktu podinskih i povlatnih sedimenata. Kontakt jursko-krednih krečnjaka i alb-cenomanskih terigenih sedimenata pokriven je crvenicom sa komadima boksita na dužini od preko 400 m, što svakako ukazuje da bi boksite mogli očekivati istočno ispod povlatnih sedimenata (Sl. 43).




Sl. 43 - Geološka karta Pasjače (Podunavac, i dr., 1988)
1. Mrkocrveni humus sa komadima boksita; 2. Konglomerati, peščari i gline alb-cenomana; 3. Pojave boksita; 4. Krečnjaci gornje jure i donje krede; 5. Rasedi

Fig. 43 – Geological map of the Pasjača locality (Podunavac at all, 1988)
1. Brawnred humus with bauxite fragments; 2. Albian-Cenomanian conglomerates, sandstones and clays; 3. Bauxite occurrences; 4. Upper Jurassic-Lower Cretaceous limestones; 5. Faults

Pojava boksita Pasjača je istraživana raskopima i plićim šahtama. Sadržaji osnovnih komponenti boksita su relativno ujednačeni i kreću se u granicama: $Al_2O_3$ od 51,27-52,35%, $SiO_2$ od 6,85-7,86%, $Fe_2O_3$ od 21,59-22,15%, $TiO_2$ od 2,75-2,77%, CaO od 0,73-0,79% i Gž od 13,97-14,52%.Mineraloško-hemijska ispitivanja pokazala su da je boksit bemitskog tipa sa hematitom i malim učešćem kaolinita, sa visokim sadržajem aluminije i niskim sadržajem silicije. Na osnovu ovakvih karakteristika mogli bi se na ovoj lokalnosti očekivati boksiti dobrog kvaliteta.

Izbušeno je nekoliko strukturnih bušotina da bi se proverila boksitonosnost ovog dela terena. Dve bušotine su izbušene na površinskom delu pojave i dve na povlatnim sedimentima. Dobijeni su veoma značajni podaci o geologiji Pasjače. Po P o d u n a v c u i dr., (1988) utvrđeno je da zapadnu granicu pasjačkog dela boksitonosne zone predstavlja gravitacioni rased, koji ima pružanje približno sever-jug, sa strmim padom prema istoku, da je duž njega celokupna boksitonosna serija spuštena preko 80 m zajedno sa eventualnim ležištima boksita, koja su na ovaj način sačuvana od erozije. Na površinskom delu pojave nabušen je boksit vrlo dobrog kvaliteta, debljine 2-3 m. Boksit je mrkocrvene do crvene boje, oolitsko-pizolitske strukture i kompaktan, koji mestimično čini prelaz ka glinovitim boksitima. Sadržaj osnovnih komponenti kreće se u sledećim granicama: $Al_2O_3$ od 30,57-52,34%, $SiO_2$

od 8,25-36,38%, $Fe_2O_3$ od 14,25-19,86%, $TiO_2$ od 1,67-3,33%, CaO od 1,26-2,34% i Gž od 13,97-16.10%. Potrebno je naglasiti da preovlađuje boksit dobrog kvaliteta. Kao glavni mineral javlja se bemit a prate ga hematit, kaolinit, rutil, kvarc i drugi manje zastupljeni minerali karakteristični za boksite.

Na pitanje da li pojava boksita na Pasjači zaleže ispod povlatnih sedimenata, u ovom trenutku je nemoguće dati odgovor, zbog malog broja istražnih radova. Bušotinama koje su bušene na alb-cenomanskim sedimentima konstatovan je tektonski kontakt između njih i gornjojursko-donjokrednih krečnjaka. U materijalu iz tektonskog kontakta, međutim, ima tragova boksita (bemit), pa je realno očekivati nastavak boksitnog rudnog tela ispod povlatnih terigenih sedimenata. Da bi na ovo, kao i mnoga druga otvorena pitanja dobili odgovor potrebno je u narednom periodu nastaviti sistematska istraživanja.

## Pojave boksita u istočnom pojasu

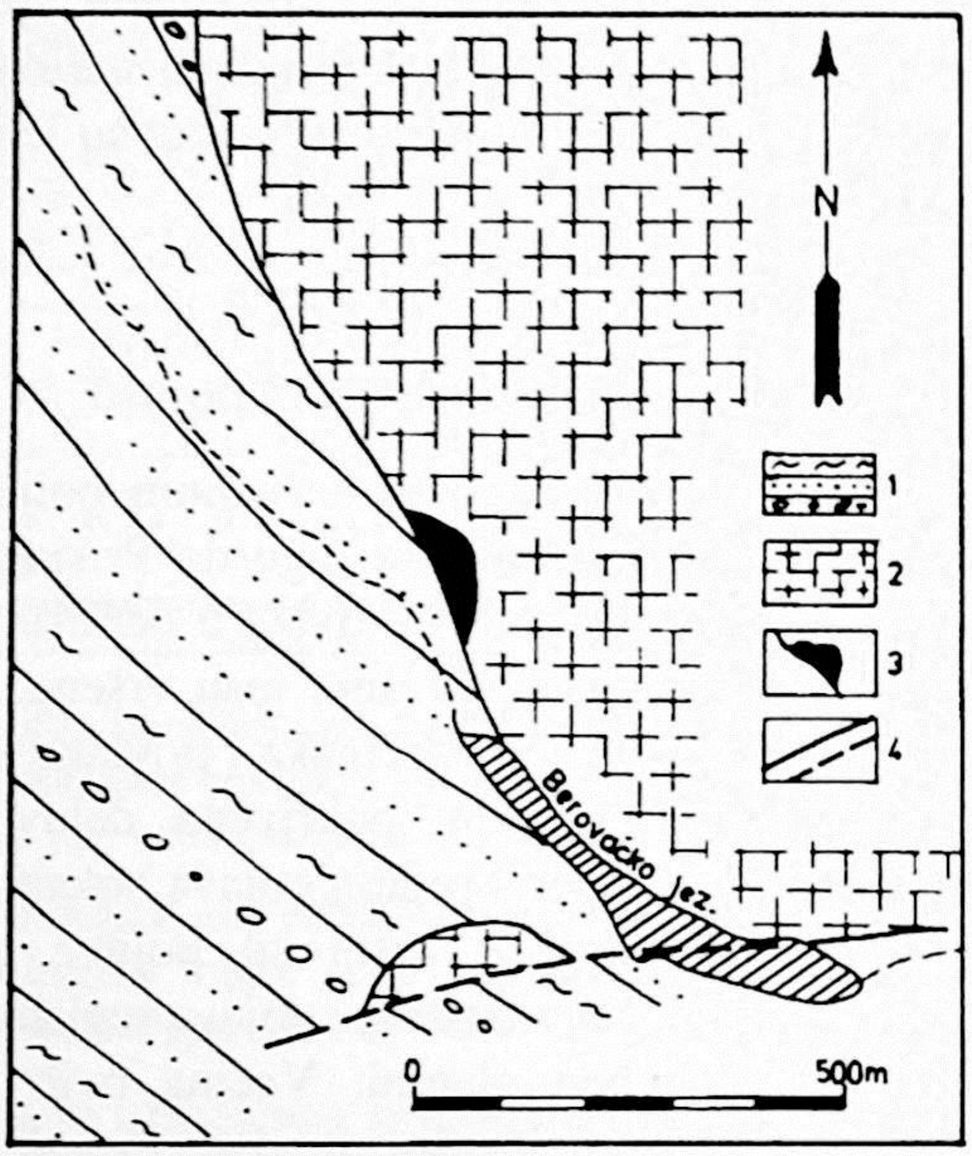
Istočni pojas zauzima velike površine terena u rudnom polju Babušnice. On se proteže od jugoslovensko-bugarske granice na jugu do Prisjana na severu, dužine oko 30 km i širine 3-4 km. Stepen istraženosti ovog, u odnosu na zapadni pojas, je daleko niži i osim regionalnih druga istraživanja nisu vršena. U istočnom pojasu, duž erozijom otkrivene granice podinskih krečnjaka i povlatnih sedimenata, koja je najčešće tektonska i u znatnom stepenu pokrivena deluvijalno proluvijalnim nanosom, registrovano je nekoliko manjih rudnih pojava boksita. Boksiti su u većini slučajeva površinski jako izmenjeni, a česte su pojave glinovitih boksita i boksitično-gvoždevitog materijala. Najistraženije pojave registrovane su u ataru sela Prisjana, kod Berovice i na Greben planini. Većina ovih pojava se nalazi u neposrednoj blizini kontakta jura, kreda-alb-cenoman, ili pak na samom kontaktu što ukazuje na mogućnost pronalaženja rudnih tela i ispod povlatnih sedimenata.

P r i s j a n. U ataru sela Prisjan je 1983. godine, prilikom izrade geološke karte razmere 1:10.000, pronađena je pojava boksita. Ona se nalazi kod Ostričina, gde je granica podine i povlate pokrivena jako debelim deluvijalnim nanosom. Boksit je otkriven na površini od oko dvadesetak metara kvadratnih i to na samoj granici podine i povlate. Na osnovu ovog podatka može se pretpostaviti da boksit najverovatnije zaleže ispod povlatnih sedimenata u pravcu severa. Boksit je mrkocrvene do crvene boje, kompaktan, oolitske strukture i površinski jako izmenjen. On je dosta ispucao, krt i raspadnut tako da se na padini Ostričina zapažaju komadići i komadi boksita. U uzorku koji je uzet sa izdanka konstatovan je sledeći sadržaj osnovnih komponenti: $Al_2O_3$-30,23%, $SiO_2$-26,05%, $Fe_2O_3$-28,16%, $TiO_2$-4,00%, CaO-0,73% i Gž-10,18%. U mineralnom sastavu dominiraju hematit i kaolinit, zatim kvarc, getit i ilit. Od minerala aluminijuma konstatovan je bemit u malim količinama.

Ova pojava po svojim dimenzijama, kao i sadržaju osnovnih komponenti ne može imati veći ekonomski značaj. Međutim, s obzirom na činjenicu da se nalazi na

kontaktu podinskih i povlatnih sedimenata, gde su terigeni sedimenti povlate dobro očuvani, može poslužiti kao indikacija za pronalaženje boksita ispod krednih sedimenata alb-cenomana koji čine povlatu boksitima.

B e r o v i c a. Lokalnost Berovica se nalazi u istočnom pojasu "trnsko-belopalanačke boksitonosne zone", odnosno u ataru istoimenog sela. Ova lokalnost se karakteriše jednostavnom geološkom građom, a izgrađena je od jursko-krednih i krednih sedimenata (Sl. 44).




Sl. 44 - Geološka karta Berovice

1. Konglomerati, peščari i gline alb-cenomana; 2. Krečnjaci gornje jure i donje krede; 3. Boksiti; 4. Rasedi

Fig. 44 – Geological map of the Berovica locality

1. Albian-Cenomanian conglomerates, sandstones and clays; 2. Upper Jurassic-Lower Cretaceous limestones, 3. Bauxites; 4. Faults

Utvrđeno je da se u podini boksita nalaze krečnjaci najmlađe gornje jure i najstarije donje krede, u zavisnosti od stepena erodovanosti u vreme stvaranja boksita. Facijalno uzev, sedimenti podine boksita predstavljeni su uglavnom različitim plitkovodnim krečnjacima, mestimično dolomitičnim. Boje su svetlosive ili sive, a u neposrednoj podini boksita poprimaju rumenkastu nijansu sa prslinama i pukotinama zapunjenim crvenim boksitičnim materijalom. Najčešće su bankoviti ili masivni, ređe slojeviti, jako karstifikovani i oskudni fosilnim ostacima.

Povlatu boksita čini terigena serija sedimenata stvaranih od alb-cenomana do starijeg senona. Neposrednu povlatu boksita izgrađuju terigeni sedimenti alb-cenomana, zatim slede sedimenti donjeg cenomana kada nastupa kraći prekid u

sedimentaciji. Nakon toga dolazi do sedimentacije peščara, vapnovitih peščara i peskovitih krečnjaka gornjeg turona i starijeg senona. Osnovna karakteristika ove serije je znatna litološka raznovrsnost i različita zastupljenost fosilnih ostataka, koja je naročito oskudna u starijem delu serije.

Pojava Berovica se nalazi severno, odnosno severozapadno od Berovačkog jezera na daljini od oko 150 m. Boksit je otkriven na površini od oko 50 $m^2$ u neposrednoj blizini kontakta podine i povlate. Leži na podinskim krečnjacima, a u pravcu zapada prema povlatnim sedimentima pokriven je debelim deluvijalnim nanosom. Raskopima i plićim šahtama je otkriven kompaktan boksit mrkocrvene boje i oolitsko-pizolitske strukture, na površini od oko 50 x 30 m. Boksit se nalazi ispod deluvijalnog nanosa, debljine i preko 2 m, na samoj granici podinskih krečnjaka i terigenih sedimenata alb-cenomana. Prema situaciji na terenu može se konstatovati da se značajniji deo ove pojave verovatno nastavlja na zapad ispod povlatnih sedimenata. U pravcu severozapada duž kontakta pronađeni su komadi boksita u deluvijalnom nanosu na dužini od sedamdesetak metara.

Mineraloško-hemijskim ispitivanjem uzoraka boksita pokazalo se da se radi o boksitu bemitskog tipa, površinski jako onečišćenog i promenljivog kvaliteta, što je karakteristično za obodne delove ležišta. Stalni mineralni sastav boksita je bemit, kaolinit i hematit, a od ostalih prisutni su kvarc, getit, limonit, ilit i kalcit. Sadržaji osnovnih komponenti boksita iz dvadesetak analiziranih proba je neujednačen i karakteriše se povećanim sadržajem silicije i relativno visokim sadržajem aluminije. U tabeli 8 su prikazani sadržaji osnovnih komponenti boksita.

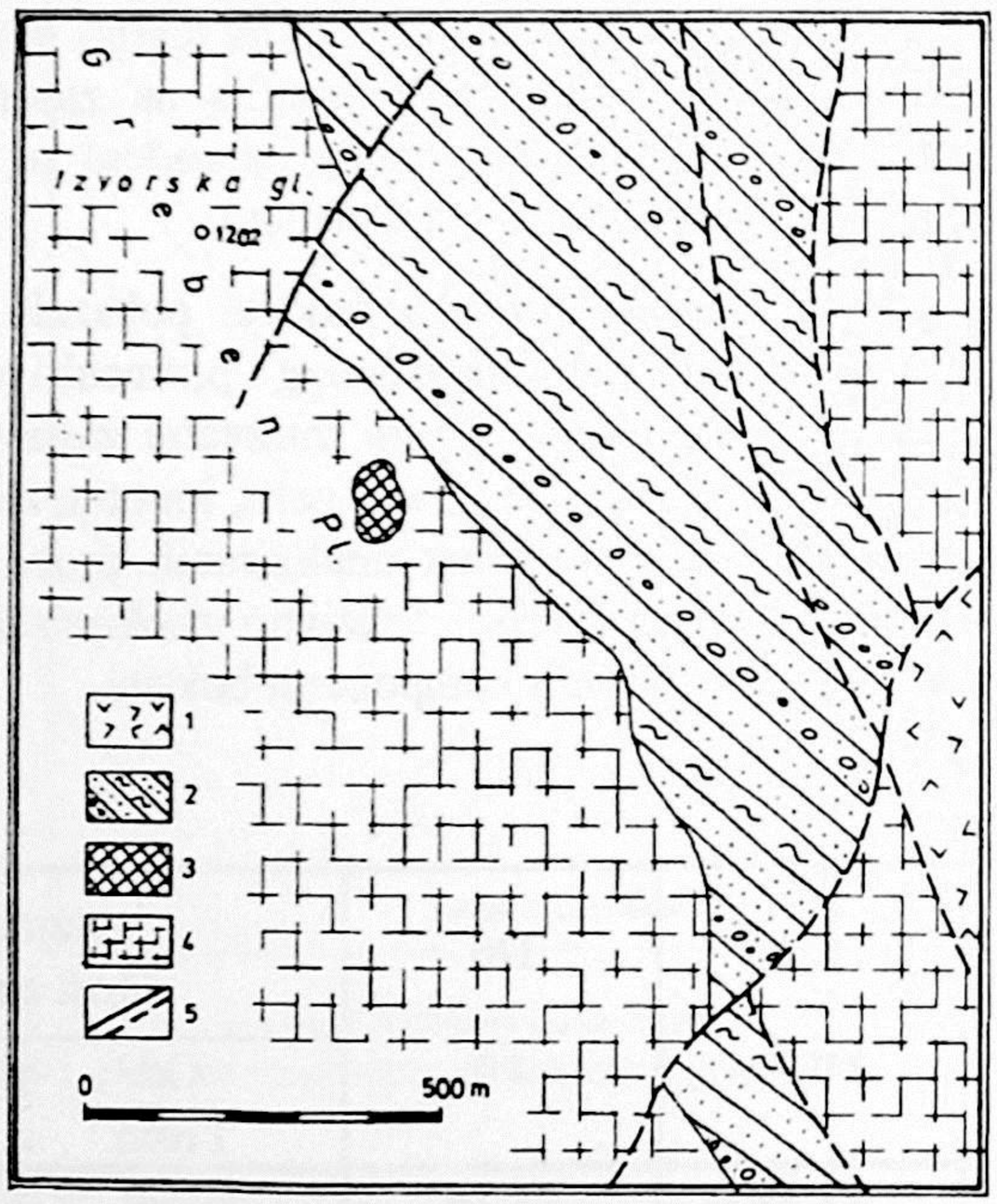
Tabela 8 (u%)
Table 8 (in %)

| Komponenta<br>Constituent | Od<br>From | Do<br>To | Najčešće<br>Most commonly | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Od<br>From | Do<br>To |
| $Al_2O_3$ | 33,38 | 48,16 | 40,00 | 44,00 |
| $SiO_2$ | 7,50 | 34,30 | 14,40 | 22,10 |
| $Fe_2O_3$ | 12,22 | 26,44 | 19,00 | 24,16 |
| $TiO_2$ | 2,58 | 4,17 | 3,16 | 4,00 |
| CaO | 0,21 | 16,43 | 0,40 | 1,33 |
| Gž<br>Loss of ignition | 11,82 | 20,84 | 12,00 | 13,00 |

Na ovoj lokalnosti izbušeno je nekoliko strukturnih bušotina zapadno od pojave boksita, odnosno proveravano je da li boksit zaleže i ispod povlatne sedimenate. Međutim, ni jednom bušotinom nije nabušen boksit. Utvrđeno je da debljina povlatnih terigenih sedimenata alb-cenomana iznosi do 170 m. Takođe je konstatovano da je bušotinama utvrđen tektonski kontakt između podine i povlate.

Zapadni blok krednih sedimenata, a zajedno sa njima i boksit su spušteni preko 170 m. S obzirom da je rastojanje između bušotina iznosilo preko 200 metara, može se reći da na istraživanom delu terena ne možemo očekivati velika ležišta boksita, već ležišta slična onima koja su nabušena i okonturena u zapadnom pojasu "trnsko-belopalanačke boksitonosne zone".

G r e b e n p l a n i n a . Na ovoj lokalnosti su 1973. godine pronađene pojave boksitičnog materijala, čime je potvrđena pretpostavka da se i u Karpato-balkanidima istočne Srbije mogu očekivati pojave i ležišta boksita. Greben planina se karakteriše dosta jednostavnom geološkom građom. Geološki stub je ovde izgrađen od jursko-krednih krečnjaka, krednih sedimenata i vulkanskih tvorevina (Sl. 45).




Sl. 45 - Geološka karta Greben planine

1. Andeziti, tufovi, aglomerati i breče; 2. Konglomerati, peščari, gline i laporoviti krečnjaci alb-cenomana; 3. Boksiti; 4. Bankoviti i masivni krečnjaci gornje jure i donje krede; 5. Rasedi

Fig. 45 – Geological map of the Greben Planina locality

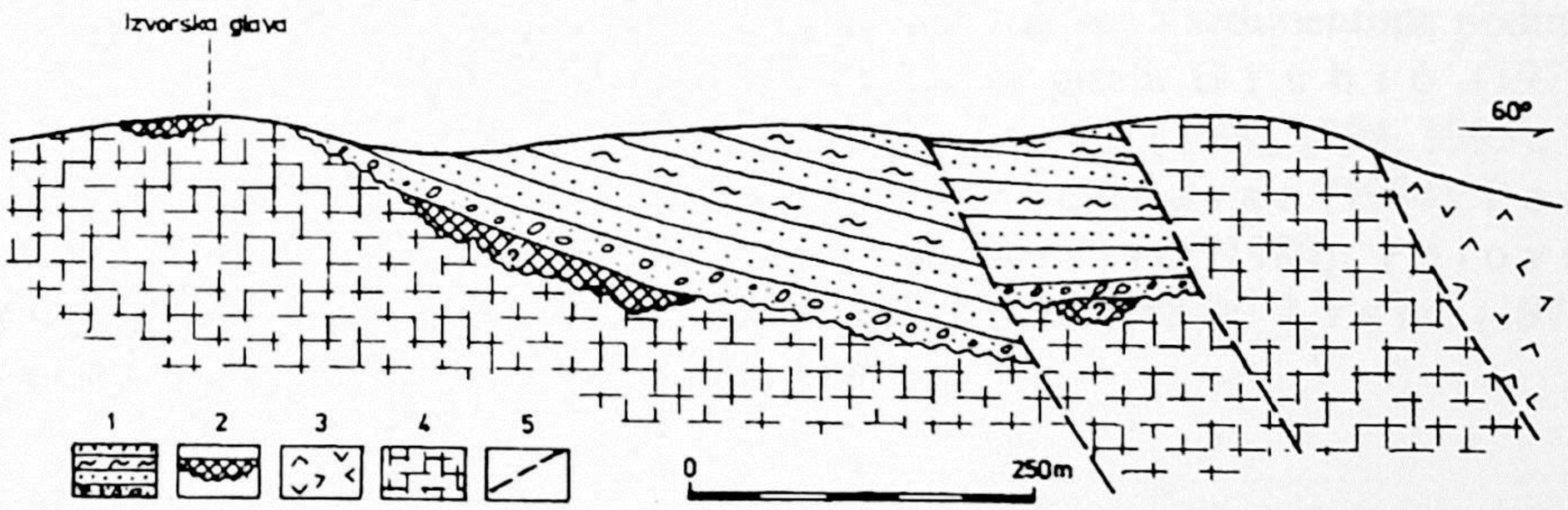
1. Andesite tuffs, agglomerates and breccia; 2. Albian-Cenomanian conglomerates, sandstones, clays and marly limestones; 3. Bauxites; 4. Upper Jurassic-Lower Cretaceous massive bedded and massive limestones; 5. Faults

Karstifikovani krečnjaci najmlađe gornje jure i starije donje krede, koji čine neposrednu podinu boksitu, zauzimaju najveće površine terena. Istočna granica krečnjaka i alb-cenomanskih sedimenata je tektonska celom dužinom, a zapadna normalna i na većem delu maskirana siparima i deluvijalnim nanosom.

Na južnom delu "trnsko-belopalanačke boksitonosne zone" sedimenti povlate boksita zauzimaju površinu od oko 16 km$^2$. Uzani pojas ovih sedimenata, dužine oko 20 km i širine 0,3-3,0 km, od erozije su sačuvani u jednoj jako poremećenoj i krajnje južnom delu tektonski redukovanoj sinklinalnoj formi pružanja SSZ-JJI. Litološki sastav povlatnih sedimenata na ovom delu terena čine konglomerati, konglomeratični peščari, peščari, gline i laporovito-peskoviti krečnjaci.

Vulkanogena serija je izgradena od andezita, tufova, aglomerata i breča. To su samo obodni delovi vulkanogenih tvorevina Donjeg Nevlja, koji pripadaju timočko-srednjogorskoj eruptivnoj oblasti. Javljaju se u gornjeturonsko-senonskom delu povlatne terigene serije boksita.

Dosadašnjim istraživanjima, koja su izvedena u skromnom obimu, pronađeno je nekoliko pojava boksita i boksitičnog materijala. Najinteresantnija pojava Greben planine nalazi se kod Izvorske Glave, na oko 450 metara jugoistočno od kote 1202. Mogućnost pronalaženja novih otkrivenih rudnih pojava boksita svedena je na minimum, zbog velike pokrivenosti terena deluvijalnim nanosom. Rudna pojava nalazi se na krečnjacima podine, u neposrednoj blizini kontakta sa sedimentima povlate. Javlja se u paleokarstnim udubljenjima na površini od oko 100 x 50 m, a u površinskom nanosu i karstnim oblicima nalaze se ostaci erodovanog, verovatno većeg rudnog tela boksita. Otkriveni boksiti najverovatnije imaju svoj nastavak i ispod povlatnih alb-cenomanskih sedimenata (Sl. 46).




Sl. 46 - Geološki profil pojave boksita na Greben planini
1. Konglomerati, peščari, gline i laporoviti krečnjaci alb-cenomana; 2. Boksiti; 3. Andeziti, tufovi, aglomerati i breče; 4. Krečnjaci gornje jure i donje krede; 5. Rasedi

Fig. 46 Geological cross section of the Greben Planina bauxite occurrences
1. Albian-Cenomanian conglomerates, sandstones, clays and marly limestones; 2. Bauxites; 3. Andesite, tuffs, agglomerates and breccia; 4. Jurassic-Cretaceous limestones; 5. Faults

Boksit je kompaktan ali različite tvrdine, mrkocrvene boje i slabo izražene oolitske strukture. Na osnovu mineraloških ispitivanja utvrđena je mineralna asocijacija bemit-kaolinit-hematit, sa dosta kvarca. Sadržaj osnovnih komponenti boksita kreće se u granicama: $Al_2O_3$ od 28,72-36,60%, $SiO_2$ od 15,30-33,20%, $Fe_2O_3$ od 15,60-33,59%, $TiO_2$ od 1,60-2,33%, CaO od 0,10-0,31% i Gž od 9,60-12,19%. I mineralni i hemijski sastav karakterističan je za obodne i najniže delove ležišta. U uslovima karstnih boksita ti delovi ležišta redovno su onečišćeni, siromašni sa $Al_2O_3$, visokim

sadržajem $SiO_2$. Njih karakteriše i veće učešće glinivitih boksita i boksitičnih glina, dok se kvalitetniji boksiti javljaju u višim delovima ležišta. Kvalitetniji boksit treba svakako očekivati istočno od pojave, odnosno ispod povlatnih sedimenata.

Rudne pojave na Greben planini, kao i pojave kod Berovice i Prisjana, s obzirom na njihov položaj i malih dimenzija nemaju skoro nikakav ekonomski značaj. One su, međutim, od velikog značaja kao materijalna potvrda boksitonosnosti istočnog pojasa "trnsko-belopalanačke boksitonosne zone". Na ovom prostoru (Petačinci-Prisjan), površine preko 30 $km^2$, opravdano se može očekivati nalazak povlatom prekrivenih, ekonomski značajna ležišta boksita.

## STRATIGRAFSKI POLOŽAJ BOKSITA

Ležišta crvenih boksita nastaju u veoma složenim kopnenim uslovima, tako da su faktori koji određuju njihovo prognoziranje mnogobrojni. Zbog toga u domenu prognoziranja ležišta boksita karstnog ili mediteranskog tipa dugo nisu postizani značajniji rezultati. Tek noviji pokušaji, koji su usledili poslednjih dvadesetak godina, zasnovanih na naučnoj osnovi omogućili su uspešno prognoziranje i pronalaženje ležišta boksita u Srbiji. Među najznačajnije faktore, koji se koriste pri istraživanju, prognoziranju i oceni perspektivnosti pojedinih oblasti spada stratigrafski položaj boksita.

Stratigrafski položaj boksita, kao jedan od najvažnijih kriterijuma koji služi pri istraživanju boksita bio je poznat i ranijim istraživačima. Terenski istraživači su to davno zapazili i zbog toga se ovom faktoru posvećuje posebna pažnja. U stratigrafskom smislu boksiti leže između trijasa i krede, najmlađe gornje jure, starije donje krede i alb-cenomana, i turona i mastrihta (Sl. 47).

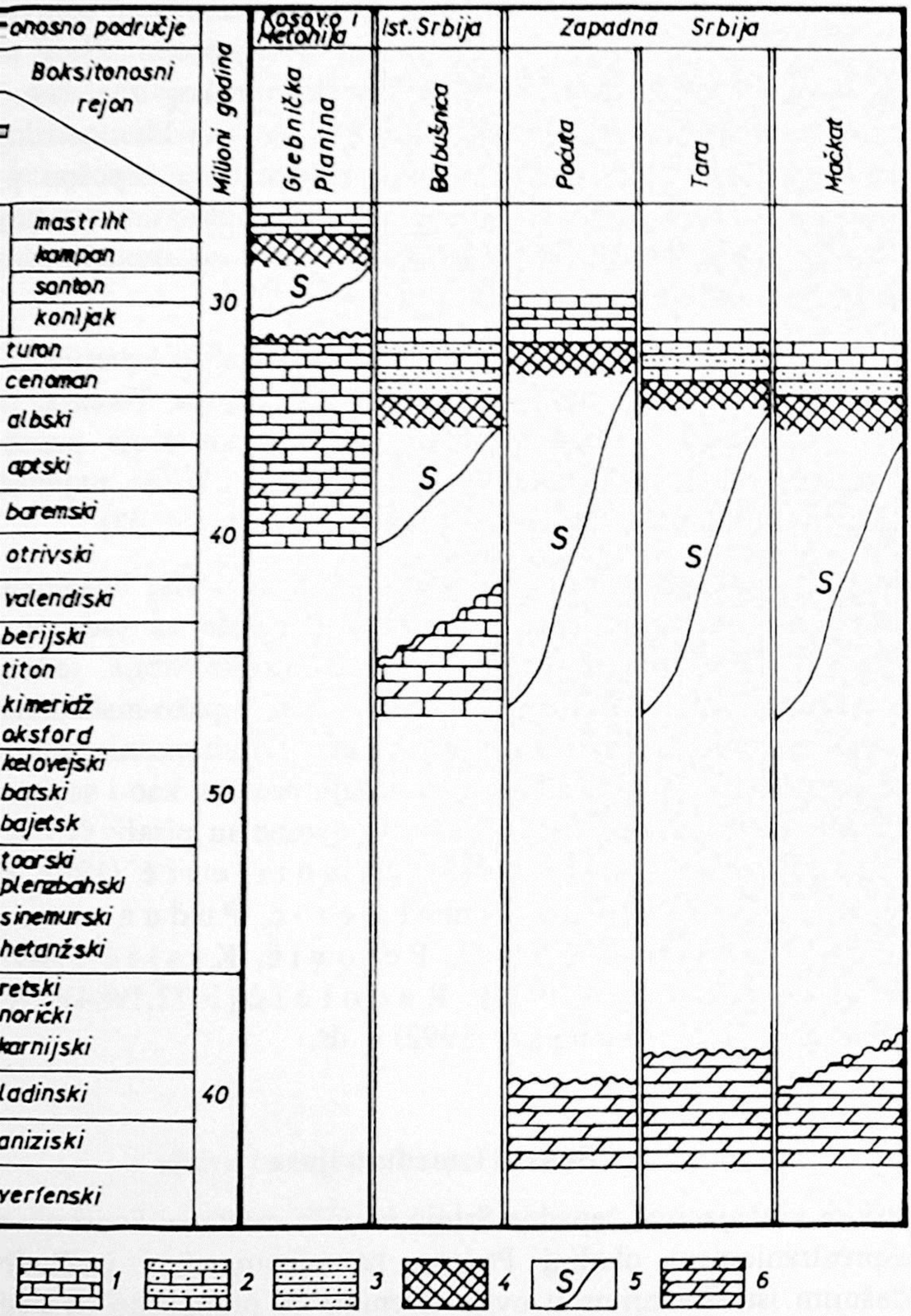
Kao što se vidi u Srbiji se kredni boksiti javljaju u više boksitonosnih nivoa. U zapadnoj Srbiji, odnosno zoni unutrašnjih Dinarida za sada su poznata četiri boksitonosna nivoa, a u Karpato-balkanidima istočne Srbije jedan. Da li postoje boksiti u drugim terenima Srbije (Panonski basen, Srpsko-makedonska masa) i ima li još boksitonosnih horizonata u već poznatim boksitonosnim oblastima pokazaće buduća istraživanja. O stratigrafskom položaju boksita, kao i sedimentima podine i povlate objavljen je veliki broj radova. O ovome su pisali: Grubić (1975); Grubić, Timotijević (1983); Timotijević (1992, 1994, 1995); Timotijević, Bojić (1986), Timotijević, Podunavac (1994); Podunavac, Timotijević (1994); Pejović, Krstić (1980); Pejović, Radoičić (1973, 1974, 1979); Radoičić (1972,1984); Arsić (1973); Arsić i dr. (1976); Banjac (1992) i dr.

### Boksiti između trijasa i krede

U trijaskim krečnjacima zapadne Srbije na više mesta su konstatovani boksiti. Oni su rasprostranjeni u okolini Poćute, na planini Tari i Zlatiboru (Mačkat). Dosadašnjim istraživanjima u ovim terenima je pronađeno desetak ležišta i više desetina pojava boksita. U zavisnosti od stepena erodovanosti trijaskih karbonatnih stena, kao i starosti povlatnih sedimenata, boksiti se nalaze u tri stratigrafgska nivoa: između ladinskog kata i turona; ladinik, karna i alb-cenomana; i karna i cenomana.

Boksiti između **ladinskih i turonskih** sedimenata su poznati iz rudnog polja Poćute. U podini pojava i ležišta boksita javljaju se krečnjaci ladinskog kata. Krečnjaci su uglavnom nestratifikovani, ređe bankoviti, mestimično prekrietalisali, silifikovani, najčešće sive, svetlosive u podini boksita crvenkaste boje, brečizirani i jako karstifikovani. Ladinska starost određena je na osnovu karakteristične faune, koja se

ršim horizontima (amoniti, daonele, alge). Karakteristična fauna za
*onella pichleri, Daonella tripartita, Posidonia vengensis* i dr.




Sl. 47 - Stratigrafski položaj boksita Srbije
roviti krečnjaci, laporci; 2. Peščari, konglomerati, gline, peskoviti krečnjaci; 3. ščari, gline, alevroliti; 4. Boksiti; 5. Period stvaranja boksita; 6. Krečnjaci, aci, dolomiti

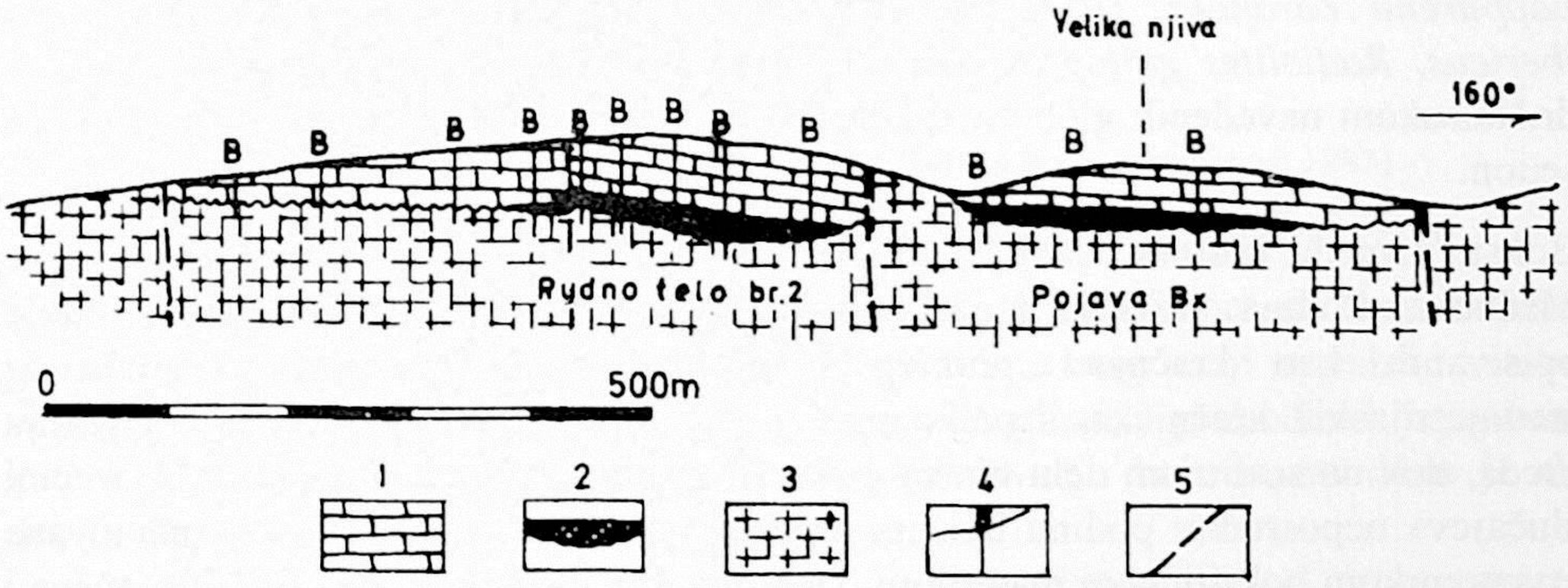
Fig. 47– Stratigraphic position bauxite of Serbia
rly limestones, marlstones; 2. Sandstones, conglomerates, clays, sandy limestones; 3. ndstones, clays, siltstones; 4. Bauxite; 5. Period of bauxite creation; 6. Limestones, es and dolomites

i Poćute povlatni gornjokredni sedimenti su razvijeni na većoj
jnim biostratigrafskim i paleontološkim proučavanjima P e j o v i ć,

(1957), P e j o v i ć, R a d o i č i ć, (1979) izdvojeni su turon i senon. Gornjokredni sedimenti u istočnom i jugoistočnom delu rudnog polja počinju plitkovodnim krečnjacima gornjeg turona, a u zapadnom i severozapadnom delu bazalnom serijom sa konglomeratima, pešćarima i peskovitim krečnjacima debljine 3-4 m..

P e j o v i ć (1957) navodi da je u peskovitim krečnjacima nađena vrlo bogata gastropodska fauna. U njima su određene sledeće vrste: *Cerithium sturi S t o l, Itruvia abbreviata P h I l* i dr. na osnovu kojih je određeno da bazalna serija pripada donjem turonu.

Neposredna krovina boksita u ovom rudnom polju predstavljena je krečnjacima gornjeg turona, razvijenim u faciji sprudnih krečnjaka istarsko-dalmatinskog tipa. Oni leže transgresivno preko karstifikovanih ladinskih krečnjaka i boksita. To su pretežno slojeviti krečnjaci sa mestimičnim pojavljivanjem laporovitih i peskovitih delova. U nižim delovima bušenjem su utvrđeni proslojci uglja i ugljevitih glina. Turonski krečnjaci naviše kontinuirano prelaze u laporce i laporovite krečnjake senona. Na Marinom brdu i u Petrovićima sedimenti senona su potpuno erodovani (Sl. 48).




Sl. 48 – Geološki profil rudnog tela br. 2 i popjave boksita Petrovići(po podacima Arsića i Podunavca)
1. Slojeviti i bankoviti krečnjaci gornjeg turona; 2. Boksiti; 3. Masivni i bankoviti krečnjaci ladinskog kata; 4. Istražne bušotine; 5. Rasedi

Fig. 48 – Geological cross section of the Petrovići both ore body No 2 and bauxite occurrences (After Arsić, Podunavac)
1.Upper Turonian bedded and massive bedded limestones; 2. Bauxite; 3. Ladinian massive and massive bedded limestones; 4 Exploratory boreholes; 5 Faults

Najstariji kredni slojevi koji leže preko boksita u rudnom polju Poćue po P e j o v i ć i A r s i ć (1977) s mesta na mesto su različiti. Konstatovani su: a) laporoviti krečnjaci sa veoma retkim *harofitama* i malobrojnim ostrakodama; b) biomikriti sa učestalim bentoskim foraminiferima – sitnim lituolidima, *Nezzazata simplex O m a r a, Valvulammina sp., Cuneolina sp.,* miliolidima i retkim algama. Prema navedenom paleontološkom sadržaju najstariji kredni sedimenti, na ovom delu terena, su najverovatnije gornjoturonske starosti. Naviše u stubu slede plitkovodni krečnjaci sa gastropodima (*Trochactaeon giganteus, Cerithium requienianum)* i

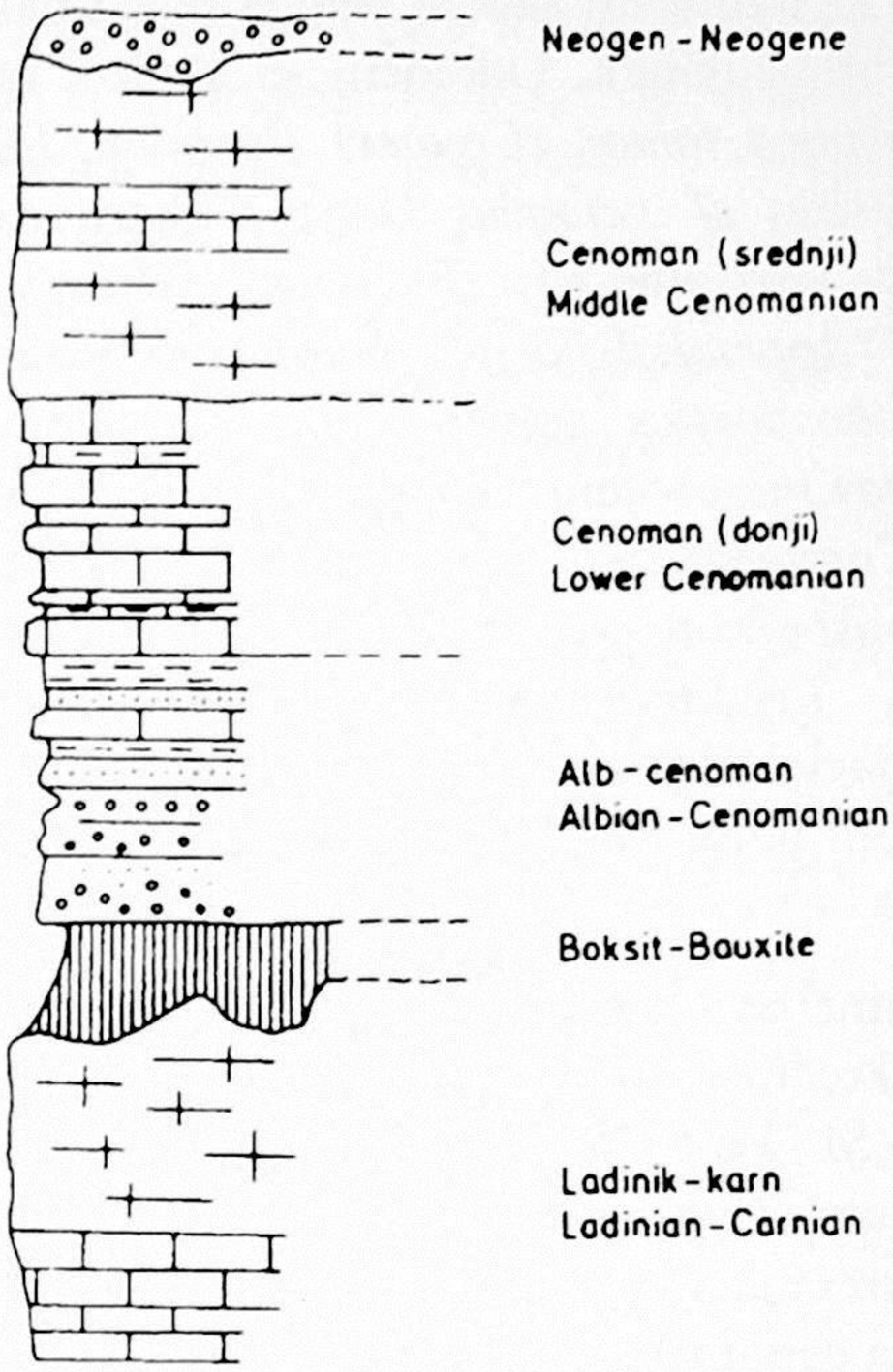
drugim sedimentima, foraminiferima i algama. Zatim dolaze krečnjaci sa *Nerinea (Ptymatis) regnieniana, Nerinea paillatei, Trochactaeon of obeusus* i drugim akteonidima, zatim rudistima *Biradiolites angulosus, Biradiolites quadratus*, duranijama i drugim radiolitima.

Najviše slojeve ovog krečnjačkog paketa, koji leže neposredno ispod vapnovito-laporovitih sedimenata senona, čine rudistni kalkareniti sa *Gorjanovica oltarumensis, Radiolites of beanmonti, Hippurites (Hippuritella) resectus* i drugim rudistima odgovaraju gornji turon-stariji senon.

Kredna serija, na terenima Poćute, završava se sedimentima senona koji imaju znatno veće rasprostranjenje od turonskih sedimenata. Razvijeni su u faciji laporaca, laporovitih i peskovitih krečnjaka, sprudnih krečnjaka, peščara i konglomerata. Najzastupljeniji su laporci, različitih boja (od svetlosivih do tamnocrvenih), sa bogatom faunom globotrunkana. Laporoviti krečnjaci se smenjuju sa laporcima, pretežno su slojeviti i retko bankoviti, bez fosilnih ostataka. Peščari i peskoviti laporci su znatno manje zastupljeni, dok se konglomerati javljaju u vidu proslojaka. Po M o j s i l o v i ć u i dr. (1975) laporci i laporoviti krečnjaci sadrže bogatu faunu, a nađene su sledeće vrste: *Gl*obotruncana *lapparenti lapparenti, Gl. Lapparenti coronata, Gl. Lapparenti tricarinata, Gl. Ventricosa, Biradiolites ibericus, Radiolites galloprovincialis, Hippurites colliciatus, Hippurites oppeli* i dr.Nalaskom navedenih globotrunkana i rudista ovi sedimenti su uvršćeni u gornji senon.

Boksiti između **ladinik, karna i alb-cenomana** karakteristični su za rudno polje Mačkata. Podina boksita predstavljena je krečnjacima ladinik-karna, ranije opisivanih kao krečnjaci gornjeg trijasa. Oni se postupno razvijaju iz srednjetrijaskih krečnjaka, a preko njih u nekoliko lokacija leže boksiti i gornja kreda, dok na severnom delu terena preko njih leže miocenski sedimenti. U većini slučajeva neposrednu podinu boksita predstavljaju krečnjačke breče cementovane crvenomrkom boksitičnom materijom. Debljina krečnjačkih breča nije ujednačena i kreće se od 0,5-4,0 m. Mikropaleontološka ispitivanja obavili su R. R a d o i č i ć I M. S u d a r. U pojedinim preparatima određena je fauna koja odgovara ladinskom ili karnijskom katu, ali zbog velike pokrivenosti terena preciznija izdvajanja nisu vršena. U pozitivnim preparatima pronađeni su foraminiferi, briozoi, puževi i alge. Određene su sledeće vrste: *Bacinella floriformis, Tubiphytes obscurus, Ladinella porata, Ophthalmidium tricki, Ophthalmidium exiguum, Agathammina austroalpina, Tetrataxis inflata, Ophthalmidium sp., Involutina sinuosus, Nodosaria sp., Solenoporacea, Codiacee, Glomospira i Endothyra sp..*

Novijim detaljnim radovima T i m o t i j e v i ć a (1984, 1988, 1992) i G r u b i ć a i dr. (1988), na Mačkatu su dobro proučeni kredni sedimenti. Posebno su dobro izučeni klastični sedimenti za koje je većina istraživača smatrala da su bazalni deo transgresivne krede. Oni ustvari čine najstarije slojeve gornjokredne serije i leže transgresivno preko starije podloge i boksita (Sl. 49).




Sl. 49 - Šematski geološki profil mačkatske oblasti (Grubić, Timotijević, 1983)

Fig. 49 – Shematic geological column of the Mačkat ares (Grubić, Timotijević, 1983)

Klastični sedimenti krede su heterogenog sastava. Predstavljeni su raznobojnim peščarima, konglomeratima i alevrolitima. Pored njih u ovoj seriji se nalaze i slabo vezani peskovi, peskovite gline, gline, ugljevite gline i podređeno laporoviti krečnjaci. Radovima koji su primenjeni pri sitraživanju boksita utvrđeno je da debljina klastičnih sedimenata dostiže i do 260 m.

Kredna starost povlatnih peskovito-glinovitih i šljunkovitih tvorevina, sa niskim stepenom dijagenetskih promena, odmah je utvrdjena čim su pronađeni boksiti na osnovu njihovog superpozicionog položaja. Ove tvorevine uvek leže ispod gornjokrednih krečnjaka sa rudistima. Ovo nije uvek bio slučaj i nije moglo lako da se dokaže usled veće udaljenosti od krečnjačkih izdanaka, zatim zbog velike debljine klastita i njihove male tvrdine po kojoj veoma podsećaju na miocenske sedimente. Kada su snimani detaljni geološki stubovi na Mačkatu, uvek je konstatovano da klastični sedimenti podilaze pod kredne krečnjake. Ovo je kasnije potvrđeno strukturno-istražnim bušenjem. Osim toga zapažene su i upadljive litološke razlike između krednih klastita i miocenskih sedimenata. Posebno je značajno da na Mačkatu ispod miocenskih sedimenata, bar do sada, nigde nisu pronađeni boksiti, iako je dosta bušeno kroz te mlađe jezerske sedimente.

Za razliku od krednih krečnjaka koji su bogati fosilnim ostacima u klastičnim sedimentima njih nema, ali se u njima mestimično zapažaju ostaci ugljevite materije. Iz tih delova uzete su probe za palinološka ispitivanja, koje je obradio

M. E r c e g o v a c. Ti sedimenti sadrže veoma bogat palinološki spektar koji je sastavljen od velikog broja oblika. Određeni su sledeći taksoni: *Deltoidisporites hallii Miner, Deltoidospora minor (Couper) Pocoock, Dictyophyllidites harrisii Couper, Cicatricosisporites cf. ventosus Deak, Cicatricosisporites derogensis R. Pot., Echinatisporites varispinosus (Pocoock) Srivastava, Appendicisporites tricornitatus W.-Grief, Appendicisporites potomacensis Brener, Gleincheniidites senonicus Ross., Trilobosporites apiverrucatus Couper, Trilobosporites tylotos Srivastava, Toroisporites mesozoicus Doring, Classopollenites torosus Reissinger, Classopollenites sp., Coniferae gen. et. sp. indet., Monsulcites sp., Biretisporites sp., Plicatela sp., Gimnospermae gen. et. sp. indet., Welwitehiapites sp., Cyathidites sp., Todisporites sp., Lygodiumaporites sp., Verrueosisporites sp.* Ovakva palinološka mikroasocijacija ukazuje na činjenicu da su klastični sedimenti krede iz povlate boksita u rudnom polju Mačkata sigurno cenomanske starosti, ali da mogu sadržavati i deo alba.

Preko klastičnih sedimenata alb-cenomana leže slojeviti, ređe bankoviti i mestimično laporoviti krečnjaci često neravnih površina. Iz ovih sedimenata su i ranije opisivani fosili (M i l o v a n o v i ć, 1937, P e j o v i ć, P a š i ć, 1958 i dr.). Na osnovu mikropaleontoloških ispitivanja, koja su obavili R. R a d o i č i ć i M. S l a d i ć slojeviti krečnjaci bi po starosti pripadali bazalnom delu gornje krede, odnosno nižim delovima cenomana, možda čak i najvišim delovima alba. Prisutna je sledeća fauna: *Hemicyclammina sigali, Terquemela, Neomeris, Charophita, Cuneolina conica, Cuneolina pavonica, Valvulammina sp., Trochammina, Acteonella.*

Bankoviti i masivni krečnjaci predstavljaju najmlađe sedimente gornjokrednih slojeva na ovom delu terena. Krečnjaci su bogati rudistima, foraminiferama, gastropodima, miliolidama, algama i drugim oblicima. U geološkom stubu se sreću banci koji su izgrađeni od krupnih fosila. Većinom su to krupne ostree od kojih su sastavljeni čitavi banci. Mikropaleontološkim ispitivanjima određena je sledeća fauna: *Pseudorhipidionina casertana, Cuneolina cf. conica, Biconcava bentori, Neomeris sp., Nummofolotia apula, Nezzazata simplex, Pseudolithothamnium album, Terquemella, Heteroporella lepina, Cuneolina pavonia, Chrisalidina gradata, Cretacicladus minervini, Bacinella irregularis, Aeolisaccus cf. kotori.* Na osnovu ovakve asocijacije faune bankoviti i masivni krečnjaci bi odgovarali cenomanu, odnosno srednjim do gornjim delovima cenomana.

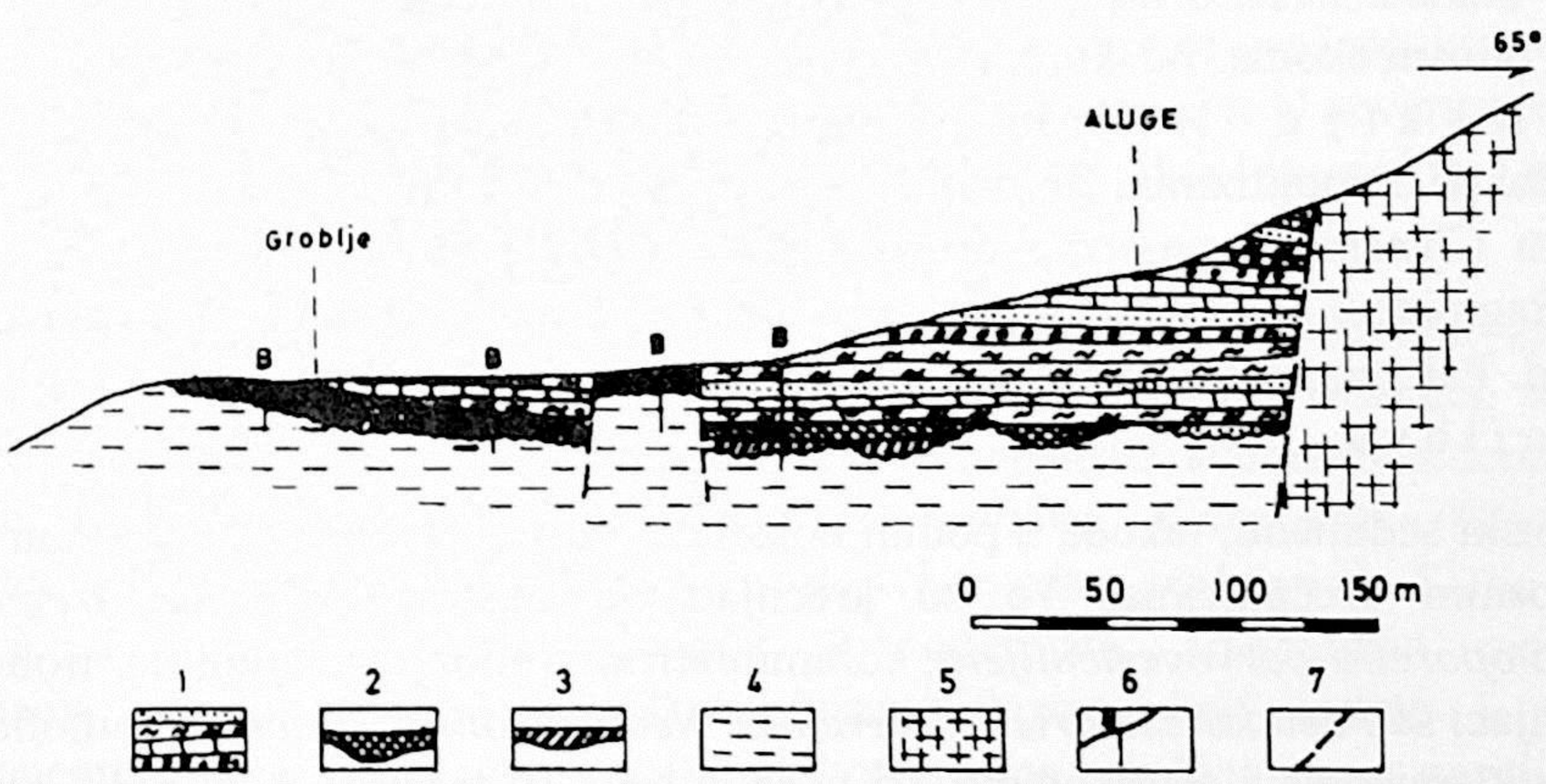
Boksiti između **karnijskih i cenomanskih sedimenata** se nalaze u boksitnom rudnom polju Tare. Ovo rudno polje predstavlja jugoistočni nastavak boksitonosnog

područja Vlasenice. Za razliku od Vlasenice, gde boksiti leže preko srednjetrijaskih krečnjaka na Tari se oni nalaze u gornjetrijaskim krečnjacima.

Podinski krečnjaci gornjeg trijasa su bankoviti i masivni, mestimično dolomitični i znatno manjeg rasprostranjenja od srednjetrijaskih. Krečnjaci su jako karstifikovani, mestimično zapunjeni crvenomrkom boksitičnom glinom i boksitima. Na Mitrovcu i Alugama predstavljaju neposrednu podinu boksitima. U pojedinim uzorcima, koji su

uzeti iz ovih krečnjaka određena je bogata fauna foraminifera, zatim alge, puževi, crvi, brahiopodi i dr. Od foraminifera određene su sledeće vrste: *Agathamionides spiroloculiformis, Ophthalmidium iranicum, Afathammina austroalpina, Trochammina alpina,Aulotortus sinuosus, Angulodiscus paralellus, Gaudryina triadica, Valvulina azzouzi, Trochammina cf. jaunensis, Ophthalmidium lucidum, Involutina gaschei, Involutina tumida, Involutina comunis i dr.* Od algi pronađene su sledeće vrste: *Gyroporella sp., Solenoporacea, Tubiphytes obscurus, Poikiloporella duplicata, Tauthoporella sp. i dr.* Na osnovu ovakve asocijacije faune R. R a d o i č i ć i M. S u d a r su odredili da ovi krečnjaci pripadaju gornjem trijasu i to karnijskom, a možda delom noričkom katu.

Kredni sedimenti na lokalnost Aluge, u svom zapadnom delu leže transgresivno preko karnijskih krečnjaka gornjeg trijasa i boksita, dok su u istočnom delu u tektonskom kontaktu sa ladinskim krečnjacima srednjeg trijasa. Oni na ovom delu terena čine neposrednu povlatu boksitima. Gornja kreda se na ovoj lokalnosti razlikuje od krede koja leži preko serpentinisanih peridotita. Po T i m o t i j e v i ć u (1995a) razlika je u tome što ovde nisu registrovani bazalni slojevi prilikom istraživanja boksita strukturno-istražnim bušenjem. Gornjokredni sedimenti su predstavljeni krečnjacima, peščarima, peskovitim glinama i glinama, ređe konglomeratima (Sl. 50).




Sl. 50 - Geološki profil ležišta boksita Aluge (Timotijević, 1983)
1. Krečnjaci, peščari, konglomerati i gline cenomana; 2. Crveni boksiti; 3. Boksitične gline; 4. Krečnjaci, dolomitični krečnjaci gornjeg trijasa; 5. Masivni i bankoviti krečnjaci srednjeg trijasa; 6. Istražne bušotine; 8. Rasedi

Fig. 50 – Geological cross section of the Aluge bauxite deposit (Timotijević, 1983)
1. Cenomanian limestones, sandstones, conglomerates and clays; 2. Red bauxites; 3. Bauxitic clays; 4. Upper Triassic limestones and dolomitic limestones; 5. Middle Triassic massive and massive bedded limestones; 6. Exploratory boreholes; 7. Faults

Na osnovu mikropaleontoloških ispitivanja, koja su izvršili R. R a d o i č i ć i M. S l a d i ć-T r i f u n o v i ć, ovi krečnjaci bi po starosti pripadali gornjoj kredi, odnosno cenomanu. Određena je sledeća fauna: *Nummuloculina cf. regularis* PHILLIPSON, *Pseudorhipidionina dubia* (De CASTRO), *Pseudorhapidionina*

*Laurinensis* (De CASTRO), *Bacinella sterni* RADOIČIĆ, *Hemicyclammina sigali* MAYNC, *Miliolidae, Nezzazata, Discorbidae, Pseudotexturaliella, Cylindroporella sp., Dasicladacea, Acicularia, Thaumatoporella parvovesculifera* (RAINERI), *Pontocyprella sp., Miliolida indent* i dr.

U široj okolini boksitonosnog rudnog polja Tare, odnosno mokrogorsko-rzavskom basenu, gornjokredni sedimenti se završavaju turonom i senonom. Preko slojevitog i slojevito-bankovitog karbonatno-laporovitog paketa kontinuirano se nastavljaju debelo-bankoviti i masivni krečnjaci turona. Gornjokredna serija završava se krečnjacima starijeg senona.

## Boksiti između malm-neokoma i alb-cenomana

Boksiti u rudnom polju Babušnice pripadaju karstnom tipu i nastali su zapunjavanjem karstnog paleoreljefa u krečnjacima. U stratigrafskom smislu oni leže preko paleokarstifikovanih krečnjaka gornje jure i starije donje krede, u zavisnosti od stepena erodovanosti podine pre stvaranja boksita, a prekriveni su alb-cenomanskim klastitima. U tom pogledu oni su potpuno identični sa boksitima u Bugarskom delu "trnsko-belopalanačke boksitonosne zone" (K a r a n o v, 1965).

Podinu boksita istočno od Babušnice (zapadni pojas) čine krečnjaci bilo gornjeg malma bilo neokoma, od kojih je izgrađeno čelo kusovranske sinklinale (P e j o v i ć, K r s t i ć, 1980). Jurski sedimenti u podini boksita su različiti. To su pelitoidni ili dolomitizirani finozrni krečnjaci koji su vrlo oskudni fosilima. U njima se sreću *Clypeina jurassica* i druge alge, sitni bentoski foraminiferi (miliolide, ataksofragmide i dr.), retki ostrakodi na osnovu čega su ovi krečnjaci uvršćeni u portland. Paleontološka ispitivanja obavili su D. P e j o v i ć, R. R a d o i č i ć i A. D a n i l o v a.

Neokomski sedimenti, takođe u podini boksita, predstavljeni su plitkovodnim slabo fosilonosnim krečnjacima. To su krečnjaci sa algama *Bacinella iregularis, Thaumatoporella parvovesiculifera,* foraminiferima (miliolide, lituolide, troholine) ili krečnjaci sa *Pseudotextulariela salevensis, Neotrocholina valdensis,* miliolidama, pseudociklaminama i ostrakodima, na osnovu čega su svrstani u valendin-otriv ili šire uzev neokom.

Donjokredna sedimentacija u ovoj oblasti prekinuta je tokom barema, kada je došlo do postupnog izdizanja, a potom i erodovanja koje je, očigledno, bilo znatnije u prostoru današnjeg pojasa Grebena i Vlaške (A r s i ć, N i k o l i ć, P e j o v i ć, R a d o i č i ć, 1976). Neposrednu povlatu boksita čine terigeni sedimenti alb-cenomana i cenomana. Oni su predstavljeni kvarcnim konglomeratima sa proslojcima trošnih grubozrnih kvarcnih peščara i peskovitih glinaca (Pasjača) ili konglomeratičnim kvarcnim tankoslojevitim peščarima (Radoševac), a u oblasti Kaluđerova gvožđevitim i manganovitim peščarima. Ovi sedimenti naviše prelaze u sitnozrne peščare sa gvožđevitim skramama i konkrecijama između kojih se mestimično javljaju proslojci glina. Sedimenti su veoma oskudni faunom.

Naviše u stubu slede glinoviti peščari i peskoviti glinci. U peskovitim glincima pronađeni su i prvi fosili: retke vrste *Astarte (Freiaastarte) subomaloides, Trachicardium tinninense* S t e p h e n s o n i druge lamelibranhijate, sitni gastropodi. U daljim slojevima peščara su nađeni još i *Eriphyla (Eriphyla) pulchella* H a y a m i, *Lucina cotoi* N a g a o, *Pecten (Syncyclonema) aff inconspicuus* G r a g i n, ostreide i drugi lamelibranhijati i gastropodi. Na osnovu pomenute faune ovi sedimenti pripadaju alb-cenomanu i cenomanu.

U Radoševcu i Kaluđerovu, na izgled konkordantno preko glinovitih peščara i peskovitih glinaca cenomana slede slabo vezani peščari sa anelidama, kompaktni vapnoviti peščari koji uz obilje spikula spongija, ehinodermata, fragmenata moluska, briozoe, koralinacea, bentoske foraminifere sadrže i pelašku komponentu na osnovu kojih su ovi sedimenti uvršćeni u gornji turon. Kredna serija se završava peskovito-laporovitim sedimentima konijaka, a prema ranijim ispitivanjima utvrđen je i santonski kat senona.

Po P e j o v i ć, A r s i ć (1977) podinska serija gornjojurskih i donjokrednih krečnjaka u istočnom delu, između Petačinaca i Prisjana, javlja se u dva izdvojena pojasa: Vlaške i Grebena, i severoistočni pojas Jasenja i Koliba. U pojasu Vlaške i Grebena većim delom su zastupljeni malmski, a u severoistočnom su otkriveni samo donjokredni slojevi. Između ova dva pojasa krečnjaka leži gornjokredna serija cenoman-turonskih i senonskih sedimenata. Prelazni malmsko-neokomski krečnjaci sa retkim aberatnim tintininama utvrđeni su na Izvorskoj Glavi. U severozapadnom delu oni leže ispod različitih krečnjaka mikritskog tipa sa retkim algama, foraminiferima, nerineama i drugim mekušcima.

Povlata boksita u istočnom pojasu rudnog polja Babušnice se karakteriše znatnom litološkom raznovrsnošću i različitom zastupljenošću fosilnih ostataka, koja je naročito u starijem delu često oskudna. Alb-cenomanska starost određena je na osnovu sledećih fosila: *Itruvia abbreviata minima, Glauconia (Glauconia) kefersteina, Gyroides cf. gaultiana, Turritela vibrayeana, trohus i dr.* Slabo vezani peščari sa obiljem spikula spongija, ehinodermata, fragmenata molusaka, briozoama, koralinaceama, bentoskim foraminiferima, koji sadrže i pelašku komponentu-krupne hedbergele i retke globotrunkane, uvršćeni su u gornji turon. Sledeći superpozicioni član koji čine laporovito-peskoviti sedimenti, sa oskudnom pelaškom faunom *Pithonella, Stomiosphaera,* krupne *hedbergele, Globotruncana coronata,* zatim *Inoceramus labiatus, Inoceramus latus, Inoceramus carpathicus* i dr. uvršćeni su u gornji turon-stariji senon.

## Boksiti između turona i mastrihta

Ležišta i pojave boksita u boksitonosnoj zoni Grebnika nalaze se u gornjokrednim krečnjacima, koji transgresivno leže preko jurskih tvorevina i peridotita. Podina boksitnih ležišta je izgrađena od neravne podloge turonskih krečnjaka, a povlatu čine transgresivni mastrihtski rudistni krečnjaci. Po L o n č a r e v i ć u (1980) boksiti su obrazovani u toku lateritske faze koja je obuhvatila gornji turon i konijak.

Stratigrafskim položajem grebničkih boksita posebno su se bavile R a d o i č i ć i P e j o v i ć (1969). Po njima, u podini boksita se nalaze tvorevine donjeg turona i donji delovi srednjeg turona. Donji turon izgrađuju krečnjački dolomiti, dolomitski i peskoviti biospariti, biomikriti i ređe biosparuditi iz kojih se navodi prisustvo sledećih fosila: *Cyclamina cretacea S c h l u m, Praeripidionina murgiana C r e s., Pseudolituonella reicheli, Sellialveolina viallii C o l.*, kuneoline, miliolide, orbitoline; zatim dazikladaceje: *Heteroporella lepina P r a t., Terquemella sp.*, pa makrofosili: *Itrruvia abbreviata P h i l l., Chondrodonta joannae C h o f f., i Eoradiolites franchi P a r.*

U srednjem turonu se menja tip sedimenata i idući od donjeg turona u mlađe slojeve nalaze se u sve većoj meri dolomitski biospariti, biosparuditi i dolomitski ili peskoviti biosparuditi. Srednji turon je za razliku od donjeg turona, po R a d o i č i ć, P e j o v i ć (1969), veoma monoton u pogledu paleontološkog sadržaja. Iz ovih slojeva potiču: *Sauvagesia sharpei, Caprina schiosensis, Caprinula boissy, Orbitolina sp.* Boksiti leže samo preko najnižih delova srednjeg turona, koji je jako karstifikovan. Često se, međutim, u podini boksita javljaju i krečnjačke breče.

U boksitonosnoj zoni Grebnika, jedino u području gde je stvaran boksit, utvrđen je najviši potkat senona - mastriht kao neposredna povlata boksita. Litološki je to jedinstven paket krečnjaka koji je zbog mnogobrojne rudistne faune nazvan "rudistni krečnjaci". Ponekad se u njima nalaze ooliti feroznog boksita, a u završnom delu krečnjačkog paketa oni su peskoviti sa mnogo fragmenata rudistne faune. Najčešće nađene vrste su: *Hippurrites atheniensis, Biradiolites fissicostatus, Biradiolites royanus, Bournonia bournoni, Bournonia excavata, Katzeria hercegovinaensis, Lapeirouseia crateriformis, Radiolites maestrichtiana, Radiolites squamous itd.* Od mnogobrojne mikrofaune treba istaći *Keramosphaerina tergestina, Dicylina schlumbergeri, Aeolisaccus kotori i* i dr.(Sl. 51).

Sedimentacija krede u zoni Grebnika završava se krečnjacima mastrihta sa globotrunkanama. Ove tvorevine redovno prate "rudistni krečnjaci" iz kojih postepeno izrastaju. Litološki su to prvenstveno krečnjaci ili karbonatni laporci, ponekad sa peskovitim krečnjacima sa globotrunkanama.



Sl. 51 – Krečnjaci mastrihta iznad boksitnog sloja

Fig. 51 – Mastrihtian limestones overying the bauxite layer

## MINERALNI I HEMIJSKI SASTAV I GEOHEMIJSKE KARAKTERISTIKE BOKSITA

Dosadašnja ispitivanja kvalitativnih osobina crvenih boksita pojedinih rudnih polja u zapadnoj i istočnoj Srbiji su različita po obimu. Hemijske analize na korisne i štetne komponente vršene su uporedo sa izvođenjem pojedinih vrsta istražnih radova. Mineraloška i geohemijska ispitivanja urađena su na odabranim uzorcima, koji su uzimani sa pojedinih pojava i ležišta. Prilikom ispitivanja primenjene su metode, koje se koriste kod nas i u svetu pri istraživanju boksita:

- hemijske analize na $Al_2O_3$, $SiO_2$, $Fe_2O_3$, $TiO_2$, CaO i Gž,
- diferencijalno-termička i termo-gravimetrijska analiza,
- rendgenska analiza metodom praha,
- analiza u infracrvenom spektru,
- petrografska analiza,
- rudnomikroskopska analiza.
- spektrohemijska analiza,
- sedimentološka analiza,
-određivanje mineralnog sastava terigenih providnih i neprovidnih minerala i
- radiometrijska analiza (U, Th, K).

Ovom metodologijom laboratorijskog ispitivanja određen je mineraloško-hemijski sastav, geohemijske i druge karakteristike boksita i glina.

### Mineralni sastav

Istraživanjem boksita, koja se u Srbiji izvode od početka pedesetih godina, pronađeno je više desetina pojava i ležišta boksita promenljivog kvaliteta. Uporedo sa ispitivanjem kvaliteta boksita vršena su i ispitivanja njihovog mineralnog sastava. Ispitivanja su obavljena na preko tri stotine uzoraka, uzetih sa izdanaka, raskopa i iz bušotina. Osim glavnih minerala ispitivan je i sadržaj akcesornih minerala u boksitonosnom rudnom polju Mačkata, koji čine manje od 1% mineralnog sadržaja boksita. Akcesorni minerali predstavljaju značajan metalogenetski pokazatelj matičnih stena koje su dale materijal za formiranje boksita.

Određivanje mineralnog sastava vršeno je na pojedinačnim uzorcima koji su uzeti iz određenih vrsta radova. Ispitivanja koja su izvšena na srazmerno velikom broju uzoraka i sa odgovarajućim metodama ispitivanja, nedvosmisleno ukazuju da se ovde radi o bemitskim i dijasporskim boksitima.

**Bemitski boksiti**. Najrasprostranjeniji tip boksita u Srbiji pripada bemitskom tipu. Oni se javljaju u boksitonosnim rudnim poljima Poćute, Tare, Mačkata i Babušnice. Opšte je poznata stvar da boksiti predstavljaju, po svom mineralnom sastavu, heterogene tvorevine u kojima dominantno mesto zauzimaju oksidi i hidroksidi

aluminijuma i gvožđa. Pored njih, u manjim količinama prisutni su oksidi silicijuma, titana i nekih drugih elemenata, koji se javljaju povremeno i u neznatnim količinama.

Ispitivanjem mineralnog sastava boksita u boksitonosnim rudnim poljima Poćute, Tare, Mačkata i Babušnice utvrđeno je da se kao glavni minerali javljaju: bemit, kaolinit, hematit, Ti-minerali i kalcit. Sadržaj ovih minerala u boksitima je jako varijabilan. Na bazi glavnih minerala koji određuju i karakterišu boksite zapadne i istočne Srbije T i m o t i j e v i ć (1995) izdvaja:

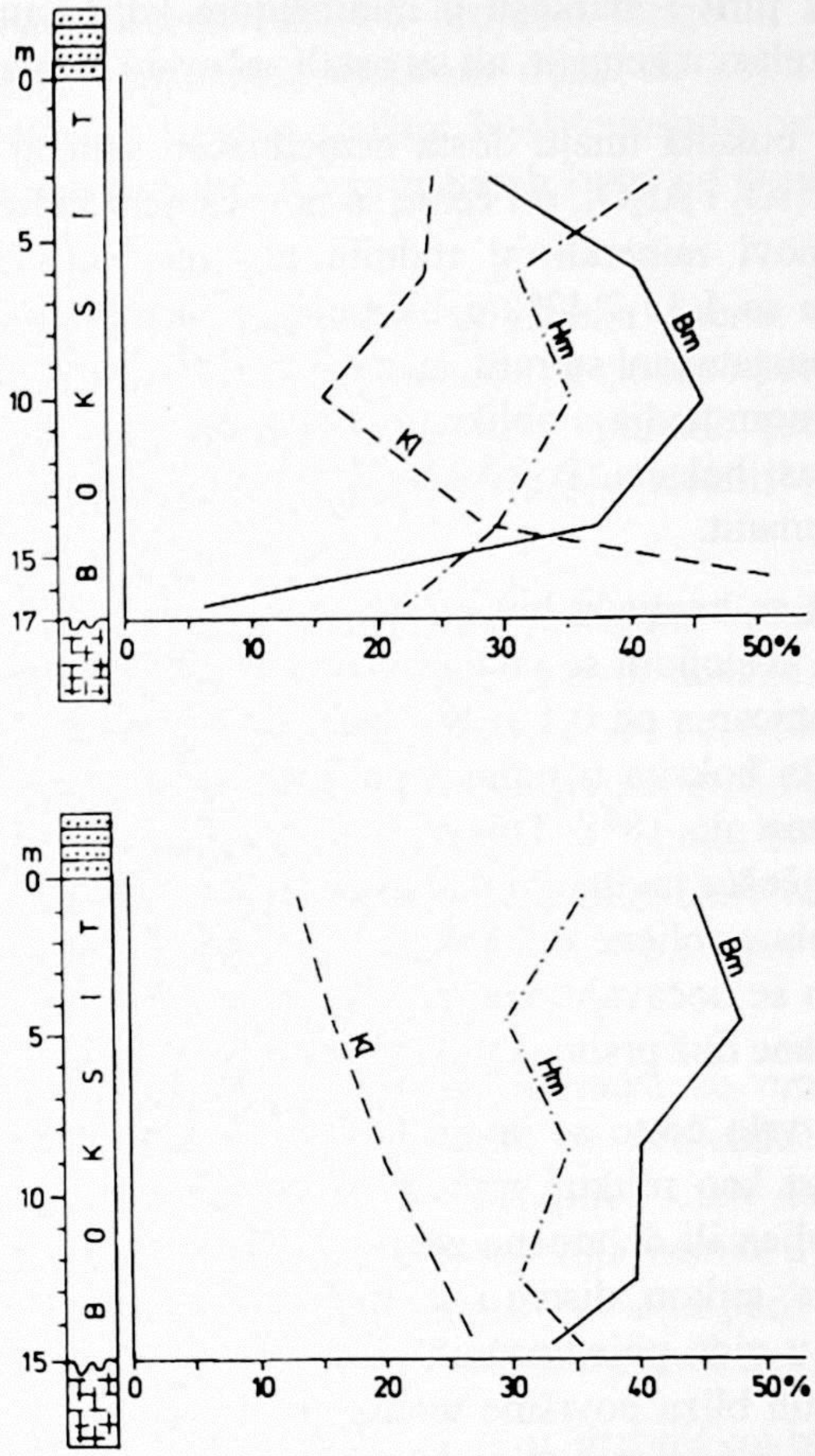
- bemitski boksiti sa malim učešćem kaolinita,
- bemitsko-kaolinitski boksit,
- kaolinitsko-bemitski boksit i
- boksitične gline sa malim učešćem bemita.

Ovakva mineralna parageneza bemita i kaolinita karakteristična je za oblasti zapadne i istočne Srbije. Međutim, procentualno učešće ovih minerala u boksitima pojedinih boksitonosnih rudnih polja je veoma različito. Čisto bemitski tip boksita, sa malim učešćem kaolinita, konstatovan je samo na manjem broju ispitivanih uzoraka u rudnom polju Mačkata i Tare. Bemitski boksiti su mnogo više zastupljeni u rudnim poljima Poćute i Babušnice. Bemitsko-kaolinitski i kaolinitsko-bemitski tip boksita je najzastupljeniji, a česti su glinoviti boksiti i boksitične gline koje su karakteristične za obodne i podinske delove ležišta.

Odnosi bemita, kao glavnog nosioca $Al_2O_3$ i kaolinita kao glavnog nosioca $SiO_2$, čine glavno obeležje kvaliteta boksita u pogledu mineralnog sastava. Karakteristično je da visokokvalitetni boksiti sadrže visok procenat bemita i nizak procenat kaolinita, dok se sa povećanjem $SiO_2$ povećava i sadržaj kaolinita. Količinski odnosi ova dva minerala su jako varijabilni. Međutim, za razliku od horizontalne distribucije, kod koje ne postoje velike razlike, vertikalna distribucija od povlate ka podini boksitnog sloja posebno je izražena. Osnovna karakteristika vertikalne distribucije bemita i kaolinita je da se maksimalni sadržaji bemita nalaze u središnjem delu sloja, dok se sadržaj kaolinita povećava od povlate ka podini (Sl. 52).

Od minerala aluminijuma konstatovani su još dijaspor i hidrargilit. Dijaspor je karakterističan za boksite rudnog polja Poćute, a javlja se i u boksitičnim glinama južno od Valjeva u neznatnim količinama. Hidrargilit je takođe pronađen u tragovima, a vezan je za boksitične gline u rudnim poljima Tare i Mačkata.

Pored boksita identifikovane su boksitične gline i gline kaolinitskog tipa. U boksitičnim glinama hidroksid aluminijuma se javlja u formi bemita, a u minimalnim količinama i u obliku hidrargilita. Sadržaj bemita varira u granicama od 2-13%. U kaolinitskim glinama, gde sadržaj kaolinita dostiže vrednost i do 70%, pored kaolinita prisutne su i znatne količine kvarca, hematita i getita. Hlorit se mestimično javlja kao sporedni sastojak. Uočava se da postoje prelazi između boksitičnih glina i boksita, tako da neki ispitivani uzorci mogu pripadati i jednima i drugima.




Sl. 52 - Vertikalna distribucija glavnih minerala u ležištu Trafostanica
Bm - Bemit; Hm - Hematit; Kl – Kaolinit

Fig. 52 – Vertical distribution of essencial minerals in the Trafostanica bauxite deposit
Bm – Boehmite; Hm – Hematite; Kl – Kaolinite

Minerali gvožđa predstavljaju, pored bemita i kaolinita, glavnu komponentu mineralnog sastava boksita zapadne i istočne Srbije. Među mineralima gvožđa preovlađuje hematit i njegovo procentualno učešće najčešće iznosi 25-33%, mada u rudnom polju Mačkata ponekad dostiže i preko 45%. Povećani sadržaji hematita karakteristični su za jugoistočne delove rudnog polja, u predelu Starčevića. Limonit je manje zastupljen. Javlja se u vidu zrna utisnutih u osnovnoj masi, koja su najčešće nastala transformacijom hidrohematita, ili u vidu masa zapunjavajući pukotine i prsline u osnovnoj masi. Limonit se često javlja i kao finodisperzne čestice raspršene u osnovnoj masi boksita, što je karakteristično za rudna polja Mačkata i Poćute. Getit se najčešće javlja u obliku nepravilnih žiličastih agregata u osnovnoj masi boksita, mnogo manje je zastupljen od prethodnih minerala. Nešto veće koncentracije ovog minerala konstatovane su u gvožđevito-boksitičnim sedimentima na Mačkatu (T i m o t i j e v i ć, 1996b). Od ostalih minerala gvožđa

prisutni su magnetit, pirit i markasit u minimalnim količinama i to kao terigeni minerali. Magnetit prelazi u hematit, ali su ostali sačuvani primarni kristalni oblici.

Sva ležišta i pojave boksita imaju dosta neujednačen sadržaj titana. Utvrđena je pozitivna korelacija $TiO_2$ i $Al_2O_3$, pri čemu sa povećanjem sadržaja aluminije raste i sadržaj titana. Titanovi minerali, u rudnim poljima Poćute, Tare, Mačkata i Babušnice, učestvuju sa 1,37-7,42% u ukupnom mineralnom sastavu boksita. Od titanovih minerala konstatovani su rutil, anatas i sfen. Najzastupljeniji mineral titana je rutil, koji se uglavnom javlja u obliku zrna manje ili više zaobljenih, kao reliktni ostaci u osnovnoj masi boksita. Pojedinačno se mogu zapaziti i zrna Ti-magnetita koja su prešla u Ti-hematit.

Karakteristično je da se bemitski boksiti zapadne i istočne Srbije odlikuju niskim sadržajem kalcijuma. Kalcijum se javlja uglavnom u formi kalcita. Sadržaj kalcita varira najčešće u granicama od 0,1-1,0%. Izuzetak od ovog predstavljaju pojedine pojave i delovi ležišta boksita u rudnim poljima Poćute i Babušnice gde sadržaj kalcita dostiže vrednost do 18%. Tokom istraživanja utvrđeno je da se povećani sadržaji kalcijuma najčešće javljaju u podinskim delovima ležišta. U ovim delovima kalcit je vezan za poluzaobljene odlomke i sitna zrna krečnjaka, koja se nalaze u boksitu. Sasvim retko se uočavaju, kod pojedinih rudnih tela boksita, tanke žilice i skrame kalcita formirane duž prslina i pukotina u boksitnoj rudi.

Od ostalih minerala, vrlo često se javlja hromit u rudnom polju Mačkata. On se nalzi u osnovnoj masi kao reliktni mineral u vidu fragmenata različitih veličina, oštrih ivica, poluzaobljen ili delimično zaobljen. Nešto manje zastupljeni su hlorit, opal, hidrargilit, kvarc, cirkon, disten i dr. minerali koji se javljaju u minimalnim količinama, odnosno u vidu pojedinačnih zrna. Organska materija konstatovana je samo u uzorcima uzetih blizu površine terena, pa je i njeno poreklo najverovatnije vezano za rastinje koje je prisutno u tim delovima terena.

U boksitima se pored glavnih nalazi i čitav niz **akcesornih minerala.** U ovu grupu uvršćeni su minerali terigenog porekla, minerali retkih elemenata i neki novoobrazovani minerali. Akcesorni minerali, po Timotijeviću (1995), čine manje od 1% ukupnog mineralnog sastava boksita područja zapadne i istočne Srbije. Veličina mineralnih zrna najčešće se kreće u granicama između 0,1 i 0,22 mm, a sasvim retko se uočavaju zrna ispod 0,1 mm i veća od 0,22 mm.

Ispitivanje akcesornih minerala obavljeno je samo u rudnom polju Mačkat, a izvršeno je u Geoinstitutu (S. Hadži-Popović) pri čemu su primenjeni posebni postupci izdvajanja ovih minerala. Tom prilikom određeno je preko dvadeset akcesornih minerala. Pored ovih minerala u boksitima se nalaze i fragmenti stena, koji su znatno manje zastupljeni, a veličina im se kreće od 0,20 do 0,4 mm. Najzastupljeniji su odlomci rožnaca i kvarcita, dok su odlomci hloritskog škriljca vrlo retki. Detaljan opis terigenih - akcesornih minerala iz Mačkata daje Timotijević (1995).

Na osnovu zaobljenosti ivica kristala terigenih minerala i fragmenata stena, može se zaključiti da su oni pretrpeli relativno kraći transport od matičnih stena do sadašnje

lokacije ležišta boksita. Raznovrsnost i brojnost terigenih minerala predstavlja značajan metalogenetski pokazatelj matičnih stena od kojih potiče materijal za formiranje ležišta boksita, u ovom slučaju boksitonosnog rudnog polja Mačkata. Akcesorije u stvari predstavljaju relikte matičnih stena od kojih su nastali boksiti u datoj oblasti.

Podaci ispitivanja terigenih minerala, odlomaka stena i mikrominerala u boksitonosnom rudnom polju Mačkata, upućuju na složeno poreklo ovih akcesorija. Naime, može se reći da terigeni minerali vode poreklo pretežno iz kristalastih škriljaca i ultrabazita, manje iz peščera i srednje kiselih vulkanita sa znatnim učešćem rožnaca i kvarcita.

**Dijasporski boksiti** su karakteristični za gornjokredne boksite boksitnog rudnog polja Grebnika. Podatke o mineralnom sastavu ovih boksita nalazimo kod više autora: Protić, 1970; Arsić, 1979; Misirlić, Mitrović, 1969 i dr. Najdetaljniji opis o mineraloško-hemijskim svojstvima grebničkih boksita, odnosno ležišta br. 3, dale su Misirlić i Mitrović. U toku 1996/1997. godine autor je obišao grebničke boksite i prikupio probe za mineraloško-hemijska i druga ispitivanja. Ispitivanja su obavili V. Erić, Ž. Cvetković, I. Marković, S. Dodiković i S. Đurić.

Glavni minerali aluminijuma u boksitima Grebnika su monohidratni dijaspor i bemit. Procentualno učešće ova dva minerala je neujednačeno i u okviru istog rudnog tela, ali je dijaspor daleko više zastupljen tako da se može govoriti o boksitima dijasporskog tipa. Varijabilnost sadržaja bemita i dijaspora izražena je kako u horizontalnom tako i u vertikalnom pravcu. Dijaspor i bemit se nalaze jedan pored drugog i u istom ležištu izgrađuju pojedine njegove delove (ležište br. 3).

Za utvrđivanje osobina boksita iz ležišta br. 3 u grebničkoj boksitonosnoj zoni, Misirlić i Mitrović su uzele 14 reprezentativnih uzoraka iz različitih delova rudnog tela. Tom prilikom je utvrđeno da u ležištu postoji veći broj varijeteta rude, koji se razlikuju po sastavu i izdvojena su četiri tipa mineralne sirovine: **bemitski, bemitsko-dijasporski, dijasporsko-oolitsko-pizolitski i dijasporski tip.** Na osnovu toga utvrđeno je da su to bemitski, bemitsko-dijasporski i dijasporski boksiti. Minerali aluminijuma javljaju se u kriptokristalastoj osnovnoj masi ili kao sastojci oolitsko-pizolitskih uklopaka, u obliku reliktne gelske strukture.

Za sve zastupljene tipove boksitne sirovine važno mesto po sadržaju (do 55% $Fe_2O_3$) zauzima gvožđe. Ono se javlja u obliku oksida i hidroksida, a manjim delom ulazi u sastav karbonata. Delimično se nalazi i u kristalnoj rešetki dijaspora, odnosno bemita. Glavni minerali nosioci gvožđa su hematit, limonit, getit, lepidokrokit i magnetit. Hematit je najzastupljeniji mineral gvožđa u boksitu. Javlja se, po Misirlić, Mitrović (1969), u raznim oblicima: kao disperzan ili mikrokristalan vezan za osnovu boksita, u obliku poluzaobljenog detritusa, i kao sastojak oolitno-pizolitskih formi. Limonit, getit i lepidokrokit su znatno manje zastupljeni i najčešće se javljaju kao sastojci oolita i pizolita. Magnetit je takođe

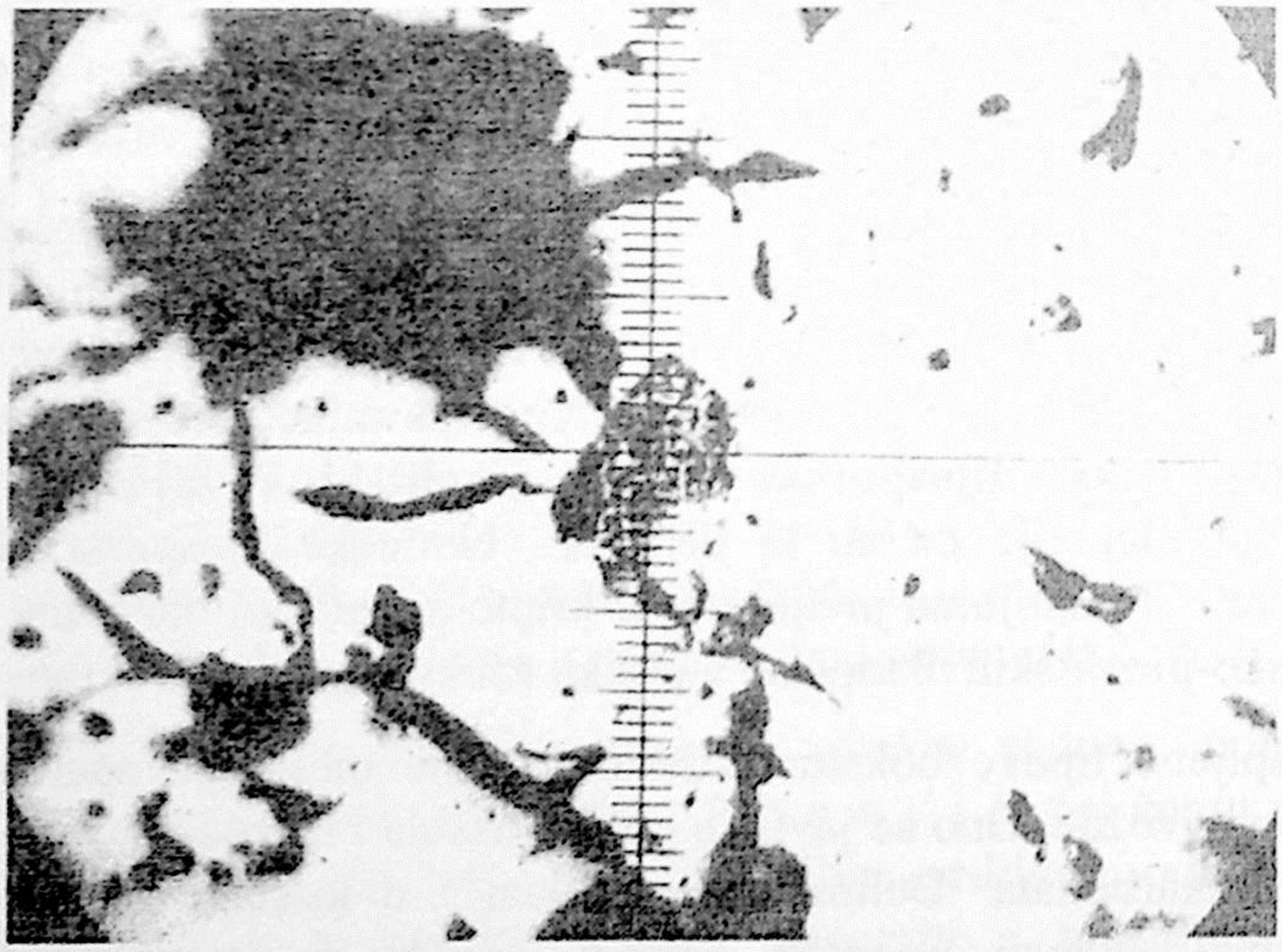
redak a pojavljuje se u obliku pojedinačnih kristalnih zrna, kao terigeni mineral ili kao sastavni deo oolita.

Minerali titana konstatovani su u svim ispitivanim uzorcima, i oni učestvuju sa 0,90-3,20% u ukupnom mineralnom sastavu Grebničkih boksita. Od titanovih minerala konstatovani su ilmenit, rutil, sfen i rede anatas. Ilmenit se uglavnom javlja u osnovnoj masi u obliku igličastih razvijenih kristalnih agregata. Rutil, anatas i sfen su vrlo retki i najčešće se javljaju kao mineraloške pojave. Rutil je konstatovan kao mala prizmatična zrna, svetlomrke do tamnocrvene boje.

Kao i bemitski boksiti zapadne i istočne Srbije, tako se i Grebnički boksiti Metohije odlikuju niskim sadržajem kalcijuma. Sadržaj kalcije najčešće varira u granicama od 0,03-0,60%. Kalcijum oksid je vezan za karbonate i hidrokarbonate, a delimično i za zeolitsku grupu minerala i sfen (M i s i r l i ć, M i t r o v i ć).

Sadržaj $SiO_2$ je veoma važna komponenta pri određivanju kvaliteta, jer on predstavlja štetnu komponentu u boksitima. Grebnički dijasporski boksiti se karakterišu niskim sadržajem ove komponente, koja po A r s i ć u (1973), najčešće varira u granicama od 1,50-3,50%. Od minerala nosioca $SiO_2$ konstatovani su kvarc, kalcedon i kaolinit u malim količinama.

Hromit je vrlo čest u pojedinim uzorcima. Najčešće se javlja u zrnima nepravilnog oblika neravnomerno raspoređenog u osnovnoj masi. Cirkon, turmalin, hlorit i drugi minerali se javljaju u minimalnim količinama, samo kao mineraloške pojave (Sl. - 53).



Sl. 53 - Zrno hromita u osnovnoj masi boksita

Fig. 53 – Chromite grain in the bauxite groundmass

Novija istraživanja koja je obavio T i m o t i j e v i ć (1997, 1998) sa saradnicima nedvosmisleno su potvrdila da se ovde radi o dijasporskim boksitima. Za razliku od ranijih, ovim ispitivanjima utvrđeno je da se kao glavni minerali javljaju: dijaspor,

bemit, hematit, Ti-minerali i kalcit. Od ostalih minerala konstatovani su magnetit, hromit, sfen, minerali glina i drugi u minimalnim količinama. Na bazi sadržaja glavnih minerala, koji odreduju i karakterišu grebničke boksite, možemo izdvojiti:

- dijasporski tip boksita,
- bemitski tip boksita i
- dijasporsko-bemitski tip boksita

Dijasporski tip boksita je najzastupljeniji u rudnom polju Grebnika, tako da se može reći da boksiti pripadaju ovom tipu. Čisto bemitski tip boksita konstatovan je na malom broju ispitivanih uzoraka koji su uzeti u severnom (ležište br. 15) i južnom delu (ležište br. 22) grebničke boksitonosne zone. Dijasporsko-bemitski tip je takođe određen na malom broju ispitivanih uzoraka. Karakteristično je da se svi ovi tipovi boksita mogu naći jedan pored drugih, odnosno u okviru istog ležišta, ali je svakako dominantan dijasporski tip boksita.

## Strukture i teksture boksita

Strukturno-teksturne karakteristike su veoma značajne pri izučavanju složenih uslova obrazovanja ležišta boksita. Odsustvo sortiranosti čestica po veličini, svedoči o transportu boksitnog materijala, od mesta nastanka lateritskih kora raspadanja, povremenim jakim bujičnim tokovima u vidu smeše krupnih i sitnih čestica. Zaobljenost fragmenata stena i terigenih minerala može da ukaže na veću dužinu transporta. Slaba zaobljenost ovih fragmenata u boksitima Mačkata govori nam o relativno kratkom transportu boksitnog materijala od mesta nastanka do mesta deponovanja.

U literaturi se za strukture boksita često primenjuju različite terminologije i, što je još interesantnije, jedni te isti termini imaju različita tumačenja kod pojedinih autora. B a r d o š i (1981) smatra da je najbolje postaviti sveobuhvatni sistem zasnovan na istovremenom proučavanju morfoloških i genetskih osobina strukture elemenata. Mi ćemo pokušati da se pridržavamo njegove terminologije, za koju smatramo da je najprikladnija za naše boksite. Opšte je poznata stvar da je boksit, kao mineralna sirovina izgrađen od osnovne mase i oolitsko-pizolitskih zrna.

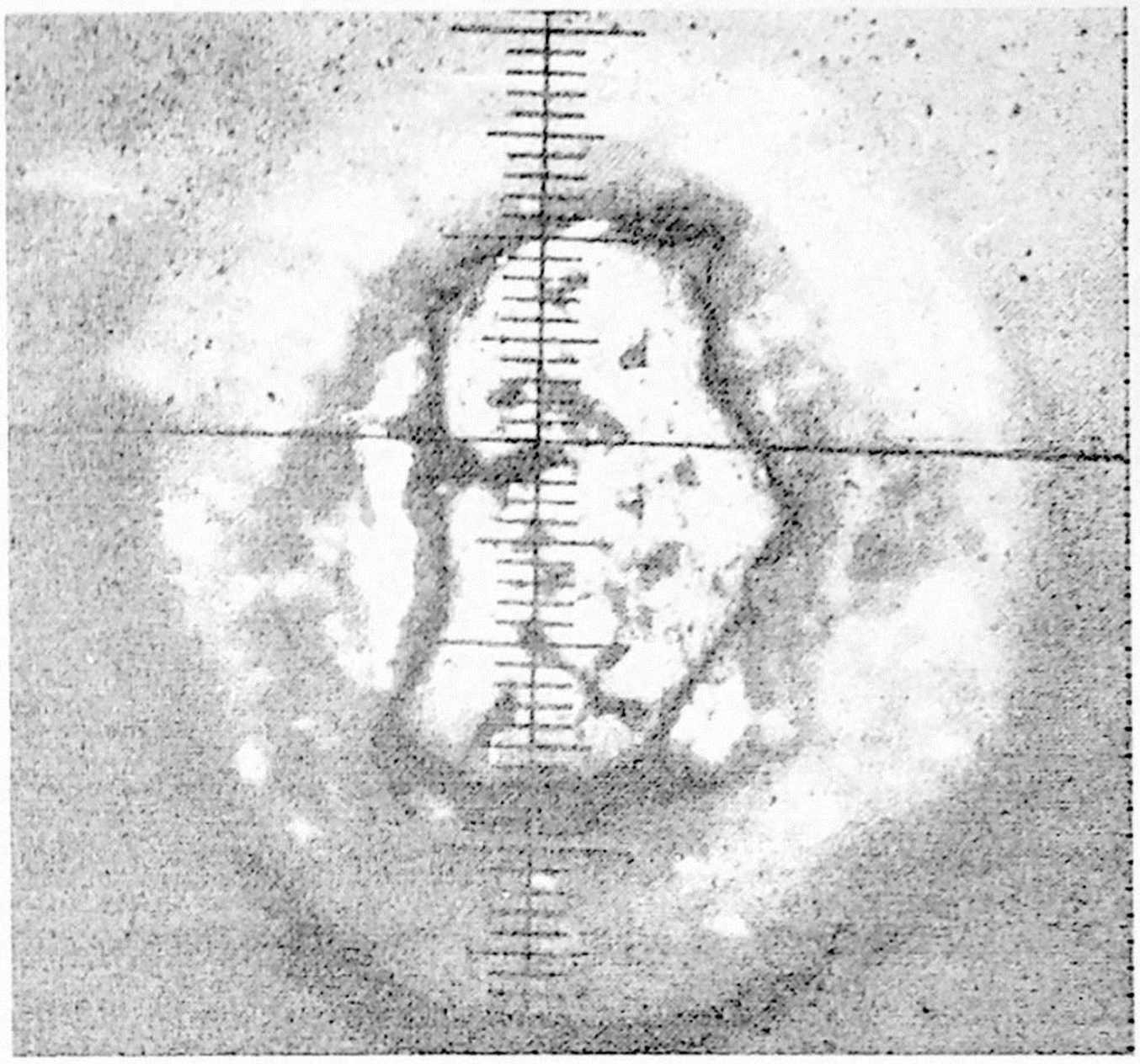
**Osnovna masa** boksita sastoji se od sitnih zrna, koja su ravnomerno raspoređena i više ili manje jednakih dimenzija. Iz te mase izrastaju svi ostali elementi. Prema srednjoj veličini zrna osnovna masa može biti: pelitomorfna, mikrokristalna, kristalasto-zrnasta i makrokristalasta. Veličina zrna kreće se od jednog do preko sto mikrona. Osnovna masa je najčešće izgrađena od minerala aluminijuma i gvožđa, sa neravnomerno raspoređenim odlomcima minerala i stena. U osnovnoj masi često se sreću autigeni minerali, odlomci mineralnih zrna (obično su to tvrdi i postojani minerali u karstnim boksitima), odlomci boksita i drugo. Osnovna masa je najčešće crvene i crvenomrke, a ponekad i svetlocrvene boje. Ovakvi tonovi boja uglavnom potiču od finodispergovanih čestica i mikrožilica Fe-minerala.

Rudnomikroskopskim ispitivanjima određeni su po relativnoj zastupljenosti sledeći minerali: hidrohematit ili hidroksid gvožđa, limonit, hematit, rutil, hidrorutil i hromit. Magnetit, pirit, ilmenit i sfen su relativno retki, dok se titanomagnetit javlja u vidu pojedinačnih zrna. U osnovnoj masi boksita, koja je najčešće kompaktna, često se zapažaju ooliti. Relativna zastupljenost oolita i pizolita je najčešće oko 10%, ali može biti manja ili veća kada dostiže i do 80%. Pored njih u boksitnoj osnovi su zastupljeni, u manjoj ili većoj meri fragmenti metaličnih minerala (magnetit, hromit, rutil) oštrih ivica, poluzaobljeni ili delimično zaobljeni.

Kod Grebničkih boksita dominantan oblik osnove predstavlja kombinaciju kompaktne mase i oolitnih alumosilikatnih struktura, najčešće ravnomerno raspoređenih i procentualno različito zastupljenih. Najveći deo osnove u jednom broju ispitivanih preparata je predstavljen oolitnim formama raznih dimenzija, najčešće izgrađenih od alumosilikatnih, ređe providnih minerala. Primećeno je da se dobar deo oolita alumosilikatnih i providnih minerala transformiše u limonit. Transformacijom su uglavnom zahvaćeni centralni delovi oolita. Takođe treba naglasiti da se limonit javlja u različitim koncentracijama. Njegov osnovni vid pojavljivanja je u vidu masa koje su najčešće nastale transformacijom hidrohematita ili minerala osnove i u vidu finodisperznih čestica koje prožimaju celu alumosilikatnu i providnu osnovu ujedno pigmentišući je. Potrebno je naglasiti, da u većini preparata limonit predstavlja dominantan mineral zbog čega su ovi boksiti tamnije boje.

**Ooliti i pizoliti.** Zrna oolita i pizolita uklopljena su u osnovnu masu pri čemu je njihova granica uvek oštro izražena. Oni su predstavljeni okruglim ili elipsastim formama. Pizoliti od oolita se bitno razlikuju prema veličini prečnika zrna. Veličina oolita i pizolita dobijena na bazi merenja u mikroskopu i po prikupljenim ispalim zrnima je sledeća: najčešće su veličine od l do 3,5 mm, vrlo su česte veličine 3,5 mm, a najkrupniji su do 20 mm u boksitnom rudnom polju Mačkata. Ooliti i pizoliti su neravnomerno raspoređeni u osnovnoj masi boksita tako da postoje partije u kojima oolita uopšte nema ili su vrlo retki, dok su mestimično jako koncentrisani i čine i do 50% boksita. Treba imati u vidu da se u boksitima Srbije redovno javljaju ooliti i pizoliti, no u svakom slučaju neuporedivo više ima oolita.

Ispitivanjima je zapaženo, kao pravilo, da centar oolita predstavlja metalični mineral, dok je prava retkost da je to neki poluprovidni ili providni mineral koji je pigmentiran Fe. Vrlo često se sreću prazni otvori pizolita kako metaličnih tako i nemetaličnih. Krupniji pizoliti su redovno ispucali i u izvesnim delovima boksita pokazuju težnju ka paralelizaciji ili grupisanju. Centri oolita su najčešće predstavljeni metaličnim mineralima oko kojih se kasnije formira oolit. Česta je pojava da se oko fragmenta hromita i hidrohematita kao centra počinje da stvara oolit (Sl. 54).

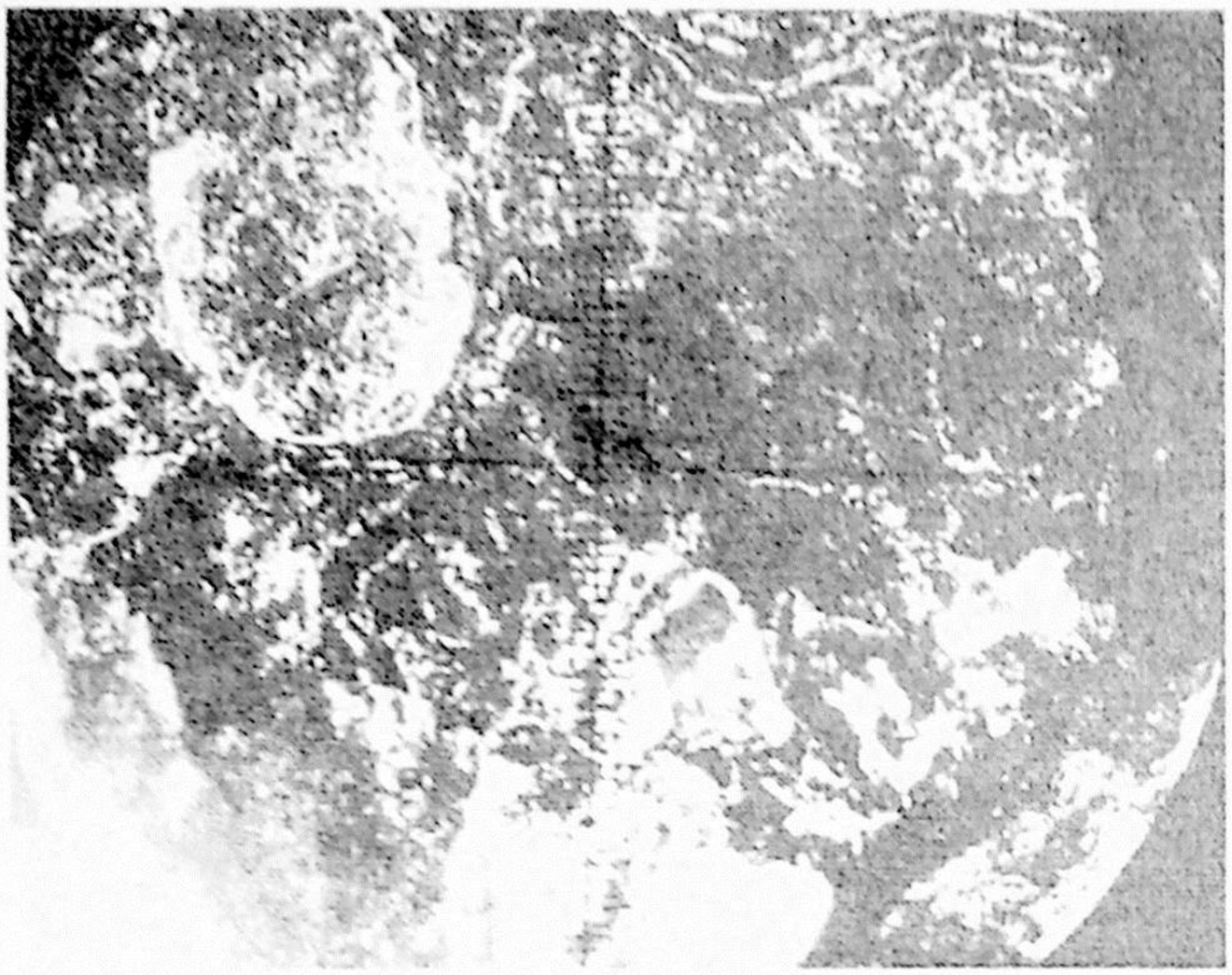


Sl. 54 - Nemetalični oolit oko fragmenta hromita

Fig. 54 – Nonmetallic envelope around a chromite fragment

Petrografskim ispitivanjima (V. E r i ć) u rudnim poljima Tare i Grebnika utvrđeno je da preovlađuju nemetalični u odnosu na metalične oolite i pizolite. Metalični ooliti su krupniji, ali znatno manje zastupljeni (Grebnik) i katkad pokazuju koncentričnu građu. Nemetalični ooliti su najčešće koncentrične građe i veličine 0,15-0,9 mm, dok su u rudnom polju Tare krupniji (do 3 mm) i više zastupljeni. Konstatovano je i prisustvo odlomaka pretaloženih boksita u kojima se takođe jasno zapaža obilje nemetaličnih oolita. U ovim boksitima su česti odlomci glinovitih i hloritsko-glinovitih stena. Pri ovim ispitivanjima zapaženo je kao pravilo da su metalični ooliti zastupljeniji od nemetaličnih. Kod izvesnog broja metaličnih oolita uočava se koncentrična građa u vidu poluprovidnih prstenova, koji narastaju oko jezgra ka periferiji i kod njih je kao po pravilu u centru metalični mineral. Pored toga, u određenim delovima boksita javljaju se i odlomci bivših oolita (Mačkat) koji su deformisani. Ceste su pojave da je jezgro oolita izgrađeno od metaličnog minerala (Babušnica), a periferija od nemetaličnog do oolita kod kojih se koncentrično smenjuju partije nemetaličnog i metaličnog materijala.

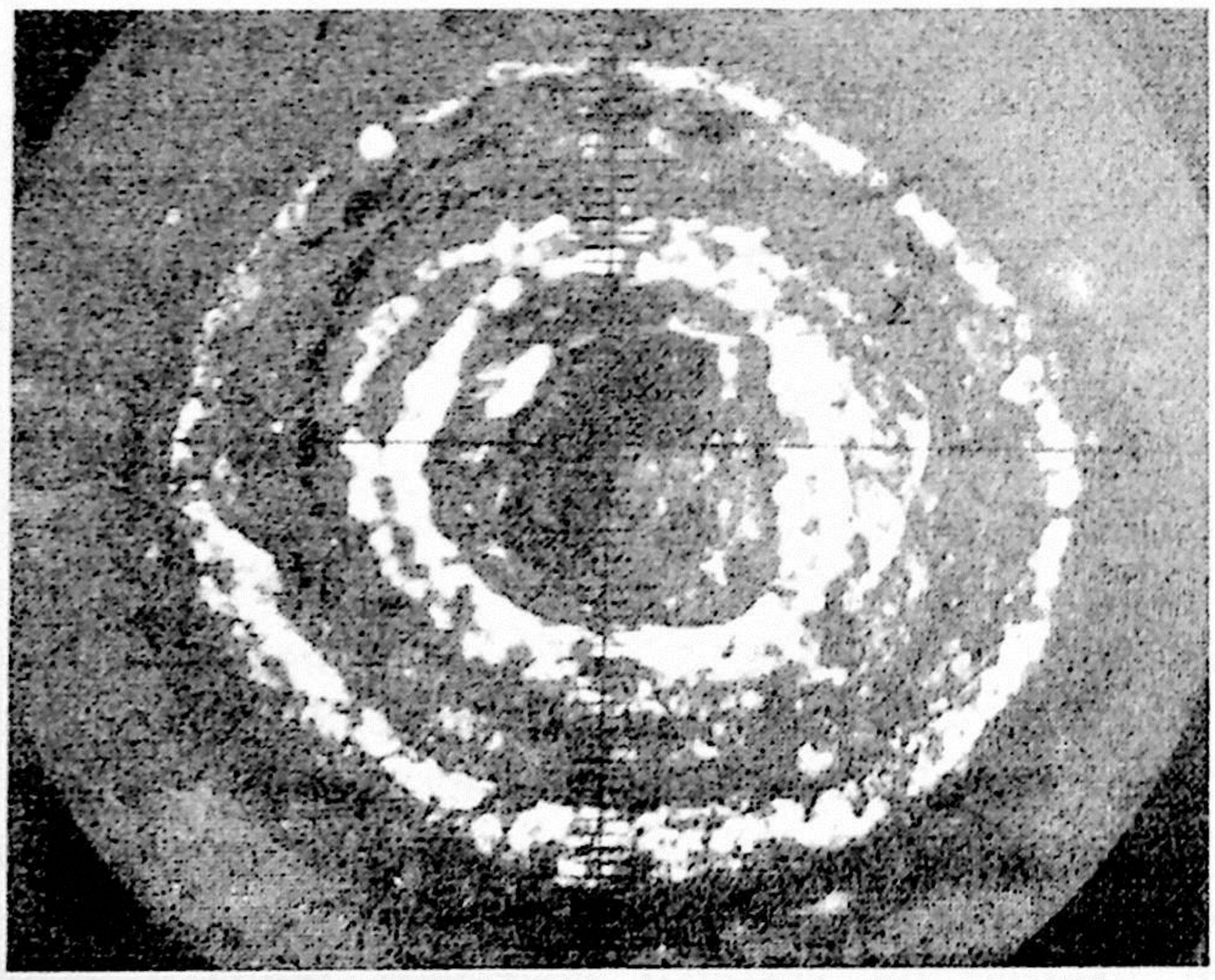
Pored oolita i pizolita metaličnog i nemetaličnog karaktera zapaža se mnoštvo manjih ili većih uglastih odlomaka metaličnih minerala, zatim stena koje se teško mogu odrediti, pa i starijih boksita. U izvesnim delovima boksita javljaju se i odlomci oolita koji su deformisani. Česta je pojava formiranja oolita i pizolita od više manjih oolita, kao i zonarno raspoređivanje u pizolitima nemetaličnog karaktera. Ovo ukazuje na nekoliko generacija oolita i pizolita, koji su najverovatnije nastali pretaložavanjem boksitne materije (Sl. 55).



Sl. 55 - Oolit sastavljen od više manjih oolita

Fig. 55 – Oolite composed of several lesser oolites

Po sastavu su to najčešće hematitski ooliti. Znatno manje su zastupljeni bemitsko-kaolinitski i ooliti izgrađeni od Al-minerala (bemit, dijaspor), dok su magnetitski ooliti i pizoliti vrlo retki. Bemitsko-kaolinitski ooliti i pizoliti su vrlo retki i najčešće su crvenkasti što dolazi od hematita. Primećeno je da se oko krupnih oolita i pizolita može da formira nov bezbojni omotač bemitsko-kaolinitskog karaktera, ali ovo nije opšta karakteristika. Ooliti i pizoliti skoro uvek imaju koncentričnu gradu. Koncentrična građa zrna izražena je u smeni tamnih i svetlih zona oko centralnog jezgra (Sl. 56).



Sl. 56 - Zonarni oolit (Fe - hidroksid i nemetalični deo u smenjivanju)

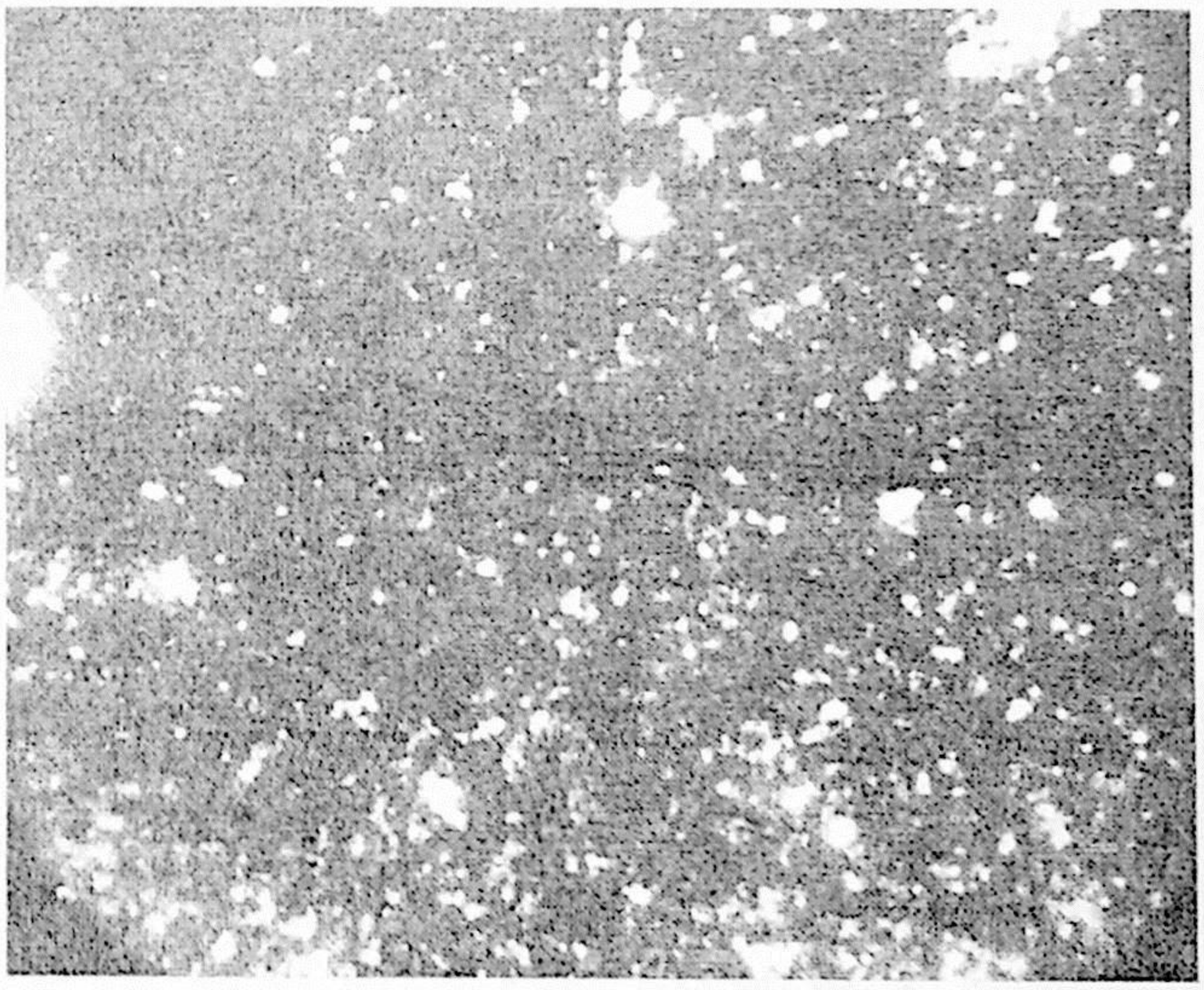
Fig. 56 –Zonal oolite (alternated of Fe – hydroxide and nonmetallic matrix)

**Tipovi struktura.** Na osnovu napred opisanih strukturnih elemenata, u oblasti zapadne i istočne Srbije mogu se izdvojiti sledeće strukture:

- afanitska ili pelitomorfna struktura,
- oolitska struktura,
- pizolitska struktura,
- oolitsko-pizolitska struktura,
- makropizolitska ili bobičasta struktura,
- pseudoporfirska struktura,
- brečasta struktura i
- pseudobrečasta struktura.

Afanitska ili pelitomorfna struktura kod boksita zapadne i istočne Srbije je dosta rasprostranjena u svim boksitonosnim rudnim poljima. Kod nje je karakteristično da se strukturni elementi ne razlikuju od osnovne mase golim okom, već se tek pod mikroskopom mogu zapaziti ooliti i dr.

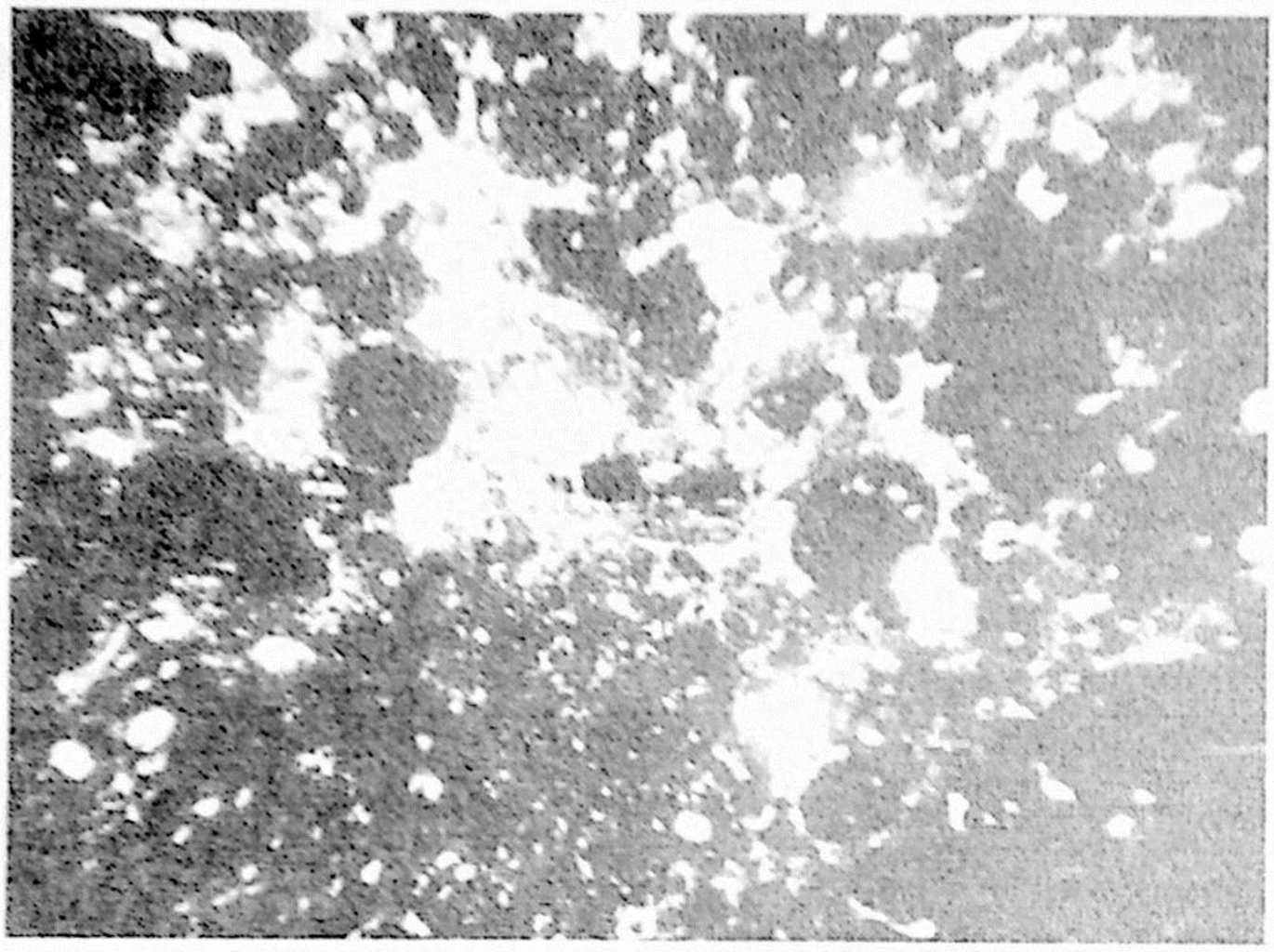
Oolitske strukture, zajedno sa pizolitskim i oolitsko-pizolitskim strukturama su najrasprostranjenije kod crvenih boksita Srbije. Ove strukture se prvenstveno sastoje od oolita, pizolita i njihovih odlomaka raspoređenih u osnovnoj masi. Količina zrna i njihov odnos prema osnovnoj masi je veoma različit. U zavisnosti od toga koji strukturni elemenat preovlađuje strukture su dobile ime, ali se mora naglasiti da su oolitske i oolitsko-pizolitske strukture najzastupljenije (Sl. 57, 58).



Sl. 57 - Oolitska struktura

Fig. 57 – Oolitic texture

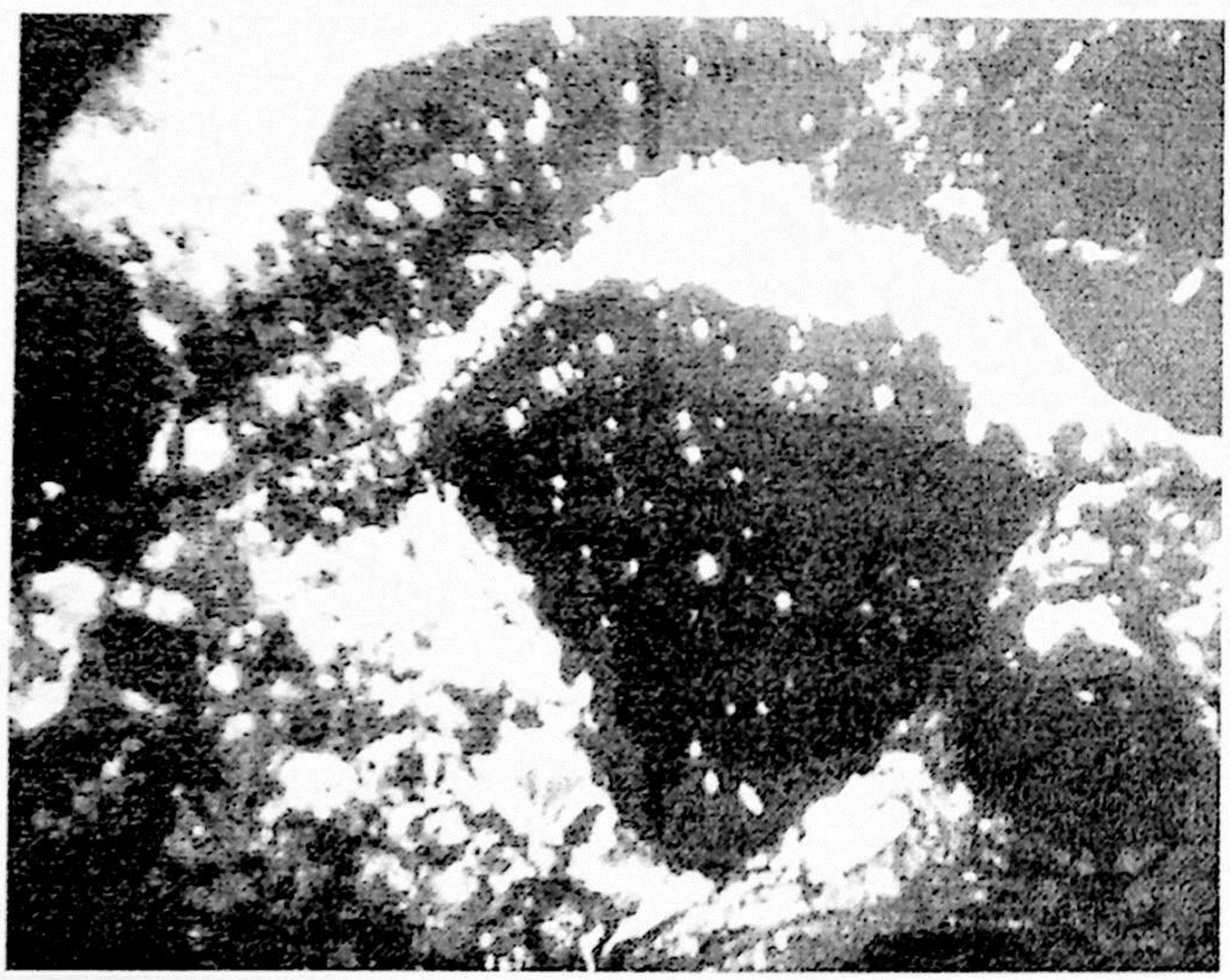
Makropizolitska ili bobičasta struktura kod crvenih boksita republike Srbije je veoma retka. Ona je mestimično konstatovana u boksitonosnim rudnim poljima Tare, Mačkata i Grebnika. Kod nje je karakteristično da se u osnovnoj masi nalaze raspoređeni krupni pizoliti (makropizoliti) čija veličina prelazi 20 mm.



Sl. 58 - Oolitsko-pizolitska struktura

Fig. 58 – Oolitic – pisolithic texture

Pseudoporfirska struktura je krajnje retka. Karakteriše se krupnim mineralnim zrnima i stenama (terigeni) u pelitomorfnoj ili mikrokristalastoj osnovnoj masi (Sl. 59).



Sl. 59 - Pseudoporfirska struktura

Fig. 59 – Pseudoporphyric texture

Brečasta struktura se takođe retko javlja, ali je konstatovana u svim boksitonosnim rudnim poljima i to uglavnom u najnižim delovima boksitnog sloja. Sastoji se od odlomaka krečnjaka, ređe i od odlomaka boksita nepravilnog oblika i različitih veličina. Oni su vezani osnovnom masom ili

glinovitim boksitom i čine prelaze između boksita i podinskih karbonatnih sedimenata.

Pseudobrečasta struktura konstatovana je samo u jednom delu ležišta boksita Aluge. Karakteristično je kod ove strukture da su boksiti u neposrednoj blizini groblja prožeti belim žilicama novostvorenog geloznog materijala i oni zadobijaju izgled breče.

U okviru jednog ležišta ili rudnog tela može biti zastupljeno više strukturnih oblika. Najčešće se kod boksita Srbije, u svim boksitonosnim rudnim poljima, javljaju afanitske ili pelitomorfne i oolitsko-pizolitske strukture. Pri tome nema neke određene pravilnosti. Boksiti afanitske strukture nekada mogu biti u nižim delovima ležišta, dok se oolitsko-pizolitske javljaju u središnjem delu ili bliže povlati ili je to obrnuti slučaj. U pojedinim delovima ležišta smena ovih struktura je brza i na kratkom rastojanju, što govori o složenim uslovima postanka boksita, kao i naknadnog preobražavanja, dijagenetskih i tektonskih procesa.

**Teksture.** Teksture, mada nisu karakteristične za boksite, mogu se ipak zapaziti. Među ovim najčešće su masivne i jedre, dok se ostale ređe zapažaju.

## Hemijski sastav

U unutrašnjim Dinaridima zapadne Srbije i Karpato-balkanidima istočne Srbije je dosadašnjim istraživanjima pronađeno stotinak ležišta i pojava crvenog boksita različitog kvaliteta. Stepen istraženosti pojedinih rudnih polja i ležišta je veoma različit. U suštini, najistraženija su ležišta u rudnom polju Grebnika, ležište Petrovići u rudnom polju Poćute, a delom i ležište Trafostanica u rudnom polju Mačkata. Ostala ležišta i pojave se mogu smatrati nedovoljno istraženim.

Crveni karstni boksiti Srbije se odlikuju velikom promenljivošću hemijskog sastava. Ona je izražena kako u horizontalnom tako i u vertikalnom pravcu, što je i karakteristika ovog tipa boksita. Varijabilnost sadržaja je naročito izražena kod aluminijumske i silicijumske komponente. Tako postoje delovi jednog istog rudnog tela ili ležišta gde je sadržaj $Al_2O_3$ visok, a $SiO_2$ nizak i obrnuto. Za sada se najkvalitetniji boksiti nalaze u rudnom polju Grebnika, ali ne treba zaboraviti činjenicu da je kod površinski otkrivenih ležišta najvećim delom eksploatacija završena ili je pri kraju. Kod ostalih rudnih polja, za sada je najkvalitetniji boksit u ležištu Petrovići (Poćuta), uz napomenu da su istraživanja u ostalim rudnim poljima obavljena u znatno manjem obimu. Ohrabruje činjenica, međutim, da se u okviru pojedinih ležišta mogu izdvojiti boksiti dobrog kvaliteta koji i u sadašnjim uslovima zadovoljavaju industrijske zahteve (Mačkat).

Pojedina ležišta boksita Srbije imaju povećane sadržaje Fe, Ni, Cr, Co, elemenata retkih zemalja i retkih metala što boksite čini veoma interesantnom mineralnom sirovinom. Osim toga sa boksitom asociraju i kaolinitske gline. Njihovim eventualnim kompleksnim iskorišćavanjem pojevtinjuje se proizvodnja, a ujedno

obezbeđuju deficitarne sirovine. Boksiti se, osim u aluminijumskoj industriji, mogu koristiti u vatrostalnoj, abrazivnoj, keramičkoj i hemijskoj, kao i metalurgiji i proizvodnji belog cementa. Ukoliko bi došlo do mogućnosti kompleksnog iskorišćavanja boksita i primene u druge svrhe, mnoga ležišta će postati bilansna, a stepen iskorišćenja znatno veći.

Crveni boksiti Srbije su pretežno izgrađeni od hidroksida aluminijuma, zatim oksida i hidroksida gvožđa i oksida titana. Svi boksiti sadrže hidratisane alumosilikate, uglavnom kaolinit, ali je njgovo učešće veoma različito kod pojava i ležišta pojedinih boksitonosnih rudnih polja. Na osnovu ovakvog mineralnog sastava utvrđeno je da, kao osnovne komponente boksita, u hemijskom sastavu učestvuju: $Al_2O_3$, $SiO_2$, $Fe_2O_3$, $TiO_2$, CaO i Gž, koji čine oko 99% ukupnog sadržaja boksita, dok mikroelementi učestvuju samo sa oko 1% ukupnog sastava boksita.

Ležište Petrovići je, osim ležišta boksita Grebnika, detaljno istraženo sa verifikovanim rezervama A i B kategorije, dok su ležišta Aluge, Trafostanica i Radoševac istražena do nivoa $C_1$ kategorije. Srednji hemijski sadržaji osnovnih komponenti boksita za ova ležišta prikazani su u tabeli br. 9. Podaci za ležište Trafostanica i Radoševac odnose se samo na boksite dobrog kvaliteta, odnosno bez sadržaja glinovitih boksita.

Tabela 9 (u %)
Table 9 (in %)

| Rud. polje Ore field | Ležište Deposit | $Al_2O_3$ | $SiO_2$ | $Fe_2O_3$ | $TiO_2$ | CaO | Gž L. of ig. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Poćuta | Petrovići | 48,33 | 7,64 | 26,58 | 4,23 | 0,92 | 11.52 |
| Tara | Aluge | 44,44 | 14,46 | 26,49 | 2,32 | 0,48 | 11,44 |
| Mačkat | Trafostanica | 44,58 | 9,00 | 32,82 | 2,55 | 0,22 | 10,43 |
| Babušnica | Radoševac | 52,33 | 9,62 | 21,43 | 3,06 | 0,34 | 11.88 |

Hemijski sastav dijasporskih boksita Grebnika znatno varira kako u samim ležištima tako i između pojedinih ležišta. Retka je pojava da neko rudno telo ili pak neki njegov deo ima relativno ujednačen sadržaj. Varijacija sadržaja osnovnih komponenti (najčešće) po podacima A r s i ć a i dr. (1984) prikazana je u tabeli 10.

Srednji sadržaji , koji se odnose na 33 detaljno istraženih ležišta, po A r s i ć u i dr (1984) iznose 48,03% $Al_2O_3$ i 2,34% $SiO_2$.

Upoređivanjem srednjeg sadržaja osnovnih komponenti, u okviru pojedinih rudnih polja, zapaža se da je najkvalitetniji boksit u ležištima Grebnik i ležištu Petrovići. Ne treba zaboraviti, međutim, činjenicu da je stepen istraženosti rudnih polja Tare, Mačkata i Babušnice daleko niži nego u rudnim poljima Grebnik i Poćuta, kao i to da su i ovde pronađeni veoma kvalitetni boksiti sa $Al_2O_3$ preko 60% i $SiO_2$ do 2%. Na osnovu dosadašnjih rezultata istraživanja ovde se mogu očekivati ležišta ili delovi ležišta sa komercijalnim boksitom.

Tabela 10 (u %)
Table 10 (in %)

| Komponenta<br>Constituent | Od<br>From | Do<br>To |
|---|---|---|
| $Al_2O_3$ | 46,00 | 52,00 |
| $SiO_2$ | 1,50 | 4,00 |
| $Fe_2O_3$ | 30,00 | 40,00 |
| $TiO_2$ | 1,50 | 2,50 |
| CaO | 0,10 | 0,70 |
| Gž<br>Loss of ignition | 9,50 | 10,50 |

Procesi razdvajanja silicije i aluminije u povoljnim paleoklimatskim uslovima bili su veoma različiti u oblasti unutrašnjih Dinarida i Karpato-balkanida. Odnošenje silicije iz boksitnog materijala, deponovanog na karstnoj podlozi zavisilo je pre svega od količina ponirućih voda, koje su cirkulisale kroz ovaj materijal u uslovima dobre drenaže. Naime, poznato je da je u uslovima karbonatne sredine silicija i tridesetak puta rastvorljivija od aluminije. Ukoliko je u određenoj oblasti, gde je deponovan boksitni materijal, karstifikacija intenzivnija i drenaža podine izraženija, uz obilje ponirućih voda došlo je do većeg iznošenja silicije i njenog deponovanja ispod boksitnog horizonta. Ti uslovi nisu bili podjednako ispunjeni kod pojedinih boksitonosnih rudnih polja, pa sada imamo po kvalitetu različit hemijski i mineralni sastav boksita koji se tamo javljaju.

Promene sadržaja $Fe_2O_3$, takođe pokazuju velika variranja u jednom istom rudnom polju, pa čak i u okviru istog ležišta. Ova pojava je naročito karakteristična za rudno polje Mačkata gde se sadržaji gvožđa kreću od 18 do preko 50% $Fe_2O_3$. U ležištima Trafostanica i Bjelaci ova variranja iznose od 18,77-47,48%. Boksiti Grebnika se isto tako odlikuju visokim sadržajem gvožđa (do 55%), pa se oni tretiraju kao gvoždeviti boksiti. I boksiti u boksitonosnom rudnom polju Mačkata se mogu svrstati u grupu gvoždevitih, zbog visokog sadržaja $Fe_2O_3$. Najniži sadržaji gvožđa izmereni su u boksitonosnom rudnom polju Babušnice, gde srednji sadržaj za ležište Radoševac iznosi 21,43% $Fe_2O_3$.

Sadržaj $TiO_2$ u ispitivanim boksitima je dosta neujednačen i kreće se u intervalu od 0,9-7,42%. Iz brojnih hemijskih analiza, izvršenih tokom istražnih radova, utvrđena je pozitivna korelacija $TiO_2$ i $Al_2O_3$, pri čemu sa povećanjem aluminije raste i sadržaj titan oksida. Interesantno je da u rudnom polju Grebnika, gde su sadržaji aluminijuma visoki, sadržaji titana nemaju visoke vrednosti (do 2,90% $TiO_2$).

## Sadržaj mikroelemenata

Boksiti, pored osnovnih komponenti, sadrže i čitav niz mikroelemenata, koji pored ekonomskog značaja mogu biti od izvanredne koristi pri rešavanju mnogih problema

u istraživanju. Geohemijskim ispitivanjem boksita rešava se poreklo elemenata i matičnog materijala koji je dao boksite, tumačenje složenih još uvek nedovoljno razjašnjenih uslova postanka boksita i drugo.

Uporedo sa ispitivanjem sadržaja osnovnih komponenti boksita, ispitivan je spektrohemijskom semikvantitativnom metodom sadržaj mikroelemenata i retkih elemenata. Ispitivanja su izvršena na uzorcima uzetih iz svih istražnih radova i sa izdanaka u svim boksitonosnim rudnim poljima. Na osnovu dosadašnjih rezultata može se orjentaciono zapaziti ponašanje u migraciji i distribuciji mikroelemenata pratioca glavnih komponenti u boksitima (Tabela 11).

Tabela 11 (u ppm)
Table 11(in ppm)

| Elemenat | Poćuta | Tara | Mačkat | Grebnik | Babušnica | Vlasenica* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ga | 7 | 20 | 20 | 30 | 42 | 29 |
| V | 43 | 159 | 225 | 501 | 487 | 201 |
| Nb | 48 | 120 | 45 | 120 | 70 | 201 |
| Be | 14 | 12 | 6 | 10 | 7 | 7 |
| Cu | 9 | 27 | 67 | 19 | 17 | 67 |
| Pb | 29 | 35 | 41 | 131 | 54 | 78 |
| Zn | 53 | No | 44 | 135* | 55 | 112 |
| Mo | 2 | 2 | 3 | 23* | 3 | 7 |
| Mn | 425 | 311 | 1985 | 673 | 2807 | 521 |
| Ni | 477 | 691 | 2140 | 1211 | 279 | 477 |
| Co | 53 | 31 | 121 | 92 | 43 | 51 |
| Sc | 52 | 18 | 25 | 59 | 34 | 36 |
| Zr | 204 | 332 | 353 | 409 | 879 | 431 |
| Cr | 368 | 1195 | 3200 | 5387 | 257 | 409 |
| La | 29 | 75 | 79 | 65* | 92 | 65 |
| Sr | 36 | 32 | 46 | 12* | 94 | 17 |
| Y | 97 | 40 | 80 | 26 | 73 | 145 |
| Ba | 32 | 48 | 36 | 14 | 49 | 6 |

no - nije određivan
*po podacima Z. Maksimovića (1976)

Upoređivanjem sadržaja mikroelemenata i retkih elemenata u boksitima Srbije, sa istim sadržajem u boksitonosnom području Vlasenice zapaža se izvesno odstupanje u sadržaju pojedinih elemenata. Iz tabele se vidi da su sadržaji mikroelemenata u boksitima Poćute, Tare i Vlasenice veoma slični, izuzev odstupanja u sadržajima Zr, Y, Cr i La koji su osetno niži u boksitima Poćute, dok je Cr povećan u boksitima Tare.

Uporedimo li boksite Mačkata i Grebnika sa boksitima Poćute, Tare i Babušnice zapazićemo velika odstupanja u srednjim sadržajima elemenata Mn, Ni, Co i Cr.

Ova odstupanja su naročito izražena kod boksita Mačkata i Grebnika, gde su sadržaji pojedinih mikroelemenata daleko veći nego u ostalim rudnim poljima. Tako se sadržaji Mn kreću u granicama od 100-8500 ppm, Ni od 200-5000ppm, Co od 20-600 ppm i Cr od 70 do preko 10000 ppm. Po svojim karakterističnim sadržajima mikroelemenata boksiti Mačkata i Grebnika su veoma slični u odnosu na ostale boksite Srbije.

Dobijeni rezultati geohemijskih ispitivanja pokazuju da se ispitivani boksiti razlikuju po svom mikrosastavu. To može da ukaže na različite sastave matičnih stena, koje su dale materijal za stvaranje boksita u navedenim slučajevima.

## Radioaktivnost boksita

Površinskim raspadanjem stena i ruda, kao i drugim geohemijskim procesima, radioaktivni elementi mogu da budu perevedeni u mobilnu fazu i rasejani ili redeponovani ili pak da ostanu i akumuliraju se na mestu odigravanja procesa, ali dolazi i do njihovog razdvajanja. Torijum je u površinskim uslovima, kao tipičan elemenat hidrolizata imobilan i obogaćuje se u rezistatima ili specifičnim produktima raspadanja kakvi su glina i boksit. Uran se u površinskim uslovima oksidiše do šestovalentnog stanja obrazujući rastvorne i migrativne složene kompleksne anjone, zbog čega dolazi do razdvajanja torijuma i urana. Kalijum, kao tipičan rastvorni katjon, lako je rastvoran i migrativan, ali može delom da bude absorbovan na česticama minerala glina (D a n g i ć, 1995). Zbog toga sadržaji ovih elemenata u boksitima zavise od različitih genetsko-geohemijskih faktora i mogu znatno da variraju, ali generalno uzev, torijum je znatno zastupljeniji od urana.

O sadržaju radioaktivnih elemenata u boksitima ima relativno malo podataka u literaturi. Po A d a m s u i R i č a r d s o n u (1957,1960) srednji sadržaji urana su generalno uzev oko 10 ppm i torijuma oko 50 ppm (srednje vrednosti iz 29 uzoraka su: 11,4 ppm za U, 48,9 ppm za Th, odnos TH/U je 5,1), Th je vezan za akcesorne minerale kao cirkon, ali su Th i U delom vezani i za minerale aluminijuma i gvožđa. Podatke o sadržajima urana i torijuma u nekim karstnim boksitima prethodne Jugoslavije i Srbije nalazimo u radovima: M a k s i m o v i ć, D a n g i ć (1988), M a k s i m o v i ć, P i r c (1990), D a n g i ć, G o r d a n i ć (1994), G o r d a n i ć, T i m o t i j e v i ć (1995), D a n g i ć (1995), G o r d a n i ć, T i m o t i j e v i ć i dr. (1996), S i m i ć i dr. (1988). M a k s i m o v i ć i P i r c (1990) su anlizirali sadržaj urana u boksitima iz 12 ležišta Grčke i prethodne Jugoslavije i dobili kao srednji sadržaj (117 proba) vrednost od 8,25 ppm. Za boksite Vlasenice srednji sadržaj iznosi 7,26 ppm, a za Grebnik 7,64 ppm. S i m i ć i dr. (1988) za boksite i boksitične gline Zlatibora dobili su srednje sadržaje za U 3,44 ppm, Th 19,65 ppm i K 0,856%. Slične podatke za ove boksite (135 analiziranih proba) navode G o r d a n i ć, T i m o t i j e v i ć (1995): U 3,31 ppm, Th 19,69 ppm i K 0,44%. Za boksite Poćute D a n g i ć, G o r d a n i ć (1994) navode sledeće sadržaje: U od 0,12-12,12 ppm, srednji 4,67 ppm, Th od 0,17-54,96 ppm, srednji 27,67 ppm.

U boksitonosnim rudnim poljima zapadne i istočne Srbije, u fazi istraživanja boksita određivani su (radiometrijski) i sadržaji prirodnih radionuklida U, Th i K. Ispitivanja su obavljena na više od dve stotine proba koje su uzete iz boksita, boksitičnih glina i glina koje prate boksit, a u području Mačkata analizirane su i stene podine i povlate, Najniži sadržaji ovih elemenata određeni su u stenama podine i povlate, nešto su viši u boksitičnim glinama, dok su najveći sadržaji izmereni u boksitima. Radiometrijska ispitivanja boksita obavljena su u laboratoriji Geoinstituta od strane R. N e d i m o v i ć i M. M i l i v o j e v i ć. Većina ispitivanih uzoraka predstavlja boksite oolitske, oolitsko-pizolitske, ali i afanitske strukture. Boksiti su različitog kvaliteta, od kvalitetnih do prelaza ka glinovitim boksitima i boksitičnim glinama sa malim učešćem aluminjumskih minerala. Većinom su to crveni i mrkocrveni boksiti, kompaktni ali se sreću i mekše partije. U svim uzorcima su analizirani sadržaji radioaktivnih elemenata (U, Th, K) kao i odnos Th/U. Na tabeli 12 prikazani su sadržaji ovih elemenata, srednji sadržaji i sračunati odnos Th/U za sva rudna polja.

Tabela 12
Table 12

| Rud. polje Ore field | U (ppm) | | Th (ppm) | | K (%) | | n | Th/U |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Interval | $\bar{x}$ | interval | $\bar{x}$ | interval | $\bar{x}$ | | |
| Poćuta* | 0,12-12,12 | 4,67 | 0,17-54,96 | 27,67 | 0,01-1,68 | 0,14 | 33 | 5,93 |
| Tara | 0,99-5,95 | 3,10 | 8,31-54,96 | 26,81 | 0,10-1,73 | 0,45 | 14 | 8,65 |
| Mačkat | 0,31-11,70 | 3,58 | 3,67-34,55 | 20,42 | 0,05-2,59 | 0,61 | 151 | 5,71 |
| Grebnik | 4,56-8,96 | 6,57 | 26,37-52,07 | 35,56 | 0,00-0,62 | 0,09 | 20 | 5,41 |
| Babušnica | 6,28-15,14 | 10,6 | 25,65-50.16 | 38,70 | 0,03-0,53 | 0,09 | 13 | 3,66 |

*Po podacima Dangić, Gordanić (1994)

Ako uporedimo podatke M a k s i m o v i ć, P i r c (1990) sa rezultatima naših istraživanja zapazićemo izvesna odstupanja u sadržajima urana i torijuma. Iz tabele se vidi da se srednjim sadržajima donekle približavaju naša ispitivanja za boksite Grebnika, gde je sadržaj urana (6,59 ppm) nešto niži, odnosno Babušnice gde je sadržaj (10,58 ppm) povećan u odnosu na ispitivanja pomenutih autora. Srednji sadržaj U za boksite Srbije iz 231 analizirane probe iznosi 4,31 ppm, a za Th 23,84 ppm. Odnosi Th/U (3,66-8,65, x-5,53) ukazuju na relativna obogaćenja torijuma u odnosu na uran, što je uslovljeno većom mobilnošću urana u supergenim uslovima.

U toku višegodišnjih istraživanja na području Mačkata i okoline vršena su kompleksna istraživanja boksita, primenom savremenih geoloških, geofizičkih, rudarskih i laboratorijskih metoda. Radiometrijska ispitivanja su obavljena na 163 probe koje su uzete sa izdanaka boksita i istražnih radova, ali je najveći broj proba prikupljen iz istražnih bušotina. Probe su analizirane na U, Th, K i Th/U, od čega 151 uzorak boksita, boksitičnih glina i glinovitih boksita a 12 podinskih i krovinskih sedimenata. U tabeli 13 prikazani su sadržaji ovih elemenata posebno za boksite, boksitične gline i glinovite boksite, stena podine i stena povlate.

Tabela 13
Table 13

| Geol. sredina Geol. Envir. | U (ppm) | | Th (ppm) | | K (%) | | n | Th/U |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Interval | $\bar{x}$ | Interval | $\bar{x}$ | Interval | $\bar{x}$ | | |
| Boksit Bauxite | 2,61-11,70 | 4,89 | 16,95-34,55 | 25,44 | 0,00-1,05 | 0,34 | 60 | 5,22 |
| Gl. boksiti Clayey baux. | 0,31-5,30 | 2,71 | 3,67-29,95 | 17,04 | 0,00-2,53 | 0,79 | 91 | 6,29 |
| Podina Bx Footwall | 0,10-3,86 | 1,58 | 0,1023,63 | 11,98 | 0,00-1,81 | 0,85 | 7 | 7,58 |
| Povlata Bx Hanging wall | 0,25-1,12 | 0,78 | 1,86-5,48 | 3,18 | 0,10-0,94 | 0,40 | 5 | 4,08 |

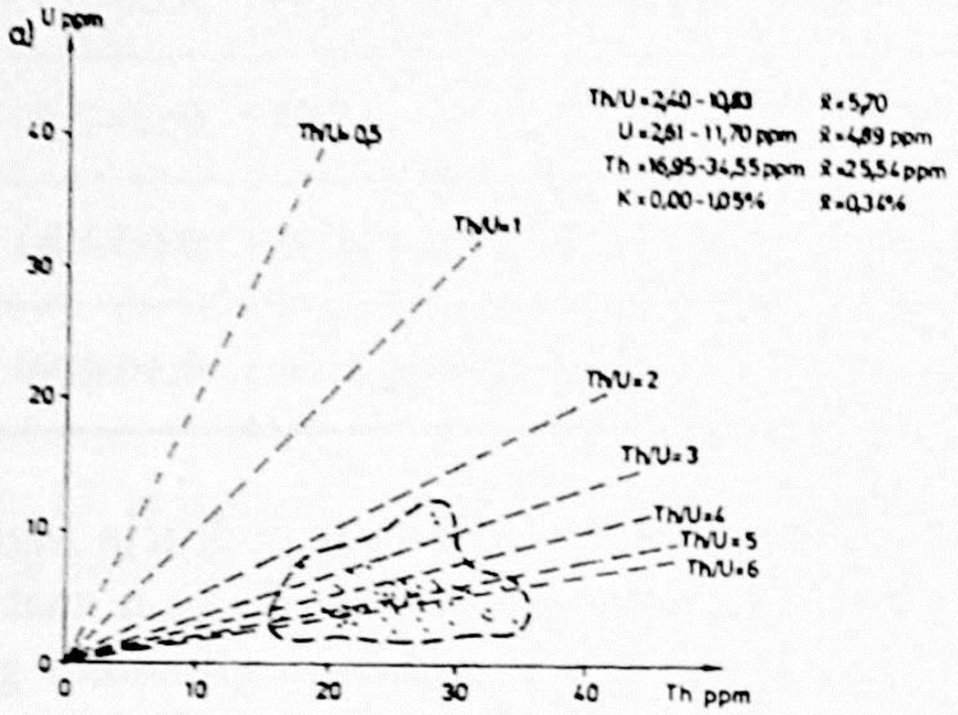
Na osnovu rezultata analiziranih proba boksita iz područja Mačkata može se uočiti da su sadržaji urana i torijuma jako varijabilni i da su u znatnoj meri povećani u boksitima u odnosu na iste sadržaje u boksitičnim glinama i glinovitim boksitima. Te razlike su još izraženije kod stena podine i povlate. Dobijena vrednost za boksite 4,89 (ppm) je znatno manja od prosečnih sadržaja urana u boksitima uopšte, a dosta je manja od srednjih vrednosti (M a k s i m o v i ć, P i r c 1990) za boksite Grebnika (7,64 ppm) i Vlasenice (7,26 ppm) koji se javljaju u istoj boksitonosnoj zoni. Po našim merenjima sadržaji urana su više nego dvostruko manji od boksita Babušnice (10,58 ppm), a znatno niži od boksita Grebnika (6,57 ppm). Sadržaj urana u boksitičnim glinama i glinovitim boksitima Mačkata je daleko niži i kreće se u granicama od 0,31-5,30 ppm, srednji 2,71 ppm.

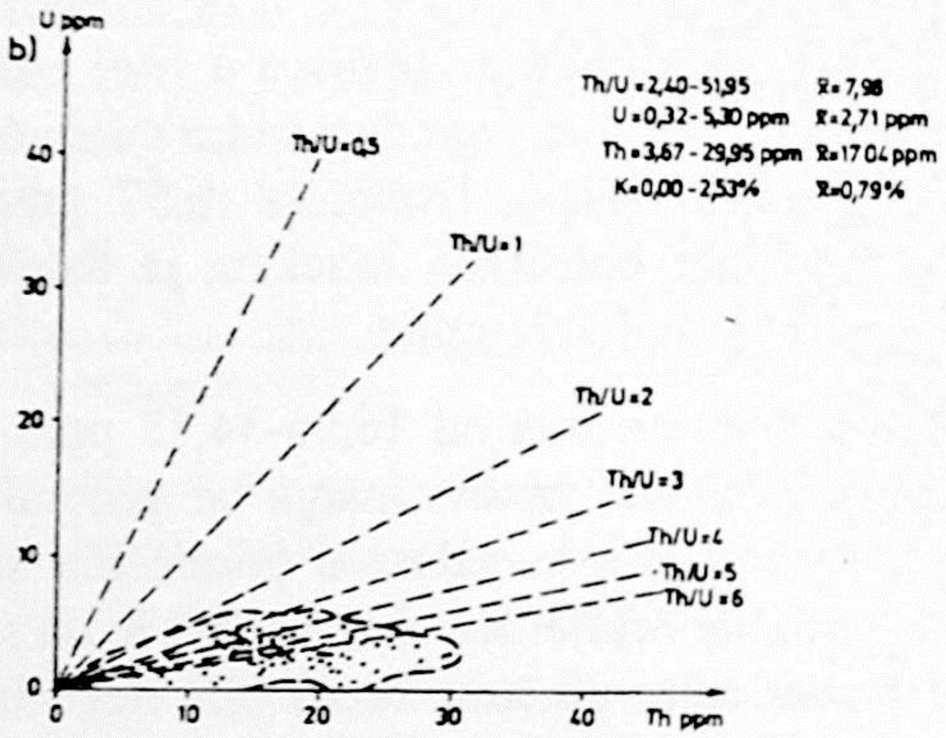
Sadržaji torijuma se kreću u granicama od 16,95-34,55 ppm, srednji 25,44 ppm. Dobijena srednja vrednost je takođe znatno manja od generalno srednjih sadržaja torijuma u boksitima (50 ppm), ali se nalazi u granicama srednjih vrednosti za karstne boksite zapadne i istočne Srbije. Karakteristično je da su sadržaji torijuma u glinovitim boksitima i boksitičnim glinama dosta niži nego u boksitima. Sadržaji torijuma ovde variraju u granicama od 3,67-29,95 ppm, srednji 17,04 ppm.

Odnos torijuma i urana za boksite Mačkata karakteriše se vrednostima od 2,40-10,83, srednja vrednost 5,22. Ovaj odnos je znatno više izražen kod boksitičnih glina i glinovitih boksita gde vrednosti variraju u širokom rasponu od 2,40-51,95, srednja 6,29. Međusobni odnosi torijuma i urana prikazani su na dijagramu relativnih odnosa Th/U posebno za boksite, i glinovite boksite i boksitične gline (Sl. 60).

Ako analiziramo prikazane dijagrame relativnih odnosa Th/U zapazićemo da se kod boksita i glinovitih boksita ne javljaju vrednosti u rasponu od 0,5-2. Kod boksita najčešći odnosi Th/U su u opsegu 5-6 i preko 6, koji kod analiziranih uzoraka iznosi 31,67%. Za razliku od boksita, najveći broj analiziranih uzoraka boksitičnih glina i glinovitih boksita ima odnos Th/U preko 6 (54,95%). Ovi podaci ukaziji da su u području Mačkata sadržaji urana u boksitima izrazito viši u odnosu na sadržaje u glinovitim boksitima i boksitičnim glinama. Kod sadržaja torijuma ova kontrastnost

je manje izražena, pa su zato i odnosi Th/U znatno viši. Relativno obogaćenje torijuma može se objasniti njegovim pretežnim vezivanjem za mineral cirkon, koji je kao akcesorni (terigeni) mineral znatno zastupljen u boksitima ovog područja (T i m o t i j e v i ć, 1995). No, ne treba isključiti mogućnost da je deo torijuma vezan i sa mineralima boksita, gvožđa i glina.




Sl. 60 – Dijagrami relativnih odnosa Th i U u boksitima, glinovitim boksitima i boksitičnim glinama Mačkata

a) boksit; b) glinoviti boksiti, boksitične gline

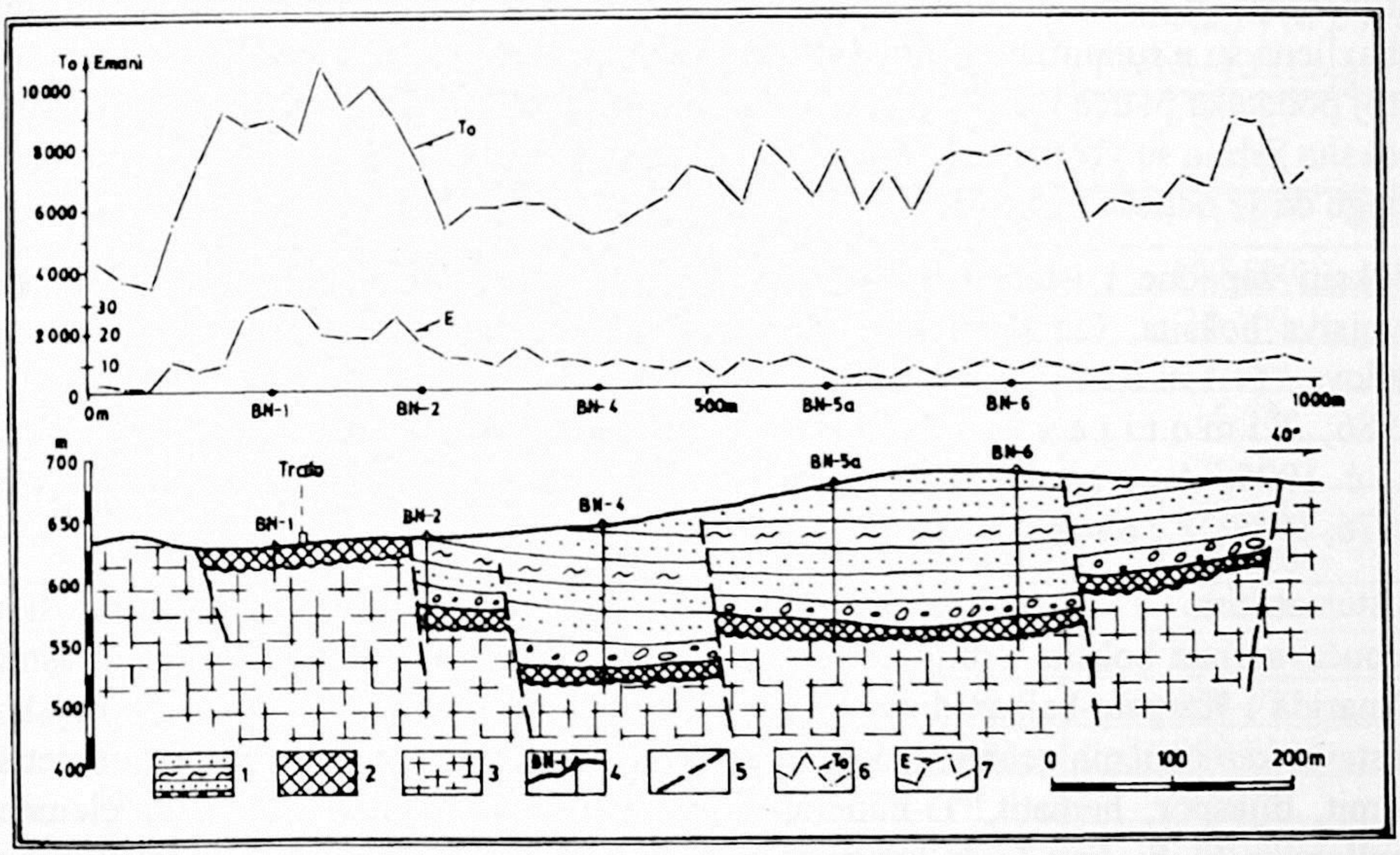
Fig. 60 – Diagrams of the Th/U ratios in bauxites, bauxitic clays and clayey bauxites in Mačkat area

a) bauxites; b) bauxitic clays, clayey bauxites

Ladinsko-karnijske krečnjake (podina boksita) i crvenicu koja se javlja na krečnjacima, karakteriše nizak sadržaj urana od 0,10-3,86 ppm, srednji 1,58 ppm. Krečnjaci podine imaju nizak sadržaj torijuma (0,10-0,42 ppm) koji je znatno viši u probama koje su uzete iz crvenice od 9,32-23,63 ppm, srednji za sve analizirane uzorke iznosi 11,98 ppm. Peščari, konglomerati i krečnjaci povlate boksita odlikuju se niskim sadržajima urana od 0,25-1,12 ppm, srednji 0,78 ppm, i torijuma od 1,86-5,48 ppm, srednji 3,18 ppm. Sadržaji kalijuma su nešto viši u crvenici na podinskim krečnjacima (srednji 0,85%), a niži u sedimentima povlate 0,10-0,94%, srednji

0,40%. Iz izloženog se jasno uočava razlika u sadržajima radioaktivnih elemenata u boksitima, koji su znatno viši, nego u stenama podine i povlate.

Povećani sadržaji prirodnih radionuklida, kao i podaci o njihovoj distribuciji, ukazuju na mogućnost jasnog razlikovanja boksita od glina i okolnih stena. Ovo daje velike mogućnosti u istraživanju primenom radiometrijskih metoda (gamaspektrometrija, emanacija). Ove metode imaju sve veću primenu za direktno indiciranje rudnih tela. Istraživanja koja je obavio M. T o d o r o v i ć na boksitonosnim terenima Distomon (Grčka), zatim Nikšića, Vlasenice, Tare, Poćute, Mačkata i dr. dala su dobre rezultate. Emanometrijska ispitivanja su se sastojala u merenju koncentracije radona, torona i aktinona u tlu kao neposrednog indikatora skrivenih rudnih tela. Na području Mačkata, naročito u predelu ležišta Trafostanica (otkrivenog dela) ova ispitivanja su opravdala očekivanja istraživača (Sl. 61).




Sl. 61 – Dijagrami ukupne radioaktivnosti i emanacije Rn u tlu
1. Konglomerati, peščari i gline alb-cenomana; 2. Boksiti; 3. Krečnjaci i dolomiti ladinsko-karnijskog kata; 4. Istražne bušotine; 5. Rasedi; 6. Dijagram totalnog intenziteta gama zračenja u CPM jedinicama; 7. Dijagram koncentracije radioaktivne emanacije Rn u emanima*

Fig. 61 – Diagrams of total radioactivity and radon emanation in the soil
1. Albian-Cenomanian conglomerates, sandstones and clays; 2. Bauxites; 3. Ladinian-Carnian limestones and dolomites; 4. Exploratory boreholes; 5. Faults; 6. Diagram of total intensity of the gama radiation (CPM units); 7. Diagram of concentration of the radioactive emanation of radon (in emans)

* 1 eman = 3,7 Bq/l

Sa slike se vidi da su intenziteti totalnog gama zračenja i emanacije radona iznad otkrivenog dela ležišta Trafostanica najizraženiji. Iznad dela ležišta koje se nalazi ispod krovinskih sedimenata, na dubini i preko 100 m, dobijeni su slabiji rezultati, a naročito podaci emanacije koji praktično i ne pokazuju neku anomalnu vrednost.

Ovo ukazuje na ograničenost primene ovih metoda na rudna tela koja se nalaze na površini terena, ili su prekrivena povlatnim sedimentima male debljine.

## Geohemijske karakteristike boksita

Za istraživanje ležišta boksita, kao i ostalih mineralnih sirovina sa naučnog i praktičnog aspekta u velikoj meri se koriste i geohemijska istraživanja. Rešavanje porekla elemenata u ležištima, zatim matičnog materijala od koga su postali boksiti, geneze, sastava rude i drugih problema je praktično nemoguće bez geohemijskih istraživanja. Pri istraživanju boksita ona se koriste za rešavanje mnogih problema, a naročito za proučavanje složenih uslova geneze boksita.

Geohemijska istraživanja boksita Srbije nisu bila intenzivna i podjednako primenjena u svim boksitonosnim rudnim poljima. Nešto obimnija istraživanja obavljena su u rudnim poljima Mačkata i Grebnika, stoga je i razumljivo što najveći broj podataka potiče iz njih. Ali, generalno uzev geohemijske karakteristike karstnih boksita Srbije su veoma slične, tako da neka uopštavanja i zaključci koji su izvedeni mogu da se odnose i na ostale boksite Srbije pa i šire.

Boksiti zapadne i istočne Srbije pripadaju karstnom tipu. Mineraloško-hemijska svojstva boksita, sadržaj mikroelemenata i geneza boksita razmatrani su u više radova (T i m o t i j e v i ć 1983, 1986, 1988, 1995; T i m o t i j e v i ć, B o j i ć 1986; T i m o t i j e v i ć, P o d u n a v a c 1994; P o d u n a v a c, T i m o t i j e v i ć 1995; A r s i ć 1973; M i s i r l i ć, M i t r o v i ć 1969; M a k s i m o v i ć 1976, 1988; P r o t i ć 1970 i dr.).

Sistematskim i kompleksnim hemijskim, geohemijskim i mineraloškim proučavanjima boksita Srbije utvrđeno je da su pojave i ležišta u zoni unutrašnjih Dinarida i Karpato-balkanidima Srbije u celini uniformnog osnovnog i hemijskog sastava, kao i sličnih geohemijskih karakteristika. Mineralni sastav bitno karakterišu bemit, dijaspor, hematit, Ti-minerali i kaolinit, a kao glavni hemijski elementi javljaju se Al, Si, Fe i Ti. U ležištima boksita kao korisna komponenta uglavnom se uzima $Al_2O_3$, dok se $SiO_2$ smatra štetnom komponentom u tehnološkom procesu prerade. Količinski odnos, odnosno silicijski modul, ovih komponenti određuju kvalitet boksita i mogućnost njihovog korišćenja za proizvodnju glinice.

Varijacije u sadržajima glavnih minerala i glavnih elemenata, koji karakterišu ne samo različita ležišta već i različite delove istog ležišta vezani su najverovatnije kako za različit stepen boksitizacije, tako i za razlike u sastavu tog materijala. Na osnovu napred iznetog, kao i ispitivanja više stotina uzoraka boksita, sadržaj $Al_2O_3$ je najveći u središnjem delu boksitnog stuba, dok $SiO_2$ raste od povlate ka podini. U većini slučajeva i sadržaj $Fe_2O_3$ opada prema podini, međutim, kod manje kvalitetnih boksita i boksitičnih glina on raste prema podini uz neznatna odstupanja.

Boksiti, pored osnovnih komponenti koje ulaze u njihov sastav ($Al_2O_3$, $SiO_2$, $Fe_2O_3$, $TiO_2$, CaO), sadrže i određenu asocijaciju mikroelemenata (Ga, V, Nb, Be, Cu, Pb, Zn, Mo, Mn, Ni, Co, Sc, Zr, Cr, La, Sr, Y, Ba ). Modernim geohemijskim

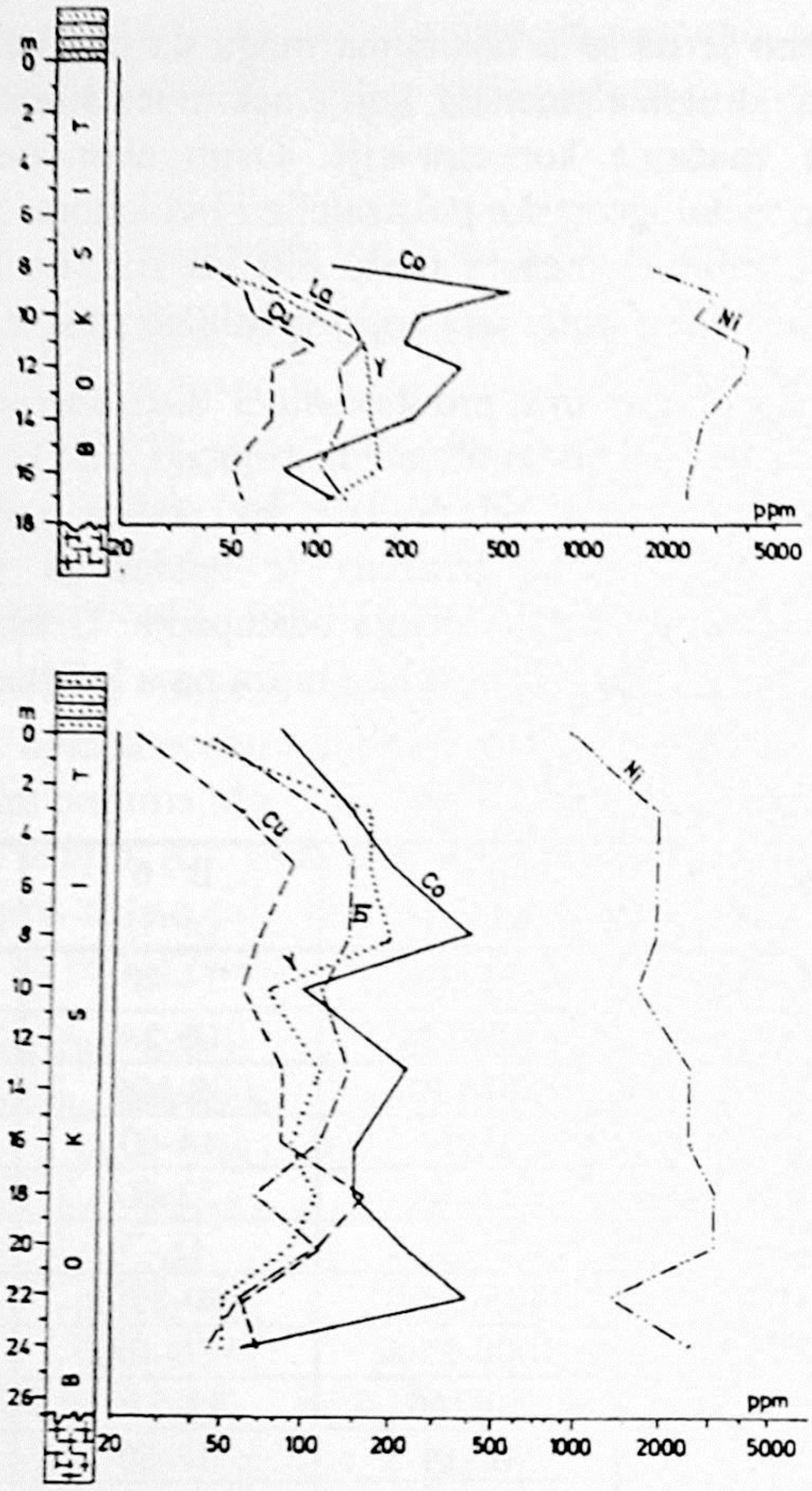
proučavanjima utvrđeno je da se u boksitima mogu da pojave kao mikroelementi čitav niz retkih metala i drugih elemenata, koji u nekim ležištima ili delovima ležišta mogu da dostignu i značajne koncentracije. Osim ekonomskog, ovi elementi predstavljaju značajne metalogenetske pokazatelje i indikatore. Naime, proučavanja sadržaja i distribucije mikroelemenata može biti od značaja prilikom donošenja zaključaka o poreklu matičnog materijala koji je poslužio za stvaranje boksita.

Poseban metalogenetski značaj ima proučavanje i distribucija mikroelemenata u ležištima boksita. Za razliku od horizontalne distribucije, kod koje ne postoje velike oscilacije, vertikalna distribucija od povlate ka podini posebno je izražena. Uopšteno uzev, u svim ležištima izražena je tendencija povećanja sadržaja mikroelemenata ka podini, uz izvesna manja odstupanja. U tabeli 14 prikazana je varijacija sadržaja mikroelemenata iz nekoliko bušotina u ležištu Trafostanica.

Tabela 14 (u ppm)
Table 14 (in ppm)

| Elemenat<br>Element | B – 1<br>(n=4) | B - 2<br>(n=5) | B - 6<br>(n=9) | B – 8<br>(n=11) |
|---|---|---|---|---|
| Ga | 11-30 | 11-30 | 14-40 | 11-40 |
| V | 100-250 | 100-200 | 100-280 | 100-500 |
| Cu | 10-90 | 30-140 | 38-100 | 25-160 |
| Pb | 15-25 | 15-30 | 14-60 | 25-100 |
| Zn | 25-40 | 25-48 | 23-60 | 15-58 |
| Mo | tr.-2,5 | tr.-3 | Tr.-7 | tr.-7 |
| Mn | 400-2000 | 425-1000 | 800-8500 | 1100-3000 |
| Ni | 300-3500 | 1000-2500 | 1800-4000 | 1000-3200 |
| Co | 35-250 | 80-160 | 62-520 | 60-400 |
| Sc | 26-34 | tr.-14 | 18-50 | tr.-34 |
| Zr | 160-450 | 250-370 | 140-310 | 160-370 |
| Cr | 2000-4500 | 2100-5000 | 2100-5600 | 2000-6500 |
| La | 45-110 | 45-70 | 40-150 | 45-140 |
| Sr | 10-40 | 10-18 | 12-120 | 30-120 |
| Y | 23-170 | 35-200 | 36-200 | 40-200 |
| Ba | tr.-14 | tr.-10 | 20-90 | 10-30 |

Varijacije sadržaja mikroelemenata u boksitu vezane su kako za razliku u sastavu matičnog materijala od koga su nastali, tako i za razlike u stepenu boksitizacije. Ukoliko je boksitizacija intenzivna ona dovodi do obogaćenja elemenata u podinskim delovima boksitnog horizonta. Međutim, pored izražene tendencije obogaćenja ovih elemenata ka podini boksita, zapaža se i obrnuta vertikalna distribucija ali u znatno manjem obimu. Ova pojava se uočava kod manje kvalitetnih ležišta ili delova ležišta u svim rudnim poljima, a naročito u rudnom polju Mačkata, gde su izučavanja bila najintenzivnija. Oscilacije sadržaja pojedinih mikroelemenata u boksitima Mačkata su veoma izražena (Sl. 62).



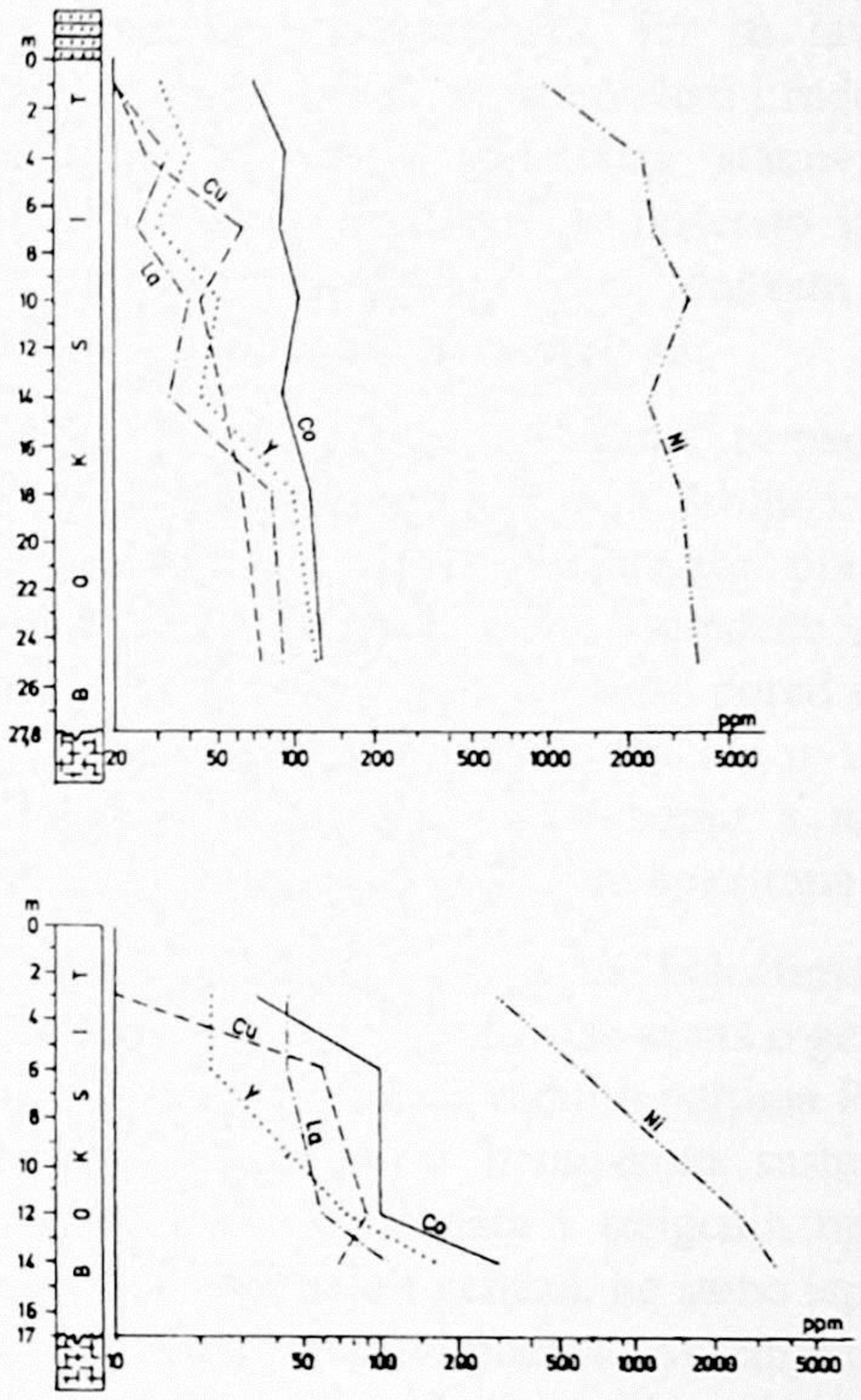

Sl. 62 - Vertikalna distribucija nekih mikroelemenata u boksitima slabijeg kvalitetaležištaTrafostanica

Fig- 62 – Vertical distribution some microelements in the lower quality bauxites in the Trafostanica deposit

Kod kvalitetnih boksita ležišta Trafostanica oscilacije u sadržaju mikroelemenata su znatno manje. Kod ovih boksita zapaža se povećanje mikroelemenata od povlate ka podini, tako da su njihove koncentracije najveće neposredno iznad podinskih trijaskih krečnjaka. U ovom slučaju su trijaski krečnjaci najverovatnije igrali ulogu geohemijske bazične barijere. Neki mikroelementi kao što su Ni, Co, Cu, Y, La i drugi, su bili mobilniji i obogaćivali se nadole, dostižući najveće koncentracije iznad karbonatne podloge. U nekim slučajevima dostižu i takve koncentracije da mogu da obrazuju i sopstvene minerale.

Elementi Cr, V, Ni i Co pokazuju slična geohemijska svojstva, stalno su prisutni i neravnomerno raspoređeni u boksitima. Nikl u odnosu na kobalt se pojavljuje redovno u znatno većem sadržaju. Stepen koncentracije nikla u odnosu na kobalt iznosi 2-30 puta. Sadržaji ovih elemenata su u pojedinim rudnim poljima znatno

povećani, što ukazuje na njihovo poreklo iz matičnih stena koje su imale bazični karakter. Izmedu ova dva elementa postoji korelaciona veza, sa povećanjem sadržaja nikla raste i sadržaj kobalta i obrnuto što se lepo može videti na Sl. 63.




Sl. 63 - Vertikalna distribucija nekih mikroelemenata u kvalitetnijim boksitima ležišta Trafostanica

Fig. 63 – Vertical distribution some microelements in the higher quality bauxites in the Trafostanica deposit

## GENEZA KREDNIH BOKSITA SRBIJE

Mezozojska ležišta boksita dinarske i karpato-balkanske metalogenetske provincije imaju niz zajedničkih genetskih karakteristika, jer se javljaju u karbonatnim stenama različite starosti. Pojedine boksitonosne oblasti i rudna polja u okviru ovih provincija imaju, međutim, sa metalogenetskog stanovišta niz zajedničkih osobenosti i međusobnih razlika koje zahtevaju posebno izučavanje. Veoma su važni i interesantni crveni boksiti Poćute, Tare, Mačkata i Babušnice koji su pronađeni sedamdesetih godina i od tada se proučavaju.

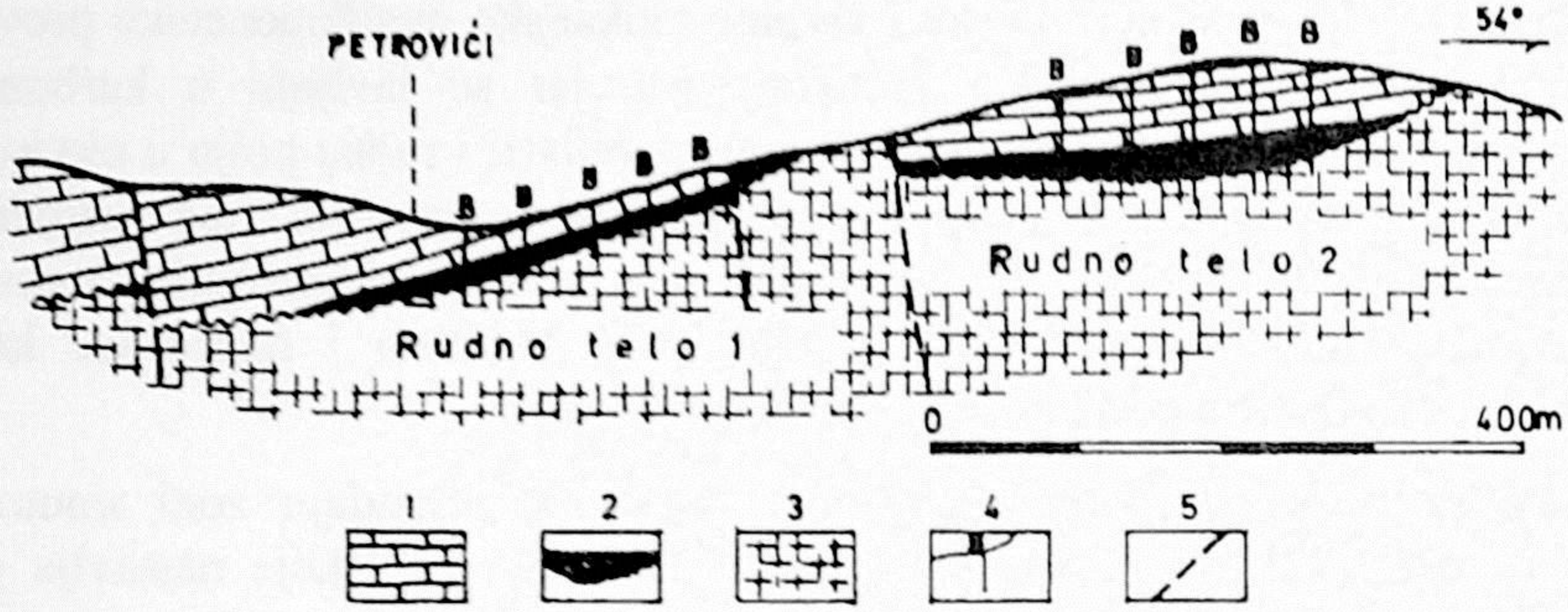
Boksitonosna rudna polja Poćute, Tare i Mačkata pripadaju zoni unutrašnjih Dinarida, koja iz istočne Bosne prelazi u zapadnu Srbiju i dalje nastavlja prema Kosovu i Metohiji, Makedoniji i Grčkoj. Ovaj region predstavlja vezu između istočne Bosne i Kosova i Metohije, te mora imati i određene specifičnosti prelaznog karaktera u boksitogenezi, obzirom da se te dve oblasti pored sličnosti jako razlikuju među sobom. Jedna od bitnih razlika je u tome što se u Vlasenici i u zapadnoj Srbiji kao glavni hidroksid aluminijuma javlja bemit a na Kosovu i Metohiji dijaspor. Osim toga reč je i o stratigrafski različitim boksitima.

Ispitivanja koja su vršena poslednjih godina na boksitima Srbije doprinela su znatno, mada još uvek nedovoljno, da se nešto više sazna o genezi boksita. Danas se više zna o geološko-tektonskim odnosima u rudnim poljima Poćute, Tare, Mačkata, Grebnika i Babušnice, o mineralnom i hemijskom sastavu boksita, kao i o koncentracijama i rasporedu mikroelemenata i terigenih minerala. To je veoma bitno za proučavanje porekla materijala i geneze, ne samo ispitivanih boksita, već i za širi mediteranski pojas. Prema tome svi podaci, sve činjenice do kojih se dolazi, kao i svi otvoreni i novonastali problemi koji iz njih proističu imaju veliki značaj i veoma su indikativni za donošenje i mnogo širih zaključaka. No, to zahteva dalja još intenzivnija istraživanja tih rudnih polja i šire u zoni unutrašnjih Dinarida i Karpato-balkanida.

Na osnovu prikupljenih podataka za karstne boksite Srbije, može se zaključiti da oni predstavljaju kontinentalne tvorevine. Rudna tela su obrazovana na karbonatnim stenama tokom kopnene faze, koja je trajala za vreme cele donje krede, a u nekim rudnim poljima zahvatila je i deo gornje krede. Upoređivanjem pojedinih rudnih polja, vidi se da je dužina trajanja kopnene faze bila različita. Pojave i ležišta kredne boksitonosne formacije Srbije imaju u podini sedimente različite geološke starosti. Povlata im je najčešće alb-cenomanska i cenomanska, što govori o skoro jednovremenoj alb-cenomanskoj transgresiji na širem prostoru. Od ovoga donekle odstupaju boksiti Poćute i Grebnika gde je transgresija nastupila nešto kasnije.

Međusobnim upoređivanjem pojedinih rudnih polja i ležišta boksita, vidi se da trajanje kopnene faze nije bilo svuda isto. Vreme trajanja kopnene faze kod izvesnih boksitonosnih rudnih polja imalo je optimalnu veličinu i to je uslovilo, pored ostalih faktora, stvaranje kvalitetnih ležišta boksita. Izgleda da je takav slučaj sa boksitima Grebnika i Poćute. U rudnom polju Poćute, gde je kopnena faza trajala do gornjeg

turona, pronađeno je najkvalitetnije ležište boksita sa dokazanim rezervama od oko devetsto hiljada tona (Sl. 64).




Sl. 64 - Geološki profil ležišta boksita Petrovići
1. Slojeviti i bankoviti krečnjaci gornjeg turona; 2. Boksit; 3. Masivni i bankoviti krečnjaci ladinskog kata; 4. Istražne bušotine; 5. Rasedi

Fig. 64 - Geological cross section of the Petrovići bauxite deposit
1. Upper Turonian bedded and massive bedded limestones; 2. Bauxite; 3. Ladinian massive and massive bedded limestones; 4. Exploratory boreholes; 5. Faults

Dosadašnjim istraživanjima boksita Srbije utvrđeno je da se oni javljaju u tri nivoa: između malm-neokoma i alb-cenomana, trijasa i krede, turona i mastrihta. Boksiti stvarani u svakom od ovih nivoa znatno se razlikuju po svom, pre svega, mineralnom i hemijskom sastavu, kao i sadržaju i distribuciji mikroelemenata. Svi oni, međutim, pokazuju i određene sličnosti, a to je krečnjačka podloga u kojoj su nastali razni oblici karakteristični za vadozni karst i oolitsko-pizolitska struktura boksita.

Navedene sličnosti ukazuju da su neki osnovni procesi stvaranja boksita u sva tri boksitonosna nivoa bili vrlo slični, a da su razlike rezultat različitog izvornog materijala i fizičko-hemijskih uslova posle transporta materijala u karstne oblike. Razlike koje uočavamo unutar boksitonosnih nivoa, a posebno između boksita Poćute, Tare i Mačkata, su u hemijskom i mineralnom sastavu. Najverovatnije da su one proizvod paleogeografskog razmeštaja kore raspadanja kao izvora materijala, dužine transporta, kao i fizičko-hemijskih uslova za vreme i posle deponovanja materijala u paleokarst. Transgresija u vom delu zapadne Srbije, posle kopnene faze, počinje terigenim alb-cenomanskim sedimentima prvo na Mačkatu, zatim karbonatno-terigenim sedimentima cenomana na Tari i na kraju karbonatnim sedimentima turona na Poćuti. Dakle proces nadiranja mora, generalno uzev ide od juga prema severu.

Postanak boksita je pitanje koga su rešavali mnogi geolozi, ali ni do danas nema jedinstvenog mišljenja. Sva se ta mišljenja mogu svesti na nekoliko teorija, od kojih svaka ima argumenata za i protiv. Rudna tela i ležišta boksita Srbije prostorno i morfološki zaležu u karbonatnoj sredini. Takav tip ležišta boksita u stručnoj literaturi se označava različito: Kao boksit "mediteranskog", "geosinklinalnog", "karstnog" ili "lateritno-sedimentnog" tipa. Postanak ležišta boksita u krečnjacima

Srbije dovodi se u vezu sa istim onim procesima u kojima su obrazovana i ostala ležišta bivše Jugoslavije u takvim sredinama (G r u b i ć, 1975). Osnovne teškoće koje se javljaju pri tumačenju uslova postanka, odnosno geneze boksita svode se u osnovi na razjašnjenje tri osnovna problema:

- izvor i poreklo materijala, odnosno vrsta matične stene koja je poslužila kao izvor boksitne materije,
- transport materijala od izvora do mesta deponovanja, i
- boksitizacija transportovanog materijala u karstnim depresijama.

## Izvor i poreklo materijala

Pitanje matične stene iz kojih potiču aluminijum i drugi elementi, koje nalazimo u boksitima, interesovalo je sve istraživače boksita. U stručnom svetu su do danas iznete mnogobrojne teorije i hipoteze koje su sa različitim stepenom argumentovanosti pokušale da na racionalan način reše otkud potiče aluminijum za stvaranje boksita. Neke od ovih teorija su kontradiktorne, jer prihvataju samo jednu vrstu stena koja je dala materijal za stvaranje ležišta boksita. Sva se ta mišljenja mogu svesti na nekoliko teorija (lateritska, tera rosa, hidrotermalna, vulkanogena i dr.).

Pri razmatranju pitanja iz kojih stena potiče boksitna materija, koja je poslužila kao polazna osnova za stvaranje ležišta crvenih boksita Srbije, treba poći od saznanja do kojih je došao G r u b i ć (1976). Pomenuti autor je postavio eugeosinklinalni sedimentološki model boksitogeneze. Po ovom modelu eugeosinklinalne zone se sastoje od različitih prelaznih i bazičnih vulkanita, zatim od ultrabazičnih i od formacija krečnjačkih sprudova i parasprudova. Najznačajnije u ovom modelu je da sve te stene treba da se nalaze jedne pored drugih, odnosno da se u blizini nalaze stene koje predstavljaju izvor materijala i sredinu deponovanja (jedne se laterizuju, druge karstifikuju). Ovakav model tipično je bio razvijen baš u zoni u kojoj se nalaze Zlatibor i okolina Vlasenice, a poznat je i na Kosovu. Razvijena na magmatskim stenama otkrivenim na eugeosinklinalnom grebenu lateritska kora raspadanja predstavlja izvor materijala u ovom modelu. Kao fosilna, ova kora nije nikada sačuvana zbog vrlo intenzivne erozije stena u eugeosinklinalama. Poreklo materijala je alohtono i delimično paraautohtono. Deponovanje materijala se vrši u karstnim depresijama manjim ili većim. Neke od ovih depresija mogu biti periodično zahvaćene vrlo kratkim ingresijama.

Stene koje su mogle biti sastavni deo ostrvskih i kopnenih prostora i koje su dale materijal za obrazovanje boksita zapadne i istočne Srbije, tokom kontinentalnih faza, imaju neujednačen sadržaj Al, Fe, Ni, Ti, Si, kao i drugih elemenata koji učestvuju u sastavu boksita. Izostajanje stratigrafskih članova u geološkom stubu ukazuju da je posle kontinuiranih stvaranja sedimenata u boksitonosnim terenima Srbije nastupila duga kontinentalna faza. Taj hijatus u zoni unutrašnjih Dinarida i Karpato-balkanida je bio dovoljno dug da se izvrše sve alteracije lateritskog i

sialitskog tipa zavisno od klimata, količine padavina i tipa stena na kojima se stvarala kora raspadanja. Pretaložavanjem produkata kore raspadanja u boksitonosnim rudnim poljima Poćute, Tare, Mačkata, Grebnika i Babušnice stvaraju se ležišta boksita, a u okolini Mokre Gore i u drugim lokalnostima dolazi do stvaranja sedimentnih ležišta niklonosnih oolitskih ruda gvožđa.

Ispitivanjem mikroelemenata u boksitima, boksitičnim glinama i glinama utvrđene su povećane koncentracije Cr, Ni, Co, V, La, Zr i Sc. Pored toga, crveni boksiti su poznati i po visokom sadržaju gvožđa. Povećani sadržaji Fe, Cr, Ni i Co u boksitima pojedinih rudnih polja zapadne Srbije potiču od materijala ultrabazičnog i bazičnog porekla. Sadržaj aluminijuma u ultrabazičnim stenama je najniži od svih magmatskih stena, pa stoga glavnina aluminijuma u boksitima vodi poreklo od drugih stena. Na osnovu prikupljenih podataka za karstne boksite Srbije može se ustanoviti da su silikatne stene glavni izvor aluminije. To nesumnjivo govori o postojanju lateritskih kora raspadanja formiranih na stenama bogatim aluminijumom.

Proučavanjem mineralnog sastava, sadržaja mikroelemenata i akcesornih (terigenih) minerala u boksitima zapadne i istočne Srbije može se konstatovati da materijal koji je dao boksite potiče od različitih stena. U neposrednoj blizini boksitonosnih rudnih polja prisutne su ultrabazične i bazične stene, zatim stene dijabaz-rožnačke formacije i druge stene koje mogu biti izvor materijala. Ispitivanja sadržaja i rasprostranjenja mikroelemenata u boksitima ukazla su na različite kore raspadanja. Boksiti zapadne Srbije sadrže povećane koncentracije Fe, Cr, Ni i Co koji potiču od materijala kora raspadanja formiranih na ultrabazičnim stenama. Pored povećanja koncentracija ovih elemenata, na ultrabazične stene ukazuje i hrom-spinel nađen u boksitima. Delimično učešće materijala ultrabazičnog porekla u stvaranju boksita dokazano je otkrićem donjokredne kore raspadanja na ultrabazitima u neposrednoj blizini Grebničkih boksita, kao i ostaci donjokredne kore raspadanja na Zlatiboru. Ostaci ove kore raspadanja nalaze se između Dobroselice na severozapadu i Tavnika na jugoistoku.

Ispitivanjem mineralnog sastava i sadržaja mikroelemenata u Grebničkim boksitima gornje krede na Kosovu (M i s i r l i ć, M i t r o v i ć, 1969; P r o t i ć, 1970; A r s i ć, 1973), pokazalo je takođe da u njihovoj izgradnji učestvuje materijal sa okolnih ultrabazičnih laterita, kao i kore raspadanja razvijene na drugim stenama. Za poreklo aluminijuma i elemenata retkih zemalja, međutim, potrebno je bilo tražiti druge matične izvore. Po podacima M a k s i m o v i ć a (1979) na platou kod sela Volujak, gde su nađeni ostaci donjokredne kore raspadanja na ultramafitima, otkriveni su i delovi kore raspadanja iste starosti na stenama dijabaz-rožnačke formacije.

Po P r o t i ć u (1970) poreklo materijala za stvaranje Grebničkih boksita može se jednim delom vezati za ultrabazične stene, odnosno produkte njihovog lateritskog raspadanja. Na to upućuju relativno povećane koncentracije elemenata u tragovima, koji su karakteristični za ultrabazite, kao i mineral hromit. Osim toga, tu je i

prostorna povezanost serpentinisanih peridotita i boksita na jedan teren gde su poznate pojave lateritskog raspadanja ovih stena. Posebno pitanje predstavlja evolucija produkata lateritskog raspadanja od ultrabazita i drugih stena do stvaranja minerala boksita. Ono se u suštini sastojalo u stvaranju alitnih minerala uz eliminisanje silicije u karstnoj sredini i pod određenim uslovima.

Do sada je utvrdeno da su sadržaji Cr, Ni i Co znatno povećani u svim boksitonosnim rudnim poljima zapadne Srbije i da su sadržaji ovih elemenata niži u boksitima Poćute i Tare od onih na Mačkatu i Grebniku – tabela 15.

Tabela 15 (u ppm)
Table 15 (in ppm)

| Rudno polje<br>Ore field | Cr | Ni | Co |
|---|---|---|---|
| Poćuta | 368 | 477 | 53 |
| Tara | 1195 | 691 | 31 |
| Mačkat | 3200 | 2140 | 121 |
| Grebnik | 5387 | 1211 | 92 |
| Babušnica | 257 | 279 | 43 |

Ovo ukazuje na primarne koncentracije ovih elemenata u matičnim stenama, kao i na relacije količinskih odnosa pojedinih matičnih stena u ishodnom materijalu boksita. Prikazani podaci jasno ukazuju da je udeo ultrabazičnih stena, kao matičnih stena, za obrazovanje ležišta crvenih boksita, bio različit u pojedinim boksitonosnim rudnim poljima. Sadržaji Ni, Cr i Co su naročito povećani u boksitima Mačkata i Grebnika, a nešto su niži u boksitima Tare. Izneti podaci govore da je kod stvaranja boksita inicijalni materijal bio bogatiji ovim elementima. Tome je uzrok svakako veći udeo produkata raspadanja bazičnih i ultrabazičnih stena, koje su bile izložene površinskom raspadanju u vreme stvaranja ležišta. Kod boksita rudnih polja Poćute i Babušnice, gde je sadržaj Ni i Cr daleko niži uz nešto povećan sadržaj kobalta, udeo materijala produkata raspadanja bazičnih i ultrabazičnih stena je praktično izostao ili je sveden na najmanju moguću meru.

Na osnovu prikupljenih podataka za karstne boksite Srbije, možemo konstatovati da sve veći broj činjenica ukazuje na silikatne stene kao glavni izvor aluminijuma. U tom pogledu korisne podatke pružaju geohemijska ispitivanja, naročito sadržaj i raspodela mikroelemenata u boksitima istog stratigrafskog nivoa, kao i u boksitima različite starosti.

Geohemijska proučavanja karstnih boksita Srbije pokazala su da postoji velika varijabilnost u sadržaju mikroelemenata. Varijabilnost sadržaja je izražena ne samo između pojedinih boksitnih rudnih polja već i između ležišta u istom rudnom polju, pa i u okviru samih ležišta. To je ukazalo na složeno poreklo boksita, odnosno na različite matične stene koje su poslužile kao inicijalni materijal za njihovo stvaranje. Za utvrđivanje porekla boksita najbolje je kombinovati geohemijska ispitivanja i

ispitivanja detritičnih-terigenih minerala u boksitima, kao i proučavanjem geoloških prilika cele oblasti, pa i relikte starih kora raspadanja ukoliko postoje.

Na osnovu geohemijskih proučavanja može se reći da je većina ispitivanih ležišta karstnih boksita složenog porekla. Važan podatak po M a k s i m o v i ć u (1988) dobijen je proučavanjem gornjojurskih boksita Jugoslavije i Grčke: u njima nema materijala ultrabazičnih stena, koji su inače obilni u nekim ležištima donjokredne starosti. To znači da je ogoljćenje ultrabazičnih masiva i stvaranje kore raspadanja na njima počelo tek u toku donje krede.

Izgleda malo verovatno da su ultrabazične i bazične stene bile osnovni izvor aluminije, mada se ne može posve isključiti njihovo učešće u stvaranju boksita. U prilog tome govori nizak sadržaj aluminije u ultrabazičnim stenama. Tu, pored navedenih ultrabazičnih i bazičnih stena, mogu biti izvor materijala i sve ostale stene što su mogle biti otkrivene na ostrvskim i kopnenim prostorima. U tom slučaju lateritska kora raspadanja, koja se pri povoljnim klimatskim i drugim uslovima razvila na stenama dijabaz-rožnačke formacije, vulkanitima, porfiritima, škriljcima i drugim stenama bogatim aluminijumom mogla je biti izvor materijala za stvaranje boksita Srbije. Sve ove stene su prisutne u neposrednoj blizini boksitnih ležišta i za vreme kontinentalnih faza su predstavljale relativno prostrano kopno. Povećane koncentracije niobijuma i cirkonijuma, pa i urana i torijuma u nekim boksitima i boksitičnim glinama, ukazuju da je među primarnim matičnim stenama bilo i takvih koje su kiselog do alkalnog karaktera.

U klimatskim uslovima sa čestim smenama sušnih i kišnih perioda i uz prisustvo pogodnih hidrogeoloških, strukturnih, paleoreljefnih, vremenskih i drugih faktora, stene su bile izložene intenzivnim fizičko-hemijskim promenama pri čemu je na njima nastajao lateritski, odnosno alitski tip kore raspadanja. Lateritska kora raspadanja u zapadnoj Srbiji i na Metohiji je najverovatnije bila formirana i na dijabaz-rožnačkoj formaciji. Ona u zapadnoj Srbiji nije nigde konstatovana, ali je kora raspadanja na dijabaz-rožnačkoj formaciji pronađena u neposrednoj blizini Grebničkih ležišta boksita (M a k s i m o v i ć, 1979). Naša ispitivanja terigenih minerala i fragmenata u boksitima pojedinih boksitonosnih rudnih polja pokazala su da deo materijala potiče i iz lateritskih kora raspadanja formiranih na paleozojskim škriljcima.

Dosadašnja ispitivanja sadržaja i distribucije mikroelemenata u boksitima, boksitičnim glinama i glinama ukazuju da su materijal za izgradnju karstnih boksita Srbije dale različite stene i to:

1. silikatne stene bogate aluminijumom, koje su sadržavale elemente retkih zemalja i
2. ultrabazično-bazične stene bogate gvožđem, sa hromom, niklom i kobaltom

Na osnovu geohemijskih proučavanja, mineraloško-hemijskih i drugih ispitivanja može se konstatovati da je većina ispitivanih ležišta boksita složenog porekla i da su nastala od različitih kora raspadanja.

Bez obzira na relativno dug period proučavanja boksita Srbije, do sada nisu otkriveni ostaci starih kora raspadanja. Zbog toga ne možemo uspostaviti direktnu vezu izmedu boksita i matičnih stena od kojih potiču boksiti. Profili kora raspadanja nisu otkriveni ni kod ostalih boksitonosnih terena Dinarske provincije pa i šire u Mediteranu. Najčešći razlog zbog čega nemamo otvorene profile kore raspadanja kod većine ležišta boksita u svetu je da su oni u najvećoj meri erodovani, kao i zbog višeg nivoa u odnosu na karstne boksite gde je deponovan boksitni materijal. Na ovo su ukazali B u š i n s k i j (1971) i B a r d o š š i (1970).

## Transport materijala i njegova boksitizacija

Proučavanje fosilnih lateritskih kora raspadanja u Srbiji, koje bi mogle da nam pruže podatke o obliku i sastavu materijala koji je transportovan sa obližnjih laterita i deponovan u pogodnim karstnim oblicima jednostavno nije moguće. Naime, nigde u Srbiji nisu sačuvani ostaci ovih kora raspadanja tako da zaključke o ovim i drugim problemima moramo donositi posredno, na osnovu analogije ili pak na osnovu geohemijskih izučavanja. Dosadašnje metalogenetske analize i izučavanja boksita Srbije ukazuju da boksitni materijal potiče iz različitih kora raspadanja. One su se u povoljnim paleoklimatskim uslovima formirale na otkrivenim stenama tokom kontinentalnih faza.

Razmatrajući neka pitanja geneze boksita u Dinaridima G r u b i ć (1975) navodi da, zavisno od klime i stena u podini, formirana su ovde dva osnovna tipa kore raspadanja: silikatna, i lateritska kora sa autohtonim boksitom. Iz oba ova tipa kora raspadanja vode poreklo mezozojski boksiti Dinarida, ali su iz druge lateritske kore mogli da nastanu i samim pretaložavanjem dok su, za njihovo formiranje od silikatne kore raspadanja bile neophodne i naknadne boksitizacione promene do kojih je došlo posle redepozicije silikatnog materijala na krečnjačku podlogu.

M a k s i m o v i ć (1974) je proučavajući fosilne kore raspadanja na Balkanskom poluostrvu i području Mediterana zaključio da one pružaju izvesne podatke o obliku i sastavu materijala koji je transportovan sa obližnjih laterita i deponovan u karstnim depresijama. On dalje navodi, da je u toku donje krede na stenama Balkanskog poluostrva stvorena moćna kora raspadanja, debljine najčešće 15-40 m, a mestimično čak i 60 m. Produkti lateritskog raspadanja ukazuju na lateritizaciju pod uslovima nepotpunog ispiranja silicije, koja je u vidu kvarcno-opalskih žica i masa izdvojena u najnižim delovima kore raspadanja. Krajnji produkti raspadanja ultrabazičnih laterita sastoje se od getita, kaolinita i halojzita, bez hidroksida aluminijuma.

Veza lateritskih kora raspadanja sa ležištima boksita i sam proces lateritizacije veoma je dobro proučen u svetu. U tom pogledu poznati su radovi sovjetskih geologa a naročito B u š i n s k o g (1964-1975). Njihova ispitivanja su pokazala da boksiti bivšeg SSSR-a lokalizovani u karbonatnim stenama vode poreklo od laterita, formiranih na alumosilikatnim stenama.

Na teritoriji Republike Srbije formiranje lateritskih kora raspadanja bilo je moguće u svim delovima terena, koji su u vreme donje krede predstavljali kopno. T i m o t i j e v i ć (1995) navodi da se na osnovu sadržaja i distribucije mikroelemenata, u boksitima zapadne Srbije, može izvesti zaključak da su formirane različite kore raspadanja na raznovrsnim stenama koje su bile otkrivene u toku kopnenih faza:

- lateritska kora raspadanja formirana na ultrabazičnim i bazičnim stenama, najverovatnije u donjoj kredi, i
- lateritska kora raspadanja formirana u donjoj kredi na stenama dijabaz-rožnačke formacije i drugim alumosilikatnim stenama koje su u to vreme predstavljale kopno.

Materijal iz navedenih kora raspadanja transportovan je na karstifikovanu karbonatnu podlogu na većoj ili manjoj daljini. Način, daljina i kako je vršen prenos boksitnog materijala iz kora raspadanja na karstifikovanu karbonatnu podlogu različito tumače pristalice pojedinih genetskih pravaca o obrazovanju ležišta boksita,

B a r d o š š i (1969, 1981) razmatra i daljinu transporta boksitnog materijala i tom prilikom iznosi tri osnovne ideje: autohtoniju koja u svom klasičnom obliku ne prihvata nikakav transport, odnosno da su boksiti stvoreni na mestu, paraautohtoniju koja dozvoljava transport od nekoliko stotina metara do 1 km, i alohtoniju gde je transport vršen na znatno većoj daljini od 1 km.

B u š i n s k i j (1964) smatra da u uslovima karbonatne podloge daljina celokupnog transporta materijala može da iznosi i od 30-40 km, kao što je to slučaj na Jamajci, ali ovaj autor ističe da je to rastojanje znatno manje.

D'A r g e n i o i M i n d e z e n t y (1987) prilikom prikaza krednih boksita Mediterana, između ostalog navode da bi se boksiti Apenina i spoljašnjih Dinarida mogli tretirati kao distalna ležišta, te da njihov materijal može poticati od akumulacije prašine donošene vetrom. Matični materijal može biti povezan sa vulkanskom aktivnošću i tektonskim deformacijama Perijadranskog područja. Dakle, transport materijala se vršio eolskim putem. P a j o v i ć (1996) smatra da je matični materijal, od koga su obrazovani crnogorski boksiti u karstnom paleoreljefu, transportovan eolskim putem bilo da potiče od kora raspadanja ili od vulkanskog pepela.

U monografiji "Geologija Judoslovenskih boksita" G r u b i ć (1975) razmatra i daljinu transporta boksitnog materijala do mesta deponovanja. Ovaj autor ističe da daljina transporta, kod većine dinarskih boksita iznosi do 10 km, ali nije isključena i veća daljina sobzirom na širinu karbonatne paraplatforme u kojoj su razmeštena ova ležišta. Po istom autoru (1976) transport materijala do karstifikovane površine nije bio dug i odvijao se deluvijalnim i koluvijalnim procesima, a ponekad i povremenim tokovima. Poreklo materijala je alohtono i delimično paraautohtono. Deponovanje materijala se vrši u suvim karstnim manjim ili većim depresijama. Neke od ovih depresija mogu biti periodično izložene ingresijama koje su vrlo kratke.

T i m o t i j e v i ć (1995) na osnovu koncentracije a i same migracije Cr, Ni i Co, odnosno njihove korelacije, pošto nije došlo do podvajanja među njima u površinskom migracionom ciklusu smatra da boksitni materijal nije daleko transportovan od mesta stvaranja kora raspadanja. U rudnom polju Mačkata, gde koncentracije Cr dostižu i preko 1%, Ni do 0,5% i Co do 0,06% isti autor pretpostavlja da je transport bio relativno kratak, tj. boksitizacija se vršila u neposrednoj blizini kore raspadanja. Sadržaji ovih elemenata u boksitima Poćute i Tare su daleko niži pa se može razmišljati o nešto dužem transportu matičnog materijala od kore raspadanja do mesta deponovanja na karbonatnoj podlozi.

Najmanju dužinu transporta imao je materijal koji je poslužio za stvaranje ležišta boksita na Mačkatu. Osim povećanih sadržaja pomenutih elemenata, na dužinu transporta mogu da ukažu i oblici terigenih-akcesornih minerala u boksitima. Na osnovu zaobljenosti ivica kristala terigenih minerala i fragmenata stena, može se zaključiti da su oni pretrpeli relativno kraći transport od matičnih stena do sadašnje lokacije ležišta boksita. Naime, većina terigenih minerala je nezaobljena ili delimično zaobljena što nam ukazuje da transport materijala nije bio dug. Podaci o ispitivanju terigenih minerala, odlomaka stena, mikrominerala kao i komadića starijih boksita u boksitnom rudnom polju Mačkata upućuju na složeno poreklo ovih akcesorija. Terigeni minerali vode poreklo pretežno iz kristalastih škriljaca i ultrabazita, manje iz peščara i srednjekiselih vulkanita sa znatnim učešćem rožnaca i kvarca.

U boksitonosnom rudnom polju Grebnika je slična situacija, jer su i ovde konstatovana obogaćenja u Cr, Ni, Fe i Co. Dužina transporta boksitnog materijala od kora raspadanja do njegovog deponovanja u karstnim depresijama je veoma mala i nije bila duža od 1 km (M a k s i m o v i ć, 1979).

Dužinu transporta boksitnog materijala treba posebno razmatrati u boksitima Karpato-balkanida istočne Srbije, jer su oni, pretpostavljamo postali od različitih stena. Za razliku od boksita unutrašnjih Dinarida zapadne Srbije ovi boksiti potiču od drugih stena. Kod ovih boksita svakako je otsutan boksitni materijal koji potiče od ultrabazičnih stena. Naime, oni sadrže neznatne količine Ni, Co i Cr elemenata koji vode poreklo od ultrabazita, a i sadržaj gvožđa je znatno niži nego u boksitima zapadne Srbije. Oni sadrže povećane sadržaje mikroelemenata, urana i torijuma koji ukazuju da najveći deo materijala za izgradnju ovih ležišta potiče od kiselijih stena bogatih aluminijumom.

Transport materijala iz viših delova terena, gde su bile formirane lateritske kore raspadanja, u niže gde se deponovao boksitni materijal vršen je bez svake sumnje vodeno-mehaničkim putem, manjim i povremenim površinskim tokovima. Sa druge strane, uzimajući u obzir geohemijske karakteristike sistema $Al_2O_3$-$Fe_2O_3$-$TiO_2$, zatim sadržaj i međusobne osobenosti tih komponenti u ležištima boksita, nije moguće njihov postanak dovesti u vezu sa prenošenjem aluminije u vidu pravih ili koloidnih rastvora. U procesu premeštanja klastični, lateritski i boksitni materijal je

zaostao na onom mestu koje je morfološki bilo povoljno za njegovo odlaganje, odnosno u raznim udubljenjima.

Većina autora slaže se da je boksitni materijal iz različitih kora raspadanja spiran i transportovan preko karbonatne podloge povremenim vodenim tokovima, koji su se formirali u toku povremenih jakih, a periodično i dugotrajnih kiša, karakterističnih za klimatske prilike koje su vladale u doba obrazovanja ležišta boksita. Olujne tropske kiše spirale su lateritski materijal iz kora raspadanja i prenosile ga dalje u vidu čvrstih čestica, a ne rastvora, putem postepenog višestrukog premeštanja iz viših u niže delove terena do mesta njegovog krajnjeg deponovanja u ležištu. Put njihovog premeštanja je bio veoma kratak, prema našim saznanjima nije iznosio više od 1 km. Materijal je taložen u kopnene depresije, kao što su vrtače, uvale i druge slične udoline, pri čemu najčešća dubina vrtača iznosi 15-30 m.

Stvaranje boksita u Crnoj Gori B u r i ć (1966) povezuje sa korom raspadanja koja se formirala u uslovima tropske i subtropske klime na krečnjacima, dolomitima, a delom i na verfenskim peščarima, laporcima, laporovitim krečnjacima, rožnacima sa bentonitom i porfiritima. Raznovrsnost matičnih stena na kojima je obrazovana kora raspadanja uslovili su vrlo promenljiv hemizam trijaskih boksita. Materijal kore raspadanja transportovan je površinskim vodama u povoljne paleomorfološke oblike, u značajnoj meri u sitnodisperznom, odnosno koloidnom stanju, pod uslovima sa povišenom hidrodinamičkom aktivnošću, što je dalo mogućnost za aktivno premeštanje $Al_2O_3$ i drugih oksida, naročito $Fe_2O_3$, obrazovanje oolita i drugih agregata. Ovo porvrđuje i mikroskopsko ispitivanje struktura boksita. Tako na primer sitnodisperznost boksitnog materijala govori da je on dolazio u vidu koloidnog rastvora, zatim da su ooliti koncentrične građe i gel strukture mogli nastati isključivo kao koloidno-hemijske tvorevine, a mehaničkim putem pizoliti i brečasto-konglomeratične partije.

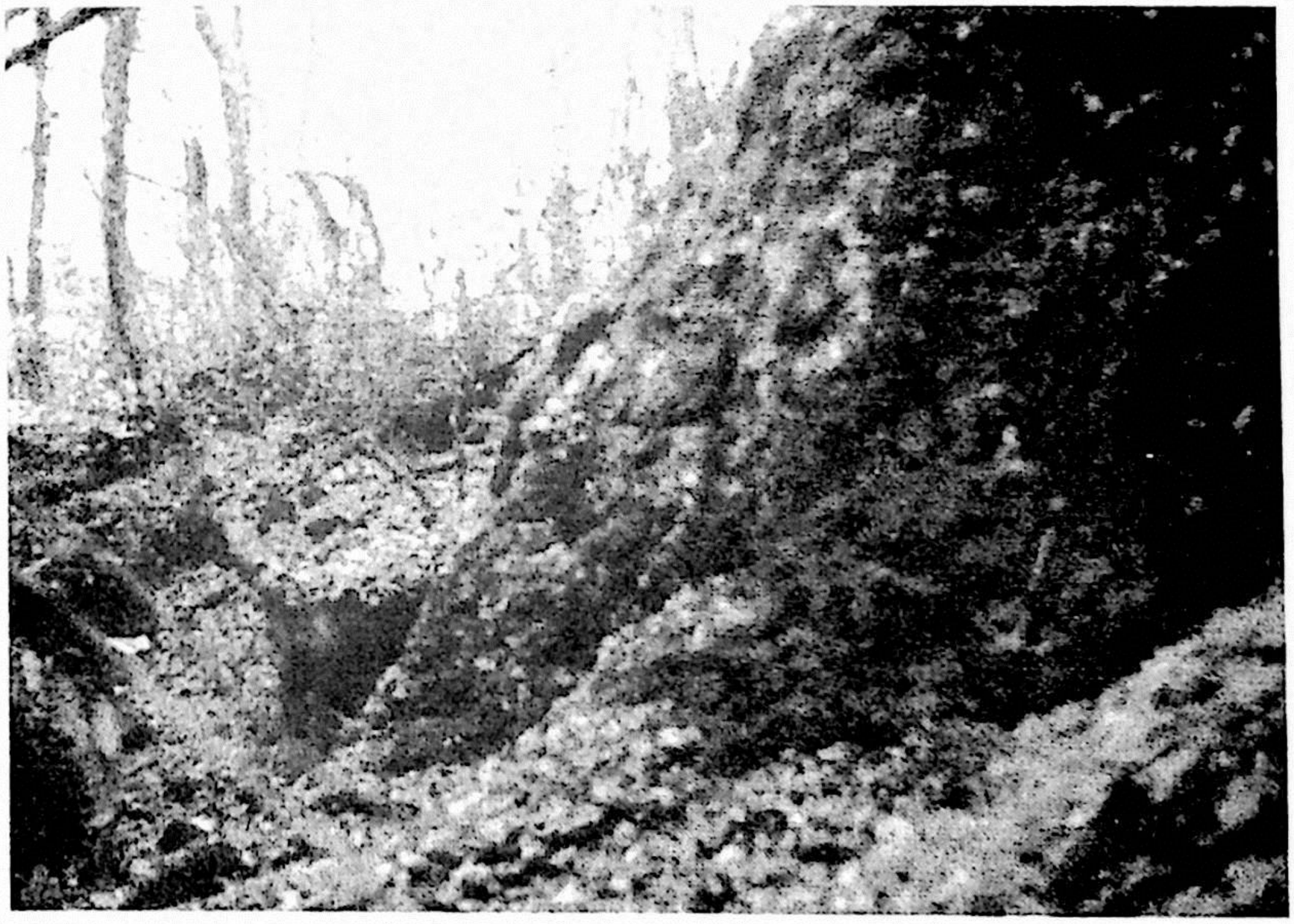
O koloidnom prenosu glinovitih produkata lateritskog raspadanja serpentinisanih peridotita i drugih stena piše i P r o t i ć (1970). On smatra da je glinoviti materijal, koji je poslužio za stvaranje Grebničkih boksita, prenošen u koloidnom stanju do pogodnih karstnih depresija u turonskim krečnjacima. Ovakav materijal je podlegao ponovnim promenama, koje su se sastojale prvenstveno u desilifikaciji jednog njegovog dela u smislu stvaranja minerala boksita iz njega.

Povremeno jake, a ponekad i dugotrajne kiše spirale su lateritski i glinoviti materijal sa kore raspadanja i prenosile ga dalje u vidu zrna razne krupnoće, ali i u obliku suspenzija. U nekim slučajevima prenos materijala je bio pretežno u obliku suspenzije. Afanatičan izgled, odnosno pelitomorfne strukture većine boksita u boksitonosnim rudnim poljima Srbije, pored jasno izraženih oolitsko-pizolitskih struktura jedan je od nesumnjivih dokaza da je transport materijala iz kora raspadanja vršen povremenim glinovitim, mutnim potocima u obliku koloidnih rastvora, suspenzija i čestica sitnijih razmera. Činjenica da u pojedinim rudnim poljima, pa čak i u okviru istih ležišta, nalazimo pelitomorfne i oolitsko-pizolitske strukture boksita, ukazuju na njihove složene uslove postanka. To potvrđuju i

različite fizičke osobine ovih boksita (boja, tvrdina i dr.) pa i njihov mineralni sastav.

Ako pretpostavimo da su navedene strukture boksita formirane na mestu sadašnjih ležišta, uz moguća lokalna pretaložavanja već formiranog boksita, onda bi i ovde transport trebao da bude u obliku suspenzije. Ovo tim pre što u okviru istog rudnog tela nalazimo pelitomorfni i oolitsko-pizolitski boksit. Učešće krupnijih frakcija bilo je neznatno.

Postoje, međutim, značajne strukturne razlike između boksita u rudnim poljima Srbije. Takođe su te razlike ispoljene i između boksita pojedinih ležišta, pa čak i u okviru samih ležišta ili boksitnih nivoa u ležištu. Sve je ovo uslovljeno složenim, još uvek nedovoljno objašnjenim uslovima formiranja boksita. Takav je slučaj sa ležištem Vezirov Potok u rudnom polju Mačkata. U zapadnom rudnom telu otkrivenom u samom potoku, boksit se karakteriše oolotsko-pizolitskim i afanitskim strukturama. Naime, otkriveni izdanak (preko10 m visine) u desnoj obali potoka karakteriše pelitomorfna struktura, dok u levoj obali potoka preovlađuje oolitska i oolitsko-pizolitska struktura. Ovakvih slučajeva ima i u ostalim rudnim poljima (Sl. 65).

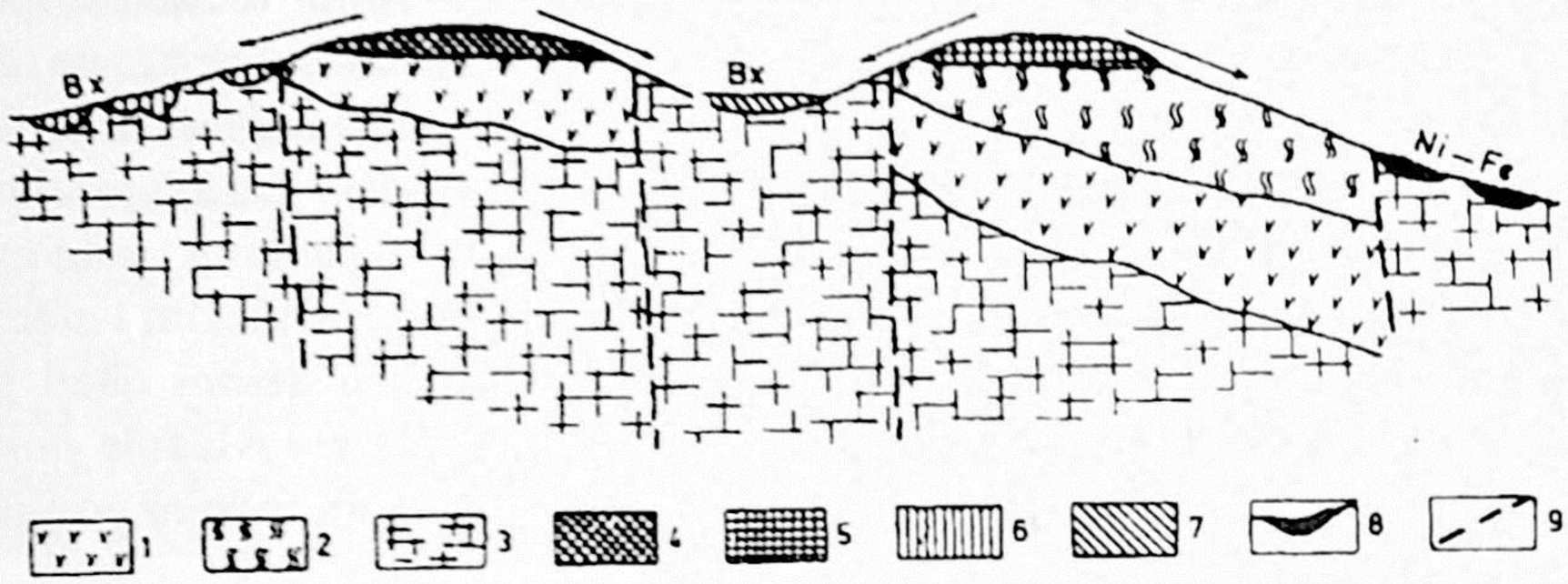


Sl. 65 – Rudno telo boksita u Vezirovom potoku

Fig. 65 – Bauxite ore body in Vezirov Potok

Glinoviti materijal sa kora raspadanja razvijenih na stenama bogatih aluminijumom, koje su površinske vode spirale i deponovale u karstne oblike, sastojao se pretežno od alumosilikata. To je bio polazni materijal za stvaranje boksita kroz proces boksitizacije. U materijalu, koga su površinske vode spirale sa ultrabazičnih laterita i ispunjavale karstne oblike, dominirali su hidratisani oksidi gvožđa. Od njih su nastale oolitske rude gvožđa, koje su u Grčkoj na više mesta deponovane na

karstifikovanoj krečnjačkoj podlozi (M a k s i m o v i ć, 1974). Mešanje lateritskog materijala različitog porekla imalo je za rezultat u nekim slučajevima stvaranje gvoždevitih boksita, bogatih hromom, niklom i kobaltom. Slični fenomeni zapaženi su i kod Grebničkih boksita na Kosovu i Metohiji (A r s i ć, 1973), kao i pojedina ležišta na Mačkatu. Po T i m o t i j e v i ć u (1995) u ležištu Bjelaci i pojedinim delovima ležišta Trafostanica sadržaj $Fe_2O_3$ dostiže vrednost do 48%, a $Al_2O_3$ do 45% i po svom sastavu se približavaju oolitskim rudama gvožđa ili gvoždevitim boksitima (Sl. 66).




Sl. 66 - Šematski profil produkata kore raspadanja (Timotijević, 1995)
1. Alumosilikatne stene; 2. Ultrabazične stene; 3. Podinski krečnjak; 4. Kora raspadanja na alumosilikatnim stenama; 5. Kora raspadanja na ultrabazičnim stenama; 6. Karstni boksiti; 7. Karstni boksiti, gvoždeviti boksiti; 8. Oolitne rude Ni i Fe, karstna ležišta Ni; 9. Rasedi

Fig. 66 – Shematic cross-section of the weathering crust products (Timotijević, 1995)
1. Aluminosilicate rocks; 2. Ultrabasic rocks; 3. Footwall limestone; 4. Weathering crust of aluminosilicate rocks; 5. Weathering crust of ultrabasic rocks; 6. Karst bauxites; 7. Karst bauxites, ferruginous bauxites; 8. oolitic Ni and Fe ores, karst deposits of Ni; 9. Faults

Po M a k s i m o v i ć u (1988) tipovi razvića donjokredne kore raspadanja na Balkanskom poluostrvu ukazuju na proces alteracije stena bez efikasnog ispiranja silicije. Zbog toga je na ovim prostorima u to vreme stvarana kora raspadanja kaolinitskog tipa. Razviće ove donjokredne kore raspadanja dovodi do stvaranja karstnih boksita i karstnih ležišta nikla. Gvoždevito-glinoviti materijal sa bazičnih i ultrabazičnih stena, koje su bogate gvožđem, niklom, hromom i kobaltom, akumuliran u karstnim oblicima dao je karstna ležišta nikla. Na više lokaliteta u Grčkoj i Srbiji otkrivena su karstna ležišta koja predstavljaju prelaze između boksita, gvoždevitih boksita i gvoždevito-boksitičnih ruda sa povećanim sadržajima nikla i kobalta. Ovakvi fenomeni po T i m o t i j e v i ć u (1996) zapaženi su kod Grebničkih boksita na Metohiji, kao i pojedinim ležištima boksita na Mačkatu.

### Boksitizacija transportovanog materijala u karstnim depresijama

Boksitizacija može da se vrši na lateritskoj kori, zatim za vreme transporta, a naročito posle deponovanja boksitnog materijala (G r u b i ć, 1976). Ležišta boksita su koncentrisana u relativno uskim zonama. Karakteristično za eugeosinklinalni

model je to da se po pravilu u njemu ne stvara više horizonata boksita. Intervali boksitogeneze su kratki, ali hijatusi mogu biti dugi, zbog brze i intenzivne erozije ovih stena (na terenima istočne Bosne u blizini Vlasenice, kao i terenima zapadne Srbije, konstatovano je da nedostaju sedimenti između gornjeg trijasa, dijabaz-rožnačke formacije i gornje krede). C i c m i l (1984) smatra realnom pretpostavku da se boksitizacija jugozapadne Crne Gore odvijala kao kontinuiran proces od kora raspadanja, preko transporta i na kraju u karstnim depresijama, gde je odlagan boksitni materijal. Ovo tim pre, što se tokom kopnenih faza nisu značajnije menjali paleoklimatski uslovi, već su za čitavo vreme bili pogodni za proces boksitizacije.

Proces transformacije glinovitog, boksitnog materijala u boksit vršio se samo na materijalu koji je deponovan u karstnim oblicima. Nigde u oblasti istočne Bosne i Srbije nisu konstatovani boksiti koji su se razvili od boksitnog materijala deponovanog na nekim drugim stenama osim karbonatnih. Prema tome, za proces boksitizacije neophodna je karstna sredina. Suština ovog procesa sastojala se u ispiranju silicije i koncentrisanju aluminije, oksida gvožđa, titana, nikla i drugih elemenata u ostatku raspadanja. Najvažniji faktor u boksitizaciji je, međutim, periodično dreniranje velikih količina površinske vode pod uslovima tropske ili subtropske klime kroz glinoviti materijal u karstnoj depresiji. Ovaj materijal se nalazi iznad nivoa podzemnih voda, što utiče na efikasnije ispiranje silicije (M a k s i m o v i ć, 1988).

Za boksitizaciju je neophodna i dobra vodopropustljivost podinskih stena. Po B a r d o š š i - j u (1981), na osnovu proučavanja mnogih rudnih rejona, najkvalitetniji boksiti sa minimalnim sadržajem silicije javljaju se tamo gde su u podini krečnjaci ili dolomiti jako zakaršćeni, sa jako mnogo otkrivenih pukotina i raseda. Kao primer mogu da posluže Mađarska ležišta Nirad i Halimba. Kod ležišta Nirad podina je prekrivena jako zdrobljenim dolomitima, dok su boksiti veoma dobrog kvaliteta. Ležište Halimba sa slabo ispucalim dolomitima i krečnjacima u podini, gde su pukotine i prsline ispunjene glinama, srednji sadržaj silicije je mnogo veći. Ova dva ležišta se nalaze na kratkom rastojanju (10-20 km) i u istim geološkim uslovima.

T i m o t i j e v i ć (1995) piše da materijal koji je deponovan u toku kontinentalnih faza u pogodnim karstnim depresijama na prostoru zapadne Srbije pretrpeo je različit stepen boksitizacije u pojedinim boksitonosnim rejonima, pa sada imamo po kvalitetu raznovrsna ležišta crvenog boksita u toj oblasti. Ovaj proces se vršio na površini karstifikovanih krečnjaka i dolomita dejstvom površinskih voda i može se posmatrati kao nastavak površinskog raspadanja nanetog boksitnog materijala u specifičnim uslovima karstne sredine. Da bi deponovani materijal bio pretvoren u boksit neophodno je da dođe do odstranjivanja silicije iz alumosilikata, uz istovremeno stvaranje aluminijumskih minerala. Taj proces je u osnovi kontrolisan promenama pH i količinom površinske ponirajuće vode. Promene pH su u tesnoj vezi sa geohemijskim karakteristikama karbonatne sredine što u velikoj meri omogućava razdvajanje aluminije i silicije. Između pH 5,5 i 9,5, prema K e l e r u (1962) $SiO_2$ se tridesetak puta lakše rastvara od $Al_2O_3$. Ispitivanjem boksita Srbije utvrđeno je da pH varira u granicama 5,5 – 7,5, odnosno u opsegu u kome je silicija

najrastvorljivija. Takođe je konstatovano da vrednost pH raste od nekvalitetnih ka kvalitetnijim boksitima i da je najveća kod Grebničkih boksita. U ovakvim uslovima, pri obilju vode, silicija će biti intenzivnije ispirana i prenošena ka karbonatnoj podlozi. Dugotrajnim dejstvom atmosferskih, ponirajućih voda u uslovima dobre drenaže, boksitizacijom je bio zahvaćen celokupan profil deponovanog materijala od površine ka nižim nivoima. Kao potvrdu tog procesa nalazimo u podrudnoj breči, neposredno u podini boksitnog sloja. Naime, u skoro svim boksitnim rudnim poljima neposrednu podinu boksita čine krečnjačke breče cementovane boksitnim materijalom. Vode koje su cirkulisale kroz boksitni materijal vršile su desilifikaciju i odnosile sa sobom glinoviti materijal i deponovale ga u brojne kaverne, pukotine i prsline duboko ispod ležišta i u njegovoj podini.

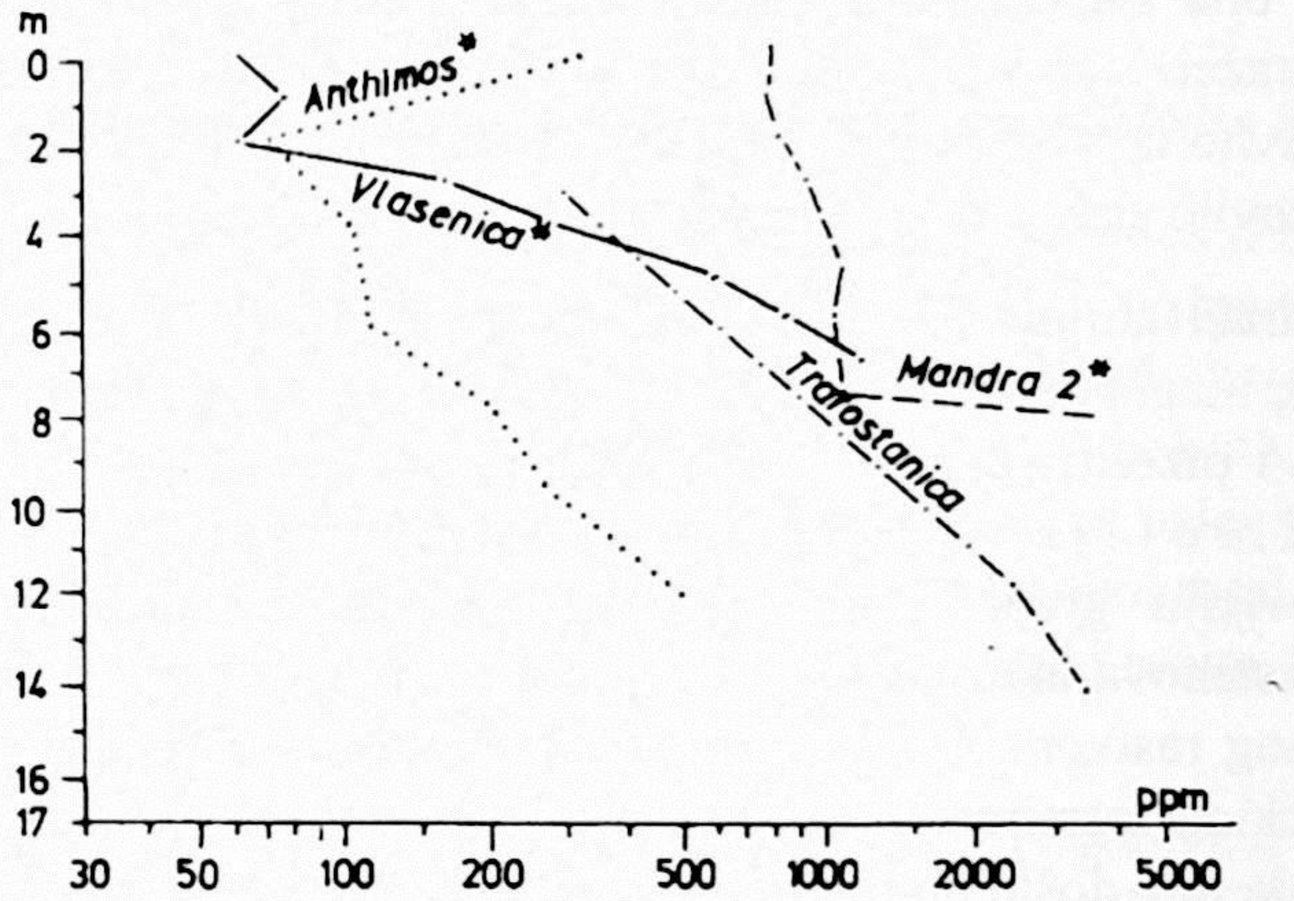
Na osnovu napred iznetog proizilazi da je za proces boksitizacije veoma bitan, ako ne i najvažniji hidrogeološki faktor. U relativno visokom i intenzivno karstifikovanom paleoreljefu moguće je brzo procedivanje površinskih voda za vreme sezonskih kišnih perioda, a u isto vreme i česte oscilacije podzemnih voda. Matični materijal, nataložen na karstnoj podlozi, bio je izložen povremenom delovanju površinskih i podzemnih voda, što je u takvim oksidacionim uslovima omogućilo njegovu skoro potpunu transformaciju u mineralnom a time i u hemijskom pogledu. Umesto alumosilikata i silikata od kojih je u osnovi bio izgrađen, stvoreni su hidroksidi i hidratisani alumosilikati aluminijuma i oksidi i hidroksidi gvožđa, koji čine najveći deo boksita, dok je silicija najvećim delom izlužena ili je uključena u stvaranje novih minerala, pre svega kaolinita.

Rezultati ispitivanja boksita u Srbiji ukazuju mestimično na znatno povećan sadržaj silicije kod pojava i ležišta u pojedinim rudnim poljima. Može se pretpostaviti da drenaža karbonatne podloge nije bila svuda podjednako dobro izražena, već negde bolje a negde slabije. Takođe se može pretpostaviti da je posle završene boksitizacije i formiranja povlatne serije, uticajen postrudne tektonike došlo do stvaranja različitih pukotina i prslina kojima je cirkulisala voda i naknadno vršila resilifikaciju. Najverovatnije je to slučaj kod rudnih polja Mačkata i Babušnice, gde su boksiti u pojedinim delovima sa manjim sadržajem silicije, a u drugim je ona znatno povećana iako se oni nalaze u neposrednoj blizini. U ležištu Trafostanica, za razliku od Vezirovog Potoka (Mačkat) sadržaj $SiO_2$ je znatno niži. Zatim, boksiti u zapadnom pojasu rudnog polja Babušnice su znatno kvalitetniji od onih u istočnom pojasu, odnosno u istočnom pojasu se uglavnom javljaju glinoviti boksiti i boksitični materijali sa visokim sadržajem silicije.

Sudeći po najnovijim podacima o vertikalnoj distribuciji mikroelemenata u boksitima Srbije, izgleda dosta verovatno da se boksitizacija odvijala i posle definitivnog odlaganja materijala iz lateritskih kora raspadanja u paleokarstnim oblicima, odnosno sadašnjeg položaja ležišta. Varijacije sadržaja mikroelemenata vezane su kako za razliku u sastavu matičnog materijala od koga su nastali, tako i za razlike u stepenu boksitizacije. Ukoliko je boksitizacija intenzivnija ona dovodi do obogaćenja ovih elemenata u podinskim delovima boksitnog horizonta. Kod manje kvalitetnih boksita, međutim, uočena je tendencija obogaćenja mikroelementima ka

povlati. Iz navedenog se može zaključiti da su najverovatnije hidrogeološki faktori, pre svih nivo podzemnih voda, imali presudni uticaj na intenzitet i dostignut stepen boksitizacije deponovanog boksitnog materijala u ležištu.

M a k s i m o v i ć (1974) je proučavajući brojna ležišta boksita Jugoslavije i Grčke uočio da vertikalna raspodela nikla u ležištima mediteranskih boksita predstavlja značajan indikator procesa boksitizacije. Proučavanje ove distribucije u više desetina ležišta otkrilo je koncentraciju ovog elementa prema podini ležišta. Ovaj oblik vertikalne distribucije javlja se u ležištima otkrivenim na površini, ali i u onim koja su pokrivena debelom serijom povlatnih sedimenata. Prema tome, ova pojava je stari proces, direktno vezan za proces boksitizacije. Obogaćenje nikla u bazi ležišta konstatovano je u svim do sada proučavanim boksitima Srbije, bez obzira na njihov geološki položaj i inicijalni sadržaj nikla (Sl . 67).




*po podacima Maksimovića, 1974

Sl. 67 – Vertikalna distribucija nikla u nekim ležištima boksita Grčke, Srbije i Republike Srpske

Fig. 67 – Vertical distribution nickel in some bauxite deposit in Greece, Serbia and Srpska Republic

Nikal je stabilan elemenat u rastvorima raspadanja i dobar indikator descedentnih procesa, naročito u prisustvu neke neutralizacione barijere. pH taloženja hidroksida nikla iznosi 6,7 i zbog toga se koncentriše u nižim delovima kore raspadanja i na kontaktu sa krečnjacima gde je bazičnost sredine veća. M a k s i m o v i ć (1974) piše da u kontaktno-karstnim ležištima nikla i u procesu boksitizacije nikal zadržava bazična barijera podinskih krečnjaka. U nekim ležištima boksita Srbije, u kojima je inicijalni boksitni glinoviti materijal bio bogat niklom, odnosno potiče od lateritskih kora raspadanja formiranih na ultrabazičnim stenama, migracija nikla u toku boksitizacije dovela je do znatnog obogaćenja ovog elementa iznad podinskih krečnjaka. Takav slučaj je sa ležištima u rudnim poljima Mačkata i Grebnika, gde sadržaj nikla dostiže vrednost i preko 0,5%, a na Mačkatu srednji sadržaj (više desetina proba) nikla iznosi 0,22%. Koncentracije nikla mogu biti takve da dovode do izdvajanja hidratisanih minerala nikla po podinskim krečnjacima – takovita i

nimezita (M a k s i m o v i ć, 1972, 1973), kao što je to slučaj u nekim Grčkim ležištima.

Obogaćenje pojedinih mikroelemenata u boksitima Srbije je karakteristična pojava za sva ležišta. Zapažena je tendencija obogaćenja ovih elemenata od povlate boksitnog sloja ka podini. Kod visokokvalitetnih i kvalitetnih ležišta boksita postoji jako izražena koncentracija elemenata od povlate prema podini boksitnog sloja, što ukazuje na veoma intenzivan proces boksitizacije deponovanog materijala ponirajućim vodama. Migrativni elementi Ni, Co, La, Y i Cu pokazuju stalno obogaćenje prema podini kod kvalitetnijih boksita. Manje kvalitetni i glinoviti boksiti nemaju tako izraženu tendenciju obogaćenja mikroelemenata prema podini boksita, i mada ono postoji. U izvesnim slučajevima, mada znatno ređe, postoji i obrnuta tendencija obogaćenja ka povlati. Najverovatnije je kod ovakvih ležišta drenaža podine bila slabo izražena što je uslovilo visok nivo podzemnih voda, a time i manje izražen stepen boksitizacije. Kod ovih ležišta odnošenje silicije nije bilo tako intenzivno iz boksitnog sloja, a time i migrativnost mikroelemenata prema podini što je uslovilo slabiji kvalitet boksita.

Dosadašnjim istraživanjima utvrđeno je da centre oolita po pravilu čine minerali gvožđa: hematit, magnetit i pirit ili odlomci ranijih metaličnih oolita. Vrlo retko je to kvarc. Ooliti i pizoliti su različitih dimenzija, od mikroskopskih veličina pa do preko 5 mm. T i m o t i j e v i ć (1997a) navodi kao čestu pojavu da krupniji ooliti i pizoliti predstavljaju grupisane sitne oolite. Ooliti, odnosno pizoliti sa više koncentričnih prstenova ukazuju kako na prekide u boksitizaciji, tako i na promene u hemizmu samog rastvora. U ispitivanim boksitima, u najvećem broju slučajeva, oni su posle prekida formirani u istom smislu, što govori da prekid najverovatnije nije bio dug, te da nije došlo do bitnih promena u hemizmu boksitnog mulja. Znatno se ređe zapaža da je prvobitno hematitski oolit sa više pojaseva ponovo narastao u drugom hemijsko-mineralnom smislu, odnosno da su formirani bemitsko-kaolinitski pojasevi.

U pojedinim kaolinitsko-bemitskim boksitima rudnog polja Mačkata zapaženo je da su izvesni delovi više glinoviti od ostalih. Pošto se zapaža i tečenje koloidne mase može se opravdano pretpostaviti da je to redeponovani boksit izložen novim uslovima vodene sredine i ponovnoj boksitizaciji. Težnja ka paralelizaciji oolitnih i pizolitnih formi se može dovesti u vezu sa pritiscima koje je vršila povlatna serija, kao i dejstvu tektonskih pokreta u dijagenetskom ciklusu, pa čak i nedovoljno očvrsloj masi.

O alkalnosti sredine u kojoj se vršila boksitizacija govore sadržaji Cr, Ni i Co, kao i njihovi međusobni odnosi. Obzirom da se u uslovima boksitizacije dati elementi koncentrišu pri pH većem od 6, mogu indirektno ukazati na alkalnost sredine. Najverovatnije je to slučaj i kod boksita zapadne Srbije, jer je pored visokih koncentracija ovih elemenata, deponovanje i boksitizacija vršena na karbonatnoj alkalnoj podlozi karstifikovanih krečnjaka i dolomita podine. Kod stvaranja boksita od glinovitog materijala deponovanog na karstnom reljefu, pH sredine voda

kontroliše ravnoteža između sadržaja $CO_2$ u vodi i vazduhu (M a k s i m o v i ć, 1974). Zbog toga pH ovih voda mora da je blizak vrednosti 8,4 (W e d e p o h l, 1971).

Na osnovu rezultata dosadašnjih istraživanja i ispitivanja utvrđeno je, bez obzira na sličnost ispitivanih boksitonosnih rudnih polja Poćute, Tare, Mačkata, Grebnika i Babušnice u mineralno-hemijskom i geohemijskom karakteru, da među njima postoje i određene razlike. Tako su po našem mišljenju među sobom mnogo sličniji boksiti Poćute i Tare, nego boksiti Mačkata i Grebnika, dok se boksiti Babušnice razlikuju od jednih i od drugih. Zbog nedovoljne istraženosti ovih boksittonosnih rudnih polja, potrebno je u narednoj fazi istraživanja posvetiti veću pažnju sa aspekta složenosti uslova postanka boksita, pa da se tek onda donesu definitivni zaključci.

## Uslovi i faktori bitni za obrazovanje karstnih boksita Srbije

Na osnovu dosadašnjih istraživanja, kao i prikupljenih činjenica o boksitima, može se pouzdano govoriti da su boksiti Srbije kontinentalne tvorevine. Rudna tela obrazovana su na karbonatnim stenama tokom kopnenih faza koje su obnavljane više puta u boksitonosnim terenima Srbije. Ležišta crvenih boksita, kao što smo iz napred izloženog videli, nastaju u veoma složenim kopnenim uslovima. Faktori koji direktno ili indirektno utiču na formiranje boksita su mnogobrojni, ali svakako su najznačajniji: klima, morfologija paleoreljefa, hidrogeološki režim, sastav matičnog materijala i dužina trajanja boksitizacije.

**K l i m a**. O klimatskim prilikama Srbije u mezozoiku, pogotovu o područjima gde su formirani lateriti i ležišta boksita se vrlo malo zna. Posmatrano generalno lateritska kora raspadanja, kao i karstna i lateritska ležišta boksita u geološkoj prošlosti obrazovana su u određenim zonama sa toplom i vlažnom klimom. Boksiti su se formorali hemijskim raspadanjem stena, stvaranjem lateritskih kora raspadanja u uslovima tropske i subtropske klime, gde je došlo do koncentracije oksida i hidroksida Al, Fe i Ti. Razaranjem lateritskih kora raspadanja, stvorenim na silikatnim i drugim stenama, redepozicijom materijala na karstifikovane karbonatne stene stvorena su karstna ležišta boksita. Lateriti se najverovatnije formiraju naglim i čestim smenama kišnih i sušnih perioda koji su karakteristični za pojaseve sa tropskom klimom.

Računa se da u sadašnje vreme lateritizacija nastaje samo u tropskom pojasu, u sasvim određenim klimatskim uslovima. Po S i n i c i n u (1976) optimalni klimatski uslovi za proces lateritizacije su sledeći: srednja godišnja temperatura oko 26° C (min 20° C, max 30° C), količina kišnih meseci 10 - 11, suvih meseci 1 - 2 i 1200 - 1500 mm godišnjeg taloga. Sa umanjenjem temperature umanjuje se i proces lateritizacije, koja sasvim prestaje pri prosečnoj gopdišnjoj temperaturi ispod 20° C. Ukoliko je količina vodenih taloga veća od 1500 mm i ukoliko je ravnomerno raspoređena tokom godine, to se umesto lateritskih boksita stvaraju glinoviti (kaolinitski) lateriti. Po istom autoru uzrok za ovakvu pojavu je u tome, što je

teritorija na kojoj padaju tropski pljuskovi, pokrivena gustom vegetacijom. Slično mišljenje, odnosno o klimatskim uslovima u obrazovanju laterita, prihvataju B a r d o s s y (1981) i M e g n i e n (1966). Što se tiče obrazovanja karstnih boksita, za njih su potrebni približno takvi klimatski uslovi kao za lateritizaciju.

B a r d o s s y (1973), N i c o l a s, B i l d g e n (1979) i drugi autori, na osnovu paleogeografskog položaja karstnih boksita na kontinentima, smatraju da su u doba njihovog stvaranja atmosferske padavine imale monsunski karakter. Najverovatnije je, na osnovu položaja boksita u Dinaridima i Karpato-balkanidima (postojanje više boksitonosnih nivoa), da su takvi klimatski uslovi, koji su omogućili stvaranje lateritskih kora raspadanja i boksitizaciju alumosilikatnog materijala, postojali u mezozoiku i tercijaru. Za vreme krede vladali su ovakvi uslovi na čitavom Balkanskom poluostrvu, pa i šire u Mediteranu, kada su formirane značajne kore raspadanja koje su pored boksita dale i oolitske rude gvožđa, ležišta nikla i drugo. Na osnovu iznetog može se zaključiti da su za proces lateritizacije i boksitizacije veoma bitni temperatura i količina atmosferskih padavina.

**M o r f o l o g i j a p a l e o r e l j e f a.** Karstna udubljenja služe kao zamke za akumuliranje boksitnog materijala, koji je donet sa lateritskih kora raspadanja i sa nekarstifikovanih karbonatnih stena. U karstnim terenima postoje uslovi intenzivnog proceđivanja atmosferskih voda, što je po mnogim autorima, kao i našem mišljenju, neophodno za proces boksitizacije. Karbonatno okruženje daje boksitnom materijalu slabo alkalni karakter što pogoduje boksitizaciji, koja umnogome zavisi od intenziteta karstifikacije i paleoreljefa.

Dosadašnjim istraživanjima boksitonosnih terena Srbije izučavanju paleoreljefa nije posvećivana posebna pažnja. Boksiti zapadne i istočne Srbije se nalaze u zoni unutrašnjih Dinarida i Karpato-balkanida, ali izvan dinarske karbonatne paraplatforme (G r u b i ć, 1975) pa se kao takvi moraju posmatrati. Podaci dobijeni istraživanjima boksita, kao i proučavanja paleogeografskih prilika ležišta u pojedinim boksitonosnim rudnim poljima, nedvosmisleno ukazuju da su boksiti isključivo konmtinentalne tvorevine. T i m o t i j e v i ć (1995) piše da se vrlo malo radilo na rekonstrukciji paleoreljefa u doba stvaranja boksita, ali se ipak mogu doneti izvesni zaključci koji govore o sredinama deponovanja boksitnog materijala i morfologiji paleoreljefa na prostoru zapadne Srbije.

Razmatranje geologije boksita na području Srbije i Mediterana pa i šire, mora se poći od postavke da boksit predstavlja paleosol koji odražava geologiju a ponekad i klimu za vreme subarealne izdanačke faze. Formiran je između karstifikovane podloge i transgresivne povlate. Osnova u kojoj su formirana ležišta boksita predstavlja posledicu procesa erozije (karstifikacije) i interakcije podzemnih voda pre, za vreme i posle deponovanja boksitnog matertijala. Površinskom karstu pripadaju razne vrste karstnih oblika kao što su: škrape, uvale, doline, vrtače, karstna polja i kanjoni (klisure, klanci). Karstifikacija i akumulacija boksitnog materijala su istovremeni procesi. Najintenzivnija karstifikacija obavlja se duž raseda, pukotina, preseka raseda i dr. U područjima gde tektonika nije izražena

rastvaranje i karstifikacija u početnim fazama je slučajna i neznatna, a onda se intenzivira na dnu dolina, odnosno vrtača i drugih karstnih oblika.

Morfologija paleoreljefa karstnih boksita je umnogome zavisila i od sastava karbonatne podloge. Ukoliko je podloga izgrađena od krečnjaka oni su mnogo podložniji hemijskim procesima razaranja t.j. karstifikaciji od dolomita, laporovitih krečnjaka i laporaca, što je preduslov za formiranje povoljnih karstnih oblika u kojima će biti odlagan boksitni materijal. Samim tim morfologija paleoreljefa u krečnjacima je više izraženija, a uslovi za koncentraciju ležišta karstnih boksita su mnogo povoljniji. Sa paleomorfologijom boksitnih terena mogao bi se dovesti u vezu i stepen koncentracije boksita. Naime, uopšteno uzev, ukoliko je stepen karstifikacije izraženiji u doba stvaranja boksita postojali su preduslovi za veću koncentraciju ležišta boksita u datim terenima.

Tektonski faktori su takođe važni pri formiranju paleoreljefa. Kakvi su bili tektonski uslovi u doba stvaranja karstnih boksita Srbije, danas se teško može utvrditi. Postoje indicije da je prerudna tektonika bila veoma intenzivna i od uticaja na oblikovanje reljefa, odnosno izdizanja i spuštanja pojedinih delova terena uz istovremenu karstifikaciju. Usled spuštanja terena došlo je krajem donje i početkom gornje krede do transgresije i nadiranja mora, kada su na boksitonosnim terenima taloženi plitkovodni sedimenti koji čine povlatu boksitima u većini rudnih polja. Ne može se sa pouzdanošću utvrditi neki bitniji uticaj ovih pokreta na današnji raspored boksita. Postrudna tektonika, odnosno današnji strukturni sklop, boksitonosnih rudnih polja predstavlja jedan od bitnih faktora u rasporedu ležišta boksita. Duž ovih raseda, kod većine rudnih polja, dolazilo je do spuštanja pojedinih blokova gde su od erozije sačuvani mlađi povlatni sedimenti i boksitna rudna tela. Skoro sva ležišta i pojave boksita nalaze se uz veće rasede ili u neposrednoj blizini. Osim toga, rasedima su u znatnoj meri poremećena i sama ležišta boksita, pa su pojedini delovi izdignuti do površine terena, dok su drugi spušteni (T i m o t i j e v i ć, 1988). Ta vertikalna pomeranja ponekad iznose i preko sto metara (ležište Trafostanica). Zbog toga veći rasedi, duž kojih su sačuvani povlatni sedimenti, mogu biti jedan od glavnih pokazatelja pri istraživanju boksita.

Morfologija paleoreljefa je jedan od bitnih faktora za količinu i koncentraciju rudnih rezervi boksita. Naime, u zatvorenim morfološkim sistemima kao što su plitke vrtače, blage doline i drugi slični oblici nije moglo doći do formiranja većih ležišta boksita. Ovakav tip paleoraljefa bio je razvijen u pojedinim delovima rudnih polja Poćute, Tare, Grebnika i Babušnice. Karstni oblici u kojima su taloženi - stvarani boksiti, su najčešće manjih dimenzija i najčešće dubine do 15 m, sa izvesnim izuzecima kada im dubina prelazi i 25 m u rudnom polju Grebnik. Rudna tela su džepno - sočivastog tipa sa rezervama od nekoliko do stotinak hiljada tona, samo u izuzetnim slučajevima one iznose preko milion tona (ležište Petrovići - Poćuta, ležišta 3 i 3a - Grebnik). Za razliku od toga, koncentrisanost rezervi je velika na malom prostoru, tako da je u rudnom polju Grebnik dosadašnjim istraživanjima registrovano oko 60 pojava i ležišta boksita sa rezervama od oko 10 miliona tona.

Boksitonosno rudno polje Mačkata se u tom pogledu donekle razlikuje od ostalih rudnih polja Srbije. Osnova ili podina boksita je krečnjačka, jako zakaršćena (karstifikovana) sa karstnim oblicima dubine do 40 m, najčešće 15 - 30 m. Na osnovu rezultata dosadašnjih istraživanja može se konstatovati da je rudno polje u doba stvaranja boksita bilo jedno zakaršćeno karstno polje, čiji je prvobitni oblik izmenjen tektonskim i erozionim procesima.

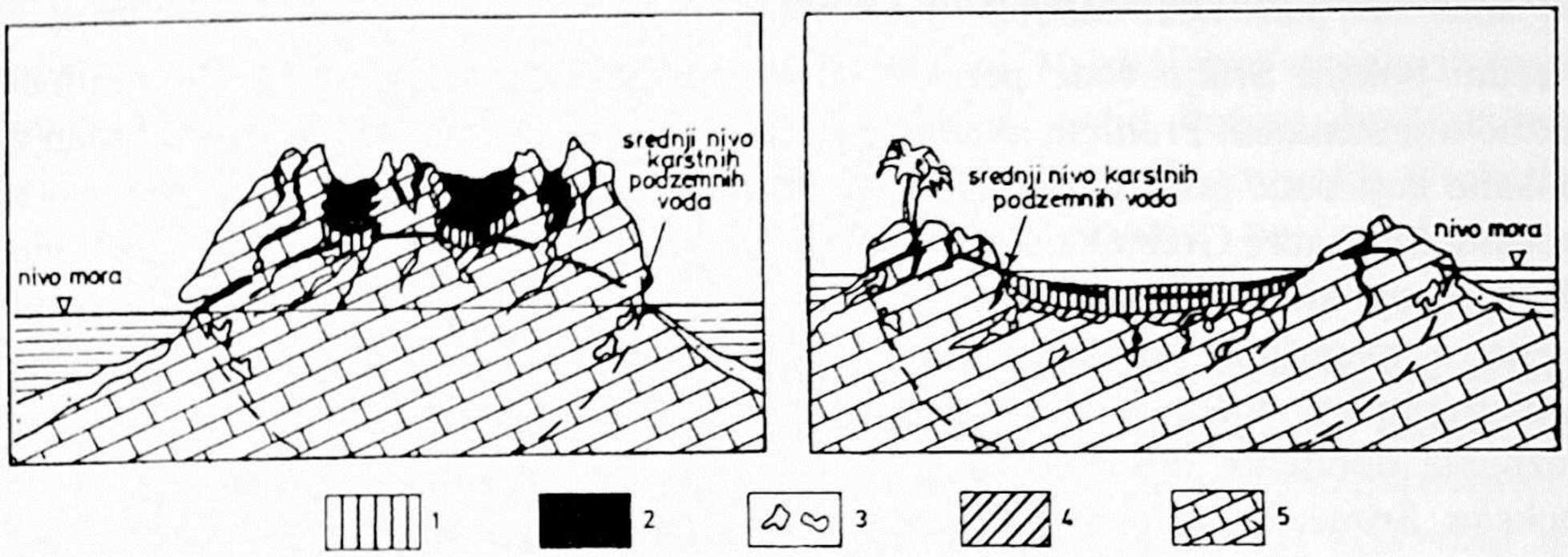
**H i d r o g e o l o š k i r e ž i m**. Za proces boksitizacije je veoma značajan hidrološko - hidrogeološki režim. On je direktno u vezi sa klimom, morfologijom paleoreljefa, kao i sastavom podinskih karbonatnih sedimenata. Hidrološki uticaj na obrazovanje boksita ima značajnu ulogu u procesu transformacije matičnog materijala u boksit. O ovom faktoru pisali su mnogi autori. M a k s i m o v i ć (1988) navodi da je za proces boksitizacije, između ostalih faktora, "najvažniji faktor u boksitizaciji je periodično dreniranje velikih količina površinske vode pod uslovima tropske ili subtropske klime kroz glinoviti materijal u karstnoj depresiji. Ovaj materijal se nalazi iznad nivoa podzemnih voda, što utiče na efikasno ispiranje silicije". Obzirom da vode, koje cirkulišu kroz krečnjake, imaju kiseli do alkalni karakter sa Ph od 5,5 - 9,5 to su uslovi za izluživanje $SiO_2$ vrlo povoljni u ovim sredinama.

Cirkulacija i nivo podzemnih voda zavise, pre svega od stepena karstifikacije podine boksita. Već smo ranije izneli da su karstifikaciji i hemijskom razaranju manje podložni dolomiti i laporoviti sedimenti od krečnjaka, tako da je i ovo uticalo na kvalitet boksita. C i c m i l (1984) za crvene boksite rudnih rejona Nikšićke župe kaže da kod manje kvalitetnih ležišta, koja u podini imaju jurske glinovite i laporovite sedimente, stepen karstifikacije nije bio tako intenzivan. Iz tih razloga je nivo karstnih podzemnih voda mnogo visočiji tako da je zahvatao i boksitne slojeve, što je uslovljavalo manji stepen iznošenja silicije iz deponovanog boksitnog materijala.

Ukoliko je karstifikacija podine bila intenzivnija, to je uslovljavalo znatno niži nivo karstnih voda od nivoa ležišta, čime su stvoreni veoma povoljni uslovi za proces boksitizacije. T i m o t i j e v i ć (1986) za proces boksitizacije boksita zapadne Srbije piše da je "dejstvom atmosferskih, ponirajućih voda u uslovima dobre drenaže, boksitizacijom je bio zahvaćen celokupni profil deponovanog materijala. Kao potvrdu tog procesa nalazimo u podrudnoj breči, neposredno u podini boksitnog sloja. Naime, u pojedinim boksitonosnim rejonima (Tara, Mačkat) neposrednu podinu boksita čine krečnjačke breče cementovane boksitnim materijalom. Vode koje su cirkulisale kroz boksitni materijal vršile su desilifikaciju i odnosile sa sobom glinoviti materijal i deponovale ga u brojne kaverne, pukotine i prsline duboko ispod ležišta u njegovoj podini".

D'A r g e n i o i dr. (1987) na osnovu proučavanja alb - cenomanskih boksita u Apulijskoj platformi, izdvajaju crvene **"vadozne"** boksite i zasićene boksitne facije. Kasnije, u radu iz 1995. Godine, pominje i **"freatične"** boksite, koji su najverovatnije sinonim za zasićene. Vadozni boksiti nastaju u uslovima znatno

iznad nivoa podzemnih izdani, a freatični ispod nivoa. Freatične facije se, međutim, mogu javiti (lokalno) u podinskom ili najvišim delovima ležišta, ali to ne mora uvek da bude pravilo (Sl. 68).




Sl. 68 - Shematski model "vadoznih" i "freatičnih" boksitnih formacija (D'Argenio i dr., 1995)
1. Freatični boksiti; 2. Vadozni boksiti; 3. šupljikavi karst; 4. Glinovito punjenje karsta; 5. Krečnjaci u podini boksita

Fig. 68 - Shematic models of "vadose" and "phreatic" bauxite formation (from D'Argenio i dr., 1995)
1. Phreatic bauxite; 2. Vadose bauxite; 3. Cavity-type karst; 4. Argillaceous karst-filing; 5. Under lying limestones

Vadozni boksiti se karakterišu crvenom bojom osnove i fragmenata (ooliti, pizoliti) t.j. oksidacija je izjednačena, dok se od minerala javljaju gipsit i/ili bemit, dijaspor, hematit i/ili getit. Kod freatičnih boksita osnova i fragmenti su bledi (beli, sivi, žuti, zeleni) sa čestim trovalentnim gvožđem, a od minerala su prisutni getit, siderit, hlorit, pirit, bemit (gipsit i dijaspor), a mogu biti prisutni i glinoviti minerali (ilit) pri čemu je odnos aluminijumskih i glinovitih minerala 2:1. Na osnovu dosadašnjih ispitivanja mineraloško - hemijskih svojstava boksita Srbije utvrđeno je da su oni stvarani iznad nivoa podzemnih voda, odnosno pripadaju vadoznom tipu.

Za ležišta crvenih boksita sa povećanim sadržajem silicije u pojedinim rudnim poljima, objašnjenje bi moglo biti da su oba faktora (hidrogeološki, karstifikacija paleoreljefa) bili nepovoljni. Ovo se pre svega odnosi na pojedina ležišta u rudnim poljima Tare, Mačkata i Babušnice. Kod rudnih polja Poćute i Grebnika karstifikacija paleoreljefa je bila izraženija, a samim tim i nivo podzemnih voda znatno ispod ležišta boksita. Ukoliko je nivo podzemnih voda bio relativno visok, što je i najverovatnije bio slučaj kod pojedinih ležišta Tare, Mačkata i Babušnice, u dužim vremenskim intervalima mogućnost prerade matičnog materijala bio je umanjen. Tom prilikom proces stvaranja oksida i hidroksida gvožđa i aluminijuma, koji čine 80 - 90 % sadržaja boksita, rastvaranja i odnošenja silicije bio je znatno usporen. Kod ležišta stvaranim u ovakvim uslovima moguće je da se obrazuju i freatični boksiti u najnižim nivoima, sa svim pratećim fenomenima.

**Sastav matičnog materijala** i vreme trajanja boksitizacije su takođe jedan od bitnih faktora pri obrazovanju boksita. Sastav matičnog materijala bitno utiče na hemijski sastav boksita, o čemu se uglavnom na posredan način može

zaključivati. Već smo ranije istakli da su poreklo i sastav matičnog materijala od koga su postali boksiti Srbije različiti za pojedina rudna polja. Geohemijske karakteristike takođe ukazuju da u odnosu na ostala rudna polja, boksiti Mačkata i Grebnika vode poreklo od bazičnih i ultrabazičnih, kao i drugih-kiselijih stena.

Kredni boksiti Srbije vode poreklo od lateritskih kora raspadanja formiranih na različitim stenama. Problem sastava matičnog materijala je posebno interesantan za boksite koji vode poreklo od više vrsta kora raspadanja. To se pre svega odnosi na boksite Mačkata i Grebnika. Zahvaljujući činjenici da u karstnim depresijama dolazi do mešanja materijala iz lateritskih kora raspadanja sa bazičnih i ultrabazičnih stena, i materijala lateritskih kora raspadanja formiranih na stenama bogatim aluminijumom došlo je do obrazovanja ležišta boksita. Na osnovu podataka i rezultata dobijenih dosadašnjim istraživanjima ovi boksiti, za razliku od ostalih boksita Srbije, imaju povećan sadržaj gvožđa, nikla, kobalta, hroma i drugih elemenata karakterističnih za bazične i ultrabazične stene, tako da se mogu svrstati u gvoždevite boksite. Ukoliko nije došlo do mešanja ovih materijala, od lateritskih kora raspadanja sa ultramafita stvorene su oolitske rude gvožđa sa povećanim sadržajima nikla i kobalta ili karstna ležišta nikla.

Vreme trajanja boksitizacije predstavlja bitan činilac u pogledu hemijskog sastava, odnosno kvaliteta boksita. Ukoliko je vreme boksitizacije (kopnene faze) trajalo duže i kvalitet boksita je bolji. Dužina trajanja kopnene faze, u kojoj je vršena karstifikacija, zatim formiranje lateritskih kora raspadanja, kao i složeni procesi obrazovanja ležišta su u tesnoj vezi sa kvalitetom boksita. Po mnogim autorima boksitizacija je krajnje spor proces i za njeno ostvarenje, u geološkim razmerama, je potrebno dugo vremena. Po B u š i n s k o m (1967) za formiranje iole interesantnih boksitnih naslaga potrebno je najmanje 2 - 5 miliona godina. T i m o t i j e v i ć (1995) za boksite zapadne Srbije kaže da "Vreme trajanja kopnene faze kod pojedinih boksitonosnih rejona i ležišta imalo je optimalnu veličinu i tada su stvorena najkvalitetnija ležišta boksita. Takav je slučj sa boksitima u rudnom rejonu Poćute, gde je pronađeno najkvalitetnije ležište boksita u zapadnoj Srbiji. U ovom rudnom rejonu kopnena faza je trajala sve do gornjeg turona". Karakteristična je velika promenljivost hemijskog sastava. Varijabilnost sadržaja je naročito izražena kod aluminije i silicije, pogotovu kod silicije koja varira u širokim granicama (od 2 do >20%).

## OSNOVNI POKAZATELJI PERSPEKTIVNOSTI SRBIJE NA CRVENE BOKSITE

U Srbiji, odnosno zoni unutrašnjih Dinarida i Karpato-balkanida, do sada je registrovano preko sto pojava i ležišta crvenih boksita. Najveći broj se nalazi u zoni unutrašnjih Dinarida i to: u boksitonosnom rudnom polju Poćute dvadesetšest, rudnom polju Tare šest, rudnom polju Mačkata deset, i rudnom polju Grebnika šesdesetak. U Karpato-balkanidima istočne Srbije (rudno poje Babušnica) dosadašnjim istraživanjima je pronađeno dvanaest pojava i ležišta boksita.

Geološka proučenost, obim i intenzitet do sada izvedenih geološko-istražnih radova veoma su različiti u pojedinim boksitonosnim rudnim poljima, što predstavlja teškoću prilikom njihovog metalogenetskog proučavanja i ocene perspektivmosti. Dosadašnja geološka proučavanja ovih terena bila su usmerena uglavnom na pronalaženje novih pojava i ležišta boksita, kao i delimičnu proveru i okonturavanje već pronađenih boksitnih rudnih tela.

Sistematskim istraživanjima boksita u zapadnoj i istočnoj Srbiji potvrđene su ranije poznate pojave boksita na Tari, a pronađeno je i niz novih u boksitonosnim rudnim poljima Poćute, Mačkata i Babušnice. Ovi radovi su uneli više svetla u poznavanju boksita ovih oblasti, a doprineli su tome da se skine sumnja da u Srbiji van autonomnih pokrajina nema boksita. U rudnom polju Grebnika (južni deo zapadne Srbije) intenzivnija proučavanja feroznih boksita počinju 1966. godine, paralelno sa njihovom eksploatacijom. Noviji radovi brojnih istraživača doprineli su boljem poznavanju ležišta boksita Srbije, procesu njihovog nastanka, kao i geološko-ekonomskih karakteristika.

I pored svega rečenog, sistematska istraživanja treba nastaviti, kako u već poznatim boksitonosnim rudnim poljima, tako i u ostalim delovima perspektivne zone unutrašnjih Dinarida i Karpato-balkanida koje pripadaju Srbiji. Ovim istraživanjima potrebno je pronaći nova i kvalitetna ležišta boksita. Osim toga, nameće se potreba daljih specijalističkih geoloških istraživanja ove oblasti i posebno pojedinih njenih rudnih polja kako bi se postigla veća racionalnost i ekonomičnost istraživanja. Ta specijalistička istraživanja odnose se na paleogeografska, strukturno-geološka, geohemijska, mineraloška, kao i proučavanje drugih indikatora i pokazatelja kojima treba da se razjasne složeni geološki procesi obrazovanja ležišta, što predstavlja osnovu za ocenu potencijalnosti Srbije u pogledu boksitonosnosti.

Stepen istraženosti ove oblasti sa stanovišta izvedenih geološko-istrtažnih radova i pronađene pojave i ležišta boksita su različiti u pojedinim boksitonosnim rudnim poljima. U osnovi stepen istraženosti je nizak u odnosu na veličinu oblasti zapadne i istočne Srbije i njihovu potencijalnost. Boksitonosna rudna polja Tare, Mačkata, Poćute i Babušnice su delimično istražena ali najveći deo perspektivne zone unutrašnjih Dinarida zapadne Srbije i Karpato-balkanida istočne Srbije je ostao neistražen. Visok stepen istraženosti ima rudno polje Grebnika i samo manji prostori u ostalim rudnim poljima. Neka veća ležišta su samo delimično istraživana,

ali je najveći broj pojava i ležišta nedovoljno istraživan, pa se i ta rudna polja mogu smatrati delimično ili neistraženim prostorima.

Obim istražnih radova, u početku istraživanja, bio je uslovljen materijalnim mogućnostima. Zbog toga su ovako ograničena finansijska sredstva bila usmerena na istraživanje najperspektivnijih lokaliteta.Iz ovih razloga dosadašnjim istražnim radovima zahvaćeni su samo mali najperspektivniji prostori u rudnim poljima Poćute, Tare, Mačkata i Babušnice.

Prema stepenu istraženosti rudna polja i ležišta crvenog boksita zapadne i istočne Srbije se mogu grupisati:

- rudna polja i ležišta sa visokim stepenom istraženosti,
- delimično istražena boksitonosna rudna polja i
- neistraženi perspektivni tereni

Ovako razvrstavanje prema stepenu istraženosti bazirano je na obimu do sada izvedenih istražnih radova: geološka istraživanja, geofizička ispitivanja, istražno bušenje, rudarski radovi (raskopi, šahte) i drugo.

**Rudna polja i ležišta sa visokim stepenom istraženosti**

Teritorija Republike Srbije, odnosno područja unutrašnjih Dinarida i Karpato-balkanida, odlikuje se veoma raznovrsnim ležištima crvenog boksita. Tu su pronađene mnogobrojne pojave i ležišta koja imaju mnoge zajedničke karakteristike, ali se i znatno razlikuju kako u pogledu veličine rudnih tela tako i po kvalitetu rude.

Boksitonosno rudno polje Grebnika, a delom i rudno polje Poćute, po geološko-ekonomskim karakteristikama ležišta i stepenu istraženosti, su za sada najznačajnija rudna polja. U severnom delu rudnog polja Grebnika otkrivena su kvalitetna i najveća ležišta crvenog boksita: ležište br. 3 i 3a sa rezervama od oko 2,7 miliona tona. Potrebno je istaći da su ležišta u ovom delu terena u eksploataciji, odnosno pripremljena za eksploataciju ili je eksploatacija završena. To je ujedno do sada najviše istraženo rudno polje, naročito njegov severni i centrtalni deo.

U geološki dobro proučenom rudnom polju Grebnika, dosadašnjim istraživanjima, koja se sistematski vrše od 1966. godine, registrovano je preko trideset rudnih pojava i ležišta boksita delimično ili potpuno otkrivenih na površini i trideset rudnih tela ispod povlatnih mastrihtskih sedimenata na dubinama od nekoliko do preko dvesta metara. Istraživanjima su dobro proučene i jasno utvrđene geološke i metalogenetske karakteristike ovih boksita. Stepen istraženosti, međutim, pojedinih delova rudnog polja je vrlo različit. U južnom delu boksitonosne zone, kao i delovima zone gde se boksiti javljaju na dubinama preko sto metara, urađen je manji obim istražnih radova poređoj mreži.

Sve rudne pojave i ležišta boksita pronađene na dubinama manjim od sto metara su detaljno istražena do stepena koji omogućuje utvrđivanje rudnih rezervi A i B

kategorije. Utvrđeno je da su to najčešće ležišta sa rezervama od nekoliko desetina hiljada do oko 400 hiljada tona, sa izuzetkom ležišta br. 3 gde su rudne rezerve iznosile oko 2 miliona tona i ležišta br. 3a sa oko 700 hiljada tona. Dosadašnjom površinskom eksploatacijom, koja je obavljena u severnom delu rudnog polja, proizvedeno je oko 3,5 miliona tona rude, a celokupna proizvodnja je izvezena u Rumuniju.

Na površini od oko 15 $km^2$ povlatni mastrihtski sedimenti sačuvani su od erozije i to predstavlja potencijalno područje za pronalaženje slepih rudnih tela. Pri tome dubina boksitonosnog nivoa, na osnovu podataka istražnog bušenja, znatno varira i mestimično prelazi trista metara. Prema do sada prikupljenim podacima dubina boksitonosnog nivoa je sledeća: od 0 do 100 metara zauzima površinu oko 5,5 $km^2$, od 100 do 200 metara zauzima površinu oko 6,5 $km^2$, dok je na ostala 3 $km^2$ dubina boksitonosnog nivoa preko 200 metara.

Dosadašnjim istraživanjima okonturena je boksitonosna zona, detaljno utvrđen stratigrafski položaj boksita u gornjokrednoj seriji, pronađeno preko šesdeset pojava boksita. Detaljno su istražena 42 rudna tela i utvrđene rezerve A i B kategorije oko 6,5 miliona tona, a procenjuje se da u rudnom polju potencijalne rezerve iznose oko 5 miliona tona. Razlog različitog stepena istraženosti je u davanju prioriteta pronalaženju i utvrđivanju rudnih rezervi pogodnih za površinsku eksploataciju. Dokazane rudne rezerve i njihov stepen istraženosti je takav da obezbeđuje stalan rast proizvodnje za više desetina godina. Nevolja je u tome što su dokazane rezerve, pogodne za površinsku eksploataciju znatno umanjene dosadašnjom eksploatacijom.

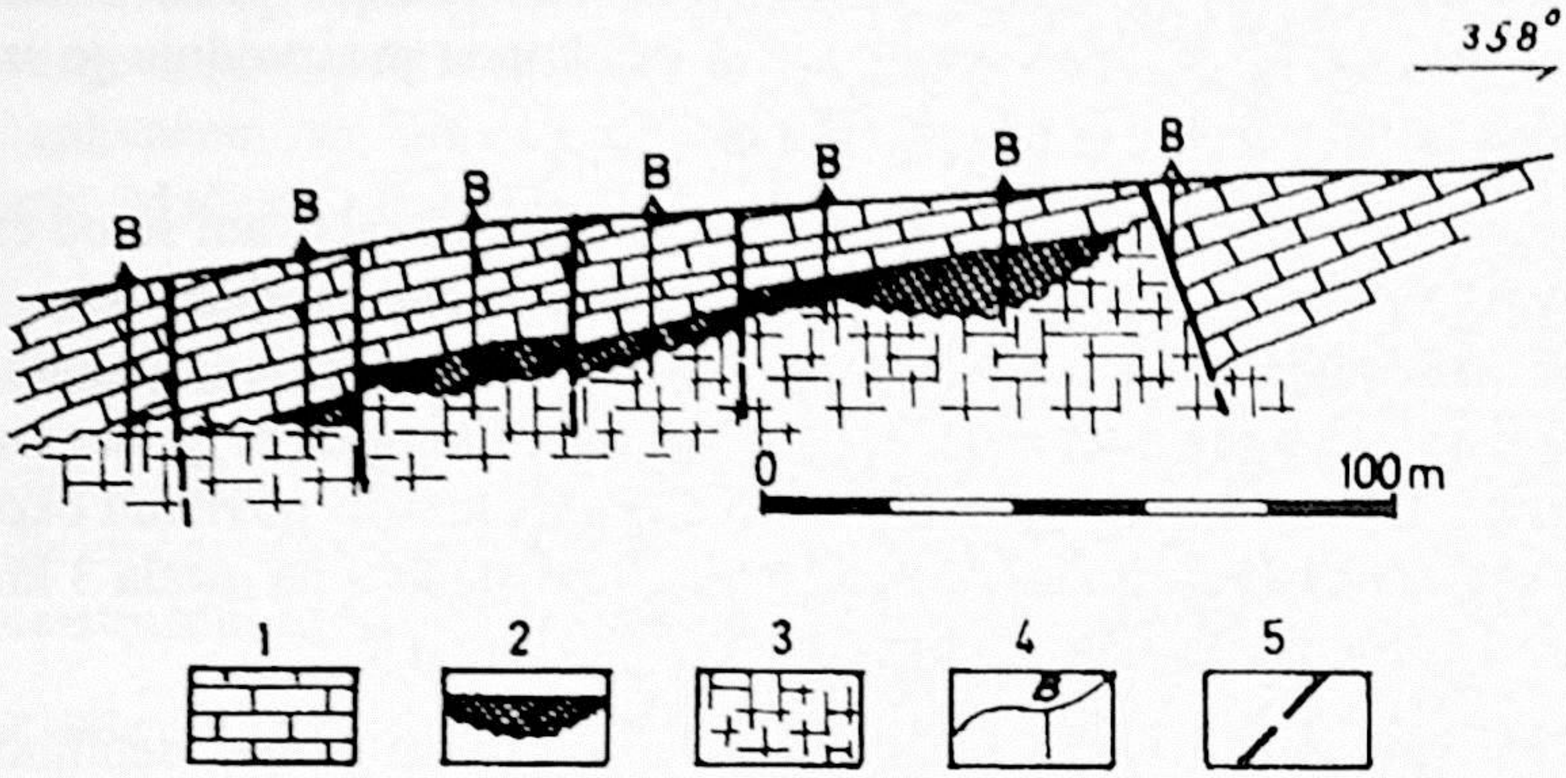
Ležište Petrovići, koje se nalazi u rudnom polju Poćute ima visok stepen istraženosti. Naime, na ovom ležištu su izvršena detaljna istraživanja primenom geoloških, geofizičkih i rudarskih metoda, istražnog bušenja i laboratorijskih ispitivanja. Gustina istraživanja je takva da omogućava proračun rezervi A i B kategorije. U zaseoku Petrovići pronađena su najveća i najkvalitetnija rudna tela boksita (Sl. 69).

## Delimično istražena boksitonosna rudna polja

Ciljevi i pravci istraživanja, kako je već istaknuto, u početnoj fazi bili su pronalaženje rudnih tela i ležišta, kako bi se dokazalo da Srbija (bez AP) raspolaže ležištima boksita. Ovo se pokazalo sasvim opravdanim, jer su pronađeni boksiti za koje se do tada nije znalo. U perspektivnoj zoni unutrašnjih Dinarida na teritoriji zapadne Srbije, u Karpato-balkanidima istočne Srbije, pojave i ležišta boksita su poznate u okolini Valjeva, na planini Tari, širem predelu Mačkata i na području Babušnice, zbog čega su istraživanja bila usmerena na ova boksitonosna rudna polja.

Boksitonosno rudno polje Poćute je do sada najistraženije. Pronađeno je tridesetak pojava i ležišta boksita. U njegovom centralnom delu, u zaseoku Petrovići, pronađena su najveća i najkvalitetnija rudna tela boksita. Njihove najvažnije

karakteristike prikazane su u prethodnim poglavljima. Osim ležišta Petrovići, koje je detaljno istraženo, ostali delovi rudnog polja, a pogotovu lešišta Bakića Brdo i Jasike, su nedovoljno istražena.




Sl. 69 – Uzdužni geološki profil rudnog tela br. 1
1. Slojeviti i bankoviti krečnjaci gornjeg turona; 2. Boksiti; 3. Masivni i bankoviti krečnjaci ladinika; 4. Istražne bušotine; 5. Rasedi

Fig. 69 –Longitudinal geological cross section of the ore body No 1
1. Upper Turonian bedded and massive bedded limestones; 2. Bauxites; 3. Ladinian massive and massive bedded limestones; 4. Exploratory boreholes; 5. Faults

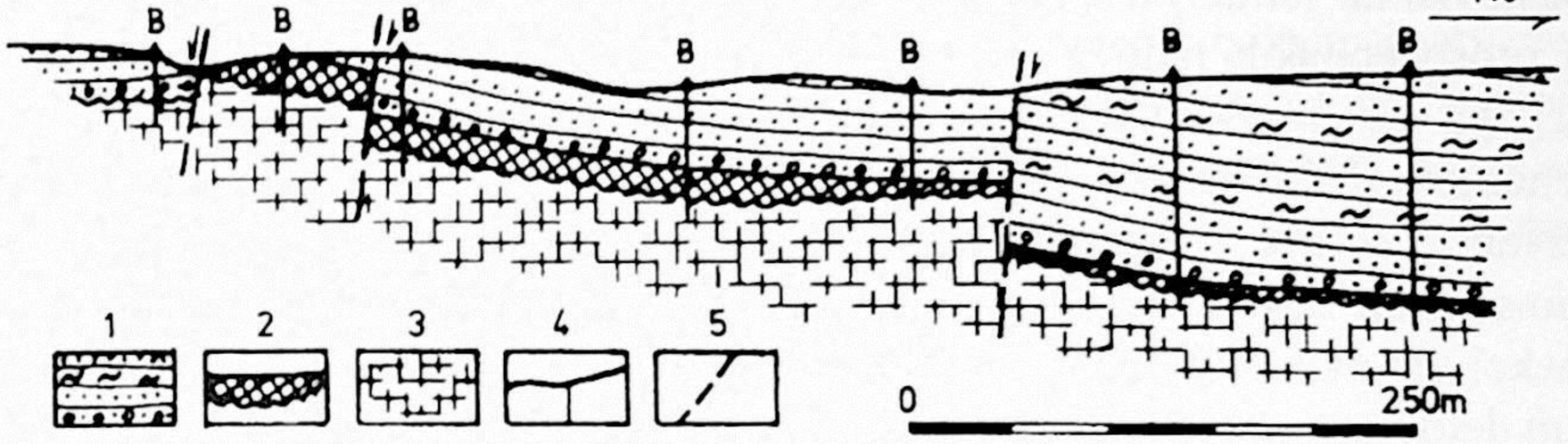
U boksitonosnom rudnom polju Tare, dosadašnjim istražnim radovima registrovano je više pojava boksita i njegove indikacije. Istraživanje ovog rudnog polja, kao prvo otkrivenog u Srbiji, vršeno je različitim intenzitetom poslednjih tridesetak godina. Porast obima radova i kompleksnost primenjivanih metoda istraživanja i ispitivanja naročito su izraženi u periodu 1978-1981. godine. To je vezano za početak sistematskog istraživanja boksita Srbije.

Najznačajnije i do sada najbolje proučene pojave boksita na planini Tari nalaze se u zaseoku Aluge. Na ovoj lokalnosti, istražnim radovima, grubo je okontureno jedno manje ležište, dok je drugo samo nabušeno ali nije okontureno. Boksiti se javljaju u vidu nepravilnih sočivastih rudnih tela sa rezervama od nekoliko stotina hiljada tona. Nalaskom boksita 1981. godine u širem predelu Mačkata, istraživanja na Tari su potpuno neopravdano prekinuta, tako da obim i vrsta do sada izvedenih radova su takvi da se na osnovu njih ne može sa pouzdanošću govoriti o boksitonosnosti ovog rudnog polja.

Isti stepen istraženosti imaju pojave i ležišta rudnog polja Mačkata, gde su boksiti pronađeni 1981. godine geološkom prospekcijom ovih terena. Boksitonosno rudno polje Mačkata, po geološkim karakteristikama ležišta je najznačajnije rudno polje u Srbiji. Ovde su otkrivena najveća ležišta crvenih boksita u ataru sela Nikojevići, Skržuti i Ravni.To je ujedno, posle rudnog polja Tare, do sada najmanje istraživano rudno polje, obzirom da je najkasnije otkriveno. Geološkim istraživanjima izdvojen je perspektivan prostor od oko 30 $km^2$ gde se mogu očekivati ležišta boksita.

Kompleksnim geološko-geofizičkim ispitivanjima izdvojen je najperspektivniji teren površine oko 10 $km^2$ na prostorima sela Nikojevići-Ravni.

Dosadašnjim istraživanjima konstatovano je da se ležišta boksita javljaju u obliku velikih sočivastih rudnih tela. Prostiranje boksita ispod povlatnih krednih sedimenata po padu i pružanju utvrđeno je na velikom rastojanju od otkrivenih izdanaka, tako da se često istražnim radovima nije ni izašlo iz boksita (Sl. 70).




Sl. 70 – Uzdužni geološki profil ležišta Trafostanica

1. Konglomerati, peščari i gline alb-cenomana; 2. Crveni boksiti; 3. Krečnjaci i dolomiti ladinsko-karnijskog kata; 4. Istražne bušotine; 5. Rasedi

Fig. 70 – Geological cross section of the Trafostanica bauxite deposit

1. Albian-Cenomanian conglomerates, sandstones and clays; 2. Red bauxites; 3. Ladinian-Carnian limestones and dolomites; 4. Exploratory boreholes; 5 Faults

Kvalitet boksita u rudnom polju Mačkata je različit. Postoje i delovi ležišta boljeg kvaliteta. Ipak, prema rezultatima dosadašnjih istraživanja, preovlađuju nisko kvalitetni boksiti. Kada se ima u vidu da su istraživanja obavljena na manjem prostoru ovog perspektivnog rudnog polja, kao i to da su prisutni delovi ležišta sa kvalitetnim boksitom, onda se može smatrati da raspolažemo važnim pokazateljima njihove geološko-ekonomske vrednosti.

U delimično istražena boksitonosna rudna polja možemo uvrstiti i rudno polje Babušnice, gde su boksiti pronađeni 1976. godine, prilikom stratigrafske prospekcije ovih terena. Prema vidljivim izdancima i samo delimičnom obimu izvršenih istraživanja i ispitivanja, ove pojave i ležišta boksita mogu se svrstati u grupu manjih i srednje velikih rudnih tela. Po razmerama, obimu i veličini ona su veoma slična ležištima Grebnika. Međutim, njihov hemijski i mineralni sastav, koji određuje kvalitet boksita, je veoma različit. U rudnom polju Babušnice boksiti su bemitskog tipa, za razliku od dijasporskih boksita Grebnika, a kvalitet im je znatno promenljiviji.

Nešto obimnija, mada nedovoljna, istraživanja obavljena su u zapadnom pojasu na lokalnostima Radoševac i Kaluđerovo. Ovde je pronađen najveći broj pojava i ležište boksita Radoševac (ležište br. 4). Ležište i pojave ovog rudnog polja javljaju se u vidu manjih sočivastih rudnih tela, a debljina u proseku im je manja, u odnosu na ostala boksitna rudna polja Srbije. Rezerve boksita u rudnim telima kreću se od desetak hiljada do nekoliko stotina hiljada tona u ležištu Radoševac.

### Neistraženi perspektivni tereni

Prostorno najveći deo zone unutrašnjih Dinarida zapadne Srbije i Karpato-balkanida istočne Srbije, sa aspekta boksitonosnosti se može smatrati neistraženim. Osim proučavanja boksitonosnosti rudnih polja Poćute, Tare, Mačkata, Grebnika i Babušnice, u ostalim delovima terena nisu vršena nikakva sistematska istraživanja. Samo se mestimično radilo izvan boksitonosnih rudnih polja i to uglavnom na pretpostavkama istraživača da bi se tu mogli očekivati boksiti. Izveden je manji obim prospekcijskih radova i raskopavanja, ali nisu dobijeni najvažniji geološki podaci pa se i ovi tereni mogu smatrati neistraženim. Završetkom studije *Potencijalnost Srbije na crvene boksite* 1991. godine su započeta regionalna istraživanja boksita. Boksitonosnost u zapadnoj i istočnoj Srbiji proveravana je na terenima izvan boksitonosnih rudnih polja, gde nisu bili poznati izdanci boksita. Prospekcijom ovih terena nisu pronađeni boksiti, što ne znači da ih ne treba tražiti u ostalim delovima.

Opšte je poznata stvar da se u istočnoj Bosni i zapadnoj Srbiji boksiti javljaju u stratigrafskoj praznini između trijaskih krečnjaka i krednih sedimenata. Međutim, ne treba zaboraviti činjenicu da su izvesni delovi terena, koji su na Osnovnoj geološkoj karti bez odgovarajućih dokaza izdvojeni kao miocenski sedimenti, a da su to ustvari slabo vezani bazalni klastiti krede, koji čine neposrednu povlatu boksitima. Pored toga, boksite možemo očekivati i u paleokarstnim udubljenjima na trijaskim krečnjacima, koji su delimično erodovani ili su sa njih odneti povlatni sedimenti tako da su sada pod tanjim humusnim pokrivačem. Za ovo postoje brojni primeri u boksitonosnom području Vlasenice, nešto manje na Tari i u predelu Mačkata.

## PERSPEKTIVNOST POJEDINIH PODRUČJA SRBIJE

G r u b i ć i grupa autora (1976) izvršila je prvu ocenu perspektivnosti pronalaženja mezozojskih boksita u prethodnoj Jugoslaviji. U tom radu je izvršena rejonizacija cele Jugoslavije, a za područje Srbije je konstatovano da postoje perspektivni prostori koji su svrstani u četiri kategorije. Prihvatajući ovu podelu autor je dopunio istu sa najnovijim podacima o boksitima Srbije, koji su prikupljeni posle objavljivanja rada.

### Perspektivna zona unutrašnjih Dinarida

Perspektivna zona unutrašnjih Dinarida se nalazi zapadno od Šumadijsko-kopaoničke zone i pripadaju joj tereni koji leže između te zone i granice Srbije prema Bosni i Crnoj Gori, i dalje se nastavlja na Kosovo i Metohiju, Makedoniju i Grčku. Za sada su u ovoj zoni boksiti konstatovani u okolini Poćute, na Tari, Mačkatu i Grebniku. Karakteristično je da su boksitonosni rejoni u ovoj zoni retki, a ležišta su u njima grupisana, složena i mogu biti velikih dimenzija (Mačkat). Može se očekivati postojanje takvih, još neotkrivenih ležišta u ovoj zoni.

Površine perspektivne za otkrivanje novih rudnih tela i ležišta boksita predstavljaju i delovi rudnih polja, gde su dosadašnjim radovima otkrivene pojave i ležišta i gde su pojedina ležišta istražena u različitom obimu. Ovde je pronađeno više desetina pojava i indikacija boksita, a istražnim radovima otkriveno je u zapadnoj Srbiji samo desetak ležišta. Većina ovih ležišta je delimično istražena i grubo okonturena.

Boksitna rudna tela u zapadnoj Srbiji se javljaju između trijaskih karbonatnih sedimenata u podini i gornjokrednih sedimenata u povlati. Stvaranje boksita vezano je za stratigrafsku prazninu između ova dva sistema, odnosno boksiti su stvarani za vreme kontinentalne faze koja je vladala u donjoj i srednjoj kredi. Ova nesumnjiva stratigrafska kontrola boksita opravdava izdvajanje perspektivne površine za otkrivanje novih rudnih tela i ležišta boksita u svim prostorima koji u rudnim poljima leže ispod povlatnih gornjokrednih sedimenata.

### Perspektivna zona Karpato-balkanida istočne Srbije

Na osnovu analogije u geološkoj građi susednih boksitonosnih terena u Bugarskoj i Rumuniji, srednji i zapadni delovi istočne Srbije, koji su izgrađeni od krečnjaka jura-kreda, mogu se smatrati perspektivnim na boksite. To potvrđuju pojave boksita u širem predelu Bele Palanke, odnosno boksitonosnom rudnom polju Babušnice.

Po G r u b i ć u i dr. (1976) boksiti se mogu očekivati između titona i transgresivnog neokoma ili barema. Prava ležišta boksita sa ovakvim položajem još nisu poznata u našim Karpato-balkanidima, ali u južnim terenima (Suva planina) u tom nivou se nalaze pojave boksitoida. U rumunskim južnim Karpatima, međutim, prisutna su najveća i najznačajnija ležišta boksita Rumunije.
Boksiti u rudnom polju Babušnice javljaju se u vidu manjih rudnih tela između jursko,krednih krečnjaka u podini i alb-cenomanskih sedimenata u povlati. Rudna tela su nepravilno-sočivastog oblika sa rezervama od nekoliko desetina hiljada do nekoliko stotina hiljada tona. Ovo rudno polje, s obzirom na nedovoljan stepen istraženosti predstavlja veoma perspektivan prostor za pronalaženje novih rudnih tela kvalitetnog boksita.

### Povoljne površine bez ležišta i pojava boksita

U ovu kategoriju spadaju dva velika regiona Srbije: planine istočne Srbije i kristalasti tereni srednje Srbije.

Po G r u b i ć u i dr. (1976) u istočnom delu istočne Srbije, između Miroča i Vrške Čuke, nalaze se tereni sa veoma markantnim prekidima u sedimentaciji između urgona i alba. Taj prekid na Miroču je obeležen prostranim masama crvenice što može da ukaže na prisustvo boksitoida ili boksita u ovoj zoni. Otuda sve površine ispod srednjokrednih tvorevina mogu biti povoljne za otkrivanje boksita.

Na osnovu toga što su u Rumuniji nađeni boksiti koji leže preko mermera u kristalastim škriljcima, a ispod gornje krede i to u severnom produžetku kristalastih

terena srednje Srbije, opravdano je da se takvi boksiti traže i kod nas. Ovaj tip ležišta poznat je iz terena C i m p e n i S o h o d o l (Apuzeni) u Rumuniji koja ispunjavaju udubljenja u sočivima mermera iz kristalastih škriljaca, a u njihovoj povlati se nalaze senonski ugljonosni klastiti i hipuritski krečnjaci gornjosantonske starosti (P a p i u i dr., 1969). Takvi tereni u Srbiji, u kojima imamo slične uslove su obod Topličkog i Grdeličkog krednog basena, kao i pojedini delovi terena sa kristalastim škriljcima u zapadnoj Srbiji.

Oslanjajući se na geološki sastav i na prisustvo boksita u Vilanjskim i drugim planinama srednje Mađarske u literaturi je istaknuto da bi se na Fruškoj Gori mogli očekivati boksiti. G r u b i ć i dr., (1976) su tu planinu svrstali u kategoriju površina sa nejasnom perspektivnošću na mezozojske boksite. Na ovakav stav je uticala činjenica da sa Fruške Gore još nisu poznati pravi boksiti. To, medutim, ne znači da ih nema, nego to odražava između ostalog i posledicu da za njima na ovoj planini nije sistematski tragano. Osim toga, prisustvo eocenskih boksita u planinama srednje Mađarske dozvoljava pretpostavku da ih može biti i kod nas.

Dosadašnjim istraživanjima, koja su obavljena na ovim prostorima nisu registrovane pojave boksita. Na njihovo prisustvo, za sada bi ukazivala pojave boksitičnih glina nađenih na krečnjacima između Ljube i Erdevika i crvene tvorevine tipa aramonita na trijaskim krečnjacima.

Površine bez perspektive

Kristalasti tereni najvećeg dela Srpsko-makedonske mase i istočne Srbije(severoistočna Srbija i Stara planina) nisu perspektivni u pogledu nalaženja boksita. U ovu kategoriju spadaju i područja zapadne Srbije izgrađena od metamorfnih stena paleozojske starosti otkrivenih na površini. Takvi su prostrani delovi terena izgrađeni od kristalastih škriljaca koji pripadaju drinskoj i jadarskoj oblasti. Ovde spada i veliki deo terena izgrađen od serpentinisanih peridotita, peridotita i dijabaz-rožnačke formacije.

U ovu kategoriju terena možemo svrstati niska područja Posavine, kao i veliki deo Panonskog basena gde su mezozojski tereni prekriveni debelim naslagama kenozojskih tvorevina. Ova područja nisu perspektivna na boksite čak i ako su oni prisutni u starijoj podlozi, jer njihova eksploatacija u sadašnjim uslovima ne bi bila rentabilna.

## ZAKLJUČAK

1. U Srbiji se nalaze četiri geološke jedinice prvog reda, koje se međusobno razlikuju po njihovim geološkim stubovima. To su Srpsko-makedonska masa, Panonska depresija, Karpato-balkanidi istočne Srbije i unutrašnji Dinaridi zapadne Srbije. U Srpsko-makedonskoj masi i Panonskoj depresiji nisu poznata ležišta boksita tako da ceo ovaj prostor nije razmatran.

Zapadna Srbija pripada tektonskoj jedinici unutrašnjih Dinarida, koja ima veoma komplikovanu geološku građu sa složenom evolucijom. Pored paleozojskih klastita i u manjoj meri karbonatnih tvorevina, poseban značaj imaju mezozojske karbonatne, klastične i flišne formacije. Posebno obeležje ovoj zoni daju ofioliti i dijabaz-rožnačka formacija. Neogen je prisutan uglavnom u izolovanim jezerskim basenima. Tektonski sklop ovog terena je takođe složen i obeležen prisustvom navlaka nastalih za vreme kimrijskih pokreta, ali i kasnije. Taj sklop je tokom neogena jako komplikovan mlađim nametnutim strukturama. Boksiti u ovoj zoni su poznati u okolini Poćute, na Tari, Mačkatu i Grebniku.

Karpato-balkanidi istočne Srbije predstavljaju jako složen antiklinorijum uklješeten između Srpsko-makedonske mase i Mezijske ploče. Kao takav odlikuje se složenom geološkom građom, u kojoj učestvuju stene koje pripadaju najstarijim na ovim prostorima, ali i mnoge druge stvarane kroz složenu geološku istoriju sve do najmlađih savremenih sedimenata. Na ovom području izdvojene su tvorevine proterozoika, paleozoika, mezozoika i kenozoika. Pojave i ležišta boksita poznata su od sredine sedamdesetih godina na krajnjem jugoistočnom delu istočne Srbije, u blizini bugarsko-jugoslovenske granice. Javljaju se u hijatusu između malm, neokoma u podini i alb-cenomanskih klastita u povlati, u obliku nepravilno-sočivastih rudnih tela različitih dimenzija.

2. Na teritoriji SR Jugoslavije boksiti se istražuju više od pedeset godina. Prva istraživanja obavljena su krajem tridesetih godina na teritoriji Crne Gore, dok su u Srbiji započeta znatno kasnije. Istraživanja u Srbiji počinju početkom pedesetih godina na prostoru Metohije, kada su pronađeni Grebnički boksiti. U ostalim delovima Srbije traganja za boksitima počinju tek krajem sedamdesetih godina, nakon naučnih postavki o mogućnosti pronalaženja boksita na njenoj teritoriji.

Dosadašnjim istraživanjima na teritoriji Republike Srbije pronađeno je nekoliko desetina pojava i ležišta boksita. Rezultati tih istraživanja ukazuju da Srbija raspolaže značajnim koncentracijama ove mineralne sirovine i da može razvijati aluminijumsku industriju na sopstvenoj sirovinskoj bazi ili u saradnji sa Crnom Gorom.

3. Teritorija Srbije, sa aspekta boksitonosnosti se može smatrati nedovoljno istraženom. Stepen istraženosti je relativno nizak u pojedinim rudnim poljima, sem

Grebničkih i boksita Poćute. Ovakvo stanje u istraženosti predstavlja teškoću prilikom metalogenetskog proučavanja i ocene perspektivnosti.

4. Pojave i ležišta boksita u Srbiji pripadaju dvema metalogenetskim provincijama: dinarskoj i karpato-balkanskoj. Boksiti se javljaju u zoni unutrašnjih Dinarida kao i krajnjem jugoistočnom delu Karpato-balkanida koji pripadaju Srbiji. Još uvek nije pronađena ni jedna pojava boksita u Srpsko-makedonskoj masi i u Panonskom basenu, što ne znači da u tim terenima ne treba tragati za boksitima.

5. Na teritoriji Republike Srbije za sada su poznata dva boksitonosna horizonta: **donjokredni boksiti** zapadne i istočne Srbije, i **gornjokredni boksiti** Metohije, u literaturi opisivani kao grebnički boksiti. Donjokredni boksiti se nalaze između malm-neokoma i alb-cenomana (istočna Srbija) i između trijasa i krede (zapadna Srbija). Utvrđeno je da crveni boksiti zapadne Srbije leže preko krečnjaka ladinskog kata (Poćuta), ladinsko-karnijskih krečnjaka (Mačkat) i karnijskih krečnjaka (Tara). Gornjokredni boksiti Grebnika leže između turonskih krečnjaka u podini i mastrihtskih rudistnih krečnjaka u povlati.

6. Crveni boksiti zapadne i istočne Srbije su bemitskog, osim Grebničkih koji su dijasporskog tipa. Stalni mineralni sastav boksita je sledeći: bemit, hematit, kaolinit i Ti-minerali (Poćuta, Tara, Mačkat, Babušnica), a kod Grebničkih kao glavni nosioc aluminijuma javlja se dijaspor. Ostali minerali kao getit, hlorit, opal, hromni spinel, hromit, sfen i rutil javljaju se u minimalnim količinama.

7. Karstni boksiti Srbije se odlikuju velikom promenljivošću hemijskog sastava, čija je varijabilnost izražena kako u horizontalnom tako i u vertikalnom pravcu. Varijabilnost sadržaja je naročito izražena kod aluminije i silicije. Najkvalitetniji boksiti su Grebnički, gde se $Al_2O_3$ kreće od 38-58%, a $SiO_2$ od 0,9-9%, zatim boksiti u ležištu Petrovići sa srednjim sadržajem $Al_2O_3$ od 48,33% i $SiO_2$ od 7,64%. U ležištu Trafostanica postoje delovi ležišta kvalitetnog boksita sa silicijskim modulom preko 7 (46,07% $Al_2O_3$, 6,53% $SiO_2$).

Pojave i ležišta boksita u rudnom polju Babušnica su bemitskog tipa i veoma promenljivog kvaliteta. Postoje vrlo kvalitetni boksiti sa $Al_2O_3$ preko 60% i $SiO_2$ ispod 2%. Kvalitetniji boksiti se nalaze u zapadnom boksitonosnom pojasu, dok su u istočnom slabijeg kvaliteta.

Količina aluminijuma u pojedinim ležištima ili delovima ležišta zadovoljava kriterijume koji se postavljaju za kvalitetnu rudu, ali to nije slučaj sa silicijumom. Treba istaći da u rudnom polju Poćute, Tare, Mačkata i Babušnice, ima takvih boksita koji odgovaraju zahtevima Bayer-ovog postupka, jer se silicija nalazi u dozvoljenim granicama, ali ima i takvih u kojima se ona penje i preko 20%.

8. Boksiti, pored osnovnih komponenti, sadrže i čitav niz mikroelemenata koji pored ekonomskog značaja mogu biti od izvanredne koristi pri rešavanju mnogih problema u istraživanju. Geohemijskim ispitivanjem boksita rešava se poreklo elemenata i matičnog materijala koji je poslužio za stvaranje boksita, zatim sastav boksita, tumačenju složenih još uvek nedovoljno razjašnjenih uslova postanka

boksita. Dobijeni su rezultati na osnovu kojih se zapaža ponašanje u migraciji i distribuciji mikroelemenata pratioca glavnih elemenata u boksitima. U boksitima zapadne Srbije povećane su koncentracije Fe, Cr, Ni, Co, V, La i Sc, za razliku od boksita istočne Srbije, što svakako govori o poreklu materijala od koga potiču boksiti.

9. Na osnovu prikupljenih podataka za karstne boksite Srbije može se zaključiti da oni predstavljaju kontinentalne tvorevine. Rudna tela su obrazovana na karbonatnim stenama za vreme kopnene faze koja je trajala tokom cele donje krede, a u nekim rudnim poljima zahvatila je i deo gornje krede. Upoređivanjem pojedinih rudnih polja, vidi se da je dužina trajanja kopnene faze bila različita.

Boksiti Srbije pripadaju karstnom tipu, a potiču od lateritskih kora raspadanja formiranih na različitim stenama u toku donje krede. Ona je pored boksita dala i oolitske rude gvožđa, ležišta nikla i drugo. Do sada je dokazano samo učešće materijala sa ultrabazičnih laterita od kojih potiču obogaćenja u boksitima Fe, Cr, Ni i Co u pojedinim ležištima zapadne Srbije. Sadržaj aluminijuma u ovim stenama je nizak, pa stoga aluminijum u boksitima svakako vodi poreklo od drugih stena. To nesumnjivo govori o postojanju lateritskih kora raspadanja formiranih na stenama bogatim aluminijumom. Lateritske kore su se u povoljnim paleoklimatskim uslovima formirale na:

a) silikatnim stenama bogatim aluminijumom i
b) ultrabazično-bazičnim stenama bogatim Fe, Ni, Cr i Co

Stvaranje ležišta boksita počinje razaranjem kora raspadanja i redepozicije boksitnog materijala u već stvorene paleokarstne oblike na krečnjacima podine. Deponovani materijal je pretrpeo različit stepen boksitizacije u pojedinim rudnim poljima, pa sada imamo po kvalitetu raznovrsna ležišta boksita. Ovaj proces se odvijao na površini karstifikovanih krečnjaka dejstvom površinskih ponirajućih voda i umnogome je zavisio od stepena karstifikacije i nivoa podzemnih voda. Ukoliko je karstifikacija bila intenzivnija, nivo podzemnih voda je bio niži od sloja boksita, čime su bili stvoreni povoljni uslovi za odvijanje procesa boksitizacije.

10. Geološka proučenost, obim i intenzitet do sada izvedenih geološko-istražnih radova veoma su različiti u pojedinim boksitonosnim rudnim poljima, što predstavlja teškoću prilikom njihovog metalogenetskog proučavanja i ocene perspektivnosti. U osnovi stepen istraženosti zapadne i istočne Srbije je veoma nizak u odnosu na njihovu veličinu i potencijalnost na boksite. Visok stepen istraženosti ima samo rudno polje Grebnika, i samo manji prostori u ostalim rudnim poljima. Prema stepenu istraženosti rudna polja i ležišta crvenog boksita se mogu grupisati: a) rudna polja i ležišta sa visokim stepenom istraženosti, b) delimično istražena rudna polja i c) neistraženi perspektivni tereni.

Na osnovu svega napred iznetog nameće se zaključak da je teritorija zapadne i istočne Srbije nedovoljno istražena. Zbog toga je potrebno geološkim istraživanjima obuhvatiti terene između boksitonosnih rudnih polja Tare i Mačkata, južno od

boksitonosnog rudnog polja Mačkata prema Kosovu i Metohiji i terene u istočnoj Srbiji gde su sačuvani podinski malm-neokomski krečnjaci i krovinski sedimenti gornje krede.

Prihvatajući ocenu perspektivnosti mezozojskih boksita Jugoslavije G r u b i ć a i grupe autora (1976), na području Srbije postoje perspektivne površine koje su svrstane u četiri kategorije: 1. perspektivna zona unutrašnjih Dinarida koja zahvata zapadnu Srbiju, 2. perspektivna zona Karpato-balkanida istočne Srbije, sa pojavama i ležištima boksita u rudnom polju Babušnica, 3. povoljne površine bez pojava i ležišta boksita gde spadaju planine istočne Srbije i kristalasti tereni srednje Srbije i 4. površine bez perspektive – kristalasti tereni najvećeg dela Srpsko-makedonske mase i istočne Srbije.

## LITERATURA – REFERENCES

**Adams J. A., Ričardson K. A.**, 1957: - Thorium, uranium and potassium contents of bauxites, Bull. Geol. Soc. America, V, 68, 8, 1693-1698

**Adams J. A., Ričardson K. A.**, 1960: - Thorium, uranium and zirconium concentration in bauxite, Econ. Geol., V, 55, 1673-1675

**Anđelković J., Krstić B.**, i dr., 1977: - Karta i tumač za OGK 1:100.000, list Pirot-Breznik, SGZ, Beograd

**Arsić B.**, 1973: - Rezultati istraživanja boksita Grebnika SAP Kosovo, II Jugoslovenski simpozijum o istraživanju i eksploataciji boksita, A - IX, Tuzla

**Arsić B., Pejović D., Nikolić M.**, 1974: - Izveštaj o stratigrafskoj prospekciji jugoslovenslog dela trnsko-belopalanačkog boksitonosnog pojasa, Fond struč. dokum. Geozavoda, Beograd

**Arsić B., Nikolić M., Pejović D., Radoičić R.**, 1976: - Stratigrafija jugoslovenskog dela kredne paramunsko-belopalanačke boksitonosne zone (jugoistočna Srbija), IV Jugoslovenski simpozijum o istraživanju i eksploataciji boksita, 49-50, Herceg Novi

**Arsić B.**, 1980: - Izveštaj o regionalnim istraživanjima boksitonosnog područja Babušnice u 1979. godini, Fond struč. dokum. Geozavoda, Beograd

**Arsić B.**, 1982: - Izveštaj o regionalnim istraživanjima boksitonosnog područja Babušnice u 1981. godini, Fond struč. dokum. Geozavoda, Beograd

**Aesić B.**, 1984: - Izveštaj o regionalnim istraživanjima boksitonosnog područja Babušnice u 1983. godini, Fond struč. dokum. Geozavoda, Beograd

**Arsić B.**, 1986: - Izveštaj o regionalnim istraživanjima boksita područja Poćute u 1985. godini, Fond struč. dokum. Geozavoda, Beograd

**Arsić B., Podunavac D., Todorović M.**, 1984: - Projekat regionalnih istraživanja boksita Grebnika u 1984, 1985 i 1986. godini, Fond struč. dokum. Geozavoda, Beograd

**Arsić B., Podunavac D., Luković B.**, 1987: - Izveštaj o regionalnim istraživanjima boksitonosnog područja Babušnice u 1986. godini, Fond struč. dokum. Geozavoda, Beograd

**Banjac N.**, 1992: - Geologija gornje krede Mokre Gore (zapadna Srbija), Doktorska disertacija odbranjena na Rudarsko-geološkom fakultetu, 257, Beograd

**Bardossy Gy.**, 1969: - Comparasion des bauxites de Karst, Anales Inst. Geol. Publ. Hungarici, vol XXIX, fase 4, Budapest

**Bardossy Gy.**, 1970: - Comparaison des bauxites de Karst. MAFI, Evk. 54, 3, 51-65, Budapest

**Bardossy Gy.**, 1973: - Bauxites Formation and Plate Tectonics, Acta Geologica Academiae Scientiarum Hungaricae, Tomus 17/1, 141-154

**Bardossy Gy.**, 1981: - Karstovie boksiti, Mir, Moskva

**Bušinskij G.I.**, 1964: - Voprosi geologijii geohemiji boksitov, Akademija nauk SSSR, Geologičeskij institut, Moskva

**Bušinskij G.I.**, 1966: - Uspesi izučenija genezisa boksitov za posledanije desjat let (1955-1965), V. sb.: "Genesis boksitov", 5-30, Moskva

**Bušinskij G.I.**, 1967: - Zakonomernosti razmešćenija boksitov v geosinklinalnih oblastjah, Tr. SNIIGGIMS, Vip. 66, 9-25, Novosibirsk
**Bušinskij G.I.**, 1970: - O zaležah boksitov sredizemnomorskogo tipa, MAFI Evk., 56, 3, 21-27, Budapest
**Bušinskij G.I.**, 1975: - geologija boksitov, Nedra, Moskva
**Bušinskij G.I.**, 1975: - Savremenoe sastojanie problemi genezisa boksitov, Problemi genezi boksitov, Akademija nauk SSSR, Moskva
**Brković D.**, 1970: - Geologija boksita Metohije, Zbornik radova PEK kombinat Kosovo, Sv. 2, 49-68, Priština
**Burić P.**, 1966: - Geologija ležišta boksita Crne Gore, Posebna izdanja Geološkog glasnika, knj. VIII, 276, Sarajevo
**Cicmil S.**, 1984: - Metalogenija mezozojskih ležišta crvenih boksita jugozapadne Crne Gore, Rudnici boksita Nikšić, 134, Nikšić
**Ćirić B.**, 1996: - Geologija Srbije, Geokarta, 273, Beograd
**Dangić A.**, 1987: - Geohemija u istraživanju mineralnih sirovina, Okrugli sto-savremene metode geoloških istraživanja i metode obrade podataka, Energoinvest, knj. 27, 109-126, Sarajevo
**Dangić A., Podunavac D.**, 1993: - Detritični boksiti sa crvenicom-novi genetski tip boksita, oblast Metohije (JZ Srbija), Zbor SGD od 31.05.1993. godine, Beograd
**Dangić A., Gordanić V.**, 1994: - Geohemija boksita Poćute (z. Srbija): Pojavljivanje i sadržaji radioaktivnih elemenata i kalijuma, Radovi Geoinstituta, knj. 29, 207-214, Beograd
**Dangić A.**, 1995: - Geohemijski procesi i radionuklidi u prirodi, Monografija "Jonizujuća zračenja u prirodi", Institut za nuklearne nauke Vinča, 41-56, Beograd
**D'Argenio B., Mindszenty A.**, 1987: - Cretaceous bauxites in the Tectonic Framewoek of the Mediterranean; Societa geologica Italiana, Vol. 9, 263-268, Roma
**D'Argenio B., Mindszenty A.**, 1992: - Tectonic and climatic control on paleokarst and bauxites, G. Geological, ser. 32, vol. 54/1, 207-218, Bologna
**D'Argenio B., Mindszenty A.**, 1995: - Bauxites and related paleokarst: Tectonic and climatic event markers at regional unconformites, Eclogal geol. Hel. 88/3, 453-499, Basel
**Dimitrijević M., Obradović D., Dimitrijević D. M.**, 1996: - Gornja kreda područja Ravni, Geologija Zlatibora, Posebna izdanja Geoinstituta, knj. 18, 75-85, Beograd
**Dudič E.**, 1975: - Obzor boksitovih mestoro-denij Vengerskoj narodnoj respubliki, Geologija rudnih mestoro-denij, T. XVII, No 3, 93-103, Akademij nauk SSSR, Moskva
**Gordanić V., Timotijević S.**, 1995: - Radioaktivnost boksita zapadne Srbije, Monografija "Jonizujuća zračenja iz prirode", 83-91, Institut za nuklearne nauke "Vinča", Beograd
**Gordanić V., Timotijević S., Todorović M., Kačarević M.**, 1996: - Atmogeohemijska ispitivanja boksitonosnog područja Mačkata: geološke zone,

kontaminacija vazduha radioaktivnim elementima, Društvo za čistoću vazduha Srbije, knj. 2, 45-52, Beograd

**Grubić A.**, 1975: - Geologija Jugoslovenskih boksita, Posebna izdanja SANU, knj. 44,181, Beograd

**Grubić A.**, 1976: - Quelques modeles sedimentologiques de la bauxitogenese mediterraneene ou karstique, Travaux ICSOBA, No 13, 37-50, Zagreb

**Grubić A.**, 1980: - An outline of geology of Jugoslavija, 26 th International geological congress, No 15, 5-49, Paris

**Grubić A., Antonijević I.**, 1973: - Razmatranje mogućnosti nalaska boksita u istočnoj Srbiji, II Jugoslovenski simpozijum o istraživanju i eksploataciji boksita, A - VII, Tuzla

**Grubić A., Milovanović D., Petković M., Dragović D., Antonijević I.**, 1976: - Ocena perspektivnosti pronalaženja ležišta mezozojskih boksita, IV Jugoslovenski simpozijum o istraživanju i eksploataciji boksita, 13-16, Herceg Novi

**Grubić A., Timotijević S.**, 1983: - New Bauxite deposits on the Zlatibor Mountain, Travaux., ICSOBA, No 18, 23-28, Zagreb

**Grubić A., Timotijević S., Ercegovac M., Kezunović V.**, 1988: - Starost klastita u povlati boksita na Zlatiboru i u Vlaseničkoj zoni, VI Jugoslovenski simpozijum o istraživanju i eksploataciji boksita, 53-56, Herceg Novi

**Hiessleitner G.**, 1951/52: - Serpentinund Chromerz-Geologie der Balkan-halbinsel und eines Teiles von Kleinasien, Jahrbuch d. geol. Bundesthnstalt, Sonderband 1, Teil I. II, Wien

**Janković S.**, 1981: - Ležišta mineralnih sirovina - geneza rudnih ležišta, R.G.F., 529, Beograd

**Janković S.**, 1990: - Rudna ležišta Srbije, Republički društveni fond za geološka istraživanja Srbije, 760, Beograd

**Karanov H.**, 1965: - Boksitite na Trnsko, Spisanie na Balg. geol. druz., god. XXVI, knj. 1, 21-40, Sofija

**Keller W.D.**, 1962: - The principles of chemical weathering, Lucas Brothers, Columbia, Missouri

**Krstić B., Maslarević Lj.**, 1989: - Morski paleozoik između Nišave i Ruja, Geološki anali Balk. poluos., LIII, 23-76, Beograd

**Lončarević Č.**, 1980: - Karta i tumač za list OGK 1:100.000, List Orahovo, SGZ, Beograd

**Maignien R.**, 1966: - Compte rendu de recheres sur les laterites, Recherches nature lles, IV, 155, p, UNESCO

**Maksimović Z.**,1972: - N i m e s i t e – a new septechlorite from a bauxite deposit nea Megara (Greece), Bull. Sci. Yugosl. 17, 224-226

**Maksimović Z.**, 1973: - Nickel clay minerals in some laterites bauxites and oolitic iron ores. – VI Conference of clay mineralogy and Petrology, Prague

**Maksimović Z.**, 1976: - Mikroelementi u nekim našim ležištima boksita i njihov značaj, IV Jugoslovenski simpozijum o istraživanju i eksploataciji boksita, 29-33, Herceg Novi

**Maksimović Z.**, 1974: - Geneza nekih mediteranskih karsnih ležišta boksita, Zapisnici SGD, 143-151, Beograd
**Maksimović Z.**, 1988: - Geneza mediteranskih karstnih boksita i karstnih ležišta nikla, Glas SANU CCCLIII, Odelj. prir. - matem. nauka, knj. 52, 111-132, Beograd
**Maksimović Z.**, 1973: - Nikl u nekim mediteranskim ležištima boksita, II Jugoslovenski simpozijum o istraživanju i eksploataciji boksita, C - III, Tuzla
**Maksimović Z.**, 1979: - Genetski odnosi između karsnih boksita i karsnih ležišta nikla, V Jugoslovenski simpozijum o istraživanju i eksploataciji boksita-izvodi iz referata, 99, Vlasenica
**Maksimović Z.**, 1982: - Rude vezane za fosilne kore raspadanja u Dragačevu i okolini, Zbornik sa savetovanja * Istraživanje i mogućnosti korišćenja mineralnih sirovina potencijala Dragačeva i okoline*, 51-54, Lučani
**Maksimović Z., Dangić A.**, 1988: - Način pojavljivanja mikroelemenata u našim boksitima u vezi problema njihovog iskorišćavanja, VI Jugoslovenski simpozijum o istraživanju i eksploataciji boksita, 61-65, Herceg Novi
**Maksimović Z., Pirc S.**, 1990: - Uranium in Mesozoic karstic bauzites of Yugoslavia ang Greece, 2 nd Meeting of IDCP-287, Oct. 1990. Dephi Greece, Abstracts; Newsletter of the IGCP Project 287; Tethyan Bauxites, No 3, 16, Beograd
**Milovanović B.**, 1937: - O cenomanu u zapadnoj Srbiji, Zapisnici SGD za 1936. god., Geološki anali Balk. pol., knj. XIV, 292-296, Beograd
**Misirlić M., Mitrović M.**, 1969: - Osobine boksita iz rudnika Grebnik, Rudarski glasnik Rudarskog instituita, No 2, 42-67, Beograd
**Mojsilović S.**, i dr., 1975: - Karta i tumač za OGK 1:100.000, List Valjevo, SGZ, Beograd
**Nicolas J., Bildgen P.**, 1979: - Relations between the location of the karst Bauxites in the northern Hemisphere, The global tectonics and the climatic variations during geological time, Paleogeogr., Paleoclimat., 28, 205-239
**Olujić I., Karović J.**, 1986: - Karta i tumač za OGK 1.100.000, List Višegrad, SGZ, Beograd
**Pajović M.**, 1996: - Geologija i geneza boksita Crne Gore, Doktorska disertacija odbranjena na Rudarsko-geološkom fakultetu, 191, Beograd
**Pavlović M.**, 1980: - Izveštaj o regionalnim istraživanjima boksitonosnog područja Poćute u 1979. godini, Fond. struč. dokum. R.D.F. za geološka istraživanja, Beograd
**Papiu V.C., Minzatu s., Iosof V.**, 1969: - Genetishe typen der Karstbauxite in den romanischen Kreideformation, Anales Inst. geol., Publ. Hungarici, vol. LIV, fasc. 3, 241-254, Budapest
**Pejović D.**, 1957: - Geološki i tektonski odnosi terena šire okoline Poćute (zapadna Srbija) s naročitim obzirom na biostratigrafiju gornjokrednih tvorevina, Posebna izdanja Geol. inst. "J. Žujović", knj. 8, Beograd
**Pejović D., Pašić M.**, 1958: - Razviće turona u široj okolini sela Ravni i Sirogojna (zapadna Srbija), Zbornik radova Geol. inst. "J. Žujović", knj. 10, 21-28, Beograd

**Pejović D., Radoičić R.**, 1969: - Biostratigrafija kredne serije šire okoline Grebničke planine, Referat na simpozijumu Dinarske asocijacije, Zagreb
**Pejović D., Radoičić R.**, 1973: - O stratigrafijj povlatne serije boksita Vlasenice, II Jugoslovenski simpozijum o istraživanju i eksploataciji boksita, A - V, 1-8, Tuzla
**Pejović D., Radoičić R.**, 1974: - Biostratigrafsko proučavanje kredne serije Mokre Gore, Interni izveštaj, Fond struč. dokum. Geozavoda, 12, Beograd
**Pejović D., Arsić B., Radoičić R.**, 1974-1978: - Geologija ležišta raspadanja na teritoriji Sr Srbije - boksiti, Fond struč. dokum. Geozavoda, Beograd
**Pejović D., Arsić B.**, 1977: - Istraživanje kore raspadanja tokom krede sa naročitim osvrtom na boksitonosnost, Fond struč. dokum. Geozavoda, Beograd
**Pejović D., Radoičić R.**, 1976: - Nalazak boksita u okolini Valjeva (zapadna Srbija), IV Jugoslovenski simpozijum o istraživanju i eksploataciji boksita, 51-52, Herceg Novi
**Pejović D., Radoičić R.**, 1979: - Prilog biostratigrafiji boksitonosnog područja okoline Poćute (zapadna Srbija), V jugoslovenski simpozijum o istraživanju i eksploataciji boksita-izvod iz referata, 61, Vlasenica
**Pejović D., Arsić B.**, 1977: - Geologija ležišta raspadanja na teritoriji SR Srbije-boksiti, Fond struč. dokum. Republičkog druš. fonda za geološka istraživanja, Beograd
**Pejović D., Krstić B.**, 1980: - Stratigrafski položaj boksita u jugoslovenskom delu Karpato-balkanida, Glas SANU CCCXVII, Odelj. prir.-matem. nauka, knj. 26, 79-85,Beograd
**Podunavac D.**, i dr., 1988: - Izveštaj o regionalnim istraživanjima boksitonosnog područja Babušnice u 1987 godini, Fond. Struč. dokum. Geozavoda, Beograd
**Podunavac D., Arsić B., Poljaković M.**, 1989: - Elaborat o rudnim rezervama A i B kategorije na ležištu Petrovići, Poćuta kod Valjeva, Fond struč. dokum. Geozavoda, Beograd
**Podunavac D., Timotijević S.**, 1994: - Boksiti Babušnice (istočna Srbija), Radovi Geoinstituta, knj. 30, 183-195, Beograd
**Podunavac D., Ljubić R.**, 1998: - Boksiti Kline, Zbornik radova 13 Kongresa geologa Jugoslavije, IV, 781-785, Herceg Novi
**Popović R.**, 1984: - Metalogenija metamorfikuma drinske oblasti (zapadna Srbija), Posebna izdanja Geoinstituta, 9, 136, Beograd
**Protić M.**, 1970: - O monohidratnim gvožđevitim boksitima Grebničke planine (Metohija), Zbornik radova RGF, knj. 13, 41-53, Beograd
**Radoičić R.**, 1972: - Prilozi za stratigrafiju gornje krede zapadne Srbije, Glasnik prirodnjačkog muzeja u Beogradu, knj. 27, 109-114, Beograd
**Radoičić R.**, 1984: - Starost povlatnih sedimenata Ni-Fe ležišta unutrašnjih Dinarida, Radovi Geoinstituta, knj. 17, 133-136, Beograd
**Radoičić R.**, 1987: - Bauxites of the Internal Dinarides: stratigraph and facies of bedrock and cover (Bosnia-Metohija sector), Rend. Soc. Geol. Jt., 9 (1986), 277-280
**Radoičić R.**, 1995: - Prilog biostratigrafiji krede Zlatibora, Radovi Geoinstituta, knj. 31, 17-30, Beograd

**Ranković M.**, 1973: - Neke pravilnosti o pojavljivanju boksitnih ležišta na području istočne Bosne, II Jugoslovenski simpozijum o istraživanju i eksploataciji boksita, A-IX, 1-6, Tuzla

**Ranković M., Čuljković M.**, 1979: - Boksiti istočne Bosne kao produkt donjokredne kore raspadanja, V Jugoslovenski simpozijum o istraživanju i eksploataciji boksita – Izvodi iz referata, 59, Vlasenica

**Rijavec S.**, 1956: - Grebnik, pojava feroznih boksita, Izveštaj u fondu stručne dokumentacije Trepče

**Simić N., Kecojević V., Knežević M.**, 1988: - Primena geofizičkog karotaža pri istraživanju ležišta boksita u Jugoslaviji, VI Jugoslovenski simpozijum o istraživanju i eksploataciji boksita, Zbornik radova, 107-121, Herceg Novi

**Sinicin V.I.**, 1976: - Klimat laterita i boksita, Izd. "Nedra", 152, Moskva

**Timotijević S.**, 1983: - Geološke karakteristike boksita Tare, Radovi Geoinstituta, knj. 16, 169-178, Beograd

**Timotijević S.**, 1984: - Metalogenija boksita zapadne Srbije, Magistarska teza branjena na Rudarsko-geološkom fakultetu, 75, Beograd

**Timotijević S.**, 1986: - O genezi boksita zapadne Srbije, Radovi Geoinstituta, knj. 19, 61-71, Beograd

**Timotijević S., Bojić M.**, 1986: - Boksiti Zlatibora, Radovi Geoinstituta, knj. 19, 157-172, Beograd

**Timotijević S.**, 1988: - Nova saznanja o geologiji boksitonosnog područja Mačkata, Radovi Geoinstituta, knj. 21, 7-25, Beograd

**Timotijević S., Arsić B., Grubić A.**, 1991: - Potencijalnost Srbije na crvene boksite (II faza), Fond struč. dokum. Geoinstituta, Beograd

**Timotijević S.**, 1992: - Stratigrafski položaj boksita zapadne Srbije, Radovi Geoinstituta, knj. 27, 73-80, Beograd

**Timotijević S., Podunavac D.**,1994: - Geologija ležišta boksita zapadne Srbije, Radovi Geoinstituta, knj. 29, 271-291, Beograd

**Timotijević S., Grubić A., Podunavac D.**, 1995: - Cretaceous bauxites of the Carpatho-Balcanides of Serbia, XV Congres Carpatho-Balcan geological association, No 4/2, 849-852, Athens, Greece

**Timotijević S.**, 1995a: - Sedimenti u povlati boksita Tare, Radovi Geoinstituta, knj. 31, 61-71, Beograd

**Timotijević S.**, 1995: - Metalogenetsko prognoziranje ležišta boksita zapadne Srbije, Posebna izdanja Geoinstituta, knj. 14, 102, Beograd

**Timotijević S.**, 1996: - New bauxite deposits in Serbia (Yugoslavia), Zbornik abstrakta 30. Međunarodnog geološkog kongresa (30-th IGC – Abstract), No 2, 802, Beijing, China

**Timotijević S.**, 1996a: - Pojave boksitičnih glina južno od Valjeva, Radovi Geoinstituta, knj. 33, 161-169, Beograd

**Timotijević S.**, 1996b: - Pojave gvoždevito-boksitičnih sedimenata na Mačkatu, Radovi Geoinstituta, knj. 33, 149-159, Beograd

**Timotijević S., Grubić A.**, 1996: - Kredni zlatiborski boksiti na Mačkatu, Posebna izdanja Geoinstituta, 18, 87-95, Beograd

**Timotijević S.**, 1997: - Izveštaj o regionalnim istraživanjima boksita Srbije u 1996. godini, Fond struč. dokum. Geoinstituta, Beograd
**Timotijević S.**, 1997: - Nova ležišta boksita u Srbiji, Anali Balkanskog poluostrva, LXI, 473-496, Beograd
**Timotijević S., Podunavac D.**, 1997: - Geološke karakteristike pojava boksita u Kaluđerovu (Babušnica), Radovi Geoinstituta, knj. 34, 159-170, Beograd
**Timotijević S.**, 1998: - Radioaktivnost boksita na Mačkatu, Radovi Geoinstituta, 35, 199-209, Beograd
**Timotijević S.**, 1998: - Boksiti Srbije, Zbornik radova 13 Kongresa geologa Jugoslavije, 4, 65-80, Herceg Novi
**Timotijević S., Podunavac D.**, 1998: - Geochemical characteristics of bauxites in western Serbia (Yugoslavia), Abstracts, Carpathian-balkan geol. assoc., XVI Congress, 598, Wienna, Austria
**Timotijević S., Vukašinović S.**, 1998: - The methodology and results of bauxite explorations in the Zlatibor-Tara area, Radovi Geoinstituta, 35, 49-58, Beograd
**Wedepohl K.H.**, 1971: - Geochemistry. – Holt, Rinehart and Winston, Inc. New York

## SUMMARY

## CRETACEOUS BAUXITES OF SERBIA

Deposits and occurrences of bauxites in Yugoslavia belong to two metallogenic provinces: Dinaric and Carpatho-Balkanides. They are concentrated in several bauxite areas: Monte Negro, western Serbia, Metohija and eastern Serbia. The most important are deposits in Monte Negro and Metohija, while those in western and eastern Serbia are less known because they were last discovered. Explotation of bauxites took place in some of the deposits in Monte Negro and Metohija.

In F.R. Yugoslavia bauxites have been explored for more than fifty years. First investigations were performed at the end of thirties in Crna Gora (Montenegro), and from that time, they have continuously enrolled. Explorations in Republic of Serbia, commenced much later, at the beginning of fifties, in the Metohija area, when the Grebnica bauxites were discovered. In other parts of Serbia search for bauxites began just to the end of seventies, because it had been considered that in that country there are no bauxites, although the outcrops of this mineral raw material were known in the Tara mountain.

The intensive and systematic bauxite explorations in western and eastern Serbia started in 1978. The results of this work showed that in these tracts of land exist red bauxites which earlier were not known. By exploratory works the reserves from around hundred thousand to several million tons were discovered. Some occurrences exhibit partially or completely eroded overlying sediments, thus leaving bauxites at surface. Bauxites are of the karst type, showing very variable grades, from very high grade with high $Al_2O_3$ contents and low $SiO_2$ grades, to the low quality ones, passing to clayey bauxites.

By exploratory works to date in the territory of F.R. Yugoslavia several hundreds of bauxite occurrences and deposits were discovered. Results of these explorations show that in Yugoslavia the considerable concentrations of this mineral raw material is available and that this country is able to develop production of aluminum based on the own source of raw materials.


## SPATIAL DISTRIBUTION AND GEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF BAUXITES IN SERBIA

The bauxite occurrences and deposits in F.R. Yugoslavia are related to two metallogenic provinces: Dinaric and Carpatho-Balkanic. In Serbia bauxites occur in the Internal Dinaric zone, as well as in the extreme southeastern part of Carpatho-Balkanids which belongs to Serbia. None of bauxitic occurrences has still been found in the Serbo-Macedonian mass and in Panonian basin but it does not mean that these terrains would be excluded from the searches for bauxites.

## INTERNAL DINARIDES

The promising zone of Internal Dinarids occurs to the northeast of the main Mesozoic bauxite zone of Dinarids. In Serbia this zone strikes along the western Republic's frontier, from Cer mountain to the north, to the Kosovo-Metohija depression to the south, and further to Greece, ending at the eastern margin of the ophiolitic belt. Here occur very complex terrains exhibiting a complicated evolution. In this zone until recently only two bauxite-bearing levels have been known: Middle Cretaceous and Upper

Cretaceous ones. In this large zone the Vlasenica Middle Cretaceous bauxites and the Grebnik Upper Cretaceous bauxites formerly were known. It is interesting that the bauxite-bearing districts are rare, and deposits inside them are clustered and complex, and may be of large sizes, as this one in Vlasenica (Grubić et all., 1976).

The zone of Internal Dinarides is of a very complex setting with complicated evolution. Beside Paleozoic clastites and in lesser degree carbonate deposits, the calcareous, clastic, and flysch Mesozoic formations are of particular importance. The special feature of this zone are ophiolites and Diabase-Chert Formation. The Neogene deposits are generally present in isolated lacustrine basins. The tectonical set-up of this terrane is also complex and marked by overthrusts formed during Kimmerian movements, but also by later events. This set-up was during Neogene strongly complicated by younger superimposed structures.

In the zone of Internal Dinarids in the territory of Republic of Serbia, for the time being two bauxite-bearing horizons are known, such as Lower Cretaceous bauxites of western Serbia and Upper Cretaceous bauxites of Metohija, in literature known as Grebnica bauxites. Numerous data about properties and age of bauxites in Serbia, especially collected during about last fifteen years enabled us to speak today with much certitude about characteristics of these bauxites with red earth, most probably Quaternary in age.

### Lower Cretaceous bauxites

The oldest bauxites in the zone of Internal Dinarides are Lower Cretaceous in age. They are situated between Middle Triassic and Upper Cretaceous sediments. To the end of seventies bauxites were almost unknown, except some smaller occurrences in the Tara Mountain. It was established that the red bauxites of western Serbia rest upon the thick bedded and massive limestones of Ladinian stage (Poćuta), Ladinian-Carnian limestones (Mačkat) and Carnian limestones (Tara).

In the framework of Dinaric province, in the part situated in the Serbian territory, three bauxite-bearing ore fields are to be distinguished:

1. Poćuta bauxite ore field,
2. Tara bauxite ore field, and
3. Mačkat bauxite ore field

The **P o ć u t e** Bauxite Ore Field. Bauxite occurrences and deposits have been known the end of seventies (Pejović, Radoičić, 1976), occurring at about twenty kilometers southwest of Valjevo, in circles of the Brzovice, Poćute, Sušice and Stuba villages. Terraines of Poćute and larger surroundings are built up of Paleozoic metamorphic rocks and sediments, Triassic sediments and porphyrites, then of Jurassic formations, Upper Cretaceous sediments, and Quaternary deposits.

Regarding the detailed biostratigraphical studies of the Poćute Triassic and Cretaceous sediments it was found that bauxites are irregularly distributed. They occur in the hiatus between the Ladinian limestones in the footwall and Upper Turonian limestones in the hanging wall. The ore bodies are of irregular lenselike shape covering several tens thousand square meters, exhibiting a twenty meters thickness, with characteristical rugged footwall and flat hanging wall surface. These are karstic red bauxites of the oolitic-pisolitic texture. The ore bodies are composed of compact bauxites, dirty bauxites, and bauxitic clays, which are characteristical for superficial parts of deposits and most probably are products of weathering and redeposition by erosional processes. Bauxites are irregularly distributed in the ore field, as larger or smaller ore bodies.

By explorations to date in the Poćute bauxite-bearing ore field twenty six outcrops of bauxite or bauxite-clayey material have been registered (Timotijević, Podunavac, 1994). Among all registered occurrences, only these in Petrovići, Bakića Brdo, Jasike, and Marino Brdo are larger in size. Majority of occurrences discovered at surface represent only smaller erosional bauxitic remnants, preserved in paleokarstic cavities in Middle Triassic limestones, limited in size and without economic importance. Only lesser amount of these occurrences is located in the direct proximity of the Triassic-Cretaceous boundary or on the boundary itself, and partly are situated beneath the overlying sediments.

The Petrovići deposit is the most important one and until now the most explored deposit of red bauxites in western Serbia. It is composed of two ore bodies occurring in immediate vicinity. The bauxite quality is highly variable, but as a whole it is good (Timotijević, Podunavac, 1994). The average contents of main constituents for ore bodies have completely been presented in the Table 1.

Table 1 (in %)

| Ore body | $Al_2O_3$ | $SiO_2$ | $Fe_2O_3$ | $TiO_2$ | CaO | Loss on ignition |
|---|---|---|---|---|---|---|
| No. 1 | 49.35 | 6.52 | 28.41 | 4.71 | 1.49 | 11.79 |
| No.2 | 48.20 | 7.79 | 26.34 | 4.17 | 0.90 | 11.46 |
| Average | 48.33 | 7,64 | 26,58 | 4,23 | 0.92 | 11.52 |

The Poćuta bauxites originated during the continental phase which came after deposition of Triassic calcareous sediments and Jurassic rock units. The ore bodies were formed under the favorable paleogeographic and climatic conditions. Creation of deposits was initiated by destruction of lateritic crust of weathering and by

redeposition of bauxitic material in a shallow water environment, accompanied by enfilling of karstified rooms in the footwall limestones.

The postore tectonics is remarkably expressed in the ore field, especially characterized by radial movements. The most prominent is the fault cutting the Petrovići deposit into two ore bodies, Along this fault there were some vertical shifts too, resulted in raising the individual parts of deposit to the surface level, while Cretaceous sediments were thrown down for about 50 m. Beside this fault, some smaller ruptures are visible, which cut the whole bauxite-bearing series, thus becoming crushed and deformed, but individual blocks were not remarkably moved apart.

The **T a r a** bauxite ore field covers some parts of the Tara mountain giving the same name to the field itself. The bauxite occurrences were registered in the circle of the Aluge village, than in the Mitrovac area, over limestones occurring over Perućac, as well as on Čemerište. The bauxite indications appear at several places, often nearby the Triassic limestones and Cretaceous sediments so that they could point to the bauxite presence beneath the hanging wall sediments, as it is the case with the Aluge locality.

The Tara bauxite-bearing field is generally built-up of Mesozoic rock units. The most widespread are Middle and Upper Triassic limestones, while Lower Triassic sediments are much lesser developed. Jurassic is represented by the Diabase-Chert Formation, peridotites, diabases, and gabbros. Cretaceous sediments occupy, after Triassic ones, the largest area. The lowermost part of the Cretaceous units constitute Cenomanian clastic-carbonate sediments, overlain by a series of Turonian limestones.

The bauxite occurrence is restricted to the hiatus between Triassic limestones and Upper Cretaceous sediments. Since position of these bauxites is the same as in eastern Bosnia, it could be considered the Tara ore field to represent the southern continuation of the Vlasenica bauxite-bearing district, which is known by an important deposit being exploited for a longer period. Bauxites of this ore field are characterized by a remarkable variability of mineral and chemical composition. This variability is reflected either among individual deposits or occurrences or in the same ore bodies. The clayey constituent in bauxites is very high, thus being restricted to the lower grade bauxites. Bauxites include, beside the compact and loose varieties, also clayey bauxites, bauxitic clays, and bauxitic clays with carbonates.

The degree of explorability of this ore field is at the very low level. Something more ample research workings were performed in the Aluge locality. Here the greatest number of the red bauxite occurrences was found. Near the cemetery the most important deposit was outlined by exploratory drilling. According to their morphological-structural characteristics and mode of appearance the deposits are of low sizes, occurring as smaller irregular-lense-like ore bodies. The considerable part of this bauxite ore field was destructed and eroded, so that only remnants of the ore

occurrences and deposits are commonly found, without the hanging wall sediments or only their lowermost part being present.

The **M a č k a t** bauxite ore field occurs around ten kilometers south of Užice. Bauxites were for the first time found in 1981 by geological prospection of these terrains. The remarkably important bauxite occurrences and deposits were discovered west of the Ravni village (Vezirov Potok), in the circle of the Nikojevići village (Trafostanica, meaning the transformer house), as well as in Skržute (small village Ćose). By explorations to date only a smaller part of the promising area was covered, amounting about 30 $km^2$.

The Mačkat bauxite-bearing field is featured by rather uniform geological setting. The geological column is here composed of Triassic sediments, rocks of Diabase-Chert Formation, Cretaceous and Miocene sediments. In the smaller part of the ore field occur serpentinized peridotites and Triassic volcanites.

The Mačkat bauxites appear in the eastern continuation of a geological zone, the same which includes bauxites in eastern Bosnia. They occupy the identical position, although there are some slight differences between these two districts. Bauxites are of the karst type, and originated by filling of karst paleorelief in limestones. From the stratigraphical point of view they overlie the paleokarstified Triassic (Ladinian-Carnian) and are overlain by Cretaceous (Albian-Cenomanian) clastic sediments. The discovered deposits exhibit irregular-bedded shape, covering area of several hundreds thousand square meters, with bauxite layer to 40 m in thickness. Most of this ore field is eroded and destructed, together with a part of bauxites. That is why now at several places only remnants of a deposit or the lowermost part of a bauxite layer are to be found. The footwall of a bauxite layer is highly rugged, and the hanging wall is represented by a flat surface, cut and dislocated by the postore tectonics along with bauxites. The postore tectonics is highly expressed, in such a way that the footwall limestones with bauxites are locally raised to the surface, and the hanging wall sediments remaining remarkably thrown down.

The most important bauxite deposit in the larger Mačkat area occurs in Nikojevići in the circle of Trafostanica. The deposit was traced in length probably more than 1 km, the bauxite layer showing thickness to 40 m. It is a characteristic fact that the largest thickness is found in the central part of the deposit, gradually lessering toward periphery. This deposit constitutes red bauxite of the oolitic-pisolitic texture, but some parts of the deposit, where oolites and pisolithes are almost absolutely absent, are also present. The compact bauxite is prevalent, but the looser parts, as well as the clayey bauxites are common, being characteristical for marginal parts of the deposit.

The bauxite deposit and occurrences are restricted to a group of variale mineralogical and chemical composition. This variability is expressed either in individual ore bodies or in the layer itself. The bauxite layer shows the higher grade ore, most commonly in the central part of a deposit, while going to both hanging wall and footwall these are of lower quality. Parts of the some deposit contain the

zones with high alumina and low silica, as well as zones with low alumina and high silica. The $Al_2O_3$ is 38,06-52,10%, $SiO_2$ is 5,23-16,10%, and $Fe_2O_3$ is 19,08-41,25%.

## Upper Cretaceous bauxites

The bauxite occurrences and deposits appear in the eastern part of the Metohian basin, located at branches of the Grebnica mountain, which is the origin of name for the Grebnica bauxites. It was found the bauxites to trend in the north-south direction, from the Dolac village to the north, across the Grebnica mountain, Labučevo and Okovani, to the Zatriće village to the south. The western border of the bauxite zone constitute serpentinite of the Orahovac peridotite massif, as well as the Diabase-Chert Formation, and the eastern border represent the overthrusted serpentinites with the Cretaceous series of the "eastern development". After Arsić (1973) the bauxite zone sinks to the north beneath the Pliocene sediments, and to the south near the Zatrići village it tectonically thins between two serpentinite thrust faults. In this zone several tens (about 60) bauxite occurrences and deposits, some of them either outcroping or being covered by the hanging wall rocks, were found.

The footwall of bauxite constitute Lower Cenomanian well bedded shallow-water limestones, seldom dolomitic limestones, and the Lowermost Middle Turonian beds, of the total thickness ranging to 200 m. They are unconformably overlain, along with the irregularly distributed pockets-lenses of bauxite ore bodies, by the transgressive Mastrichtian rudist limestones, to 80 m in thickness (Arsić, 1973). In the relief of the footwall rocks and beneath the ore occurs limestone breccia with the bauxite cement.

The Grebnik bauksite-bearing zone, as well as the larger area, during Paleogene was intensively folded and crushed. Along the larger faults and fault zones locally took place the more intensive vertical movements, sinking and raising larger blocks of the bauxite-bearing zone respectively. The whole bauxite-bearing series is cut by a system of longitudinal and transversal or diagonal faults, being devided into more or less shifted blocks. Depending on these movements the morphology of terrain, erosional level and thickness of the hanging wall sediments remarkably vary in individual parts of the zone. Only along the western border of the series, as well as at southern slopes of the Grebnica mountain the bauxite ore bodies appear at surface. In other sediments, where the hanging wall is preserved, their thickness ranges even over 200 m.

In the Grebnik bauxite-bearing zone about sixty smaller or larger ore bodies or deposits were discovered by exploratory workings to date. From this amount a half of it occurs at surface while other remained as "blind" ore deposits discovered by drilling at depths from 20-200 m beneath the hanging wall layers.

.The ore bodies are generally of the elongated lense-like, seldom of irregular shape, of the same strike and dip as the Cretaceous series. Bauxite fills the pocket cavities

in the paleo-karst hollows of Turonian limestones, exhibiting very rough footwall and almost always flat hanging wall. The size of ore bodies highly varies, ranging from 1000 t to two million tons, while the thickness of bauxites in deposits ranges to more than 25 m.

The chief aluminum mineral in Grebnica bauxites is diaspore, while boehmite is scarcer. The general characteristic of chemical composition is very high variability of principal constituents. It is very seldom an ore body or some of its parts to be of relatively equalized composition. Contents of chief constituents in bauxites (Arsić, 1973) have been presented in the Table 2.

Table 2 (in %)

| Element | From | To | Most Commonly | |
|---|---|---|---|---|
| | | | From | To |
| $Al_2O_3$ | 38.00 | 58.00 | 45.00 | 51.00 |
| $SiO_2$ | 0,80 | 9.00 | 1.50 | 3.50 |
| $Fe_2O_3$ | 25.00 | 55.00 | 30.00 | 38.00 |
| $TiO_2$ | 0.90 | 2.90 | 1.80 | 2.00 |
| CaO | 0,01 | 3.00 | 0.03 | 0.60 |
| Loss on ignition | 6.90 | 15.70 | 9.50 | 10.00 |

## Quaternary detrital bauxites

During former explorations in the zone of Grebnica bauxites the geologic unit "red earth with bauxite fragments" was distinguished, but was not investigated in particular. Not until last years these bauxites become the subject of research workings, when difficulties arose with exploration of primary deposits. It was found in this unit to occur considerable concentrations of bauxites, defined as a new deposit type, called "detrital bauxites with red earth" (Dangić, Podunavac, 1993).

In the unit of detrital bauxites alternate two kinds of material: bauxite fragments even over 10 cm in size, and clayey-sandy material. Concentration of bauxite fragments mostly varies about 40-50%, sometimes even to 90% (volume). The bauxite fragments are composed of nonweathered diaspore bauxite Cretaceous in age, and of the clayey-sandy material as red earth. By washing the "ore" the concentrate of larger fragments of the same composition as bauxite from primary deposits, containing diaspore, hematite, Ti-minerals and some kaolinite, is available.

The ore grade of detrital bauxites directly depends on the granulometry of material. The parts of deposit of hidher participation of coarser fraction (over 5 cm) represent the high grade ore, but the ore with high fracxtion (over 50%) of fragments less than

5 cm in size are of low quality, not representing a favorable raw material for bauxite extraction for commercial use.

## CARPATHO-BALKANIDES

In eastern Serbia bauxites were discovered in 1976. This is the first finding of bauxites in Yugoslav segments of Carpatho-Balkanids or in the Trn-Bela Palanka zone respectively. To this finding preceded the discovery of bauxitic material in 1973 southeast of Bela Palanka, in the Greben mountain area. The systematic searches came not until 1978, having continuously been performed for about ten years. After that period explorations were stopped and until today they have not bee renewed, disregarding the good results of these works. The degree of explorability in eastern Serbia considering bauxites, is very low, meaning that explorations were restricted only to the bauxite-bearing Babušnica district.

By exploratory workings to date the bauxite occurrences were identified in two zones: eastern zone striking from the Yugoslav-Bulgarian frontier to Bela Palanka, about 30 km long and 3-4 km wide, as well as the western zone, streching from the frontier near Babušnica, being about 8 km in length and 2-3 km in width. Here, several lesser deposit are present.

The Carpatho-Balkanides of eastern Serbia represent a very complex megaanticlinorium compressed between the Serbo-Macedonian mass and Moesian plate. In such a way it is featured by a complex geological set-up, including the oldest rocks in these terrains, but also many other rock units originated during the complicated geological history, until the younger sediments of modern time. In this area the units of Paleozoic, Mesozoic and Cenozoic have been distinguished.

### Ore field Babušnica

The bauxite occurrences and deposits of Carpatho-Balkanides appear in a stratigraphical level between the latemost Upper Jurassic or the earlier Lower Cretaceous in the footwall, and Albian-Cenomanian clastic sediments in the hanging wall. The bauxite appearance in eastern Serbia, according to knowledge to date, is related to the so-called "Trn-Bela Palanka bauxite-bearing zone". Coming from Bulgaria, from Rebro throughout Paramun and Filipovci in trends to our frontier, and then branches into two belts: eastern belt from Petačinci across Dobraševo and Prisjan to Bela Palanka, nearly 30 km in length, and western belt, from Kijevac across Kaludjerovo and Radoševac toward Krnjino, about 8 km in length.

The bauxite formation in this region is related to the span of time after Neocomian and before Albian-Cenomanian, when came to the longer break in sedimentation, creating either paleogeographic or climatic conditions for formation of lateritic weathering crusts. It is supposed that in that time, most probably just before

deposition of the hanging wall Albian-Cenomanian sedimenta, came to destruction and denudation of lateritic crust of weathering from the surrounding terrains and to their shorter transportation by surface waters, and then the bauxitic material was precipitated in a very shallow milieu, filling cavities in the karstified paleorelief in the footwall Upper Jurassic-Lower Cretaceous limestones. This region was affected by transgression near the end of Albian and at the beginning of Cenomanian, forming upon bauxites and footwall limestones a suite of hanging wall sediments, in some parts reaching thickness even more than 300 m.

By the bauxite explorations to date in the Yugoslav part of the Trn-Bela Palanka zone twelve bauxite ore occurrences and deposits have been registered. The bauxite occurrences are generally represented by smaller outcrops of remained ore bodies at surface, which are mostly eroded. Some of them are only erosional remnants in paleokarstic cavities in the footwall limestones, while the other occur at the stratigraphical boundary itself, and partly are situated beneath the hanging wall sediments. For the time being, however, the majority of them is found in the western Kijevac-Kaludjerovo-Radoševac belt. Very interesting occurrences (No. 1 and 2) are discovered in Kaludjerovo.

Bauxites of Carpatho-Balkanides in eastern Serbia are of boehmite type. Regarding contents of essential minerals, defining and characterizing bauxites of the Trn-Bela Palanka zone, the following types are to be distinguished: boehmite bauxites with limited kaolinite contents, boehmite-kaolinite bauxite, kaolinite-boehmite bauxite, and bauxitic clays with little boehmite. The boehmite percentage in bauxites is highly variable.

The bauxite occurrences and deposits are restricted to the group with highly expressed quality variations in both horizontal and vertical directions, either in individual occurrences and ore bodies or in every deposit, without any visible regularity. There are bauxites of a very high grade containing over 60% $Al_2O_3$ and less than 2% $SiO_2$, as well as low grade bauxites with high $SiO_2$. Contents of basic constituents in bauxites most commonly vary in spans as presented in the Table 3.

Table 3 (in %)

| Element | From | To |
|---|---|---|
| $Al_2O_3$ | 40.00 | 55.00 |
| $SiO_2$ | 2.22 | 19.00 |
| $Fe_2O_3$ | 17.00 | 30.00 |
| $TiO_2$ | 1.34 | 3.00 |
| CaO | 0.20 | 0.40 |
| Loss on ignition | 9.50 | 12.50 |

The most important bauxite deposit in the Babušnica bauxite-bearing district occurs in the Radoševac area. For the time being this deposit is the largest and the most explored one. It occurs at about one kilometer east of the Radoševac village, exhibiting an irregular-lense-like shape 300 m in length and 50-100 m in width. The

bauxite thickness is variable, ranging from several meters to 19 m. The same bauxite, visible as an outcrop, was also found beneath the hanging wall Albian-Cenomanian sediments.

Investigations of mineralogical-chemical composition indicated a variable bauxite grade in this deposit. Beside the compact but poorly petrified and loose bauxite brown-red in color, of the medium to high grade, there are also low grade bauxites. Bauxite is mineralogically of boehmite type. The mean contents of the compact and medium hard bauxites are 52.33% $Al_2O_3$ and 9.62% $SiO_2$. The loose and clayey bauxites are of lower grade with 40.17% $Al_2O_3$ and 26.34% $SiO_2$.

## MINERALOGICAL AND CHEMICAL COMPOSITION AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF BAUXITES

During researches of bauxites which have been carried out in Serbia from the beginning of fifties, several tens of bauxite occurrences and deposits of variable quality were discovered. Parallel with bauxite quality examination, investigations of their mineralogical composition, as well as geochemical characteristics were done. These investigations encomppassed more than three hundred samples, collected from outcrops, trenches and boreholes.

**Mineralogical composition.** By use of mineralogical, X-ray, ore-microscopical and petrographical analyses, than by examinations of infrared spectrum, chemical and thermal (DTA, TGA) analyses, the qualitative and quantitative mineral composition of bauxites was determined. By use of these methods, which have been applied in our country and abroad, very useful data of practical and theoretical importance were recovered, particulary those related to the mineral composition and geochemical characteristics of bauxites. The investigations, having been carried out on relatively great number of samples with corresponding methods, unequivocally show that here boehmite and diaspore bauxite types are present.

B o e h m i t e b a u x i t e s. The most widespread bauxitic ores in Serbia are restricted to the boehmite type. They occur in the Poćute, Tara, Mačkat and Babušnica bauxite-bearing ore fields. It is generally known that bauxites are, according to their mineral composition, heterogenous products, with predominant aluminium and iron oxides and hydroxides, beside some other elements, sporadically occurring in subtle quantities.

It has been established by examination of mienral composition of bauxites in the bauxite-bearing Poćute, Mačkat and Babušnica ore fields that chief minerals are boehmite, kaolinite, hematite, Ti-minerals and calcite, in very variable amounts. On the basis of main minerals characterizing bauxites of western and eastern Serbia, Timotijević (1995) distinguished:

- boehmite bauxite with limited kaolinite amounts,
- boehmite-kaolinite bauxite,

- kaolinite-boehmite bauxite, and
- bauxitic clays with little boehmite.

Such a mineral paragenesis of boehmite and kaolinite features the whole area of western and eastern Serbia. However, percentage of these minerals in bauxites of individual bauxite-bearing ore field is very variable. The pure boehmite type of bauxite, with minor kaolinite, was found only in limited number of examined samples from the Mačkat and Tara ore fields. Boehmite bauxites are much more abundant in the Poćute and Babušnica ore fields. The boehmite-kaolinite and kaolinite-boehmite bauxite is the most common type, and clayey bauxites and bauxitic clays are frequent, characterizing the marginal and floor parts of deposits.

D i a s p o r e b a u x i t e s are characteristical for Upper Cretaceous bauxites of the Grebnik bauxite-bearing ore field. Mineral composition of these bauxites has been reported by numerous authors: Protić (1970), Misirlić, Mitrović (1969), Arsić (1979) and other. The most detailed description of mineral-chemical features of Grebnik bauxites, and deposits No 3 respectively, was done by Misirlić and Mitrović. During 1996 and 1997 the author visited Grebnik bauxites collecting from twelve deposits and three occurrences altogether twenty samples for mineralogaical-chemical and other analyses.

The chief aluminium minerals in Grebnik bauxites are monohydrate diaspore and boehmite. The percentage of these two minerals is irregular even in the same ore body, with much more prevalent diaspore, thus speaking about bauxites of diaspore type. The boehmite and diaspore contents exibiting variability in both horizontal and vertical directions, occurring together, forming in the same deposit their separate segments. Misirlić and Mitrović (1969) collected 14 representative samples from the deposit No 3 in the Grebnik bauxitic zone from the various parts of ore bodies, in aim to determine the character of bauxite. On that occasion it was found that the deposit constitute numerous ore varieties, distinguishing-according to composition – four types of mineral raw materials, such as **b o e h m i t e, b o e h m i t e – d i a s p o r e, d i a s p o r e o o l i t i c – p i s o l i t i c and d i a s p o r e** types. Regarding the above presented facts it could be concluded that these are boehmite, boehmite-diaspore and diaspore bauxites. The aluminum minerals occur either in the cryptocrystalline groundmass or as constituents of oolitic-pisolitic enclosures in form of the relic gel structure.

**Chemical composition.** In the Internal Dinarides of western Seebia, and in Carpatho-Balkanides of eastern Serbia, by to date researches around hundred deposits or occurrences of red bauxites of variable qualities were discovered. The level of research workings of individual ore fields and deposits is rathers various. In essence, the best explored are ore deposits in the Grebnik ore field, the Petrovići deposit in the Poćute ore field, and partly the Trafostanica deposit in the Mačkat ore field as well. Other deposits and occurrences could be considered as insufficiently researched.

The red karstic bauxites of Serbia are characterized by high variability of chemical composition in both chorizontal and vertical sense, featuring in that way bauxites of this type. Variability of contens is particulary visible in alumina and silica components, evidenced in some parts of the same ore body by high $Al_2O_3$ and low $SiO_2$, and oposite. For the time being the highest quality bauxites occur in the Grebnik ore field, but it should not be forgotten the fact that in most of the outcroping deposits exploitation has been completed or is to the end. Among the other ore fields, the best quality bauxite is present in the Petrovići (Poćuta) deposit, but is should not be neglected that other ore fields are affected by research workings in much lesser degree. Encouraging is the fact, however, that in circles of individual deposits the high quality bauxites could be discriminated, which in the contemporous frames could obey industrial demands, such as the Trafostanica deposit in the Mačkat ore field.

The Petrovići deposit, beside the Grebnik bauxite deposit, is explored in details, with verified reserves A and B (proved) categories, and the Aluge, Trafostanica and Radoševac deposits are researched to the level of $C_1$ (probable) category. The average chemical contents of basic constituents in bauxites of these deposits are represented in Table 4. Grades of the Trafostanica and Radoševac deposits are related only to the high quality bauxites, without clayey bauxites respectively.

Table 4 (in %)

| Ore field | Deposit | $Al_2O_3$ | $SiO_2$ | $Fe_2O_3$ | $TiO_2$ | CaO | Loss of ign. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Poćuta | Petrovići | 48.33 | 7.64 | 26.58 | 4.23 | 0.92 | 11.52 |
| Tara | Aluge | 44.44 | 14.46 | 26.49 | 2.32 | 0.48 | 11.44 |
| Mačkat | Trafostanica | 44.58 | 9.00 | 32.82 | 2.55 | 0.22 | 10.43 |
| Babušnica | Radoševac | 52.33 | 9.62 | 21.43 | 3.06 | 0.34 | 11..86 |
| Grebnik | Deposit 34 | 50.31 | 3.00 | 30.55 | 2.28 | 1.77 | 11.86 |

Comparing the average contents of basic constituents in individual ore fields, it is remarkable that the best quality bauxite is in the Grebnik and Petrovići deposit. It should not be neglected, however, the fact that the level of exploratory workings in the Tara, Mačkat and Babušnica deposits are much more lower than in the Grebnik and Poćuta ore field, and there were discovered very high quality bauxites with over 60% $Al_2O_3$ and up to 2% $SiO_2$. According to the present day results of researchings here are to be expected deposits or parts of deposits with comercial quality bauxites.

**Geochemical features.** Results of studies of geochemical features of bauxites are very useful from scientific and practical point of view. By a modern access in researches of ore occurrences and deposits the problems concerning origin of elements and parent materials, as well as complex conditions of origin of karstic bauxites, could be satisfactory solved. Contents of some chief elements and microelements are remarkably increased so that in certain cases they have, beside the scientific, also economic importance.

By geochemical and mineralogical studies of bauxites, it has been established that its occurrences and deposits in the zone of Internal Dinarides and Carpatho-Balkanides of Seerbia are of completely uniform mineral and chemical composition, as well as of similar geochemical features. Bauxites of the boehmite type are characterized by vertical distribution of boehmite and kaolinite. The chief feature is appearance of maximum boehmite content in the medial part of the layer, until the kaolinite contents increase from the roof to the floor. Analogous feature is that the highest $Al_2O_3$ contents are in the central part of the bauxite column, whereas $SiO_2$ increases from the roof to the floor. There is also a positive correlation of $TiO_2$ and $Al_2O_3$, meaning that high aluminium contents are accompanied by increased titanium grades.

By geochemical studies it has been established that in bauxites may occurs a lot of rare metals and others elements as microelements, which in some deposits may attain considerable concentrations. Beside the economical importance, these elements represent remarkable metalogenic indicators. In such a way the augmented concentrations of Cr, Ni, Co, Mn, V, La, Sr and others are found. The increased Fe, Cr, Ni and Co contents indicate that a part of material, which bauxites derived from, comes from ultrabasic and basic rocks. For all bauxites in Serbia is characteristic vertical distribution of microelements. It has been found that their concentrations increase from the roof to the floor, and that maximum concentration of individual elements appeare directly above the floor.

The content variations of microelements reflect both differences in composition of parent material and in bauxitization degree. Oscilations in vertical distributions of microelements are more visible in the lower quality bauxites, whereas in the high quality bauxites the microelements are concentrated in the floor. Such microelements as Ni, Co, Cu, Y, La and others are more mobile, thus forming the highest concentrations directly above the carbonate basement.

## GENESIS OF CRETACEOUS BAUXITES IN SERBIA

The Mesozoic bauxite deposits of Dinaric and Carpatho-Balkan metallogenic province have numerous common genetical characteristics, occuring in calcareous rocks of various ages. Some bauxite-bearing regions and ore fields in frames of these provinces exhibit, however, from the metallogenic point of view numerous individual features and bilateral differences requiring special studies. Very important are the Poćute, Tara, Mačkat and Babušnica red bauxites, discovered in seventies, having been investigated from that time.

Investigations of bauxites of Serbia executed in last years contributed remarkably, although still not sufficiently, to the beter knowledge on genesis of bauxites. At the present day it is more known on geological-tectonical relations in the Poćute, Tara, Mačkat, Grebnik and Babušnica ore fields, on mineral and chemical composition of bauxites, as well as on concentrations and distribution of microelements and terrigenous minerals. This is of primordial importance for studies of origin of

material and genesis not only of investigated bauxites but in the larger Mediterranean belt. All data, all relevant facts accordingly, as well as all open and newly created problems deriving from them are of major importance and are very indicative to drew much broader conclusions. But, it needs further more intensive investigations of these ore fields and larger areas in the zone of Internal Dinarides and Carpatho-Balkanides.

On the basis of collected data for karstic bauxites of Serbia, it could be concluded that these are continental products. Ore bodies are formed on carbonate rocks during Lower Cretaceous regression, which lasted during the whole mentioned period, including – in some ore fields – a part of the Upper Cretaceous. This continental phase was, comparing separate ore fields, of variable duration. Ore occurrences and deposits of the Cretaceous bauxite-bearing formation of Serbia are bottomed by sediments of various geological age. The roof is most commonly Albian-Cenomanian and Cenomanian in age, speaking about nearly contemporaneous Albian-Cenomanian transgression of a larger area, except the Poćute and Grebnik localities which were affected by transgression somewhat later.

By comparasion of individual ore fields and deposits it is evident that duration of continental stage was not the same at all localities: at certain bauxite-bearing ore fields it was optimal, causing-beside other factors – formation of high quality bauxite deposits. It seems that it was the same case with Grebnik and Poćute deposits. In the Poćute ore field, where the continental phase lasted up to the Upper Turonian, a deposit of the highest quality was discovered, with proved reserves of about nine hundred thousend tons.

The genesis of karstic bauxites of Serbia could be considered in lights of three basic problems: (1) source and origin of material constituting bauxites, (2) transport of material from the source to the place of deposition, and (3) bauxitization of the transported material in karstic depressions.

## OUTLOOK OF INDIVIDUAL DISTRICTS OF SERBIA

Grubić et al. (1976) were the first to estimate outlook of discovery of Mesozoic bauxites in former Yugoslavia. In this paper the territorialization of Yugoslavia as a whole was done, ascertaining for the region of Serbia existance of promisory areas, ranged into four distinct categories. Accepting this division the author has completed it by the newest data on bauxites of Serbia, gathered after publishing of the above mentioned work.

**Promissing zone of Internal Dinarides** occurs westerly of the Šumadija-Kopaonik zone including terrains between this zone and Serbian-Bosnian or Montenegrian border, continuing further to Kosovo and Metohija, Macedonia and Greece. For the time being, in this zone bauxites are found near Poćute, at Tara, Mačkat and Grebnik. It is characteristical that bauxite-bearing districts are rare in this zone, and deposits are grouped and complex, and may be of large sizes (Mačkat). In this zone discovery of such blind deposits could be expected.

Some parts of ore fields with bauxite occurrences and depostits found by to date workings, and where some deposits were explored in variable intensity, could also represent areas promissing for discovery of new ore bodies and deposits. Here, several tens of bauxite occurrences and indications were discovered, and by exploratory workings in western Serbia only around ten deposits were found. Most of these deposits are partly explored and roughly outlined.

**Promissing zone of Carpatho-Balkanides in Eastern Serbia.** Central and western parts of eastern Serbia, built up of Jurassic-Cretaceous limestones may be considered promissing for bauxites by analogy with geological fabric of neighbouring bauxite-bearing terrains in
Bulgaria and Rumania. This has been confirmed by bauxite occurrences in the larger Bela Palanka area, and the Babušnica bauxite-bearing ore field respectively.
Bauxites in the Baušnica ore field occur as small ore bodies between Jurassic-Cretaceous limestones in the footwall and Albian-Cenomanian sediments in the hanging wall. Ore bodies are of irregular-lenselike shape, exhibiting reserves of several tousend to several hundred thousend tons. This ore field represents a very promissing tract of land for discovery of new ore bodies of high quality bauxites, regarding the insufficient level of research workings.

**Favorable areas without bauxite deposits and occurrences.** After Grubić at al. (1976) in the eastern part of eastern Serbia, between Miroč and Vrška Čuka are fields with very remarkable gaps in sedimentation between the Urgonian and Albian. This gap is at Miroč marked by huge masses of terra rossa which may be indicative for the presence of bauxitoids or bauxites in this zone. That is why all surfaces beneath Middle Cretaceous products might be favorable for bauxite discovery,
On the basis of fact that in Rumania were found bauxites overlying marbles in crystalline schists, underlain by the Upper Cretaceous, and so in the northern continuation of crystalline terrains of central Serbia, there is a reason for search of such bauxites in our country as well. Such terrains, having similar conditions, constitute margins of the Toplica and Grdelica Cretaceous basins, as well as individual parts of field with crystalline schists in weastern Serbia.
Relying on the geological fabric and presence of bauxites in Vilanja and other mountains in central Hungaria, in literature has been pointed out that bauxites could be expected at Fruška Gora as well. This mountain has been classified by Grubić at al. (1976) in category of areas with undefined outlook for Mesozoic bauxites.
By researches to date, performed on these tracts, the bauxite occurrences have not been discovered. Hints of these bauxites are, for the time being, occurrences of bauxitic clays found on limestones between Ljuba and Erdevik and red products of aramonite type on Triassic limestones.

**Not promissing areas.** Crystalline terrains of the largest part of the Serbian-Macedonian mass of eastern Serbia (NE Serbia and Stara Planina) are not promisory for bauxite discovery. This category includes districts of western Serbia of the exposed Paleozoic metamorphic rocks. These are spatious parts of field built up of

crystalline schists in the Drina and Jadar districts. Here is confined a large part of terrain composed of serpentinized peridotites, peridotites and Diabase-Chert Formation.

To this category can be restricted the Posavina districts of gentle topography, as well as a large part of Panonian basin, where Mesozoic terrains are covered by thick deposits of Cenozoic products. These districts are not promissing for bauxite, although they are present in older basement, because their exploitation would not be economic.



Dr Slađan Timotijević je rođen 29. Januara 1943. godine u ***Potočiću*** kod Prokuplja. Školovao se u Maloj Plani i Beogradu. Osnovna znanja i obrazovanje sticao je u Maloj Plani gde je završio osmogodišnju školu. Kao zaljubljenik u prirodu 1958. godine upisuje ***Geološku srednju tehničku školu***, a završava je 1962. godine. Po završetku škole, kao stipendista ***Nuklearnog zavoda*** odlazi da radi na istraživanju ležišta urana Kalna kod Knjaževca, gde ostaje dve godine. 1964. godine upisuje se na ***Rudarsko-geološki fakultet***, odsek geologija, smer ekonomska geologija, koji završava početkom 1969. godine. Nakon odsluženja vojnog roka zapošljava se u ***Institutu za istraživanje nuklearnih i drugih mineralnih sirovina*** (sada ***Geoinstitut***) gde neprekidno radi.

Nakon zapošljavanja 1970. godine pa do danas radi skoro na svim poslovima kojima se bavi Geoinstitut. U početku je to izrada osnovnih geoloških karata sa prospekcijom mineralnih sirovina 1:100.000 u Iranu i 1:200.000 u Libiji. Kasnije radi na izradi detaljnih geoloških karata pri prospekciji Pb, Zn, Mo i dr. u surduličkom, eruptivnom masivu (Ruplje, Mačkatica, Novi Glog i dr.), Cu u dijabaz-rožnačkoj formaciji zapadne Srbije (Lajkovača, Novakovača, Ljubovija, Tolišnica, Stanča i dr.), U na Bukulji, Ni i Co na Maljenu i Suvoboru, i kasnije prospekciji boksita zapadne Srbije. U početku je radio kao saradnik, ali je učestvovao u pisanju projekata i izveštaja, a kasnije kao projektant.

Najplodniji deo karijere može se smatrati period posle 1978. godine. Naime, te godine Geoinstitut je započeo istraživanja boksita na terenima planine Tare i Zvijezde. Kratko vreme radi kao saradnik, da bi 1980. godine postao rukovodilčac i projektant budućih uspešnih istraživanja boksita na prostorima zapadne a potom i cele Srbije. U tom periodu pronađeno je više pojava i ležišta boksita na severoistočnim obroncima Zlatibora (Mačkat). Rezultati ovih istraživanja, kao i nova saznanja o boksitima zapadne Srbije poslužili su autoru za izradu magistarske teze i dokstorske disertacije.

Magistarsku tezu **"Metalogenija boksita zapadne Srbije"** odbranio je 1984. godine na Rudarsko-geološkom fakultetu u Beogradu.Doktorsku disertaciju uspešno je odbranio 20. Januara 1993. godine, a 1995. godine je objavljena kao monografija pod naslovom **"Metalogenetsko prognoziranje ležišta boksita zapadne Srbije"**.

Publikovao je preko 40 stručnih i naučnih radova u Jugoslaviji, Iranu, Grčkoj, Kini, Turskoj i Austriji. Najveći broj radova napisao je samostalno, a znatno manji kao koautor sa domaćim stručnjacima. Takođe je učesnik na mnogim naučnim skupovima u zemlji i inostranstvu.

IZDAVAČ: **Geoinstitut,** Beograd, Rovinjska 12

Prevod na engleski:

*Dr Antonije **ANTONOVIC***

Kompjuterski slog i grafička priprema:

*Dr Slađan **TIMOTIJEVIĆ***

*Dragan **TIMOTIJEVIĆ***

Tehnički urednik:

*Dragan **TIMOTIJEVIĆ**, Nova computers*

Korice:

*Dr Slađan **TIMOTIJEVIĆ***

Štampa:

"SIGRA STAR" D.O.O., Beograd, Mrakovička 48/4

Tiraž: 300 primeraka

Pripremljeno za štampu jula 1999.godine
Štampano: maja 2001 godine

# GEOINSTITUT

Rovinjska 12, 11 000 BEOGRAD, Yugoslavia
Phone: +381 11 488 99 66, 488 05 06 / Fax: 488 52 96
e-mail: geoins@EUnet.yu

- GEOINSTITUT is a geological scientific and exploration institution capable of planning, implementation and supervision of all fundamental and general geological exploration.
- GEOINSTITUT has experienced and specialized experts, equipment and facilities for the execution of geological exploration at home and abroad.
- Production of regional, detailed and specialized geological, geochemical, metalogenic, geophysical, hydrogeological, and ecological maps in all scales and purposes.
- Exploration for metallic and non-metallic and energetic raw minerals from the evaluation of potentiality up to ore reserve evaluation.
- Geophysical and air-borne geophysical exploration with gravimetric, magnetometric and geoelectric, seismic, radiometric, gamma-ray logging and other geophysical methods.
- Hydrogeological exploration of underground, thermal and spring waters from the production of maps up to drilling, installation of piezometers, study of the regime of underground waters up to the production of water wells for water supply of settlements and individual users.
- Geochemical exploration from fundamental to applied prospecting for ore deposits with the production of maps in al scales.
- Exploratory core drilling up to a depth of 1000 m with "Longyear" and "Diamond Boart" wire-line drill rigs.
- Geoecological exploration of the human environment with a developed specialized methodology for the investigation of soils, water and air, from planning to monitoring.
- GEOINSTITUT possesses modern sample preparation and analytical laboratories for al chemical (atomic absorption, ICP, UV), spectrochemical, petrological, mineralogical, crystalographic, IR, sedimentological, DTA, TGA, paleontological, biostratigraphic and radiometric investigations.
- GEOINSTITUT has a modern computer center for data processing of geological data.

- ГЕОИНСТИТУТ је геолошка научно-истраживачка установа за пројектовање, извођење и надзор свих фундаменталних и примењених геолошких истраживања.
- ГЕОИНСТИТУТ поседује искусне и специјализоване кадрове, опрему и пословни простор за извођење следећих геолошких истраживања у земљи и иностранству:
- Израду регионалних, детаљних и специјализованих геолошких, геохемијских, металогенетских, геофизичких, хидрогеолошких, и геоеколошких карата свих размера и намена.
- Истраживањесвих металичних, неметаличних и енергетских минералних сировина од оцене потенцијалности до израде и овере елабората о минералним резервама.
- Геофизичка и аерогеофизичка итраживања применом гравиметријских, магнетометријских, геоелектричних, сеизмичких, радиометријских, каротажних и других метода.
- Хидрогеолошка истраживања подземних, термалних и минералних вода од израде карата, израде бушотина и уградње пијезометара, проучавања и праћења режима подземних вода до израде бунара за водоснабдевање насеља и индивидуалних потрошача.
- Геохемијска истраживања од фундаменталних до примењених проспекцијских истраживања рудних лежишта са израдом карата свих размера.
- Истражно бушење са језгровањем до дубине од 1000м гарнитурама типа "Longyear" i "Diamant Boart" системом бушења "wire line".
- Геоеколошка истраживања животне средине са развијеном специјализованом методологијом испитивања тла, вода и ваздуха, од пројектовања до мониторинга.
- ГЕОИНСТИТУТ располаже савременим припремним, препараторским и аналитичким лабораторијама за сва хемијска (атомски апсорбери, ИЦП, УВ), спектрохемијска, петролошка, минеролошка, кристалографска, рентгенска, ИР, седиментолошка, ДТА, ТГА, палеонтолошка, биостратиграфска и радиометријска истраживања и испитивања.
- ГЕОИНСТИТУТ има савремени рачунски центар са софтверима (укључујући ГИС) за обраду и финализацију свих геолошких података.

*Budite prijatelj sagradićemo vam dom*

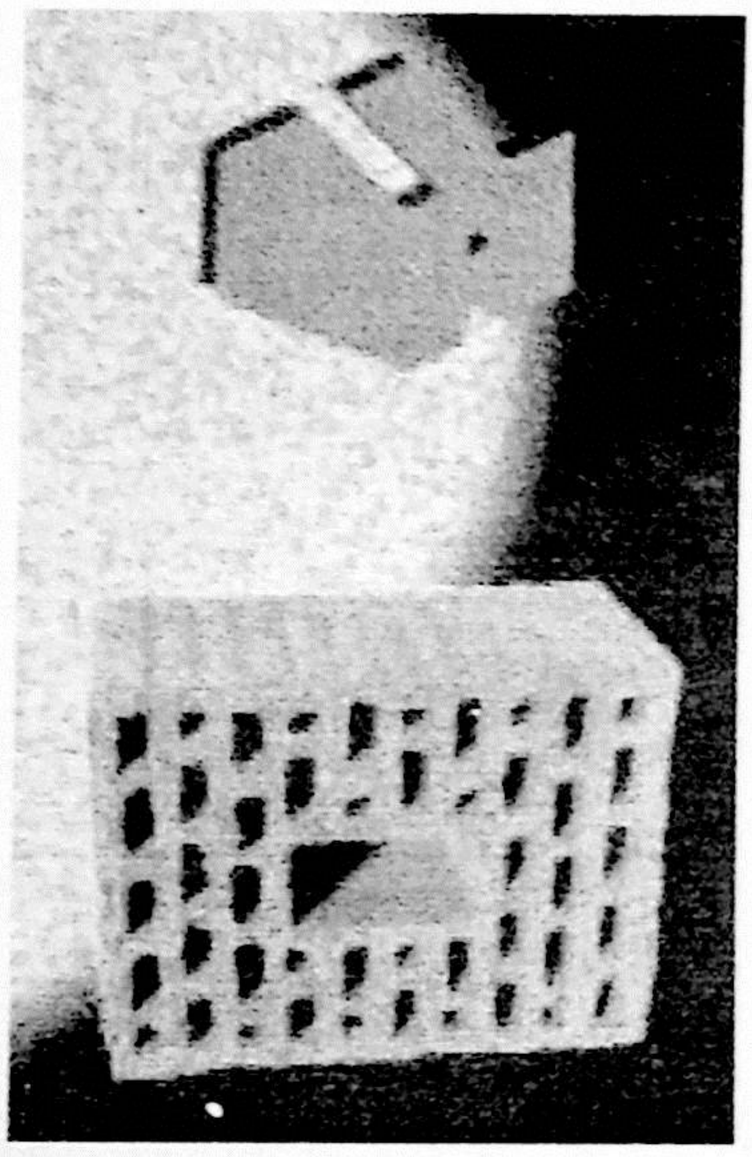
# INDUSTRIJA GRAĐEVINSKOG MATERIJALA

# "7 JULI"

18423 Toplička Mala Plana

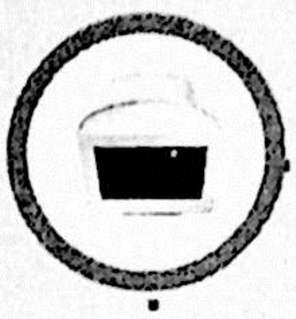
**Telefon: 027/53-511, 53-536, 54-006, 53-974, 53-520**

**Tel/fax: 027/53-999**

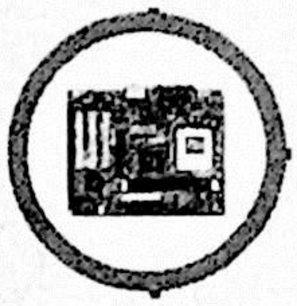




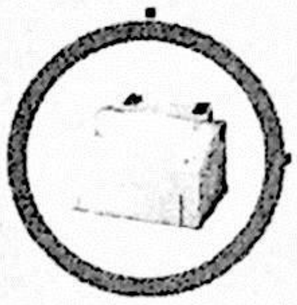

Industrija Građevinskog materijala "7 juli" je najveća ciglana na prostorima južne Srbije, poznata po proizvodnji svih vrsta blokova, monte, giter opeka svih dimenzija i blokova za ispunu. Proizvodima ciglane građeni su mnogobrojni stambeni i privredni objekti širom Srbije. Visok ugled na tržištu održava se zahvaljujući visokom kvalitetu opekarskih proizvoda, kao i sposobnošću ljudi koji vode preduzeće.



*monitori*



*komponente*



*print/sken*

# nova computers

www.nova.co.yu office@nova.co.yu

www.nova.co.yu * office@nova.co.yu



*računari*

*nadogradnja*

**12** *garancija*

ul. Dr Dragoslava popovića 15, Beograd

**tel/fax** { **011.32.39.579**
**33.43.748**

CIP - Katalogizacija u publikaciji
Narodna biblioteka Srbije, Beograd

553.492(497.11)

TIMOTIJEVIĆ, Slađan
Kredni boksiti Srbije = Cretaceous Bauxites of Serbia/Slađan Timotijević. - Beograd: Geoinstitut, 2001 (Beograd: Udruženje Nauka i društvo Srbije). 182 str.: Ilustr.: 24 cm. - (Monografije. Posebna izdanja Geoinstituta: knj. 27 = Monograph. Special Publication: Nö. 27)

Tiraž 500: - Bibliografija: str. 159-167. - Summary: 167-182

ISBN 86 - 7156 - 011 - 2

a) Ležišta boksita - Srbija
ID = 76948236