

|               |    |         |                            |              |
|---------------|----|---------|----------------------------|--------------|
| Geol. vjesnik | 27 | 217—226 | 3 sl. u tekstu<br>4 tabele | Zagreb, 1974 |
|---------------|----|---------|----------------------------|--------------|

553.492(161.14.45)

BORIS SINKOVEC

### JURSKI GLINOVITI BOKSITI ZAPADNE ISTRE

Jurski glinoviti boksiti nalaze se između sedimenata kimeridža i titona. Glavni minerali boksita su bemit, kaolinit i hematit. Dato je mišljenje o genezi jurskih boksita Istre.

Jurski glinoviti boksiti nalaze se na zapadnom priobalnom području Istre, između Rovinja i Funtane. Vezani su za jezgru istarske antiklinale, koja je izgrađena od malmskih karbonatnih sedimenata.

Na osnovi netočnog stratigrafskog rasčlanjivanja malmskih sedimenata, d'Ambrosi (1927, 1940) smatrao je da ovi boksiti leže na titonskim vapnencima, a da su im u krovini donjokredne naslage. Kasnije je Polšak (1965) utvrdio da podinski sedimenti pripadaju kimeridžu, a krovinski titonu, koji kontinuirano prelaze u donjokredne sedimente.

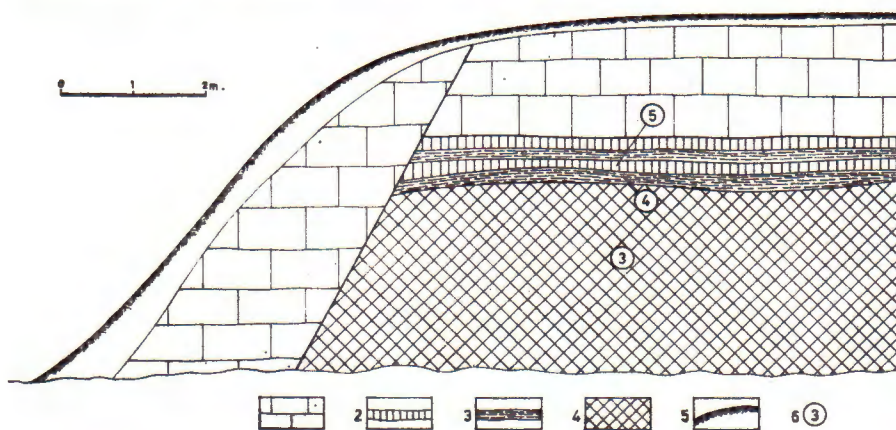
Prema Polšaku, najstarije otkrivene naslage ovog područja pripadaju donjem kimeridžu, a sastoje se od uslojenih kompaktnih vapnenaca. Zatim slijede debelo uslojeni i masivni grebenski vapnenci gornjeg kimeridža. U donjem titonu došlo je do emerzije, a za vrijeme kopnene faze vršena je karstifikacija vapnenaca i stvaranje boksita. Kopnena faza bila je kratka, tako da je ovo područje preplavljeno već u donjem titonu. Titonski sedimenti predstavljeni su uslojenim vapnencima, koji prema podinskim sedimentima ne pokazuju kutnu diskordanciju.

Za vrijeme laramijske orogene faze formirana je blago zasvođena istarska antiklinala, čija os ima pravac pružanja JZ—SI. Nagib slojeva je blag, najčešće manje od 10°.

Na kontaktu vapnenca kimeridža i titona nalazi se veći broj izdanaka boksita, a veličinom se ističu ležišta Rovinj (3 km sjeverno od Rovinja), Vrsar (2 km SI od Vrsara) i Gradina (6 km istočno od Vrsara). Ova ležišta boksita istraživana su bušenjem, a rezultate tih istraživanja objavio je Trojanović (1973).

Ležišta boksita slojnog su oblika, a maksimalne dimenzije ležišta Rovinj su 400 x 300 m, ležišta Vrsar 350 x 350 m, a ležišta Gradina 400 x 200 m. Maksimalna debljina ležišta u centralnim dijelovima je oko 20 m, a prema krajevima ležišta debljina postepeno opada. Ova ležišta sadrže 1,1 do 2,2 mil. tona boksita.

Mineralni sastav boksita nije ujednačen. Centralni, deblji, dijelovi ležišta sadrže manje kaolinita od perifernih dijelova. U vertikalnom smjeru mineralni sastav manje je promjenljiv. Međusobni odnos bemitita, kaolinita i hematita uglavnom je stalan, a mjestimično je u najnižem dijelu neznatno povećan sadržaj kaolinita. Na boksitnom sloju često se nalazi boksitična glina ili glina debela do 0,5 m, rijetko više (sl. 1).



Sl. 1. Izdanak ležišta boksita Rovinj

1. Titonski vapnenci, 2. Boksitične gline s hematitom, 3. Boksitične gline s piritom, 4. Glinoviti boksiti, 5. Rastresiti pokrivač, 6. Uzorci.

Text-fig. 1. Outcrop of the Rovinj deposit

1. Tithonian limestones, 2. Bauxitic clays with hematite, 3. Bauxitic clays with pyrite, 4. Clayey bauxites, 5. Soil, 6. Samples.

Kemijski sastav tri uzorka boksita uzetih s izdanaka ležišta Rovinj, Vrsar i Gradina dat je na tabeli I. Rezultati ovih analiza u skladu su s prosječnim kemijskim sastavom tih ležišta, dobivenog na osnovi mnogobrojnih kemijskih analiza uzoraka boksita iz bušotina.

Spektralnom analizom utvrđen je sadržaj nekih mikroelemenata u boksitima, a rezultati su prikazani na tabeli II i sl. 2.

Mineralni sastav boksita utvrđen je diferencijalno-termičkom, rendgenskom i mikroskopskom analizom.

Tabela I — Table I  
 Kemijski sastav boksita  
 Chemical Composition of Bauxites

|                                 | 1     | 2     | 3     |
|---------------------------------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>                | 16,52 | 16,47 | 16,78 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 47,00 | 43,80 | 46,67 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 20,50 | 24,00 | 20,20 |
| TiO <sub>2</sub>                | 2,36  | 2,58  | 2,40  |
| H <sub>2</sub> O <sup>105</sup> | 0,87  | 0,75  | 0,75  |
| H <sub>2</sub> O <sup>100</sup> | 0,37  | 0,30  | 0,35  |
| Gub. žar.                       | 11,38 | 11,13 | 11,20 |
|                                 | 99,00 | 99,03 | 98,35 |

1. Vrsar, 2. Gradina, 3. Rovinj, uzorak (sample) No. 3  
 Analitičar: D. Šiftar

Tabela II — Table II  
 Sadržaj mikroelemenata u boksitima (u ppm)  
 Content of Microelements in Bauxites (in ppm)

| n     | Ni               | Co            | Cu             | Cr               | V                | Zr               |
|-------|------------------|---------------|----------------|------------------|------------------|------------------|
| 1. 6  | 168<br>(160-185) | 31<br>(21-49) | 53<br>(34- 71) | 198<br>(160-250) | 270<br>(210-310) | 450<br>(410-620) |
| 2. 10 | 146<br>(115-220) | 22<br>(9-29)  | 52<br>(26-120) | 176<br>(160-240) | 315<br>(230-450) | 485<br>(360-660) |
| 3. 1  | 170              | 20            | 37             | 145              | 290              | 320              |
| 4. 1  | 190              | 150           | 29             | 160              | 270              | 290              |
| 5. 1  | 185              | 49            | 25             | 165              | 350              | 390              |

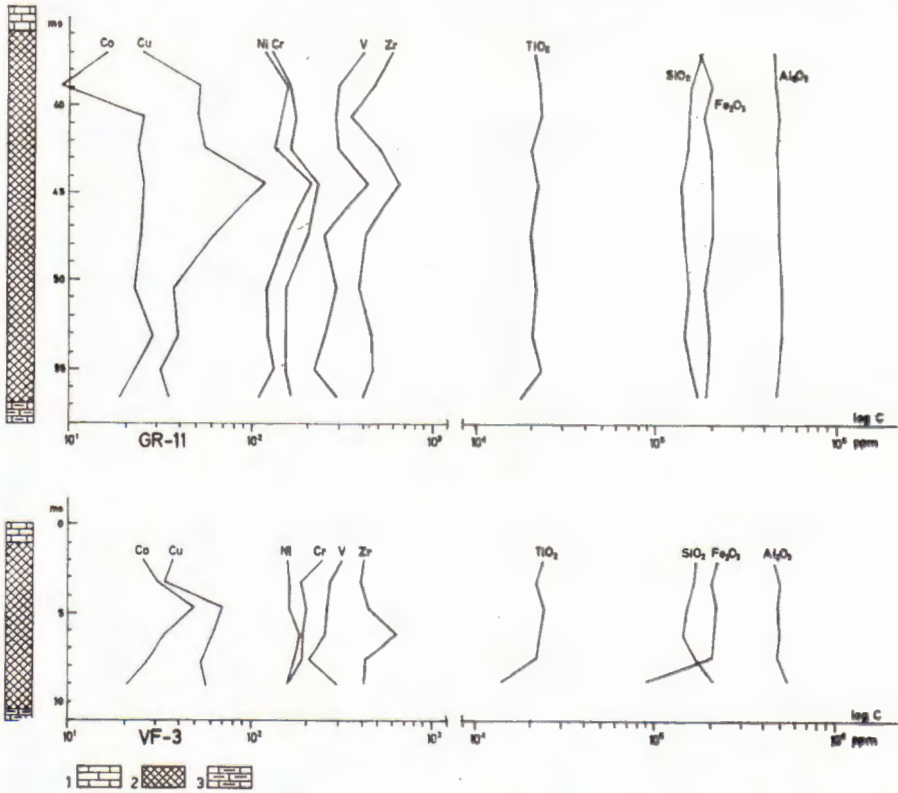
1. Vrsar
2. Gradina
3. Rovinj, uzorak (sample) N° 3
4. Rovinj, uzorak (sample) N° 4
5. Rovinj, uzorak (sample) N° 5

n broj uzoraka - number of samples

U zagradama su granične vrijednosti

Minimal and maximal values shown in brackets

Analitičar: D. Šiftar



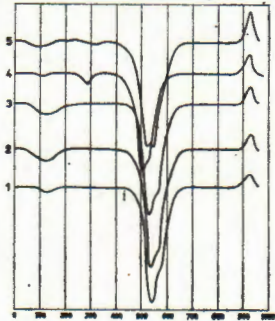
Sl. 2. Promjene kemijskog sastava u ležištu Gradina (buš. GR-11) i Vrsar (buš. VF-3)

1. Titonski vapnenci, 2. Glinoviti boksit, 3. Vapnenci kimeridža.

Text-fig. 2. Variation of chemical composition of Gradina deposit (drill-hole GR-11) and Vrsar deposit (drill-hole VF-3)

1. Tithonian limestones, 2. Clayey bauxites, 3. Kimmeridgian limestones.

DT i rendgenskoj analizi podvrgnuti su isti uzorci koji su kemijski analizirani. Pored toga diferencijalno termijski su analizirani i dva uzorka krovinskih boksitičnih glina ležišta Rovinj (sl. 1 i 3). Iz DT krivulja vidljivo je da analizirani uzorci sadrže bemit (endotermni pik u intervalu 510°—550°C) i kaolinit (endotermni pik u intervalu 530°—580°C i ekso-termni pik na 930°C). U uzorcima br. 4 i 5 povećan je sadržaj kaolinita.



Sl. 3. DT krivulje glinovitih boksita i boksitičnih glina

1. Gradina, 2. Vrsar, 3. Rovinj — uzorak br. 3, 4. Rovinj — uzorak br. 4, 5. Rovinj — uzorak br. 5.

Text-fig. 3. DT curves of clayey bauxites and bauxitic clays

1. Gradina, 2. Vrsar, 3. Rovinj — sample No 3, 4. Rovinj — sample No 4, 5. Rovinj — sample No 5.

Rendgenski su snimani originalni uzorci (br. 1, 2 i 3), te isti uzorci otapani u toploj 1N HCl i žareni na 650°C.\* Za sva tri uzorka dobiveni su gotovo identični rezultati i utvrđeni su slijedeći minerali: najviše je zastupljen bemit, zatim po zastupljenosti slijedi kaolinit s primjesom tinjčaste komponente (G l a s s, 1954), hematit, klorit, anatas i rutil.

Mikroskopskim pregledom ustanovljeno je da su glavni minerali boksita u većini slučajeva kriptokristalasti i međusobno intimno vezani:

*Bemit* je redovno kriptokristalast i nalazi se zajedno s kriptokristalastim kaolinitom i hematitom. Boja mu ovisi od količine prisutnog hematita.

Kaolinit je također kriptokristalast, a rijetko se zapažaju prizmatični kristali dugi do 30  $\mu$ .

*Hematit* je kriptokristalast. U nekim uzorcima hematit je koncentriran u nakupinama nepravilnog oblika koje se nalaze u svijetložutoj kaolinitno-bemitnoj masi. Zapažaju se i sitni listići hematita dugi 1—2  $\mu$ .

*Klorit* je pretežno kriptokristalast, a nalaze se i nakupine lepezasto orijentiranih listića klorita dugih 10—20  $\mu$ . Klorit pokazuje svijetlosmeđi do tamnosmeđi pleohroizam, a u deferificiranom boksitu gotovo je bezbojan.

*Pirit* se nalazi u krovinskim boksitičnim glinama u obliku idiomorfni kristala dugih 10—50  $\mu$ , koji su limonitizirani.

*Hidroliskun* (?). U boksitu su redovno prisutni u malim količinama sitni listići dugi do 30  $\mu$ , koji po svojim optičkim svojstvima ukazuju da je to mineral iz grupa hidroliskuna.

\* Rendgenske analize izradio je D. Slovenec

Od akcesornih minerala veoma su rijetki *cirkon*, *turmalin* i *apatit*, a dužina im je do 10  $\mu$ .

U deferificiranim dijelovima boksita zapažaju se ostaci organske materije kao nepravilne nakupine i žilice.

Struktura boksita je pseudoolitična i pelitska. U kriptokristalnoj osnovi nalaze se zaobljeni i poluzaobljeni fragmenti (pseudooliti) iste strukture i mineralnog sastava kao osnova, od koje se razlikuju jedino većim ili manjim sadržajem hematita. Pseudooliti su sitni, promjera 0,1—0,5 mm, a rijetko se nalaze i jače hematitizirana zrna duga do 1 mm. U nekim uzorcima pseudooliti izostaju, tako da je taj boksit pelitske strukture.

Na osnovi naprijed navedenih istraživanja i mnogobrojnih kemijskih analiza koje je izradio laboratorij »Istarskih rudnika boksita« u Rovinju utvrđen je slijedeći mineralni sastav boksita i područja variranja sadržaja pojedinih minerala u boksitu:

|                          |          |
|--------------------------|----------|
| bemit . . . . .          | 30—50%   |
| kaolinit . . . . .       | 20—45%   |
| hematit . . . . .        | 15—24%   |
| klorit . . . . .         | 3—6%     |
| anatas i rutil . . . . . | 1,8—3,2% |

Budući da jurski boksiti Istre imaju povećan sadržaj kaolinita, oni pripadaju grupi *glinovitih boksita*.

Malmska regresija na području zapadne Istre uzrokovana je blagim epirogenetskim pokretima, a nastalo kopno bilo je gotovo ravno i izgrađeno od debelo uslojenih grebenschkih vapnenaca. Za vrijeme kopnene faze karbonatne stijene su karstificirane i formirane su prostrane plitke depresije. Istovremeno je vršena boksitizacija glinovitog materijala koji je mjestimično prekrivao vapnenice. Debljina toga glinovitog sloja bila je vjerojatno mala. Povremeno tekuće vode prenosile su postepeno djelomično boksitizirani glinoviti materijal u depresije. Istovremeno s transportom vršena je daljnja boksitizacija glinovitog materijala. U depresijama prekinut je proces boksitizacije, vjerojatno stoga što su, radi blizine podzemnih voda, depresije često bile ispunjene vodom. Kao dokaz tome je činjenica da je u perifernim dijelovima depresija taložen materijal s više kaolinita nego u centralnim dijelovima. Takav slučaj često nalazimo kod pretaloženih boksita u vodene sredine. Nadalje, kemijski sastav boksita po vertikalnom profilu kroz ležišta je ujednačen (sl. 2); da je vršena boksitizacija u sedimentacionom bazenu sadržaj  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$  i  $TiO_2$  u gornjem dijelu ležišta ili u pojedinim horizontima bio bi povišen, a sadržaj  $SiO_2$  smanjen. Za boksitizaciju »in situ« naročito je indikativno ponašanje mikroelemenata (M a k s i m o v i ć & al., 1973), jer je u tome slučaju njihov sadržaj u donjem dijelu ležišta povećan.

U završnoj fazi stvaranja ležišta boksita nad ležištem su nastali močvarni uvjeti, zbog čega je u boksitičnim glinama, koje su tada taložene, kristalizirao pirit. Na primjeru ležišta Rovinj (sl. 1) vidi se da se u završnoj fazi više puta mijenjao Eh režim u sedimentacionom bazenu, jer se u boksitičnim glinama izmjenjuju slojevi s piritom i hematitom. Interesantna je pojava vertikalnih deferificiranih žilica s tragovima organske materije, koje vjerojatno predstavljaju ostatke korjena močvarnog bilja.

DT krivulje pokazuju (sl. 3) da je u završnoj fazi ispunjavanja bazena u donošenom mulju sve više prevladavao kaolinit, dok se količina bemitita smanjivala. Tome je možda bio uzrok brži transport glinovitog materijala u sedimentacione bazene, ili promjena klime, zbog čega su se pogoršali uvjeti boksitizacije.

Glavni uzrok visokog sadržaja kaolinita u istarskim jurskim boksitima vjerojatno je kratak vremenski period kopnene faze, za koje vrijeme su nastala ležišta boksita. Zbog toga nije bilo višekratnog erozionog razaranja ležišta boksita, pretaloživanja boksita i ponovnog formiranja ležišta, pri čemu se stalno vrši boksitizacija. Crnogorska ležišta boksita kojima su krovinske naslage gornjomalmske starosti, sadrže manje kaolinita. Podinske stijene tih ležišta pripadaju gornjem trijasu do donjem kimmeridge-u (S a k a č, 1973), što znači da je vremenski period stvaranja ležišta boksita bio znatno duži.

Na osnovi poznatih podataka nije moguće donijeti jednoznačan zaključak o porijeklu ishodišnog materijala jurskih boksita Istre. Malmsko kopno bilo je blagog reljefa, što isključuje transport ishodišnog materijala s većih udaljenosti. Pored toga podinske stijene užeg i šireg područja sastoje se isključivo od karbonatnih stijena. Zbog toga su najvjerojatnije dvije mogućnosti: ishodišni materijal potiče od podinskih karbonatnih stijena, ili je eolskog porijekla.

Radi utvrđivanja količine i sastava netopivog ostatka u karbonatnim podinskim stijenama, analizirana su dva uzorka. Uzorak br. 1 je bijeli grebenski porozni vapnenac (dismikrit) uzet oko 500 m zapadno od ležišta Rovinj, a uzorak br. 2 je svjetlosivi vapnenac guste strukture (mikrosparit) uzet oko 500 m južno od ležišta Vrsar. Rezultati parcijalne kemijske analize netopivog ostatka dobivenog otapanjem vapnenca u razrijeđenoj HCl ( $\text{pH} > 3$ ) su slijedeći (vidi tabelu III):

Rendgenskom analizom uzorka br. 2 utvrđeno je da je glavni sastojak netopivog ostatka hidroliskun, dok se kvarc, kaolinit i anatas nalaze u maloj količini.

Spektralnom analizom određen je sadržaj nekih mikroelemenata u vapnencima. U tabeli IV dat je i sadržaj  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  i  $\text{TiO}_2$ , izračunat na osnovi podataka iz tabele III.

Podaci s tabele IV pokazuju da podinski vapnenci sadrže elemente koje nalazimo i u boksitima u količinama koje se kreću u granicama koje su uobičajene u vapnencima. Međutim, zbog malog broja ležišta utvrđi-

Tabela III — Table III  
 Kemijski sastav netopivog ostatka  
*Chemical Composition of Insoluble Residue*

|                                 | 1     | 2     |
|---------------------------------|-------|-------|
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | ~ 8   | 14,82 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | ~35   | 8,05  |
| SiO <sub>2</sub>                | ~20   | 36,20 |
| TiO <sub>2</sub>                | ~ 0,4 | 1,05  |
| Gub. žar.                       | 17,73 | 11,10 |
| H <sub>2</sub> O <sup>105</sup> | 1,80  | 2,52  |
| H <sub>2</sub> O <sup>180</sup> | 2,23  | 1,65  |
| % net. ost.                     | 0,11  | 0,79  |

Analitičar: D. Šiftar

(Zbog male količine netopivog ostatka, uzorak br. 1 analiziran je spektralnom metodom.)

Tabela IV — Table IV  
 Sadržaj Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub> i mikroelemenata u vapnencima (u ppm)  
*Content of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub> and Microelements in Carbonaceous Rocks*

| Uzorak<br>Sample | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | Ni  | Co  | Cu  | Cr  | Zr  | V   |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1.               | 90                             | 400                            | 5                | 3,0 | 0,2 | 2,0 | 1,7 | 0,3 | 1,0 |
| 2.               | 1170                           | 636                            | 83               | 4,2 | 0,3 | 1,8 | 1,7 | 0,4 | 9,2 |

vanje stupnja orudnjenosti boksitom kontakta kimeridž-titon ne bi bilo pouzdano. Nadalje, debljina karbonatnih stijena koje su erodirane za vrijeme titonske emerzije nije poznata. Zato nije moguće pomoću proračuna potvrditi ili pobiti mogućnost da ishodišni materijal boksita potječe od netopivog ostatka podinskih karbonatnih stijena.

Dokazivanje ili opovrgavanje eolskog transporta ishodišnog materijala krajnje je teško, tako da i ova mogućnost ostaje otvorena.

Logično je također pretpostaviti da ishodišni materijal potječe od dva izvora: od netopivog ostatka podinskih karbonatnih stijena i od eolskog materijala.

Primljeno 07. 03. 1974.

Zavod za mineralogiju,  
 petrologiju i ekonomsku geologiju  
 Rudarsko-geološko-naftni fakultet,  
 41000 Zagreb, Pierottijeva 6



LITERATURA

- Ambrosi, C. d' (1927): Segnalazione di nuovi affioramenti giuresi presso Parenzo e Rovigno in Istria. — Atti Accad. Scient. Veneto-Trentino-Istria, 18, Padova.
- Ambrosi, C. d' (1940): Sull'eta e sul significato geologico dei calcari brecciatii di Orsera in Istria e delle loro bauxiti. — Boll. Soc. Geol. Ital., 59/1, 25—36, Roma.
- Glass, H. D. (1954): High-temperature phases from kaolinite and hallysite. — Am. Min. 39, 193—207.
- Maksimović, Z. & Papastamatiou, J. (1973): Distribution d'oligo-éléments dans les gesiments de bauxite de la Grèce centrale. — III congr. intern. I.C.S.O.B.A., 33—46, Nice.
- Polšak, A. (1965): Stratigrafija jurskih i krednih naslaga srednje Istre. — Geol. vjesnik, 18/1, 167—181, Zagreb.
- Sakač, K. (1973): Stratigrafski položaj i opće karakteristike boksitnih ležišta Dinarida. — II Jug. simp. o istr. i ekSpl. boksita, A-XV, 1—20, Tuzla.
- Trojanović, D. (1973): Jurski boksiti zapadne Istre. — II Jug. simp. o istr. i ekSpl. boksita A-III, 1—6, Tuzla.

B. SINKOVEC

JURASSIC CLAYEY BAUXITES OF WESTERN ISTRIA

Jurassic clayey bauxites are found along the western coast of Istria, between Rovinj and Funtana. The footwall of bauxites consists of Kimmeridgian limestone and the roofwall of Tithonian limestone. Notable for their size are the deposits at Rovinj, Vrsar and Gradina.

The bauxite deposits are layered and the maximal area measures 400 × 300 m at Rovinj, 350 × 350 at Vrsar, and 400 × 200 m at Gradina. The greatest depth in central parts amounts to about 20 m, and it decreases gradually towards the ends of the deposits. These deposits contain about 1.1 to 2.2 million tons of bauxite.

The chemical and mineral contents of the bauxite are even. The chemical content is shown in Tables I and II. The main bauxite minerals are boehmite, kaolinite, and hematite, and the accessory minerals include chlorite, anatase, rutile, and hydromica(?). The kaolinite content in the bauxites amounts to 20—45%, which means that the Jurassic bauxites of Istria belong to the group of clayey bauxites.

Deposits of bauxite formed during the short Malmian regression. Sporadic running waters gradually carried the partly bauxitized material into depressions. Bauxitization of clayey materials took place simultaneously with the transport of the material. The process of bauxitization was interrupted in the depressions, probably because the depressions were often filled with water owing to the proximity of underground waters.

In the final stage of bauxite deposit formation, marsh conditions developed above the deposits, which caused the crystallization of pyrite in the bauxitic clays sedimenting at that time. The deposits at Rovinj (text-fig. 1) show that the Eh regime in the sedimentation basin changed several times in the course of the final stage, because bauxitic clays contain alternating layers of pyrite

and hematite. An interesting thing is the incidence of vertical deferrified veins with traces of organic matter, which probably represent the remains of marsh vegetation roots.

The main cause of the high content of kaolinite in the Jurassic bauxites of Istria is probably the short time of the land phase, during which bauxite deposits formed. This is why repeated erosive destruction of the deposits did not take place, nor was there any re-sedimentation and re-formation of deposits, which all cause steady bauxitization.

On the basis of the available data it is not possible to propose a firm conclusion as to the origin of the source material of the Jurassic bauxites of Istria. Malmian land was only slightly mountainous, which rules out the possibility of the transport of the source material from far off grounds. Moreover, the footwall of the narrower and the wider areas consists of carbonaceous rocks exclusively. Therefore two propositions appear as the most probable: the source material originated in the carbonaceous footwall rocks, or it is of Eolean origin.

It has been determined that footwall limestones contain elements which are found in bauxites, and their amounts do not exceed the values common for limestone (Tables II and IV). Since the depth of carbonaceous rocks eroded during the Tithonian emergence is unknown, it is not possible to confirm or deny by calculation the possibility that the source material had its origin in the insoluble residue of carbonaceous footwall rocks.

It would be extremely difficult either to prove or disprove the proposition of Eolean transport of the source material, so that this possibility also remains open.

It is also logical to assume that the source material originated from two sources — the insoluble residue of carbonaceous footwall rocks, and the Eolean material.

*Received 7 March 1974*

*Department of Mineralogy,  
Petrology and Economic Geology,  
Faculty of Mining, Geology  
and Petroleum Engineering,  
41000 Zagreb Pierottijeva 6*