

YU ISSN 0016-7789

RAZPRAVE

GEOLOGIJA

POROČILA

1979

UREDNIŠKA OBVESTILA EDITORIAL NOTICES

Sodelavcem GEOLOGIJE

GEOLOGIJA objavlja originalne razprave s področja geoloških in sorodnih ved ter poročila o geoloških raziskovanjih, kongresih, posvetovanjih in publikacijah. Rokopis naj ne bo daljši od 35 tipkanih strani ali 60 000 znakov. V to število se štejejo tudi slike. Osnova za preračunavanje slik v znake je 3500 znakov za celostransko sliko.

Prosimo vse sodelavce GEOLOGIJE, da skrbno izbirajo vsebino svojih člankov, posvete ustrezno pozornost kratkemu in jasnemu načinu izražanja, uporabi posameznih besednih vrst in strokovnih geoloških izrazov ter izdelavi ilustracij. Na ta način bo reviji zagotovljena primerna znanstvena raven in oblika.

Prispevki morajo biti pisani s strojem z dvojnimi presledkom in s 4 cm širokim levim robom. Pri pregledu svojih rokopisov naj avtorji zlasti pazijo na pravilno pisanje znanstvenih in lastnih imen, znakov, števil, formul in podobno. Oseba imena pri navajanju literature naj bodo podčrtana črtkano, imena fosilov (rod in vrsta) pa valovito. Tekst naj ne vsebuje neobičajnih okrajšav, nejasnih popravkov in opomb.

Tabele naj bodo napisane na pisalni stroj IBM tako, da jih bo možno kliširati.

Članki morejo biti pisani ali v domačih ali v tujih svetovnih jezikih. Članek v domačem jeziku mora imeti povzetek v tujem svetovnem jeziku v obsegu ene petine članka, prispevek v tujem jeziku pa naj ima kratek slovenski povzetek. Na začetku vsakega članka mora biti kratka vsebina v obsegu 700 do 1000 tiskovnih znakov v enem od svetovnih jezikov.

Če želi avtor drugačne pogoje glede obsega in povzetka svojega članka, je to možno v sporazumu z uredništvom.

Literaturo navajajte po abecednem redu avtorjev in kronološko na naslednji način: priimek avtorja, začetna črka avtorjevega imena, letnica, naslov dela (pri periodičnih izdajah tudi naslov revije in zaporedna številka zvezka), založba in kraj, kjer je delo izšlo. V literaturo vključujte samo uporabljena dela, bibliografijo pa le v izjemnih primerih glede na vsebino in pomen razprave. V citatih med tekstom navedite začetno črko imena in priimek avtorja ter letnico, ko je delo izšlo, po potrebi tudi stran.

Karte, profili, skice, diagrami in druge podobne slike morajo biti narisani na prosojnem matričnem papirju. Za fotografske, mikrografske in rentgenske slike je treba predložiti visokokontrastne originale na gladkem, svetlem papirju. Izjemoma imajo avtorji možnost objaviti tudi barvne slike. Na vsaki sliki mora biti ime avtorja in zaporedna številka slike. V glavnem naj bo slika pojasnilo teksta, zato mora biti med tekstom na ustreznem mestu navedena zaporedna številka slike. Napiši in legende k slikam naj bodo kratki, posebno še, ker morajo biti dvojezični.

Pri dosedanjih izdajah naše revije se je pokazalo, da avtorji pri slikah ne upoštevajo formata knjige, kar povzroča mnogo dodatnega dela pri urejevanju in tisku. Pri vseh slikah med tekstom upoštevajte, da je zrcalo revije $12,6 \times 18$ cm. V primeru, da je potrebna večja slika, naj njena širina po možnosti ne preseže 40 cm, višina pa naj ne bo večja kot 18 cm. Risba naj bo večja kot slika, ki bo po njej izdelana; razmerje naj bo 2 : 1. Pri tem je treba paziti na debelino črt ter na velikost števil, črk in drugih znakov na risbi, da bosta njihova debelina in velikost tudi po zmanjšanju ustrezala; črke in številke na tiskani sliki morajo biti visoke najmanj 1 mm.

Celoten rokopis, vključno risbe, fotografije, kratko vsebino in povzetek v tujem jeziku, mora pripraviti vsak avtor sam.

V 2. delu 22. knjige GEOLOGIJE, letnik 1979, bodo objavljena dela, prispela v uredništvo do konca junija 1979, v 1. delu 23. knjige, leto 1980, pa dela, ki jih bo uredništvo prejelo do konca leta 1979.

Uredništvo bo pošiljalo krtačne odtise stavkov v korekturo avtorjem po njihovi želji. Pri korekturah popravljajte samo tiskovne napake. Dopolnila so možna le na stroške avtorjev. Sodelavcem, ki živijo zunaj Ljubljane, bomo krtačne odtise pošiljali po dogovoru; njihove popravke bomo upoštevali le v primeru, da korekture vrnejo v dogovorjenem roku.

Avtorji prejmejo brezplačno po 50 izvodov separatov vsakega članka. Nadaljnje izvode pa lahko dobe po ceni, ki ustreza dejanskim stroškom.

YU ISSN 0016-7789

GEOLOGIJA

RAZPRAVE IN POROČILA

22. KNJIGA
1. del



GEOLOGIJA	LETO 1979	22. KNJIGA 1. del	Str. 1 do 188	LJUBLJANA
-----------	-----------	----------------------	---------------	-----------

GEOLOGIJA

RAZPRAVE IN POROČILA

Od leta 1978 dalje (21. knjiga) izhaja GEOLOGIJA dvakrat na leto, v juniju (1. del) in decembru (2. del), da bi imeli avtorji možnost hitreje objaviti svoja dela

Izdajatelji: Geološki zavod, Inštitut za geologijo FNT in Slovensko geološko društvo, Ljubljana

Glavni in odgovorni urednik: *Štefan Kolenko*, Yu 61000 Ljubljana, Parmova 33

Uredniški odbor: *M. Drovenik, M. Iskra, Š. Kolenko, D. Kuščer, A. Nosan, M. Pleničar* in *L. Zlebnik*

Tiskovni svet: *S. Papler* — predsednik, *F. Cimerman, J. Duhovnik, Š. Kolenko, I. Mlakar, A. Nosan, V. Osterc, G. Simčič* in *D. Turnšek*

Naklada: 1000 izvodov

Letna naročnina: 250 din

Tisk in vezava: LJUDSKA PRAVICA, Ljubljana, Kopitarjeva 2

V letu 1979 financirata: Raziskovalna skupnost Slovenije in Geološki zavod, Ljubljana

From 1978 (Volume 21), GEOLOGIJA appears biannually, in June (Part 1) and December (Part 2), to advance our publishing activity by a more rapid printing of the submitted papers

Published in Ljubljana by the Geological Survey, FNT Institute of Geology, and the Slovene Geological Society

Editor in Chief: *Štefan Kolenko*, Yu 61000 Ljubljana, Parmova 33

Editorial Board: *M. Drovenik, M. Iskra, Š. Kolenko, D. Kuščer, A. Nosan, M. Pleničar* and *L. Zlebnik*

Subscription price: \$ 14 per year

Printed by LJUDSKA PRAVICA, Ljubljana, Kopitarjeva 2

VSEBINA — CONTENTS

Paleontologija — Paleontology

Holzer, H.-L. & Ramovš, A.

Neue rugose Korallen aus dem Unterperm der Karawanken	1
New rugose corals from the Lower Permian beds of the Karavanke Alps	1
Nove spodnjepermske ruгоzne korale v Karavankah	1

Stratigrafija — Stratigraphy

Ramovš, A. & Kochansky-Devidé, V.

Karbonske in permske plasti v severnih Julijskih Alpah	21
Karbon- und Perm-Schichten in den nördlichen Julischen Alpen	21
Carboniferous and Permian beds from the northern Julian Alps	21

Dozet, S.

Karnijske plasti južno in zahodno od Ljubljanskega barja	55
Carnian beds south and west of the Ljubljana Moor	55

Gaździcki, A., Kozur, H. & Mock, R.

The Norian-Rhaetian boundary in the light of micropaleontological data	71
--	----

Šribar, L.

Biostratigrafija mejnih plasti med juro in kredo v južni Sloveniji	113
Biostratigraphy of the Jurassic-Cretaceous boundary layers from South Slovenia	113

Industrijski minerali in kamenine — Industrial minerals and rocks

Vesel, J.

Repen	117
Repen stone	117

Geofizika — Geophysical Survey

Lapajne, J.

Indirect geophysical model of Istrian bauxite deposits	127
--	-----

Izmenjava mnenj — Discussion

Berce, B., Štruel, I. & Fantinger, E.

Plutonic emplacement in the Eastern Karavanke Alps — Comments and Replay	i
--	---

Nove knjige — Book Reviews

<i>Paul Ramdohr und Hugo Strunz: Klockmanns Lehrbuch der Mineralogie</i>	iii
<i>G. H. A. Cole: The Structure of Planets</i>	iv
<i>Jörg Barner: Rekultivierung zerstörter Landschaften</i>	vi
<i>Leopold Müller — Salzburg: Der Felsbau. Dritter Band: Tunnelbau</i>	vii

GEOLOGIJA

GEOLOGICAL
TRANSACTIONS
AND REPORTS

RAZPRAVE IN POROČILA

Ljubljana • 1979 • 22. knjiga, 1. del • Volume 22, Part 1

GEOLOGIJA 22/1, 1—20 (1979), Ljubljana

UDK 563.61:551.736.1(234.323.61)=30

Neue rugose Korallen aus dem Unterperm der Karawanken

New rugose corals from the Lower Permian beds of the Karavanke Alps

Nove spodnjepermske rugozne korale v Karavankah

Hans-Ludwig Holzer

Institut für Geologie und Paläontologie, A-8010 Graz, Heinrichstraße 26

Anton Ramovš

Katedra za geologijo in paleontologijo, Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani,
61000 Ljubljana, Aškerčeva 12



Project 5

Zusammenfassung

Aus den Südkarawanken werden bisher nicht bekannt gewordene Rugosa (*Carinthiaphyllum kahleri* Heritsch, 1936 und *Yokoyamaella* (*Yokoyamaella*) *stillei* (Heritsch, 1936)) beschrieben (H.—L. H.), die vom Zweitautor im Bereich der Ortschaft Potarje und in der Dolžanova soteska (Teufelsschlucht) aus gelblichen und grauen Trogkofelkalken gesammelt wurden.

Abstract

A description of rugose corals *Carinthiaphyllum kahleri* Heritsch, 1936 and *Yokoyamaella* (*Yokoyamaella*) *stillei* (Heritsch, 1936) from yellowish and greyish Trogkofel-limestone (Lower Permian) from the slovenic Karawanke Alps (village Potarje, Dolžanova soteska — Dolžan gorge is given.

Kratka vsebina

V sivem in rumenkastem grebenskem apnencu so bile najdene v Potarjih nad Lomom pri Tržiču in na eni od skalnih piramid v Dolžanovi soteski korale, ki v Sloveniji doslej še niso bile znane. Pripadajo vrstama *Carinthiaphyllum kahleri* Heritsch, 1936 in *Yokoyamaella* (*Yokoyamaella*) *stillei* (Heritsch, 1936), ki sta tu opisani.

Vsebina — Inhaltsübersicht — Contents

Zgodovinski zapisek o koralah v Dolžanovi soteski	2
Paläontologischer Teil	3
<i>Yokoyamaella</i> (<i>Yokoyamaella</i>) <i>stillei</i> (Heritsch, 1936)	3
<i>Carinthiaphyllum kahleri</i> Heritsch, 1936	6
Literaturverzeichnis	20

Zgodovinski zapisek o koralah v Dolžanovi soteski

A. Ramovš

V trogkofelskem apnencu Dolžanove soteske nad Tržičem je prvi našel korale Schellwien leta 1898 (*Caninia* aff. *kokscharowi* Stuckenberg, *Diphyphyllum* nov. sp. in *Cyathaxonella* nov. sp.). Sistematično pa jih je prvi obdelal Heritsch leta 1933. Določil je vrste *Amplexocarinia geyeri* n. sp., *Tachylasma aster* Grabau, *Sinophyllum pendulum* Grabau in *Lopholasma ilitschense* Soshkina. Ko je preučeval stratigrafski položaj trogkofelskega apnenca, je F. Heritsch (1938) opisal iz Dolžanove soteske še naslednje korale: *Tachylasma aster* var. *cylindroconica* Soshkina, *Tachylasma exceptatum* Soshkina in *Sinophyllum pendulum* var. *simplex* Huang. Vse te solitarne korale so iz rdečega trogkofel-

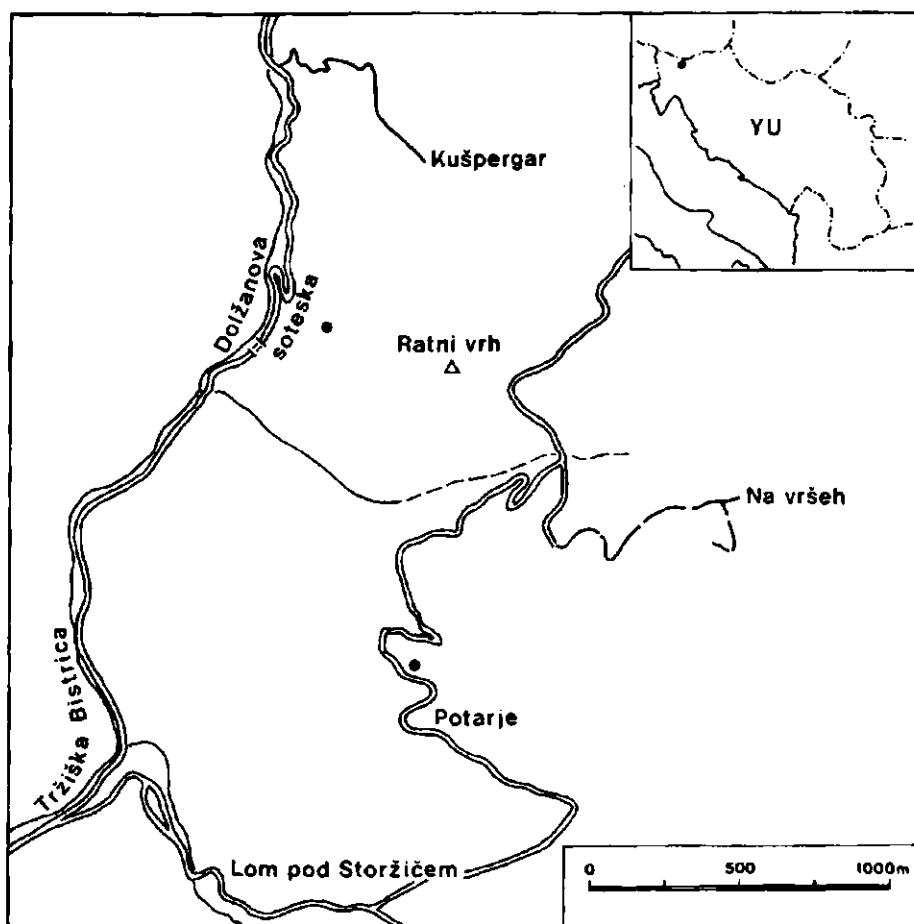


Abb. 1. Korallenfundorte in den Trogkofelkalken in der Dolžanova soteska und in Potarje

Fig. 1. Coral localities in village Potarje and Dolžanova Soteska (Dolžan Gorge)

skega apnenca; te koralne favne je imel F. Heritsch (1933 in 1938) za permske kljub različnim najdiščem.

Leta 1961 je našel A. Ramovš v vasi Potarje pri Lomu nad Trzičem dva kosa apnenca z grebenskimi koralami, po površju preperelimi. Leta 1978 so bili najdeni nad Potarji v enakem apnencu še nadaljnji kosi, ki še niso obdelani. Grebenski apnenec je delno rdeč delno rožnat, svetlo siv in bel. Grebenske korale vsebuje samo bel apnenec. Postavlja se vprašanje, ali je na življenje grebenskih koral negativno vplivala večja primes glinastega materiala, ki je kamenino obarvala rdečkasto (primerjaj E. Flügel & G. Agiorgitis, 1970). Rdeči apnenec pa vsebuje drugod posamične korale. Različno obarvani apnenec predstavlja nadaljevanje grebenskega pasu iz Dolžanove soteske proti vzhodu in pripada spodnjepermški epohi.

Korala iz potarskega najdišča, določena kot *Yokoyamaella* (*Yokoyamaella*) *stillei* (Heritsch 1936), je znana doslej samo iz spodnjepermških plasti.

Drugo najdišče koral v Dolžanovi soteski leži na vrhu druge strme skalne piramide nad velikim cestnim ovinkom (sl. 1, 2). Svetlo sivi masivni apnenec vsebuje na enem kraju številne, večidel posamično stoječe in le redko dotikajoče se korale, v preseku okrogle ali ovalne. Kamenina vsebuje tudi krinoidne ostanke, niso pa bili najdeni brahiopodi in školjke. Zelo redke so fuzulinidne foraminifere. Cer sestoji v celoti iz masivnega sivega apnenca in je zaradi navpičnih sten težko dostopna. Zato ni bilo mogoče najti več koralnih najdišč, ki bi potrdila, da je vsa čer iz koralnega apnenca. V sosednjih čereh niso bile najdene korale.

Določena je bila vrsta *Carinthiaphyllum kahleri* Heritsch 1936, znana doslej le iz nižjega dela spodnjega perma.

Z južnokaravanskim trogkofelskim apnencem so se ukvarjali še S. Buser, 1974; W. Buggisch, E. Flügel, F. Leitz & G. F. Tietz (1976) in A. Ramovš (1968, 1969, 1972, 1974).

PALAONTOLOGISCHER TEIL

H.—L. Holzer

Rugosa Milne-Edwards & Haime, 1850

Waagenophyllidae Wang, 1950

Waagenophyllinae Wang, 1950
(vgl. Minato & Kato, 1965)

Yokoyamaella (*Yokoyamaella*) Minato & Kato, 1965

Yokoyamaella (*Yokoyamaella*) *stillei* (Heritsch, 1936)

Taf. 1, Fig. 1—3, Taf. 5, Fig. 2—5

v. 1936 *Wentzelella stillei* n. sp. — Heritsch, F., S. 127, Taf. 18, Fig. 1, 2, Abb. 29—31.

1965 *Yokoyamaella* (*Y.*) *stillei* — Minato & Kato, S. 138.

Holotypus: Der bei Heritsch 1936 beschriebene und abgebildete Stock 2468.

Locus typicus: Rattendorfer Alpe.

Stratum typicum: Unterer Schwagerinenkalk, Unterperm.

Material: 1 Stockbruchstück (mit 3 Querschliffen, 4 Folien, 1 Längsschnitt) aus Trogkofelkalken, Potarje, oberhalb Tržič (Yu).

Beschreibung: Bruchstück eines cerioiden, massiven Stockes mit einer stark angewitterten Stockoberfläche und ca. 10 cm Durchmesser. Die unregelmäßig polygonalen Koralliten, die 4- bis 6-eckig sind, werden durch eine



Abb. 2. Der Fundort von *Carinthiaphyllum kahleri* auf dem zweiten schroffen Felsklippe innerhalb der Dolžanova soteska. Foto A. Ramovš

Fig. 2. Finding place of *Carinthiaphyllum kahleri* in Dolžanova Soteska (Dolžan Gorge)

relativ dicke Außenwand umhüllt. Diese Epithek wird aus Septalanteilen, Dissepimentanteilen und eigenen Epithekalanteilen zusammengesetzt. Die bis zu 10 mm großen Koralliten zeigen in Querschnitten 2 Ordnungen von Septen, die meist von der Epithek ausgehen und deren Septen 1. Ordnung knapp vor der Columella enden. Mit den 12–21 (meist um 18–19) Septen erster Ordnung alternieren Septen 2. Ordnung, deren Länge die Hälfte bis $\frac{2}{3}$ der Septen 1. Ordnung erreichen. Außer einer manchmal im Epithekbereich deutlichen Verdickung handelt es sich um $\pm$ gerade, gegen die Columella hin ausdünnende Septen (mittlere Dicke um 0,20 mm), deren axiales Ende häufig verbogen sein kann. In Verbindung mit der Medianlamelle der Columella kann ein Septum (in der Literatur als Gegenseptum bezeichnet) mit dieser in Verbindung stehen. Die Septen 2. Ordnung sind etwas dünner. Der Durchmesser der Columella schwankt zwischen 1 und 2 mm und zeigt einen runden bis ovalen Umriß. Der Aufbau zeigt sich v. a. in Querschnitten variabel. Es bestehen alle Übergänge von Columellen mit überwiegend und relativ flach hochgewölbten Tabellarelementen, Tabellarelementen und gleichrangigen Radialelementen, Tabellarelementen mit einer Medianplatte oder Tabellarelementen, Medianplatte und untergeordneten Radialelementen (Taf. 5, Fig. 2–5). Das aus verschiedenen großen Blasen aufgebaute und zum größten Teil interseptale Dissepimentarium besteht aus 3–5 Reihen. Untergeordnet und bei adulten Schnitten finden sich lonsdaleoide Wandblasen, die sich v. a. in den Zwickeln benachbarter Koralliten konzentrieren. Die Grenze Dissepimentarium — Tabellarium ist in Querschnitten undeutlich, eine innere »Mauerbildung« durch engstehende »elongate dissepiments« bzw. Clinotabellae (sensu Minato & Kato 1965) ist kaum zu beobachten.

In Längsschnitten erkennt man gegen das Zentrum steil abfallende 3–5 Blasenreihen, die in einer Reihe »elongate dissepiments« enden. Darauf folgen sporadisch entwickelte Clinotabellae und ein schmaler Bereich von »transverse tabellae«, deren Dichte gegen den Kelch zu abzunehmen scheint.

Abmessungen (vgl. Tab. 1):

Korallitendurchmesser: 5,5–10 mm.

Abstand benachbarter Columellen: 5–12 mm.

Columella-Durchmesser: 1–2 mm.

Septenzahl: Septen 1. Ordnung: 12–21.

Gesamtzahl (S.1.O. + S.2.O.): 22–38.

Anteil am Radius von Columella / Tabellarium / Dissepimentarium (incl. elongate Diss.) in mm: 0,8/0,5–0,7/2,5.

Transverse Tabellae/5 mm: 14–9.

Bemerkungen: Lediglich die Dicke der Wandbildung ermöglicht eine Zuordnung zum Subgenus *Yokoyamaella* (Y.) Minato & Kato, 1965, wobei beim vorliegenden Stock die Vielfältigkeit der Wandausbildung auffällt. Die Durchsicht der Schliffe des Holotypus von *Y. (Y.) stillei* (Heritsch, 1938) zeigt ähnliche Abmessungen, Septenzahlen und eine geringere Variabilität des Columella-Aufbaues. Ebenso ist der Wandbau etwas einheitlicher (»beading type« und Typus »septal wall« bei Minato & Kato 1965: Abb. 5).

Mit Ausnahme der Epithekalbildungen könnte der vorliegende Stock *Ipciphyllum laosense* (Patte, 1926) zugeordnet werden. Eine Neubearbeitung der jungpaläozoischen Stockkorallen der Familie Waagenophyllidae unter Berück-

Tabelle 1. Meßdaten aus Querschnitten (in mm) bei *Yokoyamaella* (Y.) *stillei* (Heritsch, 1936)Table 1. Data from transverse sections (in mm) of *Yokoyamaella* (Y.) *stillei* (Heritsch, 1936)

Kleiner Durchmesser Small diameter	Abstand Columella-Columella distance	Columella-Durchmesser Columella diameter	Septenzahl Number of septa	
			S.l. Ordn. 1st order	Total
7*	9;9;10;	1.5*	ca. 21	36
10*	14;10;12; 10;10;	2 x 3	20	35
7*	8;11;7;11		ca. 12	22
6.5	7;9;8;9; 14;6;5;	1.3	19	35
7	6.5;10	1.1	ca. 15	25
5.5	5;5;7	1 x 1.5	ca. 9	26
* Messung senkrecht Medianlinie der Columella Measurement perpendicular to the median line of columella				

sichtigung der neuen Erkenntnisse bezüglich Variabilität (Ökophänotypen) etc. erscheint v. a. für paläobiogeographische Schlußfolgerungen von großer Wichtigkeit.

Chronostratigraphie und Verbreitung: *Y. (Y.) stillei* (Heritsch, 1936) ist bisher nur aus dem höheren Unterperm der Karnischen Alpen bekannt geworden (vgl. auch Minato & Kato 1970).

Geyerophyllidae Minato, 1955
(vgl. Minato & Kato 1975 cum lit.)

Carinthiaphyllum Heritsch, 1936
Carinthiaphyllum kahleri Heritsch, 1936

Taf. 2, Fig. 1—3, Taf. 3, Fig. 1—3, Taf. 4, Fig. 1—3, Taf. 5, Fig. 1

v. 1936 *Carinthiaphyllum kahleri* n. sp. — Heritsch, F., S. 135—137, Textfig. 39, 40, Taf. 17, Fig. 29, Taf. 18, Fig. 5, 7—13.

1971 *Carinthiaphyllum kahleri* — Homann, W., S. 126—128, Taf. 3, Fig. 18.

Holotypus: Exemplar 429, 1929 (UGP 2082, non UGP 1230, Homann, 1971).

Locus typicus: Nordseite des P. 1885 zwischen Garnitzen und Krone, Karnische Alpen.

Stratum typicum: Unterer Schwagerinenkalk, Unterperm.

Material: 1 Handstück aus den Trogkofelkalken der Teufelsschlucht oberhalb Tržiš mit 7 Schliffen (davon 2 Längsschnitte).

Beschreibung: Locker angeordnete, sich sehr selten berührende Koralliten mit runden bis ovalen Querschnitten.

Morphologische Merkmale in Querschnitten: Eine dünne gewellte Epithek umhüllt die Koralliten, die äußeren Längseindellungen entsprechen den Septenansatzstellen. An dieser Epithek setzen stark verdickt die Septen 1. und 2. Ordnung an, deren Zahl bis 28×2 betragen kann (Taf. 4, Fig. 1–3). Während der Septenansatz je nach Koralliten-Durchmesser und Septenzahl bis zu 0,75 mm breit sein kann, sind die Septen bis maximal 0,2 mm (meist um 0,125–0,150 mm) dick und dünnen sehr allmählich gegen das axiale Ende zu aus. Sehr selten sind keulenförmige Verdickungen der Septenenden zu beobachten. Je nach Schnittlage enden die Septen 1. Ordnung $\pm$ knapp vor der Columella. Die Septen 2. Ordnung, die selten deutlich dünner sind, erreichen meist die Hälfte, seltener $2/3$ der Länge der Septen 1. O. In wenigen Schnitten kann eine pennate Stellung der Septen um das Septum, welches im Wesentlichen am Aufbau der Columella beteiligt ist und als Hauptseptum (nach Minato & Kato 1967) bzw. Gegenseptum (nach Heritsch 1936, etc.) bezeichnet wird, beobachtet werden.

Die Mikrostruktur der Septen entspricht dem trabekulären Bau mit seitlicher Anlagerung (vgl. Schouppé & Stacul 1962: Abb. 3). Stets auf den interseptalen Raum beschränkt finden sich Dissepimente in 3–4 Reihen angeordnet. Eine axiale Begrenzung durch eine »innere Mauer« findet sich selten. Die massive, keulenförmige bis unregelmäßige Columella stellt überwiegend die direkte Fortsetzung des Hauptseptums dar und zeigt als Strukturelement eine dunkle Medianlinie, sehr selten Radiallamellen und keine Bodenelemente.

Morphologische Merkmale in Längsschnitten: Die in Querschnitten selten erkennbare Gliederung in Dissepimentarium und Tabellarium kann in Längsschnitten deutlich gemacht werden (Taf. 2, Fig. 1, Taf. 3, Fig. 1). Hier folgen auf eine kaum erkennbare Epithek 3–4 Reihen sehr steil stehender Dissepimente, die ca. die Hälfte des Durchmessers einnehmen, wobei die 1–2 Reihen axial folgenden »elongate dissepiments« eingeschlossen sind. Das breite Tabellarium bauen außen unterschiedlich steil abfallende Clino-tabellae auf, die bei Annäherung an die Columella verflachen und die flach bis blasig ausgebildeten »transverse tabellae«.

Die schnittlagenbedingte, unterschiedlich dicke Columella zeigt hier nur eine dunkle Medianlinie.

Abmessungen:

Koralliten-Durchmesser (meist senkrecht auf die Medianlinie der Columella): 4–10 mm.

Septenzahl: 18–28 ($\times 2$).

Mittlere Septendicke: 0,075 — max. 0,2 mm.

Septenlänge der 2. Ordnung: $1/2$ — (selten $2/3$) der Septenlänge 1. O.

Columella-Durchmesser (senkr. ML/parallel ML): 0,5–2/0,75–2,6 mm.

Tabellarelemente/5 mm: 8–12.

Verhältniswerte vgl. Tabelle 2, Abb. 3.

Tabelle 2. Messungen (in mm) und Daten bei *Carinthiaphyllum kahleri* Heritsch, 1936Table 2. Data (in mm) of *Carinthiaphyllum kahleri* Heritsch, 1936

Schnittlage Section	Kleiner Korallen- ϕ Small coralline diameter	Kleiner Columella- ϕ Small columella diameter	Septenzahl 1. Ord. (2. Ord.) Number of septa 1st order (2nd order)	Breite des Dissepimentariums Dissepimentarium width	Breite des Tabellariums Tabellarium width
Q*	4,2	0,5	18 (18)		
Q	5	0,8	20 (20)		
Q	5	1,2	20 (20)		
Q	7,7	1,4	28 (28)		
Q	10	2	27 (27)		
L**	7	1,3		3,4	2,2
	10	1,6		4,3	4,0
L	8,9	0,9		3,7	4,1
	9,4	0,6		4	4,5
* Querschnitt - Transverse section ** Längsschnitt - Longitudinal section					

Bemerkungen: Allen Schnitten gemeinsam ist die durch den Septenansatz verdickte und längsgewellte Epithel. In ontogenetischen Frühstadien finden sich nur Ansätze zu einem Dissepimentarium und ab und zu die pennate Septenanordnung um das die Columella bauende Septum.

Das Dissepimentarium nimmt maximal die Hälfte des Gesamtdurchmessers ein. Die Septen 2. Ordnung erreichen selten $2/3$ der Länge der Septen 1. Ordnung. In Längsschnitten finden sich stets »elongate dissepiments«, Clinotabellae und »transverse tabellae«. Mit Ausnahme der dunklen Medianlinie ist die Columella $\pm$ strukturlos.

Vergleichende Studien am vorliegenden Originalmaterial der von Heritsch 1936 beschriebenen *Carinthiaphyllum kahleri* n. sp. und *Carinthiaphyllum carnicum* n. sp. zeigt die Problematik der Trennung beider Arten auf. Minato & Kato 1967 geben bei der Neubeschreibung von *Carinthiaphyllum carnicum* Heritsch, 1936 folgende für *C. kahleri* typische Kriterien an: schwach dickere Septen, eine kompaktere Columella, längere Septen 2. Ordnung und eine deutlichere »innere Wand« und (selten) lonsdaleoide Dissepimente. Außerdem meinen Minato & Kato 1967, dass *C. kahleri* Heritsch, 1936 den einfachsten Interbau zeigt und die Entwicklung über *C. carnicum* zu *C. suessi* verlaufen könnte. Homann 1971 beschreibt die 3 bekannten Arten aus dem

tieferen Unterperm der Karnischen Alpen, wobei unkritisch die Unterscheidungsmerkmale von Minato & Kato 1967 übernommen werden.

Die Durchsicht des Originalmaterials zeigte vielmehr einen einfacheren Interbau bei *C. carnicum* auf. Zu bemerken ist, daß die vorliegenden Schnitte dieser Art überwiegend aus der Kelchregion stammen, bzw. deutet die Sedimentverfüllung im Axialbereich tiefreichende Kelche an. Leider sind bisher keine Längsschnitte abgebildet worden, wobei gerade diesen eine wichtige Rolle zukommt. Selbst in den Adultstadien bleiben die Durchmesser relativ

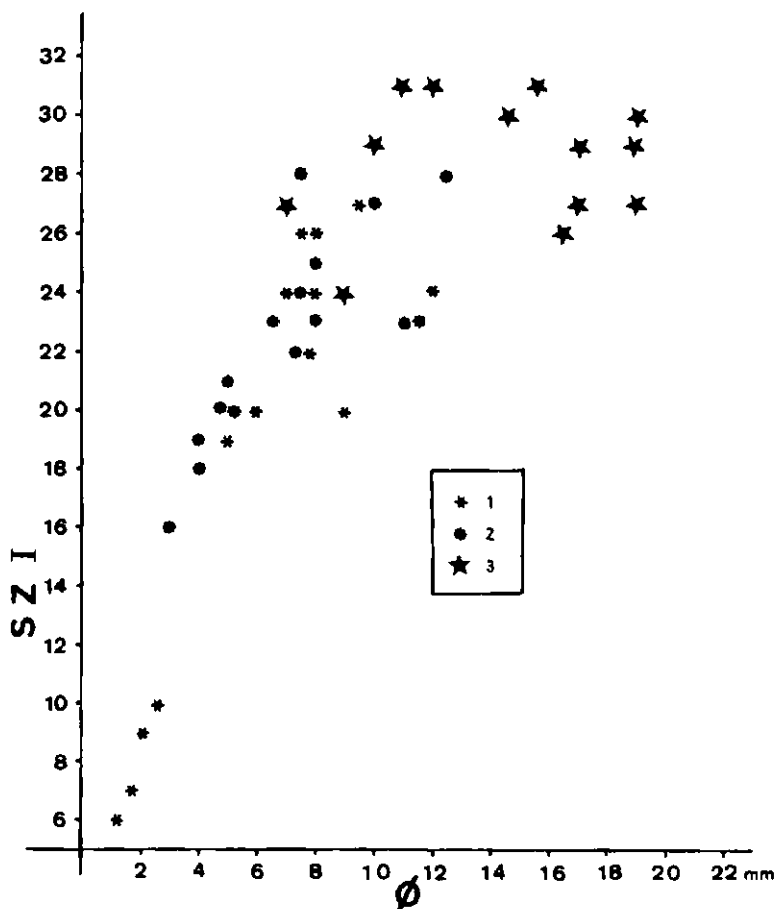


Abb. 3. Beziehung zwischen dem kleinen Durchmesser und der Zahl der Septen 1. Ordnung (SZ I) bei

Fig. 3. Relation of small diameter to number of septa (first order) from

1. *Carinthiaphyllum carnicum* Heritsch, 1936
2. *Carinthiaphyllum kahleri* Heritsch, 1936
3. *Carinthiaphyllum suessi* Heritsch, 1936 (incl. *C. cf. suessi* Heritsch, 1936 bei Gräf & Ramovš 1965 und Flügel 1964)

klein (bei H o m a n n 1971 sind die maximal-Durchmesser beider Arten ungefähr gleich) und die Septenzahl erreicht maximal 26×2 .

Epithek, Septenanordnung, Septenlänge (1. und 2. Ordnung), Septendicke, Columella-Interbau umfassen in ihrer Variabilität ähnliche Werte wie bei *C. kahleri* Heritsch, 1936 von der wesentlich mehr Schliffmaterial vorliegt. Bei dieser Art scheint jedoch die Entwicklung der Clinotabellae und »transverse tabellae« vorangeschritten zu sein, was sich jedoch in den Querschnitten nur erahnen läßt. Dies ist durch die adaxial weitreichende Gliederung des Interseptalraumes durch angeschnittene Tabellarelemente angedeutet. Erst weitere Studien durch Materialaufsammlungen an den Loci typici mit verstärkter Berücksichtigung von Längsschnitten, Folienserien zur Klärung der Wuchsform (solitär — fasciculat), Vergleich ontogenetisch gleichrangiger Stadien (Abklärung des Zusammenhanges der Entwicklung der Skelettelemente, des Durchmessers und der Septenzahl etc.) könnten die Zusammenhänge bzw. Art-trennenden Merkmale abklären. *C. suessi* Heritsch 1936, *C. cf. suessi* Gräf & Ramovš 1965, *C. cf. suessi* Flügel 1964, *C. crasseseptatum* Gräf & Ramovš 1965 sind in Adultstadien deutlich durch große Durchmesser und in großen Septenzahlen von der vorliegenden Form zu unterscheiden (vgl. Abb 3).

Stratigraphisches Vorkommen und Verbreitung: *Carinthiaphyllum yezoense* Minato & Rowett, 1967 stammt aus dem Mittelkarbon Japans, *C. sp.* aus dem Oberkarbon des Donetzbeckens (F o m i t c h e f 1953), *C. crasseseptatum* Gräf & Ramovš, 1965 aus dem Oberkarbon — Unterperm (?) von Ortnek (SE Ljubljana, Yu.), *C. carnicum* Heritsch, 1936 aus dem Auernigsschichten, Unteren Pseudoschwagerinenkalken und Grenzlandbänken (Oberkarbon — tieferes Unterperm), *C. kahleri* Heritsch, 1936 aus den Unteren Pseudoschwagerinenkalken und Grenzlandbänken (tieferes Unterperm) der Karnischen Alpen und *C. suessi* Heritsch, 1936 aus dem Unteren und Oberen Pseudoschwagerinenkalken der Karawanken (Teufelsschlucht), vom Boč (Wotsch-Berg) südlich Maribor (H e r i t s c h 1941), aus Griechenland (S c h o u p p é 1961), *C. cf. suessi* nach Gräf & Ramovš 1965 aus den Karawanken (Unterperm) und nach Flügel 1964 aus den Ruteh-Kalken von Shemshak N. Teheran (Mittelperm). Die übrigen bekannt gemachten Arten stammen aus Zentralasien (Darwas), wie *C. maklayi* Pyzhjanov, 1966 und *C. heritschi* Pyzhjanov, 1966 bzw. aus China (westliches Kueichow) mit *C. exquisitum* Wu & Zhao, 1974.

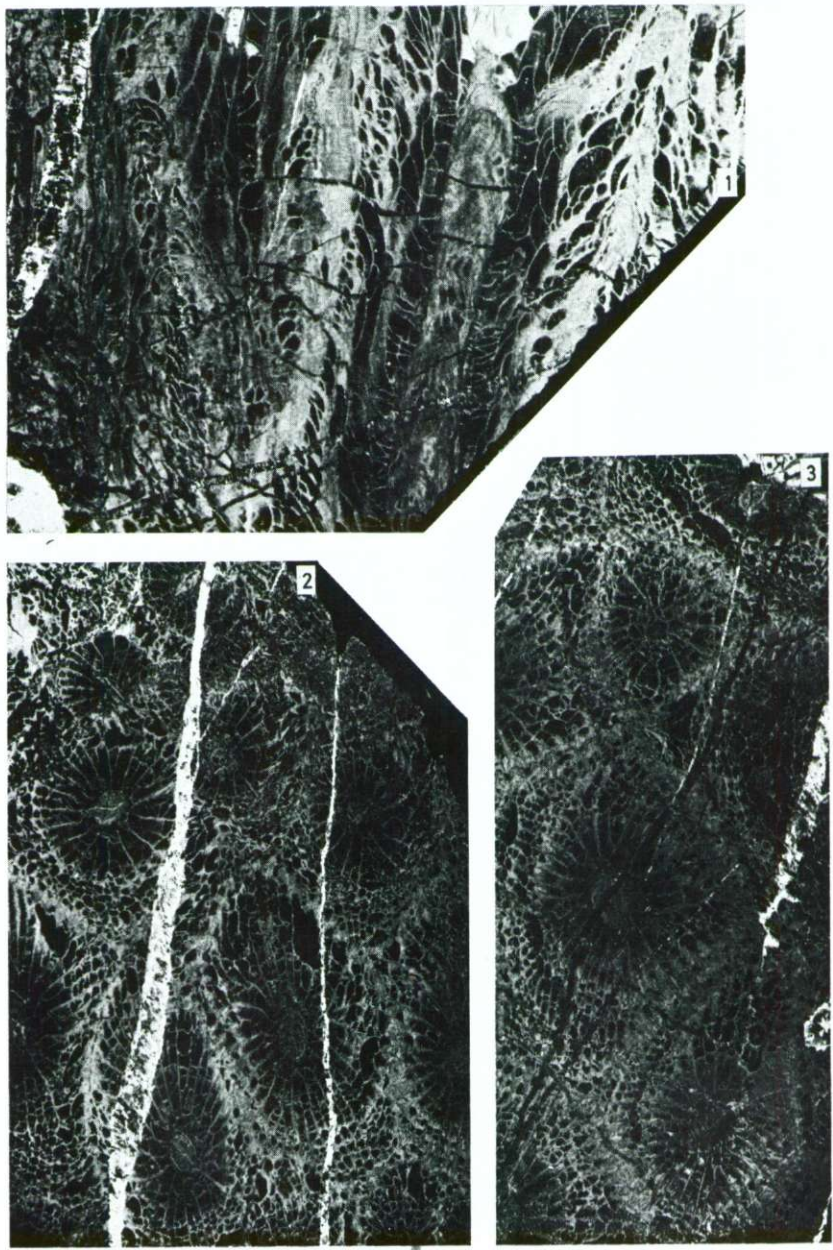
Tafel 1 — Plate 1

Yokoyamaella (*Yokoyamaella*) *stillei* (Heritsch, 1936)

Fig. 1. Längsschnitt, Dünnschliffnegativ, $4 \times$
Longitudinal section, $4 \times$

Fig. 2, 3. Querschnitte, Dünnschliffnegativ, $2,5 \times$
Transverse sections, $2,5 \times$

Tafel 1 — Plate 1



Tafel 2 — Plate 2

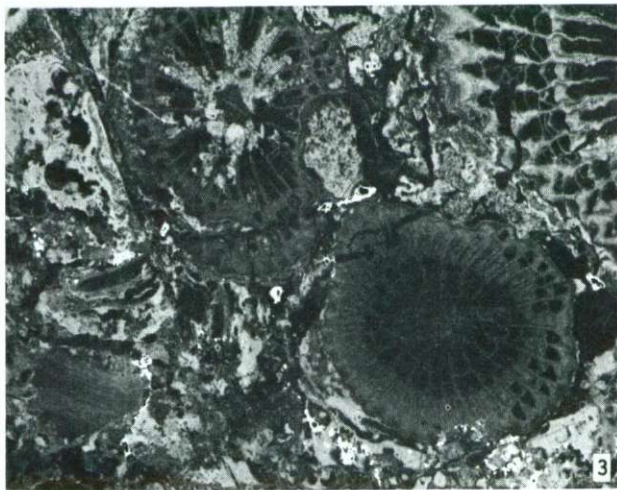
Carinthiaphyllum kahleri Heritsch, 1936

Fig. 1. Längsschnitt, Dünnschliffnegativ, 5 ×
Longitudinal section, 5 ×

Fig. 2. Schräger Querschnitt, Dünnschliffnegativ, 4,5 ×
Obliquely transverse section, 4,5 ×

Fig. 3. Querschnitte, Dünnschliffnegativ, 4,5 ×
Transverse section, 4,5 ×

Tafel 2 — Plate 2



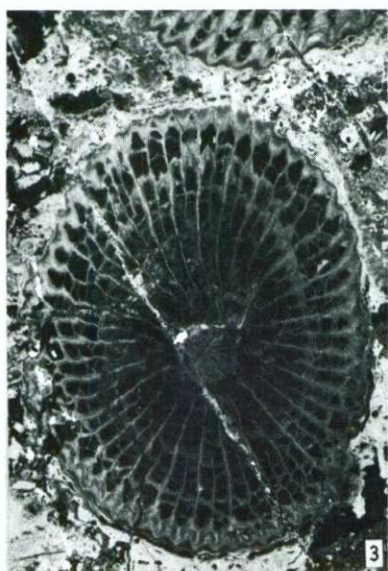
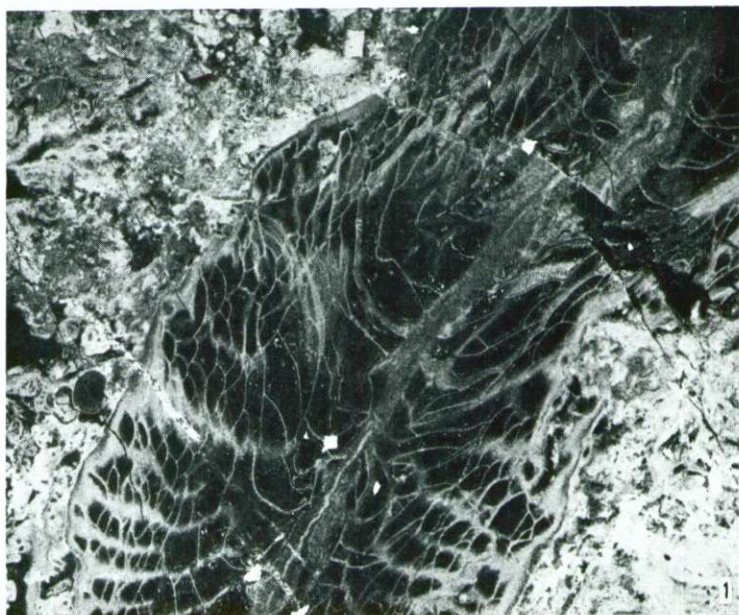
Tafel 3 — Plate 3

Carinthiaphyllum kahleri Heritsch, 1936

Fig. 1. Längsschnitt, Dünnschliffnegativ, 4,5 ×
Longitudinal section, 4,5 ×

Fig. 2., 3. Querschnitte, Dünnschliffnegativ, (Fig. 2), 4,5 × (Fig. 3), 3,5 ×
Transverse sections, 4,5 × (Fig. 2), 3,5 × (Fig. 3)

Tafel 3 — Plate 3



Tafel 4 — Plate 4

Carinthiaphyllum kahleri Heritsch, 1936

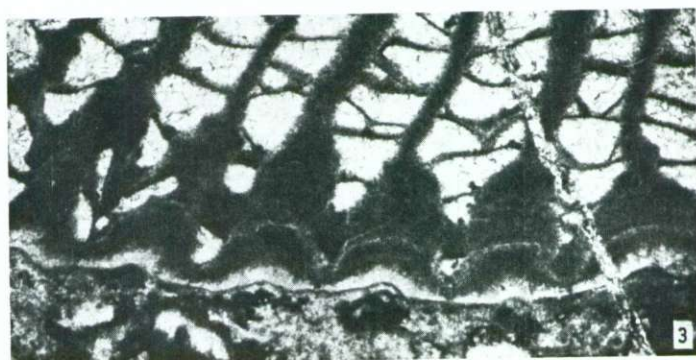
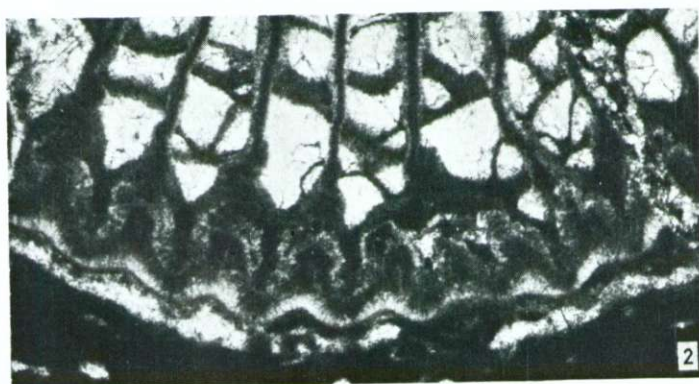
Epithek und Septenansatz, Mikrofotographien
Wall and septa

Fig. 1. Ausschnitt aus Taf. 3, Fig. 3 ganz oben, 12 ×
Detail from section of plate 3, fig. 3, uppermost part, 12 ×

Fig. 2. Ausschnitt aus Taf. 3, Fig. 3 unten, 14,5 ×
Detail from section of plate 3, fig. 3, lower part, 14,5 ×

Fig. 3. Ausschnitt aus Taf. 2, Fig. 2, 15 ×
Detail from section of plate 2, fig. 2, 15 ×

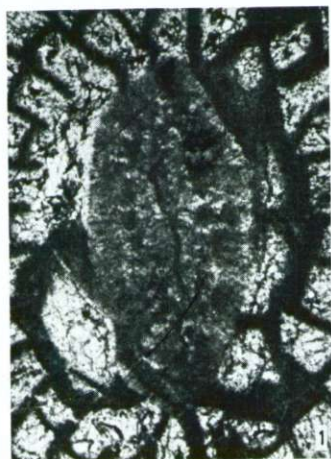
Tafel 4 — Plate 4



Tafel 5 — Plate 5

- Fig. 1. *Carinthiaphyllum kahleri* Heritsch, 1936,
Columella-Querschnitt mit Medianlinie und Andeutung von Radialelementen,
Mikrophotographie, 13,5 ×
Cross section of columella with median plate and indications of radial elements, 13,5 ×
- Fig. 2—5. *Yokoyamaella* (Y.) *stillei* (Heritsch, 1936)
Columella-Querschnitte, Mikrofotographien
Cross sections of columella
- Fig. 2. Radialelemente und 1 Tabellarelement, 16,5 ×
Radial elements and 1 tabellar element, 16,5 ×
- Fig. 3. Medianlamelle und 1 Tabellarelement, 27,5 ×
Median plate and 1 tabellar element, 27,5 ×
- Fig. 4. Medianlamelle, Radialelemente, massiv Columella, 17 ×
Median plate, radial elements, massive columella, 17 ×
- Fig. 5. Medianlamelle, Tabellarelemente, 17 ×
Median plate, tabellar elements, 17 ×

Tafel 5 — Plate 5



Literaturverzeichnis

Buggisch, W., Flügel, E., Leitz, F. & Tietz, G. F. 1976, Die fazielle und paläogeographische Entwicklung im Perm der Karnischen Alpen und in den Randgebieten. Geol. Rundschau 65, 649—690, 19. Abb., 4 Taf., Stuttgart.

Buser, S., 1974, Neue Feststellungen in Perm der westlichen Karawanken. Carinthia II, 164./84. Jg., 27—37, Klagenfurt.

Flügel, H., 1964, The geology of the Upper Džadžerud and Lar Valleys (N-Iran). II. Paleontology. Permian Corals from Ruteh Limestone. Riv. Ital. Paleont., 70, 403—444, 2 Abb., 2 Tab., Taf. 28—34, Milano.

Flügel, E. & Agiorgitis, G. 1971, Rotsedimentation im Trogkofelkalk (höheres Unter-Perm) der Karnischen Alpen. Anz. Oesterr. Akad. Wiss., Mathem.-naturwiss. Kl. 107. Jg.-1970, 173—178, Wien.

Fomitchev, V. D. 1953 (Rugosa) und Stratigraphie der Mittel- bis Oberkarbon- und Permablagerungen des Donetz-Beckens. Trudy Vsegei, 622 S., Taf. 6—11, Moskau.

Gräf, W. & Ramovš, A. 1965, Rugose Korallen aus dem Jungpaläozoikum Sloweniens (NW Jugoslawien). Geologija, 8, 160—189, 3 Abb., 13 Taf., Ljubljana.

Heritsch, F. 1933, Rugose Korallen aus dem Trogkofelkalk der Karawanken und der Karnischen Alpen. Prirodosl. razprave 2, 42—55, Taf. 5—6, Ljubljana.

Heritsch, F. 1936, Korallen der Moskauer-, Gshel- und Schwagerinen-Stufe der Karnischen Alpen. Palaeontographica, (A), 83, 99—162, 6 Textbeil., Taf. 14—18, Stuttgart.

Heritsch, F. 1938, Die stratigraphische Stellung des Trogkofelkalkes. N.Jb. Min.etc. Beil.-Bd. 79, 63—186, Stuttgart.

Heritsch, F. 1941, Nachweis des Oberen Schwagerinenkalkes (Unteres Perm) im Gebiete des Wotsch-Berges bei Pöltzschach, südlich von Marburg a.d.Drau. N.Jb.Min. Geol.Paläont., (B), 1941, 274—279, 1 Abb., Stuttgart.

Homann, W. 1971, Korallen aus dem Unter- und Mittelperm der Karnischen Alpen. Carinthia II, Sonderheft 28 (Festschrift Kahler), 97—143, 1 Abb., 2 Tab., 4 Taf., Klagenfurt.

Kochansky-Devidé, V., Buser, S., Cajhen, J. & Ramovš, A. 1973, Podroben profil skozi trogkofelske plasti v potoku Košutnik v Karavankah. Razprave Slov. Akad. znan. umetn., IV. razr., 16, 171—185, 1 pril., Ljubljana.

Minato, M. & Kato, M. 1965, Waagenophyllidae. J.Fac. Sci. Hokkaido Univ., (4), 12, 1—241, 56 Abb., 20 Taf., Sapporo.

Minato, M. & Kato, M. 1967, On the Coral Genus Carinthiaphyllum Heritsch, with a description of Carinthiaphyllum carnicum Heritsch from the Carnic Alps. J. Fac. Sci. Hokkaido Univ., (4), 13, 313—320, 2 Abb., 1 Taf., Sapporo.

Minato, M. & Kato, M. 1970, The Distribution of Waagenophyllidae and Durhaminidae in the Upper Paleozoic. Japanese J.Geol.Geogr., 41, 1—14, 7 Abb., Tokyo.

Minato, M. & Kato, M. 1975, Geyerophyllidae Minato, 1955. J.Fac.Sci.Hokkaido Univ., (4), 17, 1—21, 1 Abb., 1 Taf., Sapporo.

Minato, M. & Rowett, C. L. 1967, New Paleozoic fossils from Southern Hokkaido, Japan. J.Fac.Sci.Hokkaido Univ., (4), 13, 321—332, 1 Abb., 3 Taf., Sapporo.

Ramovš, A. 1968, Biostratigraphie der klastischen Entwicklung der Trogkofel-Stufe in den Karawanken und Nachbargebieten. N.Jb.Geol.Paläont. Abh. 131, 72—77, Taf. 6—7, Stuttgart.

Ramovš, A. 1969, Geologische Forschungen (1959—1968) im Paläozoikum der Karawanken (Jugoslawischer Anteil). Carinthia II, Sh. 27, 29—34, Klagenfurt.

Ramovš, A. 1972, Mittelpermische Klastite und deren marine Altersäquivalente in Slowenien, NW-Jugoslawien. Verh. Geol. Bundesanst. 1972, Mitt.Ges.Geol.Bergbau-stud. 20, 1972, 35—45, Wien.

Ramovš, A. 1974, Fortschritte in der Untersuchung des Unter- und Mittel-Perms in Slowenien, NW Jugoslawien. Carinthia II, 164./84.Jg., 99—103, Klagenfurt.

Schouppé, A. V. 1961, Nachweis von Unterperm in Attika durch Carinthiaphyllum suessi Heritsch, 1936. Ann.Géol. Helléniques, (1), 12, 122—127, 3 Abb., Taf. 19, Athènes.

Schouppé, A. V. & Stacul, P. 1962, Das Stereoplasma der Pterocorallia, seine Genese und Struktur. N.Jb.Geol. Paläont. Abh., 114, 24—57, 9 Abb., Taf. 1, Stuttgart.

UDK 551.3+551.736(497.12)=863

Karbonske in permske plasti v severnih Julijskih Alpah
Karbon- und Perm-Schichten in den nördlichen Julischen Alpen
Carboniferous and Permian beds from the northern Julian Alps

Anton Ramovš

Katedra za geologijo in paleontologijo, Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani,
61000 Ljubljana, Aškerčeva 12

Vanda Kochansky-Devidé

Geološko-paleontološki zavod, Sveučilište u Zagrebu, 41000 Zagreb,
Socijalističke revolucije 8/II



Project 5

Kratka vsebina

V severnih Julijskih Alpah so paleontološko dokazani zgornjekarbon-ski skladi gželijske stopnje, zgornji psevdoschwagerinski apnenec z rodом *Zellia* sakmarijske stopnje in zelo različne kamenine trogkofelske formacije (artinskijska stopnja). Srednjepermski grödenski skladi niso z gotovostjo najdeni na površju. Zgornjepermski dolomit je določen le po litoloških značilnostih in stratigrafskem položaju.

Zusammenfassung

In den nördlichen Julischen Alpen wurden die Oberkarbon-Schichten der Gshel-Stufe, die Unterperm-Schichten der Sakmar-Stufe (*Zellia* führende obere Pseudoschwagerinen-Kalke) und der Artinsk-Stufe (Trogkofelschichten) paläontologisch nachgewiesen. Mittelpermische Grödener Schichten konnten nicht sicher festgestellt werden. Die Oberperm-Dolomite sind nur durch ihre Lage und die lithologischen Besonderheiten bewiesen.

Abstract

Paleontologic evidence is given of Upper Carboniferous beds of the Gzhelian stage, and Lower Permian beds of the Sakmarian (*Zellia* bearing Pseudoschwagerina limestone) and Artinskian (Trogkofel Beds) stages from the northern Julian Alps. Middle Permian formation of the Val Gardena facies could not be recognized. The Upper Permian dolomite is indicated by its stratigraphic position and lithological particularities.

Vsebina

Uvod	22
Dosedanje raziskave	22
Razširjenost mlajšepaleozojskih skladov v Julijskih Alpah in njihova biostratigrafija	23

Karbonske plasti	23
Rotnoveški skladi	25
Karbonatna trogkofelska formacija in njen klastični ekvivalent	26
Grödenski skladi	32
Zgornjepermske plasti	32
Ostanki mlajšepaleozojskih plasti v moreni	33
Paleontološki del	33
Dasycladaceae	34
Foraminifera	34
Problematica	36
Biostratigrafski pregled	36
1. Mikrofosili	36
2. Makrofosili	37
Pregled izsledkov	38
Paläontologische Schlussfolgerung	39
Literatura	54

Uvod

V okviru raziskovalne naloge Biostratigrafski razvoj severnih Julijskih Alp so bile v prvi fazi zajete tudi paleozojske plasti, ki doslej še niso bile nadrobneje raziskane. O njih imamo samo splošne Tellerjeve in Kossmatove podatke. Ker sva stratigrafsko in paleontološko že precej temeljito obdelala karbonske in permske plasti v zahodnih Karavankah, je bila potrebna še sistematična obdelava sosednjih julijskih paleozojskih kamenin in fosilnega materiala ter korelacija med razvojem in fosilnimi ostanki v obeh orografskih enotah.

Delo so finančno omogočili Raziskovalna skupnost Slovenije, Raziskovalna skupnost občine Jesenice in Tehniški muzej Železarne Jesenice. Vsem se toplo zahvaljujemo.

Dosedanje raziskave

Na avstrijski rokopišni karti lista Bovec v merilu 1:75 000 so označene med Martuljkom, Kranjsko goro in sedanjo jugoslovansko-italijansko mejo samo triadne plasti. Mlajšepaleozojske sklade je odkril v severnih Julijskih Alpah šele F. Teller (1901, 12; 172—173). Na orientacijskih obhodih jih je našel na več krajih med Kranjsko goro in Ratečami, na južni strani Savske doline pa so najvzhodnejše golice zgornjekarbonskih plasti ob grapi na vzhodni strani Kranjske gore. Sestojajo iz temnega skrilavca z vložkom črnega apnenca s fuzulinidami in krinoidi; na njem sledi skladnat kremenov konglomerat. V krovni karbonskih plasti leži najprej skrilavec, nato pa peščenjak. V višjem delu slabo razgaljenega pobočja se kažejo pisane permske kamenine in končno spodnjotriadne plasti s fosilnimi ostanki.

Zgornjekarbonski kremenov konglomerat, skrilave kamenine s fosilnimi ostanki in črni krinoidni apnenec pogledajo na površje na severnem pobočju Vitranca in segajo do višine 1100 m. Tudi na severnem vznožju Ponc je našel Teller v grapi južno od nekdanje železniške postaje Rateče-Fužine zgornjekarbonski skrilavec in peščenjak in višje svetli »permokarbonski« grebenski apnenec. Kot najzahodnejše najdišče zgornjekarbonskih plasti je označil Remšendol v pasu, dolgem 14 km, ki poteka od zahoda proti vzhodu in je večkrat prekinjen ali prekrit s kvartarnimi usedlinami.

F. K o s s m a t (1913, Taf. (1) III) je navedel v zahodnih Julijskih Alpah med Kranjsko goro, Rabljem in Kobaridom v zgornjem karbonu svetli permokarbonski apnenec, temni fuzulinski apnenec, glinasti skrilavec, peščenjak in kremenov konglomerat. Nad temi plastmi sledi vrzel in nad njo leži rdeči permški peščenjak. Kot najmlajši paleozojski stratigrafski člen je štel K o s s m a t zgornjepermški apnenec, vendar z vprašajem.

Na pregledni Kossmatovi geološki karti se vleče na julijski strani med Gozd-Martuljkom in Ratečami južno od kvartarnih naplavin najprej pas karbonskih in permokarbonskih plasti, južno od tod pa nekoliko širši enoten pas permskih in spodnjetriadnih kamenin.

T e l l e r ni dokončal geološkega kartiranja na listu Bovec v merilu 1:75 000. Po njegovi smrti je K o s s m a t nadaljeval kartiranje v zahodnem delu Julijskih Alp. Vendar tudi on ni dokončal geološke specialke lista Bovec in zato danes nimamo niti Tellerjeve niti Kossmatove rokopisne geološke karte tega prostora.

Kasneje je I. R a k o v e c (1951, 109—112) pisal o razvoju karbonskih in permskih plasti v Julijskih Alpah v zvezi s paleogeografsko študijo. Podatke je povzel po literaturi, ali pa je plasti samo domneval. Po razširjenosti hochwipfelskih skladov v Karnijskih Alpah, Karavankah, Loških hribih in Posavskih gubah je sklepal, da je bil starejši karbon odložen tudi na območju Julijskih Alp. V starejšem delu zgornjega karbona pa je bil verjetno ta prostor na kopnem. Morsko dno se je v zgornjem karbonu neenakomerno ugrezalo; dviganje kopnega je precej vplivalo na sedimentacijo, saj se je obala večkrat približala in zopet odmaknila. Zgornjekarbonsko morje se je obdržalo še v permsko dobo in po razvoju najnižjih permskih usedlin v Karnijskih Alpah in Karavankah je sklepal R a k o v e c na podobno sedimentacijo tudi na območju Julijskih Alp, čeprav najnižjih permskih plasti v Julijcih ni na površju. Trogkofelski skladi pa so razviti v Julijskih Alpah enako kakor v Karavankah in Karnijskih Alpah. Glede trogkofelskega apnenca je trdil, da je zastopan samo njegov spodnji del. Trbiška breča in grōdenski skladi so bili sicer odloženi, vendar jih danes ni na površju. Belerofonski skladi se pokažejo samo na severnem vznožju zahodnih Julijskih Alp, kjer leže po A. D e s i u (1925, 264) na ploščastem apnencu laporni in peščeni apnenec, nato dolomit z lečami in žilami sadre, na vrhu pa spet apnenec. Po podobnem razvoju najmlajših permskih plasti v Loških hribih in Polhograjskih dolomitih je R a k o v e c domneval zgornjepermške sklade tudi v podlagi vzhodnih Julijskih Alp.

Razširjenost mlajšepaleozojskih skladov v Julijskih Alpah in njihova biostratigrafija

Pas mlajšega paleozoika kaže slika 1; na karti ni mogoče ločiti karbonskih plasti od permskih. Na površju je teh plasti manj kot kaže Kossmatova pregledna karta, pa tudi njihova razporeditev je drugačna.

Karbonske plasti

Najdišča v vzhodnih Julijskih Alpah. Mlajšepaleozojski skladi preidejo s karavanške strani čez Savsko dolino pri Logu vzhodno od Kranjske gore in se pokažejo v prvih golicah zgornjekarbonskih plasti v spodnjem delu Tofovega

grabna kot kremenov konglomerat s posameznimi liditnimi prodniki in peščenjak ter modrikasto siva ilovica, nastala iz skrilavih kamenin. Manjše golice enakih kamenin so tudi ob grapi, ki se zajeda na vzhodnem koncu Kranjske gore proti jugu — proti Trebežu.

Najdišča v zahodnih Julijskih Alpah. Zgornjekarbonske plasti gželijske stopnje so lepo razgaljene po travniku in ob robu gozda severovzhodno od Bedančevega doma pod Vitrancem. Razen sljudnega glinastega skrilavca, glinovca in skrilavega peščenjaka so značilne pole laporastega apnenca s številnimi fosilnimi ostanki; v enih polah prevladujejo fuzulinidne foraminifere z vrsto *Rugosofusulina alpina antiqua* (Schellwien), v drugih pa apnene alge z vrsto *Anthracoporella spectabilis* Pia. Kjer je v apnencu veliko foraminifer, ni alg ali so redke, kjer pa prevladujejo alge, skoraj ni foraminifer. Makrofosili so zelo redki.

Na tem kraju so karbonske okamenine najštevilnejše v Julijskih Alpah; določila sva naslednje mikrofosile:

Dasycladaceae: *Anthracoporella spectabilis* Pia, *Pseudoepimastopora likana* (Kochansky-Devidé & Herak) in *Epimastopora* sp.

Codiaceae: *Eugonophyllum magnum* (Endo).

Fusulinidae: *Rugosofusulina alpina antiqua* (Schellwien).

Mikroforaminifera: *Tuberitina bulbacea* Galloway & Harlton, *Tuberitina* sp., *Climacammina* sp., *Tetrataxis* sp., *Endothyridae*, gen. indet., *Apterinella* sp., *Globivalvulina* sp., *Paleotextulariidae*, gen. indet. in sesilne foraminifere.

Problematica: *Tubiphytes obscurus* Maslov.

Drugi fosili: ostanki briozojev, brahiopodov, krinoidov in drobne polžje hišice.

Zelo zanimiv je izdanek zgornjekarbonskih plasti na položnejšem delu smuške proge južno od Podkorena v višini okoli 1060 m. Tam je razgaljen pas sivega sljudnega kremenovega peščenjaka in glinovca z vmesnimi ploščami črnega apnenca, delno alginega delno fuzulinidnega. V alginem apnencu prevladuje *Anthracoporella spectabilis*, v fuzulinidnem pa *Quasifusulina longissima ultima*. Zanimivo je, da se samo v tem zgornjekarbonskem najdišču pojavlja v velikem številu problematični fosil *Ramovsia limes* Kochansky-Devidé, ki je veljal doslej za vodilno vrsto v obmejnih plasteh spodnjega perma. V teh gželijskih plasteh pripadajo fosili naslednjim skupinam:

Dasycladaceae: *Anthracoporella spectabilis* Pia in *Epimastopora* sp.

Codiaceae: *Eugonophyllum magnum* Johnson in *Anchicodium* sp.

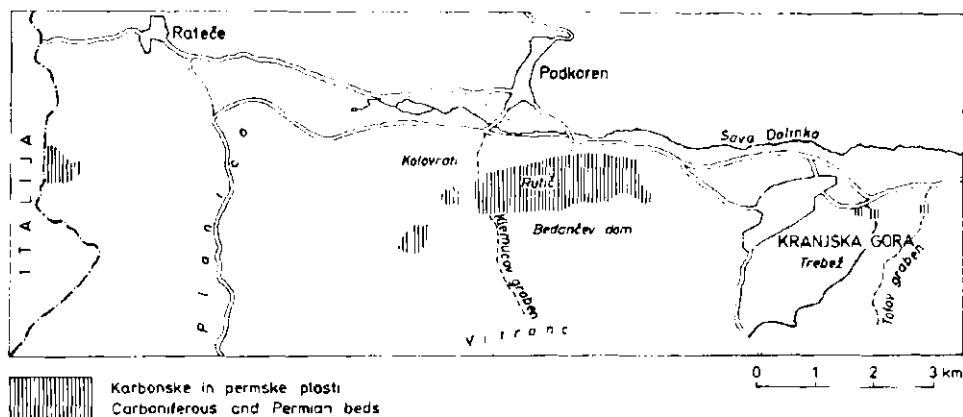
Fusulinidea: *Schubertella* sp., *Quasifusulina longissima ultima* Kammers, *Boultonia willsi* Lee, *Triticites* (*Ferganites*) aff. *ramovsi* Kochansky-Devidé, *Rugosofusulina alpina antiqua* (Schellwien) in *Nankinella* sp.

Mikroforaminifera: *Tuberitina* sp., *Climacammina* sp., *Endothyra* sp., *Bradyina* sp., *Palaeospiroplectammina* sp., *Tetrataxis* sp., *Globivalvulina* sp. in *Palaeotextulariidae*.

Problematica: *Tubiphytes obscurus* Maslov in *Ramovsia limes* Kochansky-Devidé.

Drugi fosili: ostanki briozojev in iglokožcev.

V Klemucovem grabnu — zahodno od prejšnjega najdišča — pripadajo gželijski stopnji modrikasto sivi sljudni skrilavec, kremenov peščenjak, konglomerat in črni apnenec z belimi kalcitnimi žilicami in s številnimi fosili; konglo-



Sl. 1. Razširjenost karbonskih in permskih plasti v severnih Julijskih Alpah

Fig. 1. Distribution of Carboniferous and Permian beds in the northern Julian Alps

merat sestoji v glavnem iz belih kremenovih oblic in posameznih črnih lilitov brez prodnikov apnenca. Kamenine so močno tektonsko prizadete, skrilavec je navadno pregneten in spremenjen v modrikasto sivo ilovico, med njimi ali ob njih pa mole na površje razkosani bloki in čeri kremenovega konglomerata in apnenca. V apnencu so bile določene naslednje okamenine:

Cyanophyta: *Palaeolithoporella* sp.

Codiaceae: *Eugonophyllum magnum* (Johnson).

Dasycladaceae: *Anthracoporella spectabilis* Pia, *Epimastopora* sp., *Gyroporella* ? sp. in *Pseudogyroporella mizziaformis* Endo.

Fusulinidea: *Schubertella* sp., *Quasifusulina* sp., *Boultonia willsi* Lee in *Rugosofusulina* sp.

Mikroforaminifera: *Tuberitina bulbacea* Galloway & Halton, *Tuberitina* sp., *Eotuberitina* sp., *Ammodiscus* sp., *Climacammina* sp., *Deckerella* sp., *Tetrataxis* sp., *Endothyra* sp., *Pseudobradyna* sp., *Calcivertella* sp., *Apterinella* sp. in *Eolasiodiscus* sp.

Problematica: *Tubiphytes obscurus* Maslov.

Drugi fosili: ostanki briozojev, brahiopodov in krinoidov.

Zgornjekarbonske kamenine, predvsem zmečkani glinasti skrilavec ali modrikasto siva ilovica in posamični bloki kremenovega konglomerata, se še nekajkrat pokažejo v golicah ob prelomnih conah.

Za vsa najdišča so značilne mikroasociacije zgornjega dela gželijske stopnje: združbe njenega spodnjega dela, kjer bi prevladovali triticit, nisva našla.

Rotnoveški skladi

Paleontološko dokazani rotnoveški skladi so doslej znani le v grapi med Rutičem in smuško progo, ki vodi s severnega pobočja Vitranca proti Podkorenu v severozahodni smeri. S fosili nisva mogla dokazati spodnjega psevdoschwagerinskega apnenca niti obmejnih plasti. Slednjim pripada verjetno nekaj malega temno sivega sljudnega apnenčevega skrilavca in črnega beložilnega apnenca,

ki ju prelom odreže od paleontološko dokazanega zgornjega psevdoschwagerinskega apnenca.

V spodnjem delu te litološke enote, ločene s prelomom od sosednjih plasti, je najprej dva metra temno sivega apnenca, nato nekaj centimetrov črnega, nekoliko lapornega skrilavca, tri metre črnega apnenca, nekaj plasti sljudnega peščenjaka in konglomerata, zatem pa okoli 25 m debela skladovnica temno sivega in črnega zgornjega psevdoschwagerinskega apnenca; pojavlja se v ploščah, debelih štiri do okoli 20 cm, redki so do 40 cm debeli skladi. V spodnjih štirih metrih je v apnencu vse polno kroglastih psevdoschwagerin, vretenastih fuzulinidnih foraminifer in veliko ostankov iglokožcev. V višjem delu postajajo fosilni ostanki redkejši. Debelina zgornjega psevdoschwagerinskega apnenca znaša okoli 30 m.

Fosilni ostanki pripadajo naslednjim skupinam:

Dasycladaceae: *Anthracoporella spectabilis* Pia in *Epimastopora* sp.

Codiaceae: *Eugonophyllum* sp. in *Anchicodium* sp.

Fusulinidea: *Schubertella australis* Thompson & Miller, *Schubertella* sp., *Boultonia willsi* Lee, *Rugosochusenella* sp., *Quasifusulina tenuissima* (Schellwien), *Pseudofusulina vulgaris rugosa* Kochansky-Devidé, *Pseudofusulina* sp., *Pseudoschwagerina* sp., *Zellia* sp. A cf. *mira* Kahler & Kahler, Z. sp. B cf. *heritschi* Kahler & Kahler, Z. sp. C in Z. sp. D.

Mikroforaminifera: *Tuberitina* sp., *Ammodiscus* sp., *Climacammina* sp., *Tetrataxis* sp., *Globivalvulina* sp. in *Pachyphloia* sp.

Drugi fosili: drobci brahiopodnih lupin in briozojev, ostanki morskih lilij in morskih ježkov, pogostni stromatoliti.

Karbonatna trogkofelska formacija in njen klastični ekvivalent

V artinsku ločimo dva razvoja: karbonatnega in klastičnega s posamičnimi vložki apnenca.

V karbonatno trogkofelsko formacijo uvrščava svetlo sivi, sivi, rožnati, rdečkasti ali mesnato rdeči apnenec z različnimi fosilnimi ostanki, predgrebensko trogkofelsko brečo, vijoličasto rdeči peščeni skrilavec, kremenov peščenjak in konglomerat s precej apnenčevega veziva, ki ležijo med pisanim grebenskim apnencem. Klastičnemu razvoju pa prištevava temno sivi peščeni skrilavec, glinovec, peščenjak in konglomerat s kremenovim in apnenčevim materialom ter vmesne leče in plasti temno sivega in skoraj črnega apnenca s fosilnimi ostanki.

Trogkofelski apnenec je delno neplastovit — grebenski (bioherma), delno pa skladovit s fosilnimi ostanki (biostroma). Iz grebenskega apnenca sestoji v Julijskih Alpah vzhodno od Velike Pišnice del griča, pomaknjenega v savsko dolino; na vzhodnem koncu Kranjske gore tvori večjo čer z navpično severno steno. V zahodnih Julijskih je na površju v dveh čerih tik pod žičnico na Bedančev dom zahodno od Kranjske gore, največ pa je razgaljenega po severnem vznožju Vitranca, kjer se začne severovzhodno od Bukovnika, se vleče pod Rutičem v Klemucov graben in se nadaljuje proti grapi južno od Kolovratov. Tam zgine pod mlajše kamenine in se spet pokaže v čerih v grapi južno od Rateč ter še v naslednji grapi tik ob jugoslovansko-italijanski meji. Debelina apnenčevega grebena je različna, nekaj metrov do okoli 100 metrov.

Skladovnica prevladujočih mehanskih usedlin. Na območju Bukovnika in ponekod južno od Podkorena se pokažejo na površje tudi večidel klastično razvite trogkofelske kamenine. Prevladuje temno sivi ali modrikasto sivi peščen sljudni skrilavec, sljudni glinasti skrilavec in peščen glinovec ter sljudni kremenov peščenjak z apnenčevim vezivom. Vsi postanejo na površju rjavkasto sivi ali rjavkasti. Med mehanskimi usedlinami so nepravilne leče in čeri temno sivega, sivega, le redkokje rožnato sivega apnenca, povečini z redkimi fuzulinidnimi foraminiferami, malimi foraminiferami, apnenčevimi algami in krinoidnimi ostanki. V nekaterih vložkih apnenca je veliko fuzulinid. Apnenec vsebuje ponekod siderit, ki je po površju limonitiziran. Med peščenim glinovcem ali laporastim skrilavcem so tudi posamične neravne plasti temno sivega ali sivega apnenca z rjavkastimi pegami po površju in posamičnimi psevdoschwagerinami (*Schwagerina* vel *Pseudoschwagerina*), cilindričnimi fuzulinidami, apnenčevimi algami (*Anthracoporella* sp., ?*Teutloporella*) in pogostnimi krinoidnimi ostanki. Zelo redke so korale, mahovnjaki in preseki majhnih brahiopodov. Precej pogosten je problematičen fosil vrste *Tubiphytes obscurus*. Med glinovcem so tudi tanjše pole glinastega apnenca, nekatere s številnimi krinoidnimi ostanki. Zelo redki so v glinastem apnencu ostanki brahiopodov, med njimi je bila najdena tudi večja *Martinia* sp. Krinoidni in algin apnenec sta obležena z glinovcem ali glinastim oziroma laporastim skrilavcem. V tej skladovnici večidel mehanskih usedlin se pojavljata tudi apnenčeva breča in brečasti konglomerat z veliko krinoidnih ostankov. Konglomerata je v Julijskih Alpah zelo malo in se ga ne da primerjati z razširjenostjo v Karavankah. Skladovnica s prevladujočimi mehanskimi usedlinami je debela največ 100 m.

Trbiška breča je razgaljena na smuški progi južno od Podkorena nekaj več kot 1000 m visoko. Debela je vsaj štiri metre in sestoji iz večjih in manjših kosov sivega, rožnatega in rdečkastega apnenca; nekateri kosi so tudi bolj ali manj oglajeni. Velika večina jih vsebuje fosilne ostanke, enake kot v raznobarnih različkih trogkofelskega apnenca. V nekaterih kosih je vse polno fuzulinidnih foraminifer, v drugih so številne apnenčeve alge, veliko kosov in prodnikov pa sestoji iz samih ostankov morskih lilij. V breči so denudacijski ostanki vseh različkov pisanega trogkofelskega apnenca, zlepljeni z rdečkastim peščenim vezivom, in nikakor ne gre za predgrebenko trogkofelsko brečo.

Trbiška breča se pojavlja v tektonskem položaju med zdrobljenim sivim in rožnatim trogkofelskim apnencem tudi pod slapovi v Klemucovem grabnu južno od Podkorena.

Nekaj podrobnosti o zanimivejših golicah in profilih trogkofelskih skladov:

Okoli 30 m debela čer apnenca na vzhodnem koncu Kranjske gore sestoji iz svetlo sivega, sivega in vmes tu in tam blede rožnatega apnenca, ki je delno grebenški delno pa ploščast. V plastnatem delu so bile najdene redke dazikladaceje (*Gyroporella* sp.), fuzulinide (*Darvasites contractus*, *Pseudofusulina*) in male foraminifere. V apnencu je ponekod več, drugod manj ostankov iglokožcev.

Čeri pod žičnico na Bedančev dom. V zgornji čeri (sl. 2 in 3) se nepravilno menjavata svetlo sivi in sivi apnenec z rožnatimi lisami ter rožnati apnenec. Kamenina je v spodnjem delu nejasno plastnata, v zgornjem delu pa je plastovitost razločna (sl. 3). Med slabo izraženimi skladi so plošče apnenca, debele tudi po okoli osem centimetrov. Med sivim in rožnatim apnencem leži približno meter debela leča apnenčeve breče, oziroma brečastega konglomerata, z rožnatimi in



Sl. 2. Dve čeri troglkofelskega apnenca pod žičnico Kranjska gora—Bedančev dom zahodno od Kranjske gore

Fig. 2. Two cliffs of the Troglkofel limestone along the Kranjska Gora—Bedančev Dom aerial ropeway

belimi prodniki ter s precej temno sivim lepilom. Največji prodnik je debel sedem centimetrov. Leča se lateralno naglo tani. V zgornjem delu te apnenčeve čeri je v približno 20 cm debeli plasti vse polno iglokožcev vrste *Palermocrinus togatus*.

V niže ležeči čeri (sl. 2 in 4) v enakem apnencu ni razločne plastovitosti in vmes manjka tudi konglomeratni vložek. Apnenec vsebuje poleg pogostnih ostankov morskih lilij (predvsem *Palermocrinus togatus*) tudi mikrofosile.

V grapi proti Rutiču je troglkofelski apnenec debel največ 10 m; je rožnat, rožnato siv in v posameznih delih skoraj mesnato rdeč; barva se menjava na majhne razdalje. Ob rdečkastem apnencu leži tudi temno sivi, ki je sicer značilen za klastični razvoj troglkofelske formacije v Karavankah in pri Ortneku. V posameznih delih rožnatega, rdečega in belkastega apnenca so fuzulinide kamenotvorne; določeni so bili naslednji mikrofosili:

Dasycladaceae: *Gyroporella nipponica* Endo.

Fusulinidea: *Darvasites contractus* (Schellwien), *Paratriticites jese-nicensis* Kochansky-Devidé, *Pseudofusulina* ex gr. *vulgaris* (Schellwien) in *Nankinella* ? sp.

Mikroforaminifera: *Climacammina* sp., *Tetrataxis* sp. in *Globivalvulina* sp.

Zelo zanimiv razvoj troglkofelske formacije v Julijskih Alpah, in sploh v Sloveniji, nudi profil pod Rutičem. V spodnjem delu je okoli 50 m neskladnatega sivega in svetlo sivega, redkeje tu in tam rožnatega zrnatega in zelo trdega

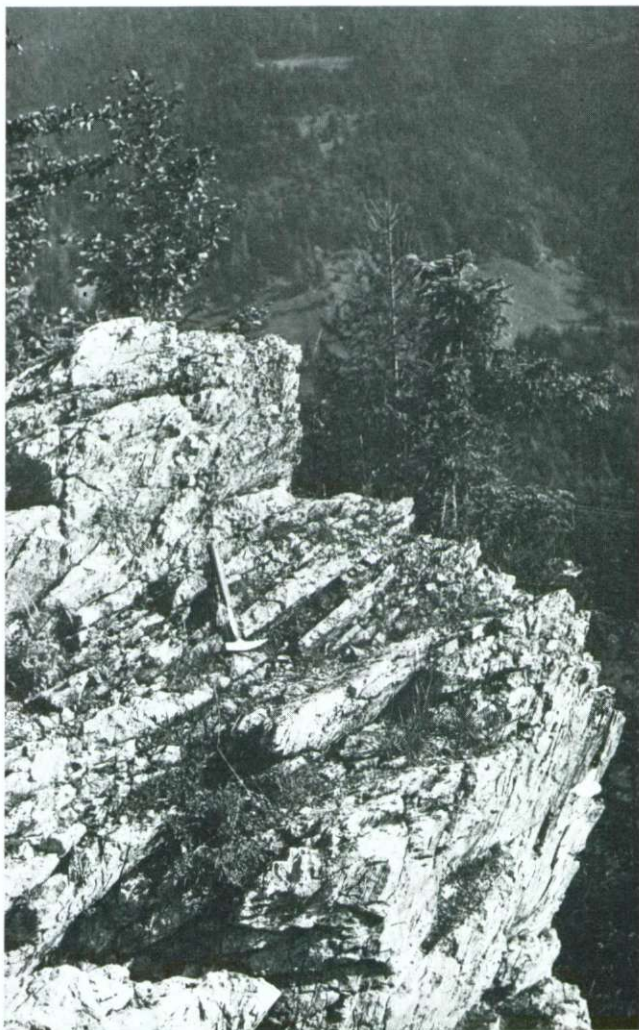
grebenskega apnenca z redkimi vidnimi fosilnimi ostanki. Strm prelom odreže ta apnenec od zgornjepermskega dolomita. Na grebenskem apnencu leži najprej 35 cm trogkofelske apnenčeve breče, nato pa si sledijo naslednje plasti:

- 30 cm tanko ploščasti vijoličasto rdeči kremenov peščenjak z apnenčevim vezivom;
- 30 cm ploščasti vijoličasti peščenjak;
- 150 cm vijoličasto rdeči konglomerat in peščenjak; prevladujejo kremenovi prodniki in zrna z malo apnenčevega veziva;
- 60 cm sklad belega zrnatega apnenca brez vidnih fosilnih ostankov;
- 30 cm vijoličasto rdeči laporasti skrilavec;
- 100 cm dva sklada, 60 in 40 cm debela, spodaj povsod belega, zgoraj pa rožnatega apnenca; lezika med skladoma je vijoličasto rdeči laporasti skrilavec. Zgornja ploskev vrhnjega apnenčevega sklada je vegasta;
- 60 cm ploščasti peščenjak s kremenovimi zrni in obilico apnenčevega veziva;
- 80 cm blede vijoličasti konglomerat s kremenovimi prodniki in peščenim vezivom, ki vsebuje tudi precej karbonatne primesi;
- 10 cm dve plošči pisanega peščenjaka z apnenčevim vezivom;
- 45 cm sivi zrnati apnenec;
- 4 cm vijoličasti laporasti skrilavec;
- 63 cm sklad rdečkastega apnenca s številnimi fuzulinidnimi foraminiferami in drugimi mikrofosili: *Mizzia cornuta* Kochansky-Devidé, *Schubertella* sp., *Pseudoreichelina*? sp. in *Paratrititites jesenicensis* Kochansky-Devidé.
- 11 cm tanko ploščati vijoličasti peščenjak z apnencem v vezivu;
- 5 cm pola rdečega apnenca;
- 8 cm pola peščenjaka z apnenčevim vezivom;
- 40 cm tanko ploščasti in skrilavi vijoličasto rdeči peščenjak z apnencem v vezivu;
- 60 cm sklad kremenovega peščenjaka z apnenčevim vezivom;
- 100 cm sklad rožnatega in sivo rožnatega trdega zrnatega apnenca brez vidnih fosilnih ostankov.

Nad tem zaporedjem leži konkordantno okoli 20 m neskladnatega svetlo sivega ali blede rožnatega grebenskega apnenca.

Navedeni profil kaže na enake sedimentacijske razmere, kot so bile za časa sedimentacije trogkofelskega apnenca v Dolžanovi soteski. Grebenska sedimentacija je bila na obeh krajih nekje v srednjem delu prekinjena in v morju so se odlagale vijoličasto rdeče mehanske usedline: skrilavec, peščenjak in konglomerat ter vmes plošče in skladi pisanega apnenca. V profilu v Julijskih Alpah vsebuje le ena plast številne mikrofosile, medtem ko makrofosili manjkajo, v Dolžanovi soteski pa so razen fuzulinid (tudi *Robustoschwagerina*, manjka pa *Paratrititites jesenicensis*) pogostni še brahiopodi in krinoidni ostanki, posamič pa se dobe tudi trilobiti, majhne solitarne korale in mahovnjaki. Fosili so tam v več tanjših polah. Na obeh krajih je bilo za časa sedimentacije mehanskih usedlin različno življenje.

Vijoličasto skrilave in peščene kamenine in med njimi ploščasti pisani apnenec so razgaljeni tudi v strugi Klemucovega grabna, in sicer med spodnjo skupino slapov in zgornjim slapom, ki padajo prek grebenskega apnenca. V pisane



Sl. 3. Zgornja čer trogkofelskega apnenca pod žičnico Kranjska gora—Bedančev dom. V sredini slike je ploščasti trogkofelski apnenec

Fig. 3. The upper cliff of the Trogkofel limestone along the Kranjska Gora—Bedančev Dom aerial ropeway. Note the plate-like limestone in the mid of the cliff

klastične kamenine in ploščasti apnenec je voda izdolbla dober meter širok kamniti žleb.

Najbolj pester razvoj apnenčeve formacije je na površju na trasi smuške proge južno od nekdanje podkorenske železniške postaje. V spodnjem delu leže med peščenim glinovcem nepravilna lečasta telesa temno sivega in sivega neplastnatega apnenca s prevladujočimi krinoidnimi ostanki; fuzulinide so redke.



Sl. 4. Spodnja čer trogkofelskega apnenca pod žičnico Kranjska gora—Bedančev dom
Fig. 4. The lower cliff of the Trogkofel limestone along the Kranjska Gora—Bedančev Dom aerial ropeway

Nad temi kameninami mole na površje po pobočju čeri pisanega trogkofelskega apnenca z različnimi okameninami. Značilen je sivi drobnnozrnati zelo trdi algin apnenec s pogostnimi rdečimi pegami po površju in rjavimi žilicami, ki segajo z belimi kalcitnimi vred tudi globlje v kamenino. V apnencu je tudi precej krinoidnih ostankov, predvsem vrste *Palermocrinus togatus*. Posamične so velike fuzulinidne foraminifere, redki pa belerofontidni polži.

Druge bioherme sestojе skoraj iz samih ostankov krinoidov vrste *Palermocrinus togatus*; po površju izluženi členki so debeli tudi po več kot en centimeter. Apnenec je siv in temno siv, zelo trd, ponekod s preperelimi sideritnimi pegami in žilicami po površju.

Naslednji različek predstavlja rožnati in rdeči apnenec, ki ima v posameznih delih veliko glinenega materiala; v sivkasto rožnati laporni masi leže številni ostanki iglokožcev.

Pogostne so nadalje čeri belega in rumenkasto belega, sivega ali temno sivega krinoidnega apnenca z belimi kalcitnimi žilicami. Med tem apnencem so bile najdene v neravni vmesni apnenčevi plošči kroglaste psevdoschwagerine.

Približno v sredi trogkofelske skladovnice leži temno sivi precej glinasti apnenec s številnimi fuzulinidnimi foraminiferami vrste: *Schubertella australis* Thompson & Miller, *Paratriticites jesenicensis* Kochansky-Devidé in *Nankinella* ? sp. Razen fuzulinid se pojavljajo male foraminifere *Ammodiscus* sp., *Palaeospiroplectamina* sp., *Globivalvulina* sp. in *Pachyphloia* sp. Apnenčeve alge

zastopa *Gyroporella nipponica* Endo. Kot skoraj povsod drugje, je tudi tu vmes problematikum *Tubiphytes obscurus* Maslov.

Ta litološki člen s prevladujočo fuzulinido *Paratriticites jesenicensis* ima vse značilnosti paratriticitnega glinastega apnenca nad Koroško Belo in vzhodno od Valvasorjevega doma v Karavankah. Tam sestavlja trogkofelsko formacijo tudi beli zrnati apnenec brez razločnih fosilov, ki so bili uničeni pri diagenezi.

Južno od Rateč je razen belega in svetlo sivega grebenskega trogkofelskega apnenca tudi nekaj temno sivega apnenčevega konglomerata in brečastega konglomerata.

V grapi ob jugoslovansko-italijanski meji in ob grapi je razgaljen temno sivi in skoraj črni apnenec s številnimi fosilnimi ostanki. V več zbruskih iz različnih plasti so bili določeni naslednji fosili:

Cyanophyta: *Girvanella* sp.

Dasycladaceae: *Mizzia cornuta* Kochansky & Herak, *Gyroporella nipponica* Endo, *G. intusannulata* Kochansky-Devidé in *Pseudoeprimastopora* sp.

Codiaceae: *Neoanchicodium catenoides* Endo.

Fusulinidea: *Schubertella* sp., *Pseudoreichelina* ? sp., *Darvasites contractus* (Schellwien), *Pseudofusulina* sp., *Nankinella* ? sp. in *Staffella* sp.

Male foraminifere: *Calcivertella* sp., *Globivalvulina* sp., *Climacammina* sp. in *Lasiotrochus* sp.

Mikroproblematika: *Tubiphytes obscurus* Maslov in *T. carinthiacus* (E. Flügel).

Razen navedenih fosilov je v apnencu ponekod več, drugje manj ostankov krinoidov, mahovnjakov in ramenonožcev.

Grödenski skladi

Na površju nisva nikjer z gotovostjo našla grödenskih skladov. Morda so kje na površju v majhnem obsegu, vendar jih pokriva vegetacija. Po grapi leže tu in tam kosi rdečkaste kamenine, ki ima vse značilnosti pisanih grödenskih skladov. Vendar so enake pisane kamenine tudi v spodnjetriadni skladovnici. Grödenske mehanske usedline so bile močno dislocirane, zgnetene in pri premikanju delno izrinjene iz paleozojske skladovnice delno pa zmečkane in zgnetene med razkosanimi bloki grebenskega trogkofelskega apnenca in med zgornjepermskim dolomitom.

Zgornjepermske plasti

V zahodnih Julijskih Alpah so na več krajih razgaljene tudi zgornjepermske plasti, ki spremljajo trogkofelski apnenec ali spodnjetriadne kamenine. Kamenina je povsod enak in enoličen dolomit; zato ne kaže omenjati vseh najdišč.

Najlepše je razgaljen zgornjepermski dolomit na grebenu med Veliko dolino in grapo južno od Kolovratov: na eni strani leži v normalnem kontaktu s spodnjetriadnimi plastmi, na drugi pa je v tektonskem kontaktu s srednjetriadnimi kameninami. Meja z grödenskimi skladi ni nikjer odkrita in zato ne poznamo tamkajšnjih najnižjih zgornjepermskih plasti.

V spodnjem delu leži različno sivi luknjičavi dolomit, povsod v tankih plasteh oziroma polah. Vmes je nekaj satastega dolomita in sadre.

Večji del zgornjepermske skladovnice pa sestoji iz skladnatega in ploščastega delno dimasto sivega delno svetlejšega sivega dolomita; precej je drobnopješčenega, nekaj pa gostega ali zrnatega. Dolomitni skladi so debeli večinoma okoli 20 cm, le redko čez 50 cm, vmes pa so štiri do osem centimetrov debele dolomitne plošče. Kamenina se značilno paralelepipedsko kroji, površje pa karakterizira sistem pravokotno na plastovitost potekajočih belih žil in žilic; ker preperevajo žilice hitreje kot ostala kamenina, postane površje mrežasto. V zgornjepermskem dolomitu nisva našla nobenih fosilnih ostankov. Njegova debelina je tu največja na raziskovanem delu Julijskih Alp, znaša okoli 80 m.

Zgornjepermski dolomit je razgaljen tudi na več krajih v paleozojskem pasu južno od Podkorena, npr. južno od podrtega železniškega mostu pri prvih hišah v Podkorenu. Je dimasto siv, povečini drobnopješčen in se pod prsti drobi v dolomitno moko, delno pa luknjičav, ploščast in skladnat (osem centimetrov debele plošče do pol metra debeli skladi) z belimi dolomitnimi žilicami.

Zgornjepermske kamenine so v slovenskem delu Julijskih Alp potemtakem drugače razvite, kot je pisal A. Desio (1925) za zahodne Julijske Alpe in po njem J. Rakovec (1951). Imamo samo dolomit, ki je v spodnjem delu luknjičav in ponekod satast. Nikjer ni bilo mogoče najti apnenca s favno južnotirolskega tipa. Zgornji perm je v severnih Julijskih Alpah razvit enako kot v sosednjih Karavankah. Na obeh ozemljih je moral biti v zgornjepermski epohi enoten sedimentacijski prostor z enako ali približno enako sedimentacijo.

Ostanki mlajšepaleozojskih plasti v moreni

Hribovje med Ratečami in planiškimi skakalnicami pokrivajo večinoma morene, sestojee večidel iz blokov in kosov triadnega apnenca in enakega vmesnega drobnega materiala. Južno od Rateč so v moreni na višini malo pod 1000 metri poleg blokov in kosov svetlo sivega triadnega apnenca pogostni veliki prodniki kremenovega konglomerata, ki vsebujejo ali samo kremenove oblice ali pa tudi apnenčeve prodničke, prodnike apnenčevega konglomerata, kremenovega peščenjaka z apnenčevim lepilom in ostanke črnega apnenca ter temno sivega laporastega apnenca. V enem od večjih prodnikov so bile tudi številne fuzulinide vrste *Paratritrites jesenicensis*. Fosili in kamenine paleozojskega dela morenskega materiala kažejo, da gre za ostanke klastično razvitih trogkofelskih skladov, ki jih je odnašal ledenik na svoji poti.

Paleontološki del

Združbe mikrofosilov. Podobne združbe kot v Karavankah in v okolici Ortneka na Dolenjskem nahajamo tudi v Julijskih Alpah, kar kaže na približno enake pogoje v posameznih ekoloških nišah. To velja predvsem za trogkofelske sklade. Tudi tu sestoji mikrofavna biomikrita ponekod samo iz vrste *Paratritrites jesenicensis*. Drugje vsebujeta biosparit in biomikrit fuzulinido *Darvasites* in značilne alge *Neoanchicodium catenoides* in vrste rodu *Gyroporella*, posebno *G. nipponica*. Tu izjemoma najdemo rodova *Paratritrites* in *Darvasites* skupaj, ne pa tudi v Karavankah.

Vodilnost posameznih mikrofosilov. Auerniški skladi so v severnih Julijskih Alpah bogati z algami. Poleg antrakoporele, rodov *Epimastopora*, *Pseudoepimastopora* in *Eugonophyllum*, znanih iz zaporedja auerniških do vključno trog-

kofelskih skladov, nastopata tudi *Gyroporella* in *Pseudogyroporella mizziaformis*; slednja je bila do sedaj znana pri nas samo v permskih plasteh. Še bolj moti v auerniških skladih Julijskih Alp *Ramovsia limes*, do sedaj najdena samo v obmejnih plasteh in njihovih ekvivalentih, npr. v Iranu (J. Jenny & C. Jenny-Deshusses, 1978a, b). Torej *Ramovsia limes* in *Pseudogyroporella mizziaformis* razširjata združbo mikrofosilnih vrst, ki so tako zgornjekarbonske kot spodnjepermske.

Dasycladaceae

Pseudogyroporella mizziaformis Endo

Tabla 2, sl. 1, 2

1962 *Pseudogyroporella mizziaformis*, Kochansky-Devidé & Milanović, str. 218, tab. VII, sl. 1—3 (Sinon).

1973a *Pseudogyroporella mizziaformis*, Kochansky-Devidé str. 47.

1973 *Pseudogyroporella mizziaformis*, Kochansky-Devidé, Buser, Cajhen & Ramovš, str. 7.

Zelo široke vejice stojijo tako na gosto, da je njihov prerez povečini šesterkoten in nastane satasta zgradba. Zdi se, da so navzven zaprte, vendar se mestoma na poapneli tenki lameli na površju vejic lahko opazi fine pore, ki vežejo vejico z zunanostjo. Verjetno so tam prehajali navzven lasasti asimilatorji. Enako poroznost pokrova vejice smo našli tudi pri vrsti *Mizzia velebitana* Schubert. Ni namreč verjetno, da bi bila stena tako grobo prekrstaljena in da bi temne črte, ki jih interpretiramo kot fine pore, predstavljale meje med navpično postavljenimi velikimi kristali.

Foraminifera

Familia Nodosinellidae Rhumbler

Tuberitina sp.

Tabla 2, sl. 11

Primerki tuberitin predstavljajo eno do štiri polkroglaste in lagenidne celice, priraščene druga na drugi; bazalna celica pa je priraščena na katerem si bodi predmetu v morju. Bazalna celica je polkroglasta ali še nižja, naslednje so bolj vzbočene, medtem ko je zadnja lagenidna ali vsaj podolgovata. Poševni prerez čez zadnjo celico in del predzadnje celice kaže slika 11 (desno) na tabli 2, poprečni presek je krog (ista slika spodaj). Rod *Diplosphaerina* Derville, čigar zgradbo stene sta J. Jenny & Jenny-Deshusses (1978a: 12) primerjala s steno svojih primerkov *Tuberitina cellosa* Reitlinger, je zares *Tuberitina*. Poševni prerez je spodnji prekat presekal tangencialno kot okroglo kaloto. Taki prerezi tuberitin se pogosto najdejo; na naši sliki je »prehodna« oblika, na kateri se priraščena baza ne vidi niti ni spodnja celica popolnoma okrogla, ker je pač globlje prerezana.

Familia Lasiodiscidae Reitlinger

Eolasiodiscus sp.

Tabla 2, sl. 6, 7, 11

E. Schellwien (1898) je v Alpah opisal rodova *Ammodiscus* in *Hemidiscus*. Prvi je pravilno navita cevka v eni ravnini, pri drugem pa leži zadnja

polovica navoja zunaj ravnine drugih navojev kot nepravilen kos cevke na površju diska. M. Reichel je leta 1945 opisal iz Grčije permski rod *Lasiodiscus*, ki je tudi spiralno navit; na eni strani diskoidne zavojnice leži prosojno-fibrozna masa, na drugi pa sekundarni prekati, katerih stene povečini konvergirajo k osi navijanja. Tudi v karbonskih plasteh nahajamo v eni ravnini ozko spiralno navite foraminifere, ki imajo na eni strani diska pravilna kockasta zrnca kot sekundarne prekate. To je v Sovjetski zvezi razširjeni karbonski rod *Eolasiiodiscus*, ki je sicer bolj pogosten v srednjem karbonu, živel je pa tudi v zgornjem. Najdemo ga tudi v moskovskih plasteh na Velebitu. Verjetno oba primerka, naslikana pri V. Kochansky-Devidé & A. Ramovš (1966, tab. 1, sl. 6, 7) in poimenovana kot rod *Ammodiscus*, dejansko pripadata rodu *Eolasiiodiscus*. *Ammodiscus* (tab. 2, sl. 8) ima nekoliko hitrejši prirastek in enostavne peščene stene.

Lasiotrochus tatoiensis Reichel

Tabla 2, sl. 9

1945 *Lasiotrochus tatoiensis* n. sp., Reichel, str. 531, sl. 11, tab. 19, sl. 5.
1970 *Lasiotrochus tatoiensis* Reichel, Kochansky-Devidé, str. 187—188, tab. 16, sl. 6.

Redka vrsta v trogkofelskem apnencu je po enem samem primerku znana tudi iz trogkofelskega apnenca Julijcev.

Familia Schwagerinidae Dunbar & Henbest
Triticites (*Ferganites*) aff. *ramovsi* Kochansky-Devidé

Tabla 3, sl. 6 do 8

1969 *Triticites* (*Ferganites*) *ramovsi* n. sp., Kochansky-Devidé, str. 100—103, tab. 1, sl. 1 do 9; tab. 2, sl. 1 do 7.

Vrsta je kamenotvorna v gželijski stopnji nad Solčavo; v Julijcih je najdena v najvišjem karbonu skupaj z vrstama *Quasifusulina longissima ultima* in *Ramovsia limes*. Mlajši primerki so manjši in bolj ozko naviti, septa pa so nekoliko bolj nagubana.

Rugosochusenella sp.

Tabla 3, sl. 9 in 10

Mala vrsta, dolga okoli dva milimetra iz zgornjega rotnoveškega apnenca se ne ujema z oblikami iz karbonskih plasti niti iz trogkofelskih skladov Karavank. Ima kunikule in izrazito rugoznost spiroteke, 6,5 navoja, drobceni proloki in samo 2 notranja navoja z ravnimi septi.

Pseudofusulina ex gr. *vulgaris* (Schellwien)

Tabla 4, sl. 1

Široko vretenčasta, 10,7 mm dolga *Pseudofusulina* po obliki, debeli spiroteki, tenkih, nepravilno in močno gubanih septih brez dvoma pripada krogu okoli vrste *P. vulgaris*; še najbližja je tipični vrsti. Najdena je v združbi *Darvasites-Staffella-Gyroporella*, torej tipični trogkofelski, je pa najbolj reprezentativen primerek v Sloveniji. V Karavankah v Košutniku (V. Kochansky-Devidé & aut. 1973, tab. 1, sl. 3 do 5) je najdena tudi oblika iz skupine *vulgaris*, ki pa ima bolj pravilna septa in frenoteko; je torej druga vrsta.

Pseudoschwagerina in *Zellia*
Tabla 4, sl. 7a, 7b; tabla 6, sl. 3

Rodovno določeni obliki iz zgornjih rotnoveških skladov poudarjajo zato, ker nosita v zunanjem navoju spiroteke na notranji strani majhne zobčke, ki dajejo slutiti tendenco razvoja proti neošvagerinidni obliki stene. Primerki s še bolj poudarjenimi zobci, ki so pravi orimenti transversalnih septul, že poznamo iz obmejnih skladov Karavank pri Kranjski gori (V. Kochansky-Devidé, 1970, tab. 12, sl. 1 in 3). Ker nikjer na svetu ne poznamo tega pojava, kaže to na zvezo permskih plasti karavanškega kranjskogorskega območja z julijskim podkorenskim ozemljem. Zveza je obstajala, po teh fosilih sodeč, dlje časa.

Problematica

Ramovsia limes Kochansky-Devidé

1973b *Ramovsia limes*, Kochansky-Devidé, str. 462–468, sl. 1, tab. 1.
1978a *Dorudia dorudensis* n. gen. n. sp., Jenny & Jenny-Deshusses, 8–9, sl. 3, 4, tab. I, sl. A, B, C, D, F.

1978b *Ramovsia limes* (= *Dorudia dorudensis*) Jenny & Jenny-Deshusses, str. 1.

Do sedaj iz obmejnih plasti Karavank, Velebita, južne Črne gore in ekvivalentnih spodnjeperskih plasti Irana znana vrsta se tu prvič pojavlja v najvišjem karbonu, je pa tipična brez opaznih razlik.

Biostratigrafski pregled

1. Mikrofosili

Mikrofosilne združbe zgornjekarbonskih (gželijskih) plasti, zgornjega rotnoveškega apnenca in trogkofelskega apnenca se razlikujejo med seboj le po nekaterih večjih fuzulinidah. Razen tega nekaj malih foraminifer še ni znanih v karbonu (*Pachyphloia*, *Lasiotrochus*), nekaj drugih pa še ni bilo določenih v permu (*Eoliasiodiscus*, *Ammovertella*, *Pseudobradyna*). Od alg kodiacija *Neoanchicodium catenoides* do sedaj še ni bila najdena v našem karbonu, razen te pa seveda *Mizzia* in določene vrste giroporel.

V karbonskih skladih sva določila naslednje mikrofosile:

Cyanophyta: *Girvanella* sp.

Dasycladaceae: *Anthracoporella spectabilis* Pia, *Pseudoepimastopora likana* (Kochansky & Herak), *Epimastopora* sp., *Gyroporella* ? sp. in *Pseudogyroporella mizziaformis* Endo.

Codiaceae: *Eugonophyllum magnum* Johnson in *Anchicodium* sp.

Fusulinidea: *Schubertella* sp., * *Quasifusulina longissima ultima* Kammerer, *Boultonia willsi* Lee, * *Triticites* (Ferganites) aff. *ramovsi* Kochansky-Devidé, * *Rugosofusulina alpina antiqua* (Schellwien) in *Nankinella* sp.

Mikroforaminifera: *Tuberitina bulbacea* Galloway & Harlton, *Tuberitina* sp., *Eotuberitina* sp., *Ammodiscus* sp., * *Ammovertella inversa* (Schellwien), *Climacammina* sp., *Deckerella* sp., *Palaeospiroplectammina* sp., *Tetrataxis* sp., *Palaeotextularia* sp., *Daixina* sp., *Endothyra* sp., *Bradyina* sp., *Pseudo-*

* Z zvezdico označene oblike naj bi bile izključno karbonske.

bradyina sp., *Calcivertella* sp., *Apterinella* sp., *Globivalvulina* sp. in * *Eolasiodiscus* sp.

Problematica in ostalo: *Tubiphytes obscurus* Maslov, *Ramovsia limes* Kochansky-Devidé, Bryozoa in Crinoidea.

Zgornji rotroveški apnenec vsebuje:

Dasycladaceae: *Anthracoporella spectabilis* Pia in *Epimastopora* sp.

Codiaceae: *Eugonophyllum* sp. in *Anchicodium* sp.

Fusulinidea: *Schubertella australis* Thompson & Miller, *Schubertella* sp., *Boultonia*, *Rugosochusenella* sp., ***Quasifusulina tenuissima* (Schellwien), *Pseudofusulina* sp., ***P. vulgaris rugosa* Kochansky-Devidé, ***Pseudoschwagerina* sp., ***Zellia* sp. A. cf. *mira* Kahler & Kahler, ***Z.* sp. B cf. *heritschi* Kahler & Kahler, ***Z.* sp. C in ***Z.* sp. D

Microforaminifera: *Tuberitina* sp., *Ammodiscus* sp., *Climacammina* sp., *Tetrataxis* sp., *Polytaxis* sp., *Globivalvulina* sp. in ***Pachyphloia* sp.

Problematica in razno: *Tubiphytes obscurus* Maslov, Stromatoliti, Crinoidea, Echinoidea, Bryozoa in Brachiopoda — punktirane lupine.

Med trogkofelskim apnencom sta v Julijskih Alpah izraziti paratriticitni različek (tabla 6, sl. 1) in darvasitni različek (tabla 6, sl. 2) redkejša kot v Karavankah. Navadno so favne pomešane in niti litofacies ni značilen; v prvem primeru gre za gosti rdečkasti apnenec, v drugem pa za beli apnenec. Zdi se, da so v Julijskih Alpah pogostejši prehodi med faciesi kot v Karavankah. V Julijskih Alpah nisva našla trogkofelskega brečastega apnenca z robustošvagerinami, ki prevladuje pri Ortneku in severno od Kranjske gore ter Jesenic, pa tudi ne značilnega darvasitnega apnenca s kamenotvornim rodом *Darvasites*.

Skupna lista mikrofosilov trogkofelskega apnenca je naslednja:

Cyanophyta: *Girvanella* sp.

Dasycladaceae: *Anthracoporella spectabilis* Pia, *Pseudoepimastopora* sp., ***Mizzia cornuta* Kochansky & Herak, ***Gyroporella nipponica* Endo, ***G. intusannulata* Kochansky-Devidé in *Pseudogyroporella mizziaformis* Endo.

Codiaceae: *Neoanchicodium catenoides* Endo.

Fusulinidea: *Schubertella* sp., ***Pseudoreichelina* ? sp., ***Darvasites contractus* (Schellwien), ***Paratrititites jesenicensis* Kochansky-Devidé, ***Pseudofusulina* ex gr. *vulgaris* (Schellwien), ***Pseudofusulina* sp., ***Pseudoschwagerina* ? sp., ***Paraschwagerina* ? sp. in *Nankinella* ? sp.

Mikroforaminifera: *Ammodiscus* sp., *Climacammina* sp., *Tetrataxis* sp., *Palaeospiroplectammina* sp., *Globivalvulina* sp. in *Lasiotrochus taiensis* Reichel.

Problematica in ostalo: *Tubiphytes obscurus* Maslov, *T. carinthiacus*, (E. Flügel), Crinoidea, Bryozoa in ***Bacinella* ?

2. Makrofosili

V karbonskih in permskih plasteh Julijskih Alp je malo makrofosilov. v gželijskem glinastem skrilavcu in spremenljajočih drobnih mehanskih usedlinah nisva našla nikjer brahiopodov, briozojev, trilobitov, polžev in ostankov iglokožcev, ki sestavljajo značilne favnistične združbe v Javorniškem rovtu, na Planini pod Golico in v Savskih jamah ter še ponekod drugod v bližnjih

** samo v permu

Karavankah. Vzrok za to je treba najbrž iskati v dejstvu, da so bile te mehke klastične usedline v Julijcih močno tektonsko spremenjene in so danes le malo-kje na površju. Nasprotno pa je apnenec v čerih in polah med klastiti v Julijskih Alpah prav tako bogat z mikrofosili, predvsem z algami in fuzulinidnimi foraminiferami, kot v Karavankah. Pogrešava pa produktidne in spiriferidne brahiopode ter morske gobe v bolj ali manj glinastem apnencu.

Pseudoschwagerinski apnenec tudi v Karavankah ne vsebuje kaj prida makrofosilov; podobno velja za Julijske Alpe. Zelo redki so v zgornjem pseudoschwagerinskem apnencu produktidni brahiopodi.

V svetlo sivem in rožnatem apnencu je v Julijskih Alpah samo eno znano najdišče kamenotvornih fiksosetilnih brahiopodov. Med njimi prevladuje *Scacchinella gigantea* Schellwien, redki so drugi ramenonožci, precej pa je zraven krinoidnih ostankov. Številna brahiopodna favna, kakršno vsebuje temno sivi apnenec klastičnega razvoja trogkofelske formacije v Karavankah, v Julijcih še ni bila najdena.

Krinoidi predstavljajo z značilno karavansko vrsto *Permocrinus togatus* Sieverts-Doreck & Ramovš karakteristični favnistični element tudi v Julijskih Alpah in so ponekod kamenotvorni.

Nobenega najdišča z bogato produktidno in spiriferidno favno, kakršno je na primer v Dolžanovi soteski, v Julijskih Alpah ne poznamo, pa tudi v Karavankah z veliko večjim obsegom trogkofelskega apnenca so takšna bogata najdišča zelo redka.

V zgornjepermskem dolomitu Julijskih Alp doslej niso znani nobeni fosilni ostanki.

Pregled izsledkov

V vzhodnih in zahodnih Julijskih Alpah sva paleontološko dokazala vrhnji del zgornjekarbonskih plasti (gželijska stopnja), zgornji pseudoschwagerinski apnenec (sakmarijska stopnja), zelo različne kamenine trogkofelske formacije (artinskijska stopnja). Grödenski skladi niso bili z gotovostjo najdeni na površju, zgornjepermski dolomit pa je stratigrafsko uvrščen po litoloških značilnostih in legi.

Zgornjekarbonski skladi sestojijo iz prevladujočih mehanskih usedlin ter značilnih čeri, plasti in pol apnenca s številnimi mikrofosili. Kamenotvorne so alga *Anthracoporella spectabilis* in fuzulinidni foraminiferi *Rugosofusulina alpina antiqua* in *Quasifusulina longissima ultima*. V vrhnjem karbonu sta bili najdeni tudi naslednji obliki, ki sta doslej veljali za permski: *Pseudogyroporella* in *Ramovsia limes*, ki tako povečujeta svojo vertikalno razširjenost.

Najnižje permske plasti manjkajo. Več vrst rodu *Zellia* označuje zgornji pseudoschwagerinski apnenec.

Posebno pestra je trogkofelska formacija: deloma je grebenska deloma plastnata. Sestoji večidel iz belega, sivega, rožnatega in rdečega apnenca, ki vsebuje kamenotvorne fuzulinide in krinoide ter redko fiksosetilne brahiopode. V mehanskih usedlinah so vložki povečini temno sivega fosilonosnega apnenca. Grebenska sedimentacija je bila vsaj enkrat prekinjena, takrat so nastajale plastnate karbonatne in mehanske usedline. Mikrofosilne združbe so bogate in podobne tistim v Karavankah in na Ortneku, mikrofosili pa so zelo siromašni. *Paratriticites jesenicensis* predstavlja ponekod sam mikrofavno biomikrita,

drugje pa se pojavlja skupaj z rodом *Darvasites* in značilnimi apnenčevimi algami. V Julijskih Alpah ni trogkofelskega brečastega apnenca s kroglastimi psevdoschwagerinami rodov *Robustoschwagerina* in *Schwagerina* (s. Rauzer), ki je med najbolj razširjenimi združbami v sosednjih Karavankah in na Ortneku.

Trbiška breča ima iste značilnosti kot v Karavankah. V zgornjepermški seriji je razvit samo dimasto sivi in sivi plastnati dolomit, v spodnjem delu pa tudi luknjičav in satast dolomit. Nikjer ni apnenca s fosili, ki jih omenjajo starejši avtorji (A. Desio, 1925).

Primerjava karbonskih in permških plasti v Karavankah in Julijskih Alpah nam pokaže, da je bilo ozemlje današnjih Karavank in severnih Julijskih Alp v zgornjekarbonski epohi in permški periodi enoten sedimentacijski prostor. Enake sedimentacijske razmere so se nadaljevale na obeh ozemljih še v spodnjetriadno epoho, to pa dokazujejo na obeh ozemljih približno enako razvite spodnjetriadne plasti.

Tudi današnja meja med Karavankami in Julijskimi Alpami je le orografska. Stratigrafske in tektonske razmere kažejo, da so Karavanke in Julijske Alpe ena geotektonska enota z močno deformiranim mlajšepaleozojskim antiklinalnim jedrom in mogočnim mezozojskim karbonatnim pokrovom. Mlajšepaleozojski skladi pa leže na variscični zgradbi starejšega paleozoika in spodnjega karbona, ki se pokaže na površje na Jezerskem in nad Solčavo (cf. Ramovš, 1976, 37).

Paläontologische Schlussfolgerung

Vergesellschaftungen. Ähnliche Vergesellschaftungen wie in den Karawanken und in der Umgebung von Ortnek in SO Slowenien, finden wir auch in den Julischen Alpen, was an ungefähr ähnliche Bedingungen, die in einzelnen oekologischen Nischen auftraten, weist. Das gilt besonders für die Trogkofelablagerungen. Auch hier bildet *Paratriticites jesenicensis* stellenweise selbst die Mikrofauna des Biomikrits: anderswo finden wir Biosparit oder Biomikrit mit der Fusulinide *Darvasites*, den leitenden Algen *Neoanchicodium catenoides* und Gyroporellen-Arten, besonders *G. nipponica*. Oft wurde die Fauna vermischt, so dass wir *Paratriticites* und *Darvasites* nebeneinander finden, was im Karawankenraum nicht beobachtet wurde, es jedoch möglich erscheint, z. B. am Übergang der verschieden bedingten oekologischen Räume.

Die Auernigschichten sind algenreich. Neben der *Anthracoporella*, *Epimastopora*, *Pseudoepimastopora* und *Eugonophyllum*, die wir alle von Auernig bis einschliessend Trogkofel-Ablagerungen kennen, kommen auch *Gyroporella* und *Pseudogyroporella mizziaformis* vor. Die letzte wurde bis jetzt in Jugoslawien nur in permischen Ablagerungen gefunden. Noch mehr verirrend ist das Vorkommen des Problematicums *Ramovsia limes*, die bisher nur in den permischen Grenzlandbänken und ihren Äquivalenten, z. B. in Iran (J. Jenny & C. Jenny-Deshusses, 1978) festgestellt wurde. Leider müssen wir jetzt gestehen, dass sie auch im obersten Karbon vorkommt. Alle Auernigschichten von Vitrac reihen wir in das oberste Karbon ein. Demnach vermehren *Ramovsia limes* und *Pseudogyroporella mizziaformis* die reiche Liste der Arten, die sowohl im Oberkarbon als auch im Unterperm gleichermassen vorkommen.

Beschreibung der einzelnen interessanten Arten

(Synonymie- und Abbildungen-Nachweise sind im slowenischen Text nachzusehen)

Pseudogyroporella mizziaformis Endo

Die sehr breiten Ästchen stehen so dicht, daß ihr Querschnitt meist sechseckig (wabenförmig) ist. Es scheint, dass die Ästchen aussen geschlossen sind, in zwischen kann man stellenweise an der dünnen Kalklamelle, die die Oberfläche der Ästchen deckt, feine Poren bemerken, die die Ästchen mit der Oberfläche verbinden. Wahrscheinlich gelangten da haardünne Assimilatoren nach aussen. Eine gleichartige Porosität der Ästchendeckel wurde bereits auch bei der *Mizzia velebitana* Schubert beobachtet. Es ist keinesfalls glaubwürdig, dass die Wand so grob kristallisiert war und dass die dunklen senkrechten Linien, die wir als Poren interpretieren, die Grenzen zwischen den grossen Kristallen vorstellen könnten.

Tuberitina sp.

Die Exemplare der Tuberitinen stellen 1—4 halbkugelige bis lagenide Kammern dar. Diese sind eine auf der andern angewachsen, die basale auf den verschiedenen Objekten im Meer. Die Basalkammer ist halbkugelig oder noch niedriger, die folgenden sind mehr nach aussen gewölbt, die letzte flaschenförmig oder ovoid. Der Schrägschnitt durch die letzte und einen Teil der vorletzten Kammer gibt das Bild wie an der Taf. 2, Fig. 11 rechts (unten in derselben Figur ist ein Kreis — ein Querschnitt). Die Gattung *Diplosphaerina* Derville, dessen Wandstruktur J. Jenny & C. Jenny-Deshusses (1978 a: 12) mit der Handstruktur ihrer Exemplare von *Tuberitina collosa* Reith. vergleichen, ist wirklich eine *Tuberitina*. Der Schrägschnitt hat die untere Kammer tangential durchschnitten in Form einer runden Kalotte. Solche Schnitte sind bei den Tuberitinen nicht selten. An unserer Figur ist eine »Übergangsform«, an der man weder die Anheftungsfläche noch den ganz kreisrunden Schrägschnitt sieht, da die Kammer etwas tiefer durchschnitten wurde.

Eolasiodiscus sp.

Schon im J. 1945. beschrieb M. Reichel aus dem griechischen Perm die Gattung *Lasiodiscus* mit planispiraler Form; von einer Seite der diskoidalen Windungsspirale liegt eine durchsichtige fibrose Masse, an der anderen sekundäre Kammern, die meist gegen der Windungsachse konvergieren. Auch im Karbon findet man planispiral gewundene diskoidale Formen, die an einer Seite regelmässige quaderige Körner, vielleicht Sekundärkammern, zeigen. Das ist in der Sowjetunion sehr verbreitete karbonische Gattung *Eolasiodiscus*, die zwar häufiger im Mittelperm (wie in Jugoslawien im Velebitgebirge) vorkommt, aber noch im Oberkarbon lebte. Wahrscheinlich gehören zur Gattung *Eolasiodiscus* auch die beiden Exemplare, die als *Ammodiscus* bei V. Kochansky-Devidé & A. Ramovš (1966, Taf. 1, Fig. 6, 7) genannt und abgebildet wurden. *Ammodiscus* (hier Taf. 2, Fig. 8) hat einen etwas rascheren Zuwachs und einfache sandige Wände.

Lasiotrochus tatoiensis Reichel

Diese seltene Art des Trogkofelkalks der Karawanken ist auch in der beschriebenen Fauna der Julischen Alpen nur durch ein Exemplar aus dem Trogkofelkalk bekannt.

Triticites (Ferganites) aff. ramovsi Kochansky-Devidé

Die Art, beschrieben aus der Gshell-Stufe von Solčava in N Slowenien, wo sie gesteinsbildend auftritt, wurde jetzt im obersten Karbon in Vergesellschaftung von *Quasifusulina longissima ultima* und *Ramovsia limes* gefunden. Diese jüngeren Exemplare sind kleiner, enger aufgewunden und ihre Septen sind etwas mehr gefaltet.

Rugosochusenella sp.

Kleine, etwa 2 mm lange Art aus dem oberen Rattendorfer Kalk entspricht der Form nach nicht den Arten des Karbons oder der Trogkofel-Stufe der Karawanken. Sie entwickelt eine ausgesprochene Rugosität und Cuniculi, sie hat 6,5 Umgänge, ein winziges Proloculum und nur 2 innere Windungen mit geraden Septen.

Pseudofusulina ex gr. vulgaris (Schellwien)

Breit spindelförmige, 10,7 mm lange *Pseudofusulina* entspricht nach der Form, dicken Spirothek, dünnen, stark und unregelmässig gefalteten Septen zweifellos dem Kreis um die Art *P. vulgaris*; noch am nächsten steht sie der typischen Art. Sie wurde in Gesellschaft von *Darvasites*, *Staffella* und *Gyroporella* gefunden, also im typischen Darvasitenkalk. In den Karawanken im Koštnik-Bach (V. Kochansky-Devidé & Mitarb. 1973, Taf. 1, Fig 3—5) wurde auch eine Art der *vulgaris*-Gruppe gefunden, sie hat jedoch regelmässige Septen und die Phrenothek: es handelt sich also um eine andere Art.

Pseudoschwagerina und *Zellia*

Die nur generisch bestimmten Formen aus dem oberen Rattendorfer Kalk betonen wir deshalb, da sie in der äusseren Windung eine innen gezackte Spirothek zeigen, die eine Entwicklungstendenz gegen dem neoschwagerinoiden Wandtypus andeuten. Ein Exemplar mit noch mehr betonten Zacken, die schon echte Orimente der Transversalseptula zeigen, ist schon bekannt aus den Grenzlandbänken der Karawanken bei Kranjska gora (V. Kochansky-Devidé, 1970, Taf. 12, Fig. 1, 3), also unweit vom Vitranc-Berg. Da, unseres Wissens, diese Erscheinung nirgends in der Welt bekannt ist, zeigt eine solche Entwicklungstendenz an eine Verbindung der permischen Ablagerungen im Raum von Kranjska gora durch einen längeren Zeitabschnitt.

Ramovsia limes Kochansky-Devidé

Die bisjetzt aus den Grenzlandbänken der Karawanken, des Velebitgebirges, der südlichen Crna Gora (Montenegro) sowie der unterpermischen Äquivalente des Irans (J. Jenny & C. Jenny-Deshusses, 1978 a, 1978 b) bekannte Art kommt hier schon im höchsten Karbon vor. Sie ist typisch ohne bemerkbaren Unterschiede.

Tabla — Tafel 1

- 1 *Anthracoporella spectabilis* Pia. Zbrusek št. (Schliffnummer) 7/77-65. Zgornji auerniški skladi (Obere Auernigschichten). $\times 20$.
- 2 *Epimastopora* sp. 7/77-KGP 249. Zgornji auerniški skladi (Obere Auernigschichten). $\times 40$.
- 3 *Pseudoepimastopora likana* Kochansky & Herak — zgoraj (oben). *Anthracoporella spectabilis* Pia. 7/77-KGP 249. Zgornji auerniški skladi (Obere Auernigschichten). $\times 20$.
- 4 *Eugonophyllum magnum* Johnson. 7/77-67. Zgornji auerniški skladi. (Obere Auernigschichten). $\times 10$.
- 5 *Gyroporella intusannulata* Kochansky-Devidé. 37/77-34. Trogkofelski apnenec (Trogkofelkalk). $\times 10$.
- 6 *Gyroporella nipponica* Endo. 13/77-45. Trogkofelski darvasitni apnenec (Trogkofelkalk mit Darvasites). $\times 10$.
- 7 *Tubiphytes carinthiacus* (E. Flügel). 37/77-36. Trogkofelski apnenec (Trogkofelkalk). $\times 20$.

Tabla — Tafel 1

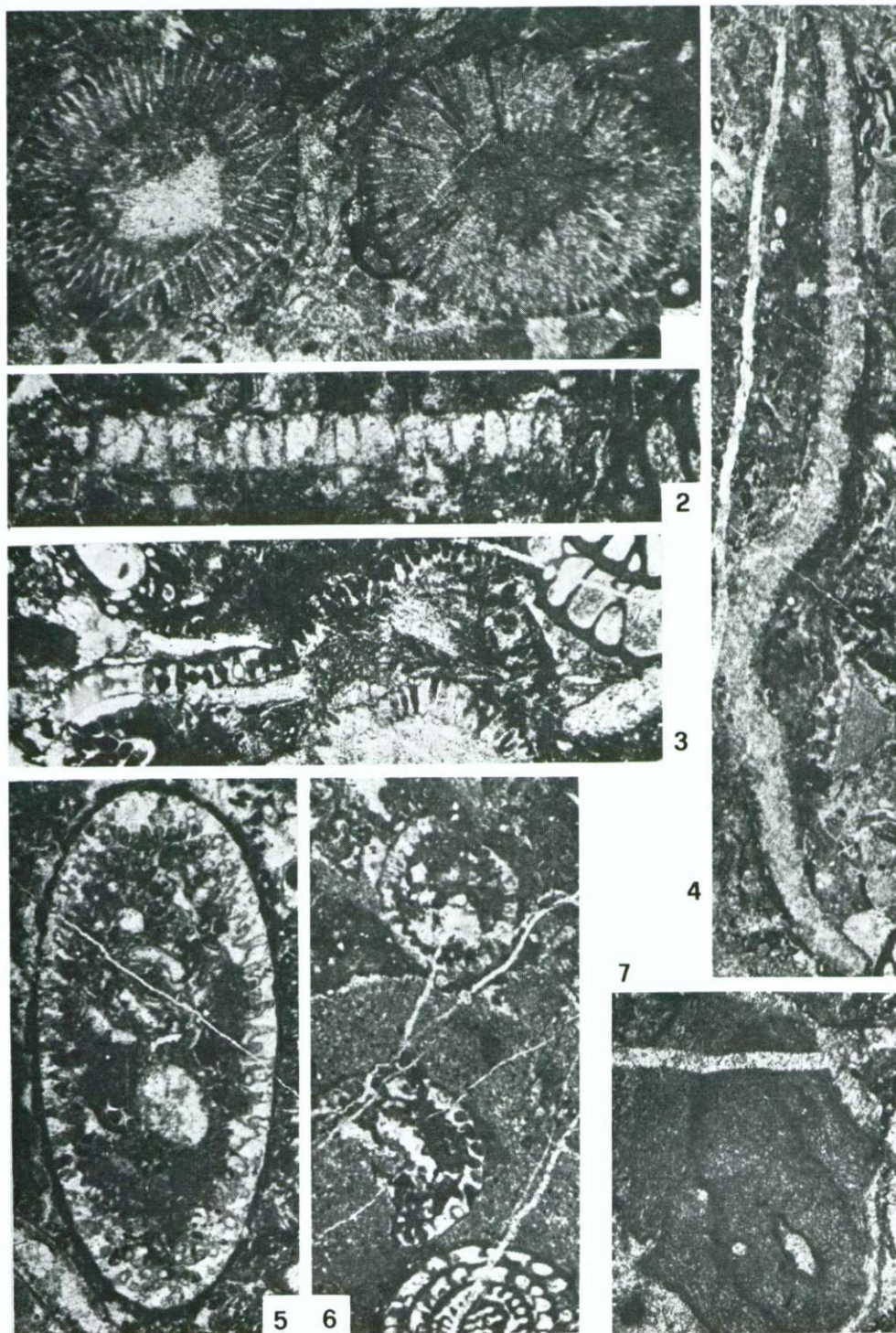


Tabla — Tafel 2

- 1, 2 *Pseudogyroporella mizziaformis* Endo. 1. Zgornji auerniški skladi (Obere Auernigschichten). 58/77-54. $\times 30$.
2. Trogkofelski apnenec (Trogkofelkalk) 37/77-34. $\times 20$.
- 3 *Pseudogyroporella mizziaformis* Endo — zgoraj (oben); *Mizzia cornuta* Kochansky & Herak — spodaj (unten). 37/77-34. Trogkofelski apnenec (Trogkofelkalk). $\times 20$.
- 4 *Neoanchicodium catenoides* Endo. 37/77-34. Trogkofelski apnenec (Trogkofelkalk). $\times 20$.
- 5 *Ramovsia limes* Kochansky-Devidé. 65/77-11. Zgornji auerniški skladi (Obere Auernigschichten). $\times 20$.
- 6, 7 *Eolasiodiscus* sp. Zgornji auerniški skladi (Obere Auernigschichten) 6. 58/77-54a $\times 75$; 7. 58/77. $\times 100$.
- 8 *Ammodiscus* sp. 63/77-22a. Zgornji rotnoveški apnenec (Oberer Rattendorfer Kalk). $\times 100$.
- 9 *Lasiotrochus tatoiensis* Reichel. 37/77-33. Trogkofelski apnenec (Trogkofelkalk). $\times 100$.
- 10 *Ammovertella inversa* (Schellwien). 58/77-54. Zgornji auerniški skladi (Obere Auernigschichten). $\times 83$.
- 11 *Eolasiodiscus* sp., zgoraj levo (oben links); *Tuberitina* sp. 58/77-52. Zgornji auerniški skladi (Obere Auernigschichten). $\times 50$.

Tabla — Tafel 2

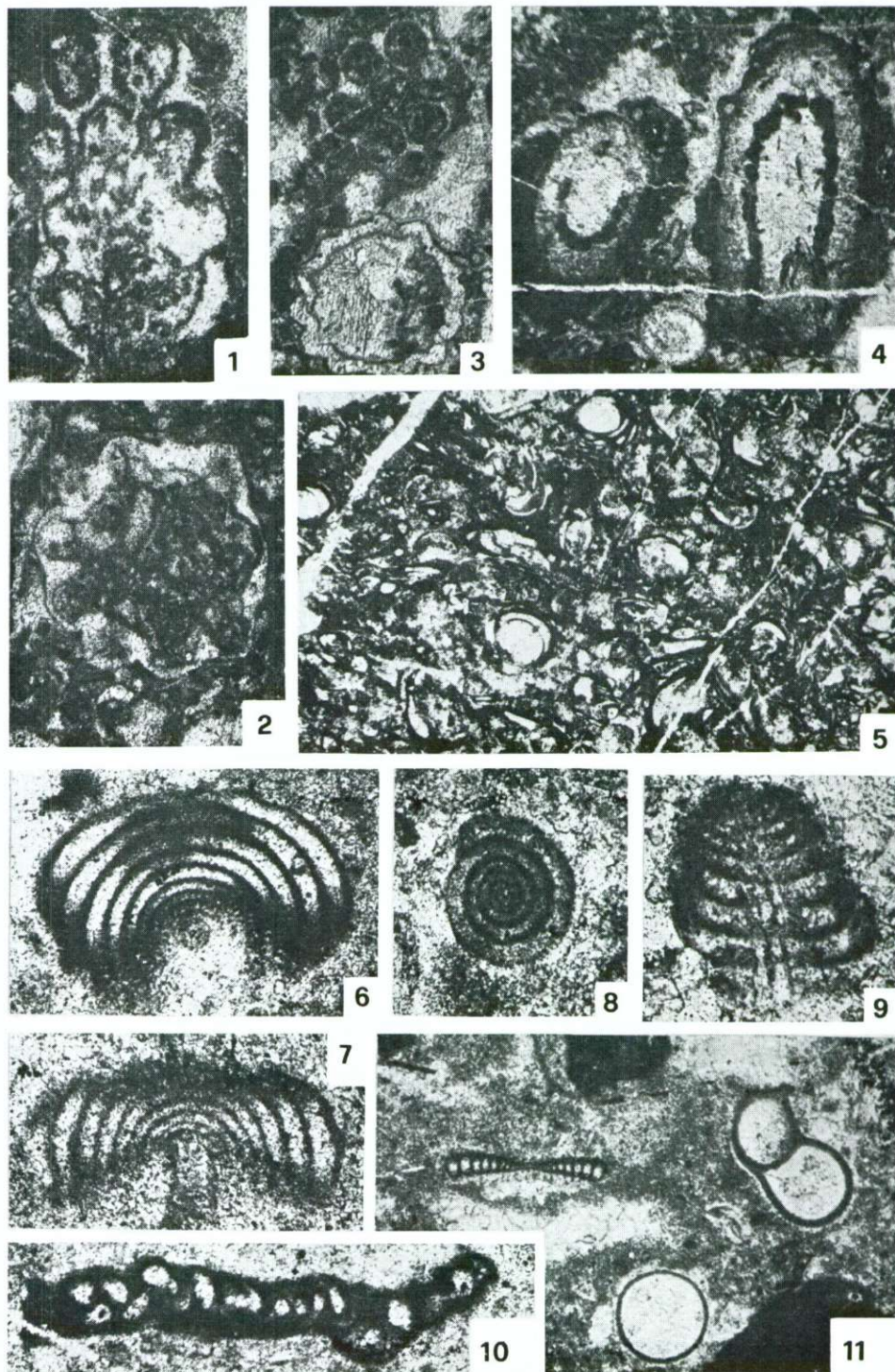


Tabla — Tafel 3

- 1 *Schubertella* sp. 63/77-22. Zgornji rotnoveški apnenec (Oberer Rattendorfer Kalk). $\times 100$.
- 2, 3 *Schubertella australis* Thompson & Miller. 63/77-22. Zgornji rotnoveški apnenec (Oberer Rattendorfer Kalk). $\times 100$.
- 4, 5 *Quasifusulina longissima ultima* Kanmera. 65a-62. Zgornji auerniški skladi (Obere Auernigschichten). $\times 10$.
- 6—8 *Triticites (Ferganites) aff. ramovski* Kochansky-Devidé. 65a/77-18. Zgornji auerniški skladi (Obere Auernigschichten). $\times 40$.
- 9, 10 *Rugosochusenella* sp. 63/77-24. Zgornji rotnoveški apnenec (Oberer Rattendorfer Kalk). $\times 40$.
- 11 *Paratriticites jesenicensis* Kochansky-Devidé. 9/77-43. Trogkofelski apnenec (Trogkofelkalk). $\times 10$.
- 12 *Darvasites contractus* (Schellwien). 62f/77-15. Trogkofelski apnenec (Trogkofelkalk). $\times 30$.
- 13, 14 *Pachyphloia* sp. 63/77-22. Zgornji rotnoveški apnenec (Oberer Rattendorfer Kalk). $\times 75$, $\times 100$.

Tabla — Tafel 3

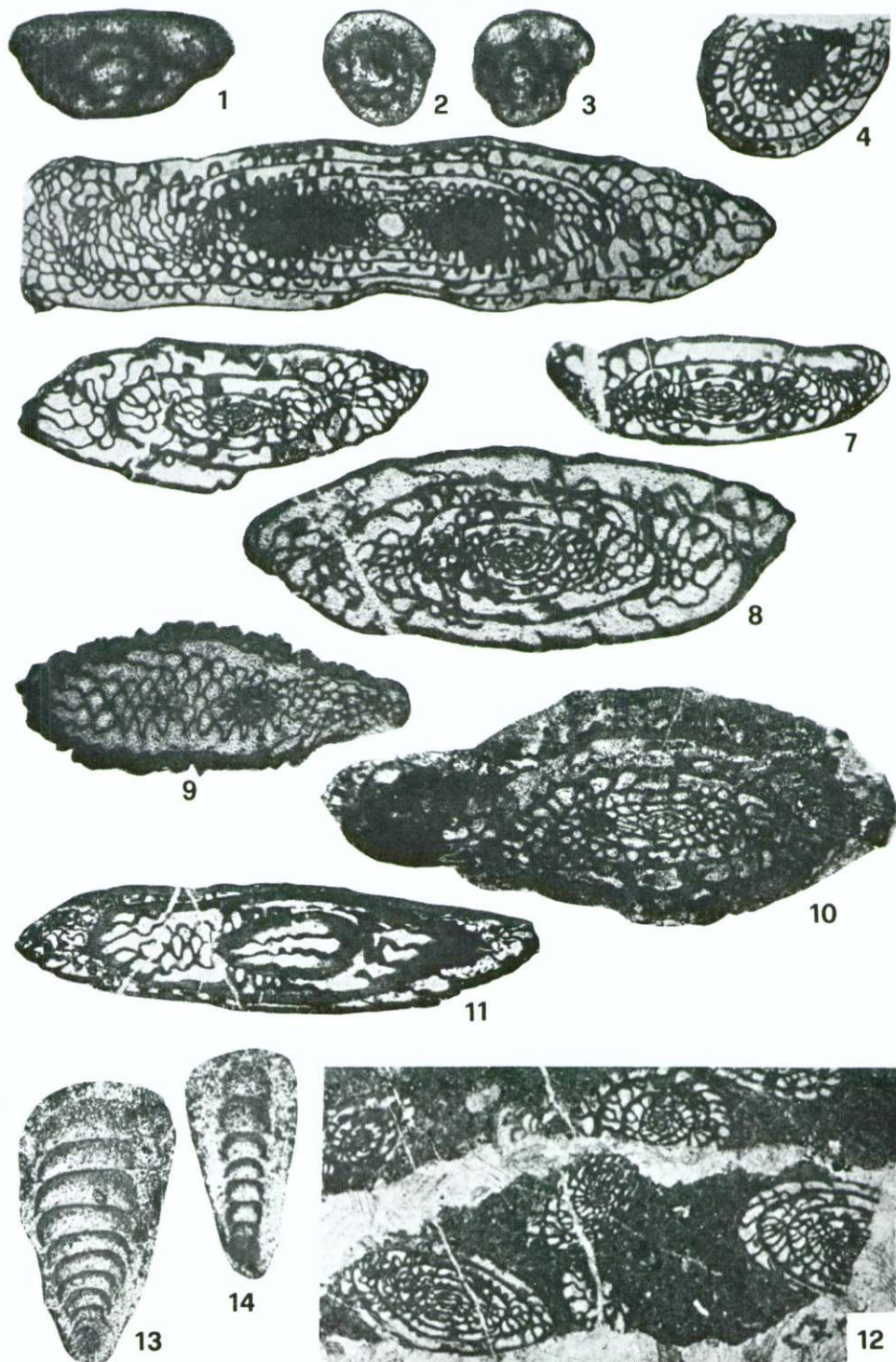


Tabla — Tafel 4

- 1 *Pseudofusulina* ex gr. *vulgaris* (Schellwien). 13/77-45. Trogkofelski apnenec (Trogkofelkalk). $\times 10$.
- 2 *Pseudofusulina vulgaris rugosa* Kochansky-Devidé. 5/77-251. Zgornji rotnoveški apnenec (Oberer Rattendorfer Kalk). $\times 30$.
- 3 *Zellia* sp. A cf. *mira* Kahler & Kahler. 63a/77-22a. Zgornji rotnoveški apnenec (Oberer Rattendorfer Kalk). $\times 30$.
- 4, 5 *Zellia* sp. B cf. *heritschi* Kahler & Kahler. 63/77-9, 63/77-9. Zgornji rotnoveški apnenec (Oberer Rattendorfer Kalk). $\times 30$.
- 6 *Zellia* sp. C. 63/77-8a. Zgornji rotnoveški apnenec (Oberer Rattendorfer Kalk). $\times 20$.
- 7a, 7b *Zellia* sp. D. 63/77-9. Zgornji rotnoveški apnenec (Oberer Rattendorfer Kalk). 7a. $\times 30$. 7b. Detajl, ki kaže nazobčano spiroteko (Detail, die gezackte Spirothek zeigend). $\times 80$.

Tabla — Tafel 4

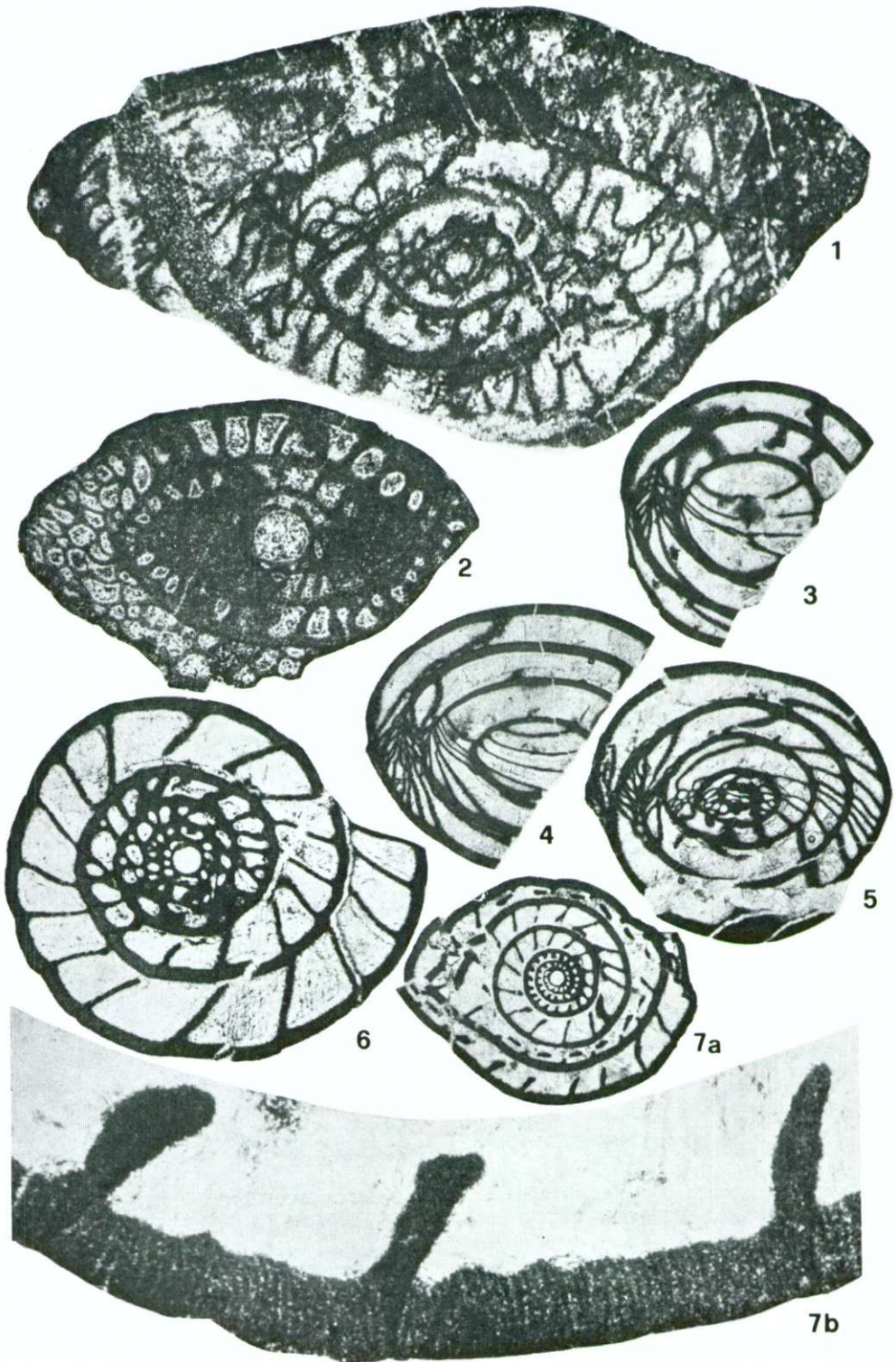
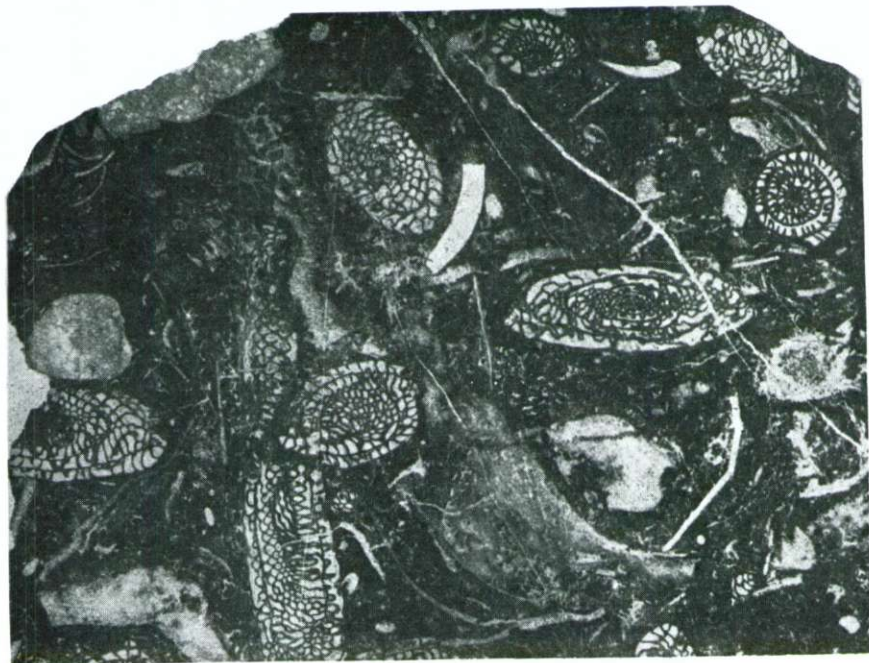


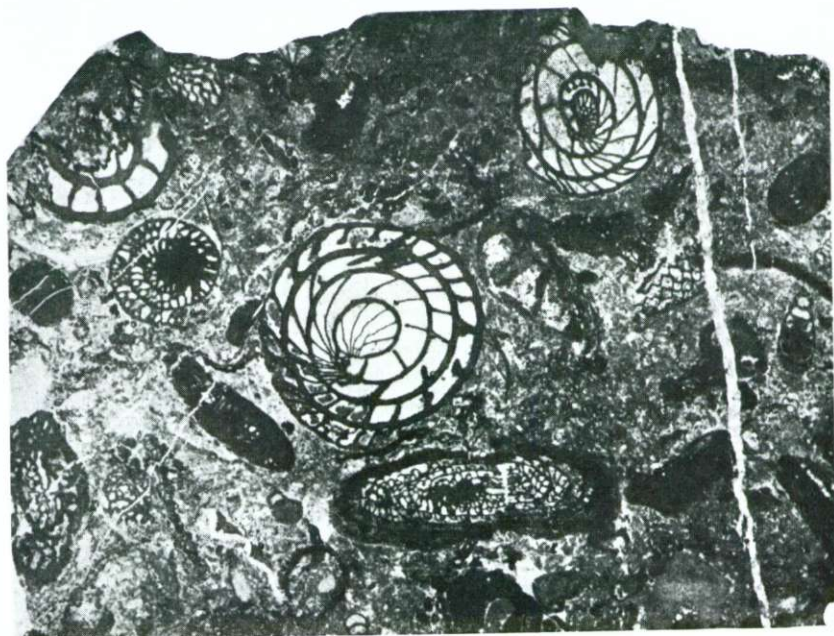
Tabla — Tafel 5

- 1 Zgornji auerniški apnenec — biokalcirudit. (Oberer Auerniger Kalk — Biokalzirudit): *Triticites ramovsi* Kochansky-Devidé, *Quasifusulina longissima ultima* Kanmera, *Epimastopora* sp., Crinoidea. 65a/77. $\times 8$.
- 2 Zgornji rotnoveški apnenec — biopelsparit (Oberer Rattendorfer Kalk — Biopelsparit): *Zellia* sp. div., *Quasifusulina tenuissima* (Schellwien), *Rugosochusenella* sp., *Pseudofusulina* sp., *Tubiphytes obscurus* Maslov. 5/77-251. $\times 10$.

Tabla — Tafel 5



1



2

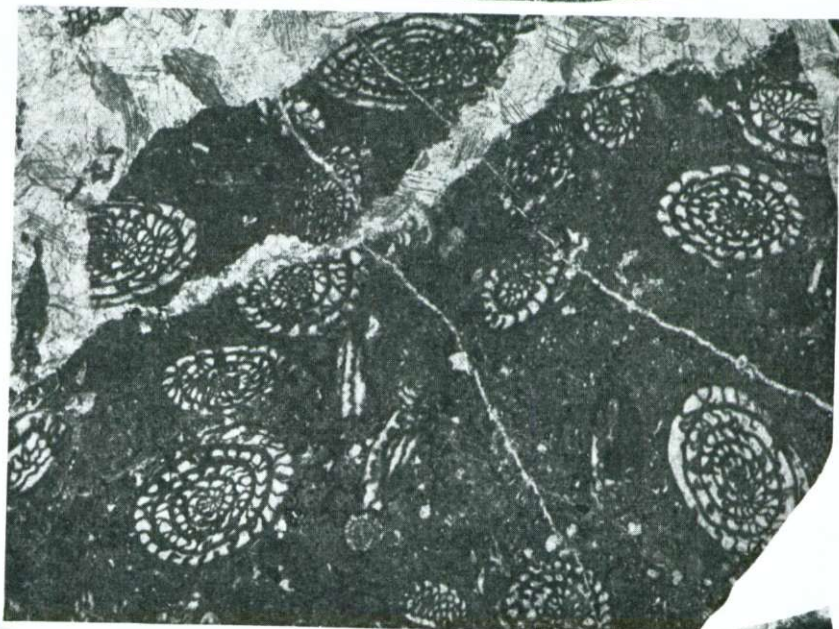
Tabla — Tafel 6

- 1 Trogkofelski apnenec — biomikrit (Trogkofelkalk — Biomikrit): *Paratriticites jesenicensis* Kochansky-Devidé 9/77-43. $\times 5$.
- 2 Trogkofelski apnenec — biomikrit (Trogkofelkalk — Biomikrit): *Darvasites contractus* (Schellwien). 62f/77. $\times 25$.
- 3 *Pseudoschwagerina* sp. z znotraj nazobčano spiroteko (mit innen gezackter Spirothek). Zunanji navoj (Äussere Windung). 63/77-7. Zgornji rotnoveški skladi (Obere Rattendorfer Ablagerungen). $\times 50$.
Vse slike je fotografiral M. G r m.

Tabla — Tafel 6



1



2



3

Literatura

Desio, A. 1925, La costituzione geologica delle Alpi Giulie occidentali. Atti Soc. Ital. Sc. Nat. 64, Milano.

Jenny, J. & Jenny-Deshusses, C. 1978 a, *Dorudia dorudensis* n. gen., n. sp. et les Tuberitinae du Permien de l'Elbourse oriental en Iran. Note Labor. paléont. Univ. Genève, 2, 1—14, 9 sl., 1 tab. Genève.

Jenny, J. & Jenny-Deshusses, C. 1978 b, *Ramovsia limes* Kochansky-Devidé 1973 (= *Dorudia dorudensis* Jenny & Jenny-Deshusses 1978), sa présence dans le Permien d'Iran, observations morphologiques complémentaires et rectification taxonomique. Note Labor. paléont. Univ. Genève 12, str. 1. Genève.

Kochansky-Devidé, V. 1969, Triticitenkalk (Oberkarbon, Gshel-Stufe) bei Solčava, Ostkarawanken. Geol. vjesnik 22, 99—104, 1 tabela, 2 tab. Zagreb.

Kochansky-Devidé, V. 1970, Permski mikrofosili zahodnih Karavank. Geologija 13, 175—256, 26 tab. Ljubljana.

Kochansky-Devidé, V. 1973 a, Trogkofelske naslage u Hrvatskoj. Geol. vjesnik 26, 41—52, 1 sl., 1 tab. Zagreb.

Kochansky-Devidé, V. 1973 b, *Ramovsia limes* n. gen., n. sp. (Problematica), ein Leitfossil der Grenzlandbänke (unteres Perm). N. Jb. Geol. Paläont., Mh., 1973, 462—468, 2 sl. Stuttgart.

Kochansky-Devidé, V., Buser, S., Cajhen, J. & Ramovš, A. 1973, Podroben profil skozi trogkofelske plasti v potoku Košutnik v Karavankah. Razprave Slov. akad., razr. IV, 16/4, 169—188 (1—20), 5 tab., 1 stratigr. lestvica, Ljubljana.

Kochansky-Devidé, V. & Milanović, M. 1962, Donjopermske fuzulinide i vapnenacke alge područja Tare u Crnoj Gori. Geol. vjesnik 15/1, 195—228, 1 sl., 1 tabela, 8 tab. Zagreb.

Kochansky-Devidé, V. & Ramovš, A. 1966, Zgornjekarbonski mikrofosili in stratigrafski razvoj v zahodnih Karavankah. Razprave Slov. akad., razr. IV, 9, 299—333, 1 sl., 11 tab., 5 strat. lestv. Ljubljana.

Kossmat, F. 1913, Die adriatische Umrandung in der alpinen Faltenregion. Mitt. Geol. Ges. 6, 61—165, Taf. III, IV, Karte des alpin-dinarischen Grenzgebietes. Wien.

Rakovec, I. 1951, K paleogeografiji Julijskih Alp. Geogr. vestnik 23, 109—135. Ljubljana.

Ramovš, A. Biostratigrafski dosežki v paleozoiku Slovenije v zadnjih 20. letih. 8. jugoslov. geol. kongres, Bled 1.—5. oktobra 1974. 2: paleontologija, sedimentologija, stratigrafija, 27—44, Ljubljana.

Reichel, M. 1945, Sur quelques foraminifères nouveaux du Permien méditerranéen. Ecl. geol. Helv., 38, 524—560, 44 sl., 1 tab. Bâle.

Rokopisna geološka karta lista Bovec (Flitsch) v merilu 1:75 000. Dunajski geološki zavod.

Schellwien, E. 1898, Die Fauna des karnischen Fusulinenkalks. Teil II. Foraminifera. Paleontographica, 44, 237—282, 8 tab. Stuttgart.

Teller, F. 1901, Jahresbericht des Directors, Verh. Geol. R. A., 11—13, Wien.

Teller, F. 1910, Geologie des Karawankentunnels. Denkschr. Math.-naturwiss. Kl. Akad. Wissensch. 82, 143—250, Taf. II, III, Wien.

UDK 551.761. 3(497.12)=863

Karnijske plasti južno in zahodno od Ljubljanskega barja

Carnian beds south and west of the Ljubljana Moor

Stevo Dozet

Geološki zavod, 61000 Ljubljana, Parmova 33

Kratka vsebina

Karnijske plasti na zahodnem in južnem obrobju Ljubljanskega barja se dele na tri podstopnje: cordevolsko, julijsko in tuvalsko. Cordevolski dolomit in grebenski apnenec sta določena po algi *Diplopora annulata* Schafhäutl in s foraminifero *Trocholina cordevolica* Oberhauser. Julijsko podstopnjo karakterizira poleg školjčne združbe foraminifera *Trocholina procera* (Liebus). Tuvalska podstopnja se ne dá povsod razločevati, ker je podobno razvita kot julijska. Julijsko-tuvalsko zaporedje se ponekod prične z brečo, sestavljeno iz kosov boksita, ali apnenca in dolomita z boksitnim vezivom, drugod pa z boksitom, bogatim z železom, oziroma s kremenico. Nato se izmenjavajo karbonatne in klastične kamenine, na vrhu pa so prehodne plasti.

Abstract

Carnian beds from the western and southern borderland of Ljubljana Moorland are subdivided into Cordevolian, Julian, and Tuvallian substages. The Cordevolian dolomite and reef limestone are identified by *Diplopora annulata* Schafhäutl and by *Trocholina cordevolica* Oberhauser. The Julian substage is characterized by a pelecypod association and by the foraminiferal species of *Trocholina procera* (Liebus). The Tuvallian beds do not show a distinctive feature anywhere. Moreover they resemble the underlying Julian beds. The Julian-Tuvallian sequence begins with breccia composed either of the bauxite fragments or broken limestone and dolomite cemented together in bauxitic matrix. Elsewhere iron- or silica-rich bauxite occurs. The bauxite rock unit is followed by alternating layers of carbonate and clastic rocks. The top appears to be of transitional character.

Uvod

Namen tega dela je bil, profilirati karnijske plasti na Bloško-rakitniški planoti, na obrobju Ljubljanskega barja pri Borovnici in Ligojni ter pri Logatcu.

Podatke sem začel zbirati leta 1975, ko sem po projektu Mezozoik Slovenije prevzel nalogo o triadnih plasteh na listu Postojna. Enomesečnemu profiliranju so sledili še priložnostni obhodi v letih 1976 in 1977. Pri tem sem nabral precej vzorcev kamenin in fosilov za biostratigrafsko razčlenitev karnijskih plasti.

Nadrobno sem pregledal profile (sl. 1):

- a) pri Borovnici:
 - Kopitov grič
 - Ohonica—Lašče
 - Ohonica—Borovnica
- b) pri Ligojni:
 - Hojnikar—Podlipska dolina
- c) na Bloško-rakitniški planoti:
 - Cajnarje
- č) pri Logatcu:
 - Ceste
 - Hudi konec

Ta sestavek je del magistrske naloge, dopolnjene in predelane za objavo. Zahvaljujem se prof. A. Ramovšu za določitev konodontov, L. Šribarjevi za določitev foraminifer in alg ter D. Turnškovi za določitev koral.

Karnijska stopnja

Cordevolska podstopnja

Nadrobno sem raziskal cordevolske plasti na Kopitovem griču, pri Cestah v okolici Logatca in na Hudem koncu (sl. 2).

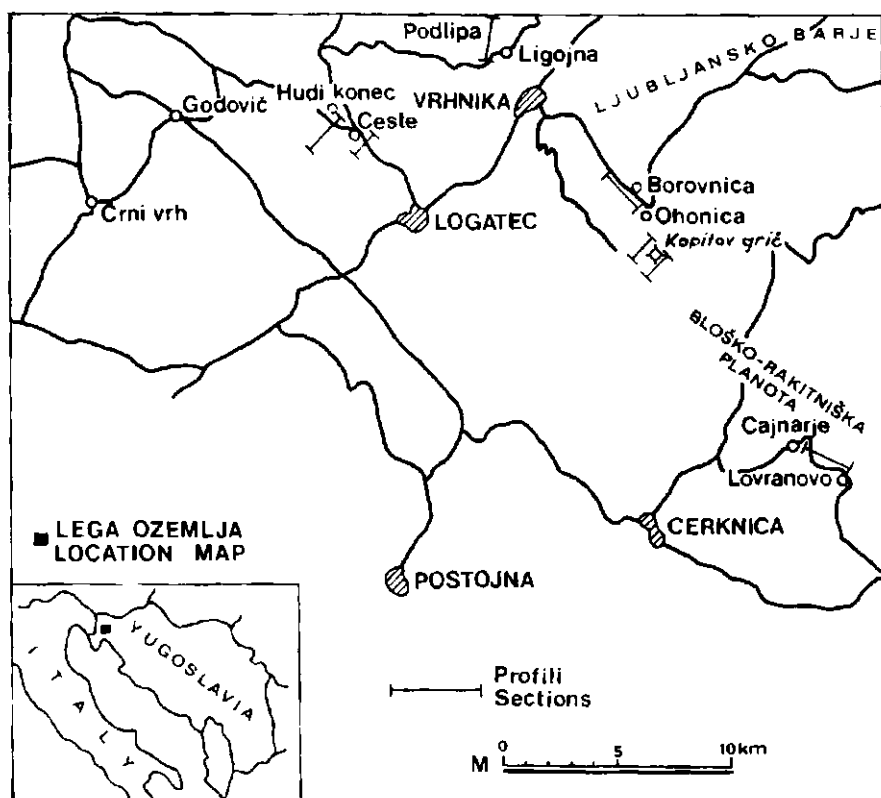
Kopitov grič. Cordevolske plasti so razkrite ob gozdni cesti, ki pelje po zahodnem pobočju Kopitovega griča in Železnika in se konča pod Grido. V litostratigrafskem pogledu se dele na:

- plastoviti dolomit
- diploporni grebenski apnenec
- neplastoviti dolomit

Omeniti moram, da prekriva bazalne cordevolske plasti v profilu na Kopitovem griču kvartarna odeja Borovniške doline; zato jih na površju ni videti, verjetno se nahajajo globlje v borovniški sinklinali. Nisem mogel ugotoviti, ali neplastovit dolomit sega navzdol vse do kontakta cordevolskih in langobardskih plasti, ali pa so tudi v tem profilu razvite mejne plasti črnega ploščastega apnenca z bogato favno kot na Hudem koncu.

Neplastoviti dolomit je povečini bel ali svetlo siv in debeložrnat. Debeložrnatost je posledica diagenetskih sprememb v kamenini. Dolomitna zrna so med seboj rahlo vezana; zato večkrat naletimo na dolomitni pesek. Neplastoviti dolomit je pogosto luknjičav; nekatere luknjice so prazne, povečini pa so zapolnjene z dolomitnimi kristalčki. V večini primerov so bile v teh votlinicah okroglega ali elipsastega preseka diplopore; v nekaterih se še sedaj dobijo močno prekrystalizirani in spremenjeni ostanki alg. Cordevolski dolomit je močno drobljiv in na površju začne zelo hitro preperovati. Debelina cordevolskega neplastovitega dolomita znaša 220 m.

Na neplastovitem debeložrnatem dolomitu leži na Kopitovem griču svetlo sivi masivni in plastoviti (20—40 cm) zrnati grebenski apnenec. V njem je vse polno okroglih in podolgovatih presekov alg. V vzorcu PO V-T4 je L. Šribarjeva določila alga *Diplopora annulata* Schafhäutl. V spodnjem delu grebenskega apnenca je približno 10 m debel vložek belega debeložrnatega močno luknjičastega drobljivega dolomita. V tem delu je apnenec plastovit (20—40 cm) in



Sl. 1. Lega karnijskih profilov na obrobju Ljubljanskega barja, na Bloško-rakitniški planoti in v okolici Logatca

Fig. 1. Location map showing the Carnian sections examined in the borderland of the Ljubljana Moor, on the Bloke-Rakitna plain and in the vicinity of Logatec

celo ploščast (2–5 cm), diplopor pa je toliko, da so kamenotvorne. Diploporni apnenec je na Kopitovem griču debel 75 do 100 m.

Na vrhu cordevolskih plasti je v profilu Kopitovega griča beli in svetlo sivi debeložrnati dolomit. Od dolomita prvega člena se loči samo po tem, da je v večjem delu plastovit. V plastovitem dolomitu je močno razvit in lepo viden paleorelief, ki ga zapolnjujeta julijska boksitna breča in boksit. Na Železniku prehaja plastoviti dolomit bočno v diploporni grebenski apnenec. Debelina plastovitega dolomita znaša v tem profilu 25 m.

Ceste. Nekoliko drugačna sta litostratigrafsko zaporedje in predvsem biostratigrafski razvoj cordevolskih plasti severozahodno od Logatca med Logom in Lazami. Južno od zaselka Ceste sem raziskoval naslednje tri člene:

- plastoviti dolomit
- neplastoviti dolomit
- grebenski apnenec

Grebenski apnenec je siv in svetlo siv ter večidel masiven. Skoraj povsod je močno prekrystaliziran in dolomitiziran. Vsebuje številne alge, školjke, koralne, krinoide, foraminifere in še druge fosilne ostanke. L. Šribarjeva je v vzorcih grebenskega apnenca pri Cestah določila naslednjo favno in floro: *Diplopora annulata* Schafhäutl, *Trocholina* cf. *biconvexa* Oberhauser, *Involutina* sp., *Diploptremina* sp., *Lamellitubus* sp., *Teutloporella* sp., *Microproblematicum Microtubus communis* E. Flügel, *Microtubus* cf. *communis* E. Flügel, *Haplophragmelia* sp., Lituolidae, Codiaceae, *Solenopora* sp., ehinoderme, brizoje, ostrakode, ostanke spongijskih mikrostromatole (alge brez notranje strukture), male nedoločljive foraminifere in odlomke lupin mehkužcev, zlasti gastropodov.

Alga *Diplopora annulata* ter litofacies in biofacies govore za cordevolsko podstopnjo. Vrsta *Diplopora annulata* je drugod znana sicer tudi iz langobardskih plasti, vendar se pojavlja pri nas v Sloveniji samo v cordevolu (A. Ramovš 1973, 383).

V grebenskem apnencu pri Cestah sem našel tudi številne koralne in spongijske. D. Turnškova je v teh vzorcih določila naslednje vrste: *Stylophyllum polianthum* Reuss, *Procycolites* cf. *triadicus* Frech, *Omphalophyllia* sp., *Peronidella loretzi*.

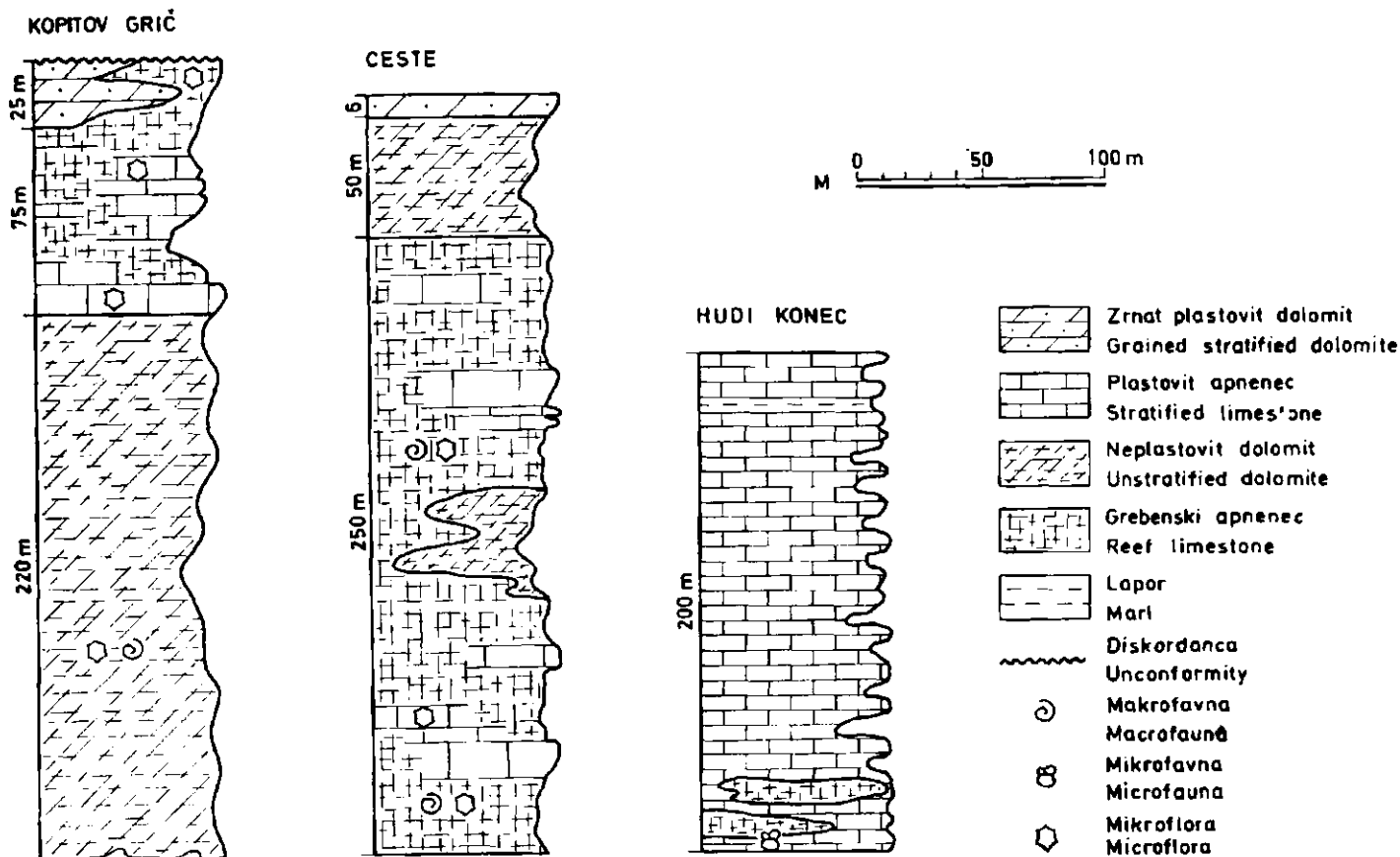
Naštete vrste koral in spongijskih imajo sicer zelo širok kronostratigrafski razpon od karnijske do noriške stopnje, vendar nam povedo vsaj to, da ta del grebenskega apnenca ne sega v langobardsko podstopnjo. Značilno za grebenski apnenec pri Cestah je tudi to, da vsebuje v srednjem delu vložek belega zrnatega neplastovitega dolomita.

Zelo bogato koralno favno sem našel v grebenskem apnencu v useku asfaltne ceste med Cestami in Židankom. Koralne se dobijo v zrnatem neplastovitem apnencu. Povečini so močno prekrystalizirane, kar velja tudi za samo kamenino. Zaenkrat je D. Turnškova v tem nahajališču določila le vrsto *Omphalophyllia recondita* Laube; o njej trdi, da se pojavlja v langobardu in cordevolu in da še ni bila najdena v plasteh, mlajših od cordevola.

Jugozahodno od zaselka Ceste leži na grebenskem apnencu svetlo sivi, skoraj beli srednjezrnati in debelo zrnati neplastoviti dolomit, ki so ga prišli k zgornjetriadnemu dolomitu. Vendar se ta dolomit loči od zgornjetriadnega po beli barvi, izraziti debeli zrnasti ter po tem, da je neplastovit, luknjičav, drobljiv, se kroji v nepravilne kose, ni stromatoliten niti laminast in da vsebuje okrogle in ovalne preseke močno prekrystaliziranih diplopor. Debelina neplastovitega dolomita je približno 50 m.

Vrhnji del cordevolskih plasti pri Cestah predstavlja plastoviti dolomit. Na neplastovitem dolomitu sledi najprej en meter debel horizont plastovitega svetlo sivga srednjezrnatega dolomita z ostanki alg (verjetno diplopor) ter z drobnimi algami in polži. Na dolomitu z algami leži malo temnejši plastoviti dolomit brez fosilov. Celotna debelina tega člena je šest metrov.

Hudi konec. Cordevolske plasti pri Hudem koncu se v biostratigrafskem pogledu, posebno pa po litologiji, močno razlikujejo od razvojev pri Cestah in na Kopitovem griču. Pri Hudem koncu sem v cordevolsko podstopnjo uvrstil plasti, ki ležijo na Kosmatovih mejnih plasteh črnega ploščatega apnenca med kmetijama Zakovšek in Mrčivnik; vsebujejo bogato amonitno in školjčno favno pri Zakovšku in julijsko mikrofavno pri Mrčivniku. Raziskoval sem:



Sl. 2. Stratigrafski stolpci cordevolskih plasti pri Cestah, Hudem koncu in Kopitovem griču
Fig. 2. Columnar sections of the Cordevolian beds at Ceste, Hudem koncu and Kopitov grič

- neplastoviti apnenec
- črni ploščasti apnenec

Prevladuje ploščasti (5—10 cm), redkeje plastoviti (10—25 cm) temno sivi in črni gosti finožrnati apnenec. Sedimentacija tega apnenca je trajala pri Hudem koncu neprekinjeno skozi ves cordevol. Le v njegovem zgornjem delu je severozahodno od Zakovška 10 m debel vložek lističastega in tankoploščastega (1 do 3 cm) rjavkasto sivega, rumenkasto sivega in zelenkasto sivega laporja. V bazalnem delu pa se laminasti in pasoviti gosti apnenec menjava s temno sivim, rjavim in rumenkasto sivim laporjem in laporastim skrilavcem. V laminastem in pasovitem apnencu se dobijo le ostanki pelagičnih školjk, radiolarije in ostrakodi. Celotni mikrofacies kaže na sedimentacijo v globljem morju.

V ploščastem apnencu tik nad Kossmatovim amonitnim in školjčnim horizontom pri Zakovšku je L. Sribarjeva določila naslednjo mikrofavo: *Trocholina cordevolica* Oberhauser, *Trocholina* sp., *Endothyra* sp., *Glomospirella* ? sp., *Solenopora* sp., Codiaceae, ostanke iglokožcev, radiolarij, pelagičnih školjk in nedoločljivih foraminifer.

Ploščasti in plastoviti apnenec je v splošnem zelo siromašen z mikrofavo. Tudi konodontna favna je v tem delu triadnih plasti pri Hudem koncu siromašna in neznačilna. Debelina črnega ploščastega apnenca je okoli 200 metrov.

V spodnjem delu črnega ploščastega apnenca sta pri Zakovšku dve leči sivega zrnatega neplastovitega apnenca, debeli 5 do 10 metrov. Mikrofavo je tudi v neplastovitem apnencu zelo skromna; sestoji le iz algeinega detritusa, odlomkov lupin mehkužcev in chinodermov ter nedoločljivih malih foraminifer. V njem sem sicer našel bogato koralno favno in spongije, vendar je vse tako močno prekristalizirano, da je praktično nedoločljivo.

Julijska in tuvalska podstopnja

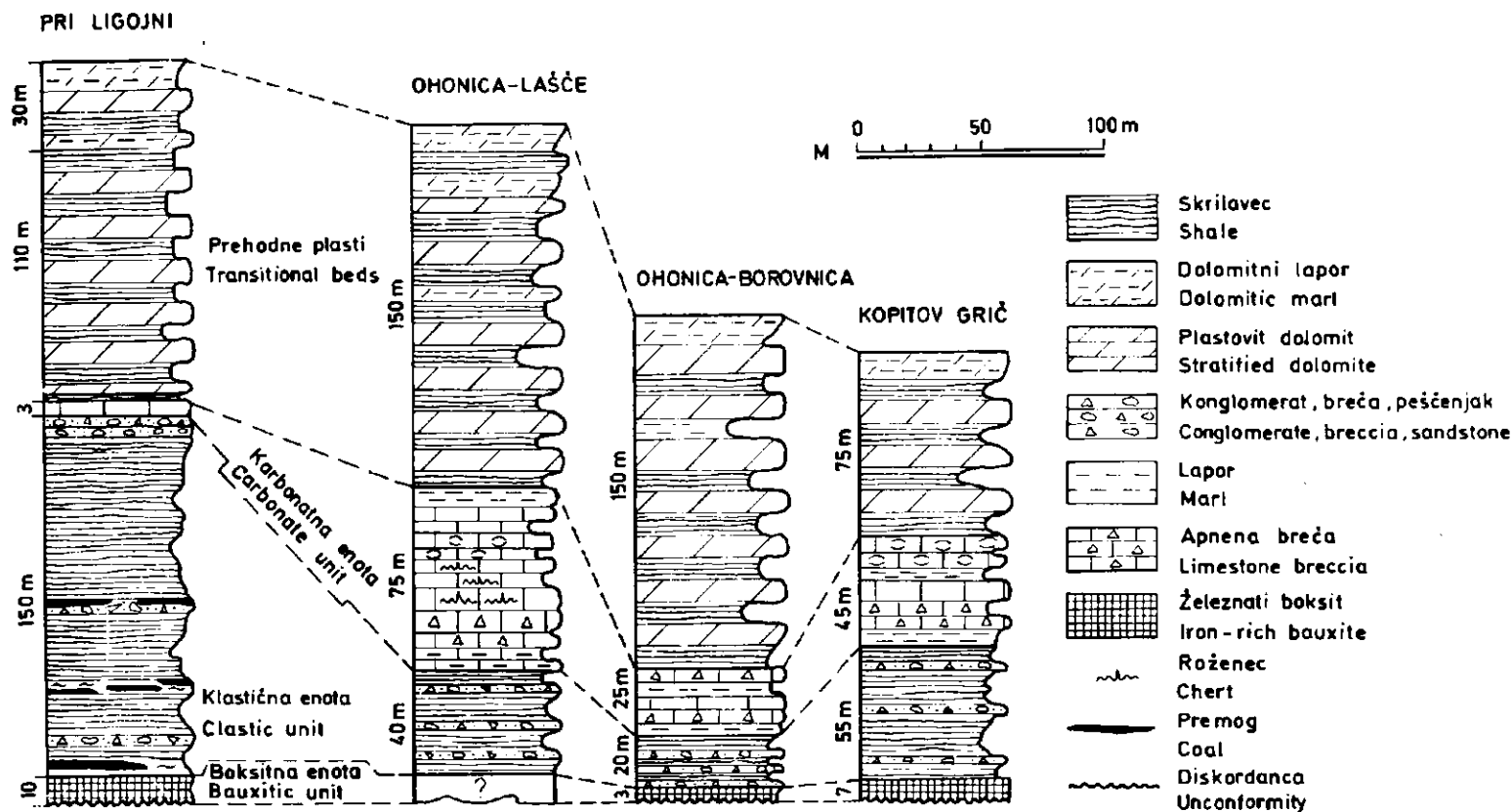
Julijske in tuvalske plasti kažejo na velike spremembe v sedimentaciji že na majhnih razdaljah. Kljub vsej raznolikosti vsebine in sestave se julijske in tuvalske plasti dajo razvrstiti v tri razvoje. Prvi razvoj sledimo na površju jugozahodno od Ljubljane v širši okolici Borovnice in pri Ligojni. V drugi razvoj sem uvrstil zaporedje julijskih in tuvalskih plasti pri Cajnarjih na Bloško-rakitniški planoti, v tretjega pa Hudi konec severozahodno od Logatca.

V profilih Ohonica—Lašče, Ohonica—Borovnica, Kopitov grič in pri Ligojni se julijske in tuvalske plasti stratigrafsko ne dajo ločiti na dve podstopnji, temveč se kot celota dele na štiri enote:

Borovnica in Ligojna (sl. 3)

- prehodne plasti
- karbonatna enota
- klastična enota
- boksitna enota

Bazalni del julijsko-tuvalskih plasti na Železniku jugovzhodno od Borovnice sestoji iz jerine, boksitne breče in železnatega boksita. Ponekod je paleorelief v cordevolskem dolomitu zapolnjen z jerino, debelo nekaj metrov, ki predstavlja netopen ostanek po preperevanju cordevolskega apnenca in dolomita. Ob gozdni cesti na Železnik pa je razgaljen tudi kontakt, kjer na debeložrnatem helem cordevolskem dolomitu z jasno izraženim paleoreliefom leži boksitna



Sl. 3. Stratigrafski stolpci julijskih in tuvalskih plasti pri Borovnici in Ligojni
Fig. 3. Columnar sections of the Julian and Tuvanian beds at Borovnica and Ligojna

breča. Rdečkasto rjave boksitne in skrilave delce breče veže rumeno peščeno boksitno vezivo. Nad boksitno brečo je na Železniku železnati oolitni boksit.

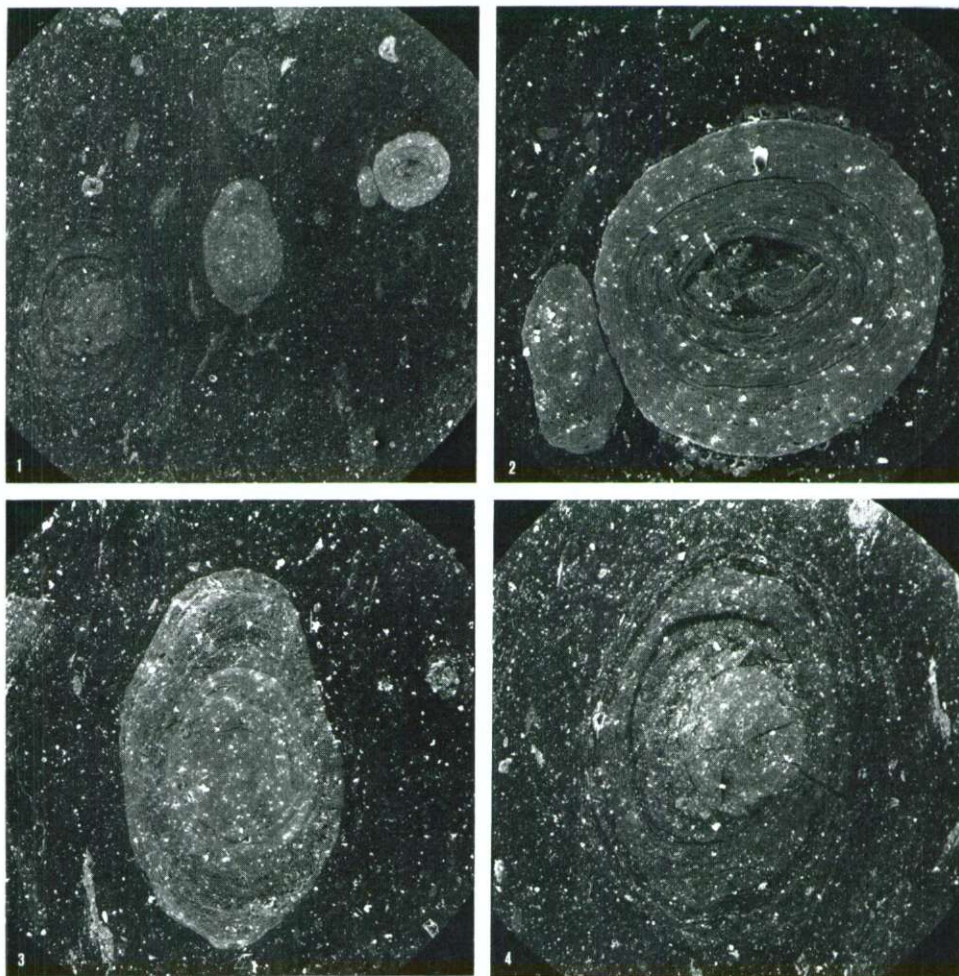
Elektronska mikroanaliza kaže, da sestoji oolitni vzorec kamenine iz železovih in boksitnih oolitov ter iz oolitov mešane železovo-boksitne sestave (tabla 1).

V useku ob železniški progi severno od Ohonice so nad belim debelozrnatim cordevolskim dolomitom debeli bloki rožnatega cordevolskega apnenca s številnimi diploporami in bloki belega debelozrnatega dolomita. Bloke zleplja v brečo rumeno nekoliko peščeno boksitno vezivo. Bazalna enota julijsko-tuvalskih plasti v širši okolici Borovnice je debela tri do sedem metrov. Nekoliko drugačna je boksitna enota pri Ligojni. Na erozijsko diskordantnem kontaktu cordevolskega dolomita in julijskega glinastega ter peščenega skrilavca na Šimlaškem in Lepem hribu pri Ligojni ni boksitne breče, temveč leži neposredno na dolomitu rjavkasto rdeči in sivi železnati oolitni boksit. Poleg ooidov se v boksitu dobijo tudi pizoliti, veliki do pet mm. V boksitni enoti pri Ligojni je le malo jerine. Od boksitne enote pri Borovnici se razlikuje tudi po debelini, ki je pri Ligojni precej večja saj znaša približno 10 m.

Klastična enota je enako razvita v vseh treh profilih julijsko-tuvalskih plasti v širši okolici Borovnice. Sestoji iz vijoličasto in opekasto rdečega glinastega skrilavca, peščenega skrilavca, peščenjaka, konglomerata in breče. Najbolj razširjen je glinasti skrilavec, ki je ponekod nekoliko peščen; konglomerat, breča in peščenjak pa se pojavljajo le v treh vložkih v skrilavcu. Prvi vložek ploščastega in pasovitega konglomerata, breče in peščenjaka se nahaja 10 do 15 m nad bazalno boksitno enoto. Debel je en do poldrugi meter. Drugi vložek je približno v sredini klastične enote, tretji pa nekaj metrov pod kontaktom klastične in karbonatne enote. Peščenjak, konglomerat in breča vseh treh vložkov vsebujejo veliko tufske primesi in imajo sorazmerno majhno debelino, saj tudi drugi in tretji vložek ne presegata debeline dveh metrov. V klastični enoti v širši okolici Borovnice nisem našel fosilnih ostankov. Njena debelina je na Železniku 55 m, med Ohonico in Laščami 40 m, jugovzhodno od Borovnice v useku ob železniški progi pa le še 20 m. Za klastično enoto julijsko-tuvalskih plasti pri Ligojni je značilno, da vsebuje razen treh peščeno-brečasto-konglomeratnih vložkov tudi tri leče premoga in vmesno plast gomoljastega apnenca. Prva leča premoga in temno sivega glinastega skrilavca je debela en meter in se nahaja v bazalnem delu klastične enote tik nad boksitom. Precej debelejša (8 m) je druga leča, ki obsega plasti temno sivega glinastega skrilavca z nekaj plastmi premoga. Druga leča premoga in skrilavca leži približno 50 m pod drugim peščeno-brečastim-konglomeratnim vložkom. Nekaj metrov nad drugim konglomeratnim vložkom zasledimo v vijoličasto rdečem glinastem in peščenem skrilavcu približno poldrugi meter debelo plast temno sivega glinastega skrilavca s premogom, ki pripada tretji leči. Tik pod tretjim peščeno-brečasto-konglomeratnim vložkom leži 1,5 m do 2 m debela plast vijoličasto rdečega glinastega skrilavca z močno nakopičenimi apnenčevimi gomolji. Debelina klastične enote julijsko-tuvalskih plasti pri Ligojni je okoli 150 m.

Karbonatna enota se v profilih julijsko-tuvalskih plasti v širši okolici Borovnice prične z nekaj metrov debelim olivno zelenim laporjem in temno sivo plastovito (20–120 cm) apneno brečo, ki prehaja više v temno sivi plastoviti (30 do 150 cm) apnenec z vložki zelenkasto sivega laporja. Na vrhu leži plastoviti črni

Tabla 1 — Plate 1



Sl. 1. Oolit železovega (a) in aluminijevega (c) oksida ter oolit mešane železovo-aluminijeve (b) sestave v železnatem oolitnem boksitu pri Železniku, 30 ×

Fig. 1. The iron oxide (a) and alumina (c) oololiths and an oololith of mixed composition from iron rich bauxite at Ligojna, 30 ×

Sl. 2. Železov oolit, 140 ×

Fig. 2. Oololith of iron oxide, 140 ×

Sl. 3. Izmenične koncentrične plasti železovega in aluminijevega oksida v oolitu, 86 ×

Fig. 3. Oololith formed of alternating iron oxide and alumina concentric layers, 86 ×

Sl. 4. Aluminijev oolit, 62 ×

Fig. 4. Alumina oololith, 62 ×

laporasti apnenec, ki se kroji v krogle, debele do 25 cm. V kameninah karbonatne enote nisem našel vodilne favne. Nad peščenjakom in skrilavcem je našel A. R a m o v š (1953, 98) temno sivi apnenec s številnimi majhnimi megalodonti v okolici Dražice. Orientacijski vzorci, vzeti zavoljo konodontov so bili sterilni. Debelina karbonatne enote znaša na Železniku 45 m, med Ohonico in Laščami 75 m in v useku ob železniški progi pri Borovnici le 25 m. Zahodno od Ligojne sem na severnem robu Podlipske doline v useku za hišo Moruc našel v vijoličasto rdečem glinastem skrilavcu, peščenjaku in konglomeratu približno tri metre debel vložek temno sivega močno laporastega mikrosparitnega in sparitnega apnenca z neznatno peščeno primesjo kremenca in muskovita. V kamenini so posejani tudi redki mikritni intraklasti in peleti. Razen apnenca nastopa v tej golici še temno sivi mikrosparitni apneni lapor. Če primerjamo debelino karbonatne enote julijsko-tuvalskih plasti v profilih širše okolice Borovnice in pri Ligojni, vidimo, da se debelina skrči od 75 m pri Borovnici na samo 3 m pri Ligojni; verjetno se proti zahodu ta člen izklini.

Prehod karnijskih plasti v noriške je postopen. Menjavajo se glinasti skrilavec, dolomitni lapor, apnenec in dolomit. Značilne favne ni. Našel sem le nedoločljive in močno prekristalizirane ostanke alg ter odlomke lupin školjk in polžev. Po dogovoru se prištevajo prehodne plasti k tisti formaciji, ki je petrografske bolj pestra. Zato prištevamo prehodne plasti med karnijsko stopnjo in noriško-retskim dolomitom v karnijsko stopnjo. Debelina prehodnih plasti na območjih Ohonica—Lašče in Ohonica—Borovnica je 150 m, na Kopitovem griču pa 75 m. Kamenine postopnega prehoda se pri Ligojni dele na dva dela. V spodnjem delu se menjavajo vijoličasto rdeči in modrikasto sivi glinasti skrilavec, rdečkasti in modrikasto sivi glinasti skrilavec, rdečkasti in modrikasto sivi dolomitni lapor in sivi ali temno sivi plastoviti (20—50 cm) mikritni, poredko laminasti ali stromatolitni dolomit. V zgornjem, precej tanjšem delu, se menjavajo črni, temno sivi in rumenkasti glinasti skrilavec, sivi in temno sivi dolomitni lapor ter sivi, temno sivi in celo črni gosti, drobnozrnati laminasti in stromatolitni plastoviti dolomit (25—120 cm). Spodnji del postopnega prehoda je na vzhodnem pobočju Ulovke debel 110 m, zgornji pa 30 m.

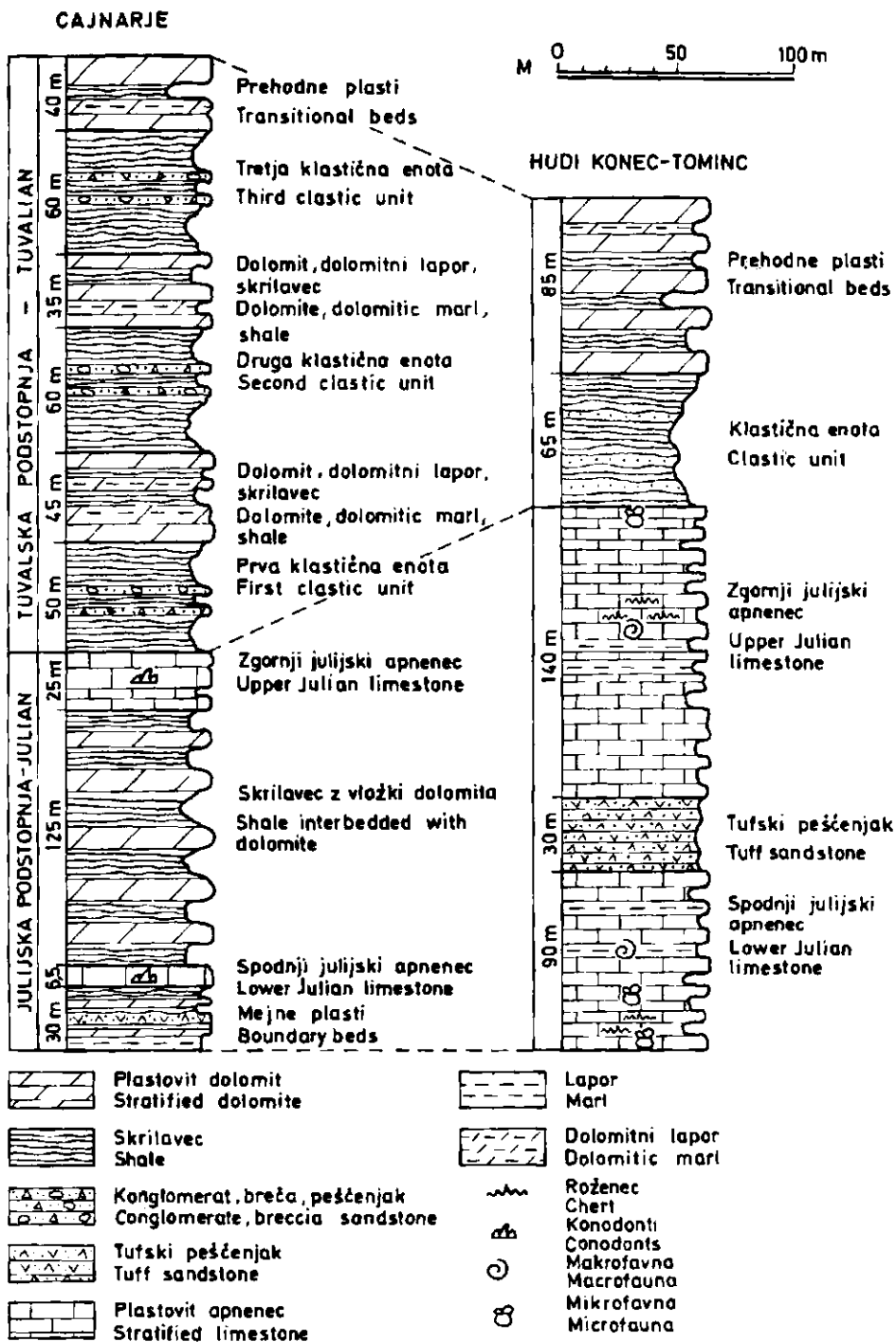
V profilih Cajnarje in Hudi konec (sl. 4) je julijska podstopnja določena s fosili in jo je zato možno razlikovati od tuvalske podstopnje.

Cajnarje. Severozahodno od Cerknice so ob občinski cesti med Lovranovim, Cajnarji in Topolom razgaljene julijske in tuvalske plasti, ki se razen litološko razlikujejo od razvojev teh plasti drugod na raziskovanem ozemlju tudi po tem, da je to edino nahajališče julijskih plasti, kjer je njihova starost določena s konodonti.

Julijske plasti profila Cajnarje se dele na štiri litostratigrafske enote:

- zgornji julijski apnenec
- skrilavec z vložki dolomita
- spodnji julijski apnenec
- mejne plasti

V kamnolomu cordevolskega dolomita severno od zaselka Lovranovo je lep viden kontakt cordevolskega dolomita z zaporedjem, kjer prevladuje v spodnjem delu glinasti skrilavec, v zgornjem pa dolomit, prav na vrhu leži apnenec. Glinasti skrilavec vsebuje v spodnjem delu tanjše vložke ploščatega okreme-nelega dolomita in tufa, više pa vložke roženca. V svetlo sivem masivnem apnen-



Sl. 4. Stratigrafska stolpca julijskih in tuvalskih plasti pri Cajnarjih in Hudem koncu
Fig. 4. Columnar sections of the Julian and Tuvanian beds at Cajnarje and Hudi konec

cu na vrhu zaporedja so sicer številne foraminifere, ostanki alg, pelagične školjke in ostrakodi, vendar ta favna še ni določena, vprašanje pa je tudi, če je sploh določljiva, saj gre v večini primerov za močno prekrystalizirane ostanke. Spodnji del zaporedja je bolj podoben julijskim plastem. Ob pomanjkanju ustreznih fosilov sem celotno zaporedje imenoval mejne plasti in ga prištel julijski podstopnji. Njegova debelina pri Lovranovem znaša 25 do 30 m.

Spodnji julijski apnenec je siv, temno siv, črn, rožnat in rdečkast ter ploščast (2—10 cm) in plastovit (25—75 cm) in v srednjem delu laminast. Vsebuje roženec in manjšo primes kremenca ter interkalacije laporja in skrilavca. Lapor je olivno zelen. V apnencu so številne radiolarije, ostanki in preseki alg ter odlomki moluskov in ehinodermov. A. Ramovš je v spodnjem julijskem apnencu pri Lovranovem določil naslednjo konodontno favno: *Gondolella navicula* (Huckriede), *Gondolella polygnathiformis* Budurov et Stefanov ter naslednje elemente: *hibbardelliformi*, *hindeodelliformi*, *neohindeodelliformi*, *ozarkodiniformi* seu *prioniodiniformi* in *prioniodiniformi*. *Gondolella navicula* se pojavlja od pelsonske podstopnje naprej in seže v zgornji del noriške stopnje, vendar je pogostnejša le v ilirski in fassanski podstopnji ter nato v cordevolski in julijski podstopnji, pa še v zgornjem delu noriške stopnje. Vrsta *G. polygnathiformis* se pojavlja od zgornjega langobarda in seže do kraja karnijske stopnje. V tem vzorcu in nobenem drugem preiskanem ni tuvalske vrste *Epigondolella nodosa*. Gosti temno sivi apnenec z najdenimi konodontnimi oblikami je srednjekarnijske (julijske) starosti. Isto potrjuje tudi položaj plasti na cordevolskem zrnatem svetlem dolomitu. Spodnji julijski apnenec je debel 5,5 m.

V tretji enoti julijskih plasti močno prevladuje vijoličasto rdeči glinasti in peščeni skrilavec z vložki dolomita. Skrilavec in dolomit ne vsebujeta nobene favne niti flore. Debelina plasti tretje julijske enote znaša približno 120 m.

Zgornji julijski apnenec se v kamnolomu ob cesti med Cajnarji in Lovranom loči litološko na tri dele. Spodaj je okrog pet metrov črnega plastovitega radiolarijskega biomikritnega apnenca. V srednjem delu se menjavata ploščasti (5—10 m) in plastoviti (50—100 cm) sivi in rožnati intrasparitni in biointrasparitni apnenec, ki tu in tam vsebuje vložke rdečkastega laminastega apnenca in gomolje roženca. Debelina srednjega dela zgornjega julijskega apnenca je okoli 15 m. V vrhnjem delu je ploščasti (5—10 cm) laminasti mikrosparitni apnenec; njegova debelina je pet metrov. Zgornji julijski apnenec vsebuje radiolarije, ostanke alg in odlomke školjčnih lupin. V zgornjem julijskem apnencu sta vzeta dva vzorca. Prvi vzorec (PO 8-T 3/2) je iz sivega in rožnatega ploščastega apnenca tik nad bazalnim črnim biomikritom. Vsebuje fragmente srednjih delov ploščastega konodontnega elementa z nizkimi trikotnimi zobci, oziroma v enem primeru z reduciranimi zobci na grebenu, z močnimi vozlički na mesnati platformi in visokim gredljem. Čeprav ni nobenega celega elementa, fragmenti kažejo, da pripadajo verjetno vrsti *Gladigondolella tethydis* (Huckriede). Fragmentarno sta ohranjena še hindeodelliformi in prioniodiniformi element. Drobci so nedvomno presedimentirani, zelo verjetno iz ladinskih plasti, v katerih je *G. tethydis* pogosten element. Primaren je samo zelo nežni prosojni neohindeodelliformi element, ki pa ne prispeva k določitvi starosti kamenine. Vzorec PO 8-T4 je vzet v vrhnjem delu zgornjega julijskega apnenca. V vzorcu je en sam ploščasti element skeletnega aparata *Gondolella navicula*. Zgornji julijski apnenec je debel 25 m. Debelina julijskih plasti v celoti pa znaša okoli 180 metrov.

Tuvalske plasti se v profilu Cajnarje dele na šest litoloških enot:

- prehodne plasti
- tretja klastična enota
- dolomit, dolomitni lapor in skrilavec
- druga klastična enota
- dolomit, dolomitni lapor in skrilavec
- prva klastična enota

Bazalna tuvalska enota sestoji iz vijoličasto rdečega glinastega, redkeje peščenega skrilavca in treh vložkov peščenjaka, konglomerata in breče. Prvi vložek sestoji iz en meter debelih plasti pisanega srednjezrnatega tufita, ki prehaja v drobnozrnato brečo in konglomerat. Ta vložek se nahaja 12 m nad kontaktom julijskih in tuvalskih plasti. Približno v sredini plasti prve klastične enote sledi drugi vložek pisanega tufskega konglomerata s sparitnim vezivom ter srednjezrnatega in debelozrnatega litično glinenčevega tufita s kalcitnim vezivom. Debel je 1,5 m. Tretji je 1,5 m debel vložek rožnato rdečega in zelenkastega heterogenega ploščastega (2–10 cm) kompaktnega debelozrnatega peščenjaka in drobnozrnate pisane tufske breče s kalcitnim vezivom. Debelina plasti prve tuvalske enote je 50 m.

V drugi enoti se menjavajo med seboj sivi in temno sivi ploščasti in plastoviti (5–35 cm) mikrosparitni, pelmikrosparitni in intrapelsparitni dolomit, modrikasto sivi, rdečkasti in sivi mikrosparitni dolomitni lapor ter vijoličasto rdeči, tu in tam modrikasto sivi glinasti skrilavec. V dolomitu so do 15 cm debele leče in plasti črnega roženca. Druga klastična enota tuvalskih plasti je debela 45 m in je po svoji sestavi podobna prvi klastični enoti. Razlika se kaže v tem, da je v drugi klastični enoti manj vložkov peščenjaka, konglomerata in breče in da ta enota vsebuje tudi nekaj tankih vložkov sivega dolomita.

Četrta tuvalska enota se litološko ne razlikuje od druge enote. Tudi v četrti enoti se menjavajo med seboj sivi mikrosparitni, pelsparitni in intrapelsparitni plastoviti (25–50 cm) dolomit ter rdečkasto sivi in zelenkasto sivi mikrosparitni dolomitni lapor z vijoličasto rdečim redkeje modrikasto sivim glinastim in peščenim skrilavcem. Četrta tuvalska enota je debela 35 m in leži v celotnem tuvalskem zaporedju okoli 60 m višje kot druga tuvalska enota.

Tretja klastična enota je mnogo manj pestra od prvih dveh. Prevladuje rumenkasti glinasti in peščeni skrilavec, le v vrhnjem delu je okrog 10 m debel pas črnega in temno sivega glinastega skrilavca. V tej enoti ni vložkov peščenjaka, konglomerata in breče, ki smo jih bili vajeni pri prvih dveh klastičnih enotah. Debelina plasti tretje klastične enote je okoli 60 m.

Kakor drugod na ozemlju lista Postojna, tudi pri Cajnarjih tuvalske plasti postopno prehajajo v noriške. Severozahodno od Cajnarjev se v prehodnih plasteh menjavajo sivi in temno sivi plastoviti (10–30 cm) redkeje ploščasti (5 do 10 cm) mikritni in oosparitni dolomit, sivi in temno sivi mikritni in mikrosparitni dolomitni lapor ter temno sivi ali črni glinasti skrilavec. V dolomitu so 5 do 10 cm debele leče in plasti črnega roženca. Debelina plasti najmlajše tuvalske enote znaša 40 m. Debelina tuvalskih plasti v profilu pri Cajnarjih je okoli 290 m. Julijske in tuvalske plasti skupaj pa so pri Cajnarjih debele 470 m.

Hudi konec. Nekaj kilometrov severozahodno od Logatca med Tomincem in Hudim koncem je večji del julijskih in tuvalskih plasti razvit morsko.

V julijski podstopnji razlikujem naslednje litostratigrafske enote:

- zgornji julijski apnenec
- tufski peščenjak in breča
- spodnji julijski apnenec

Spodnji julijski apnenec je temno siv, redkeje siv, plastovit (25—35 cm) mikrit, biomikrit in mikrosparit, ki navadno vsebuje gomolje črnega roženca, jugovzhodno od Planine pa vložke rjavkasto sivega lističastega in tankoploščastega laporja. Med Hudim koncem in Tomincem je A. Ramovš (neobjavljeno poročilo) ob poti Planina—Pivkeše v lapornem vložku našel sorazmerno bogato nahajališče školjk *Myophoria kefersteini* Münster, *Pachycardia rugosa* Hauer in *Pachycardia plieningeri* Broilli.

L. Šribarjeva je v vzorcu apnenca pri kmetiji Močivnik jugozahodno od Hudega konca določila naslednjo favno: foraminifere: *Trocholina procera* (Liebus), *Involutina* sp., *Trocholina* sp., ter ostanke alg, odlomke lupin polžev, ostrakode in spikule ježkov. Po foraminiferi *Trocholina procera* in celotni združbi fosilov so plasti z zgoraj navedeno favno julijske starosti.

Pri kmetiji Pivkeše je v julijskem apnencu približno 20 m debel pas ploščastega in tankoplastovitega (5—15 cm) zelenkasto, rdečkasto in rumenkasto sivega pisanega tufskega debeložrnatega peščenjaka, ki ponekod prehaja v drobnožrnato brečo iste sestave. Opisani tufski peščenjak loči julijski apnenec v spodnji in zgornji del.

V spodnjem delu zgornjega julijskega apnenca je temno sivi ploščasti (5 do 10 cm) in plastoviti (25—35 cm) mikritni apnenec z nekaj vložki rumenkastega skrilavca. Srednji del zgornjega julijskega apnenca sestoji iz svetlo sivega, sivega in temnejše sivega ponekod pasovitega biomikritnega, pelmikritnega in intramikritnega apnenca z redkimi preseki polžev, koral in verjetno alg ter z gomolji roženca. Vrhnji del tretje enote julijskih plasti na tem območju predstavlja temno sivi ploščasti in tankoplastoviti mikritni apnenec. V zgornjem julijskem apnencu je od skromne favne L. Šribarjeva določila foraminifere *Neoendothyra* sp. in *Favreina* sp. ter ostrakode, redke radiolarije, odlomke lupin mehkužcev in drobne polžke. Ti mikrofosilni ostanki so dokaj značilni za zgornjo triado, čeprav med njimi ni vodilnih vrst. Favreine se pogosto dobijo le v karnijskih plasteh; v drugih stopnjah triade doslej še niso bile najdene.

Tuvalske plasti, razkrite pri Tomincu, sestojijo iz dveh litoloških enot:

- prehodne plasti
- klastična enota

Klastična enota je pri Tomincu razvita zelo enolično. Sestoji iz vijoličasto rdečega glinastega skrilavca z iverasto krojitvijo. V spodnjem delu sem v tem skrilavcu našel 1—2 m debel vložek sivega oolitnega apnenca. Kamenine klastične enote so brez favne. Debelina enote znaša pri Tomincu približno 65 m.

Tudi pri Tomincu prehajajo tuvalske plasti postopno v noriški dolomit. Prehodne plasti sestojijo iz dolomita, dolomitnega laporja in skrilavca, ki se med seboj menjavajo. Dolomit je siv, ploščast (5—10 cm) in plastovit (10—20 cm) ter mikriten in drobnožrnat z jasno izraženo drobno paralelepipedsko krojitvijo. Ponekod je stromatoliten. V zgornjem delu je dolomit nekoliko okremenel. Skrilavec je temno siv skoraj črn, rumenkasto in zelenkasto siv ter lističast. V prehodnih plasteh nisem našel fosilnih ostankov. Debelina prehodnih plasti je okoli 85 m.

Sklep

Sedimenti in fosilni ostanki kažejo, da se je na južnem in zahodnem obrobju Ljubljanskega barja v karnijski stopnji razprostiralo plitvo šelfno morje, v katerem je nastajal pri Borovnici neplastnat apnenec in ponekod mogoče tudi dolomit, oba s številnimi, najpogosteje kamenotvornimi zelenimi apnenčevimi algami iz rodu *Diplopora*. Na ozemlju med Cestami in Lazami se je v cordevolu odložil spodaj grebenski apnenec, zgoraj pa najprej neplastnati in nato plastnati dolomit. Grebenski apnenec vsebuje diplopore, druge alge, korale, spongije, briozoje, školjke, polže in tu in tam še foraminifere, ostrakode in iglokožce. V dolomitu sem našel le redke prekristalizirane ostanke diplopor. Drugačni so bili pogoji pri Hudem koncu, kjer se je skozi vso cordevolsko podstopnjo odlagal črni bituminozni ploščasti in plastoviti apnenec z zelo redkimi vložki temno sivega laporastega in glinastega skrilavca. V tem apnencu so najdeni le radiolarije, ostrakodi, odlomki pelagičnih školjk in maloštevilne foraminifere. Vse kaže, da je ta apnenec nastajal v globljem delu šelfa. V spodnjem delu cordevolske podstopnje sta na ozemlju pri Hudem koncu rastla dva apnenčeva grebena. Cordevolsko morje je bilo vsekakor najgloblje na območju med Medvedjim brdom in Židankom, kar dokazuje bogata trahicerasna favna (B. Vlačaj 1969, 33). V zgornjem cordevolu je morje postajalo vse bolj plitvo, kar je posledica oživljanja in stopnjevanja predvsem epirogenetskih gibanj. Pri kraju cordevola so se mnogi deli morskega dna dvignili nad morsko gladino. Na kopnem sta bila v začetku julijske podstopnje cordevolski apnenec in dolomit izpostavljena močnemu preperevanju in eroziji, večkrat pa jih je za krajši čas preplavilo plitvo morje. Taki pogoji so bili ugodni za nastanek boksita in boksitne breče, ki ju sledimo v širši okolici Borovnice. Med Borovnico, Ligojno, Podlipsko dolino in nekoliko severneje od tod je nastajala v plitvem zaprtem močvirnatem bazenu ali laguni paralična sedimentacija z bujno vegetacijo. S kopnega je s pomočjo vodnih tokov in s spiranjem ob nalivih prihajalo v laguno ogromno materiala in v laguni so se usedale plasti skrilavca, peščenjaka in konglomerata, ki so zasule bujno vegetacijo. Na ta način so debele plasti, ki so prekrile vegetacijo, preprečile razpadanje rastlin, brez prisotnosti kisika pa so nastajale plasti premoga. Na šelfu je nastala tudi pisana skladovnica julijskih sedimentov med Lovranovim in Cajnarji, kjer se menjavajo skrilavec, dolomitni lapor, dolomit in dolomit z rožencem, dvakrat pa se je usedal tudi apnenec. Morje je bilo nekoliko globlje južno od Planine, kjer je razvit črni ploščasti in plastnati mikritni in biomikritni apnenec z rožencem in vložki laporja.

V tuvalski podstopnji so v spodnjem delu nastajali še klastiti, sicer pa je tuvalska podstopnja na celotnem kartiranem ozemlju enako razvita. V njej se menjavajo skrilavec, dolomitni lapor in dolomit.

Eno od najbolj zanimivih vprašanj je, ali so v karnijski stopnji delovali vulkani. Tufski peščenjak, tufit in na splošno močna primes vulkanskega materiala v karnijskih klastitih daje misliti, da ves tufski material le ne izvira iz kamenin langobardske podstopnje. Ni izključeno torej, da so se v tej dobi aktivirali nekateri vulkani. Odgovor na to vprašanje nam lahko dasta porfirit in porfiritni tuf pri Žilcah.

Literatura

Berce, B. 1958, Geologija živosrebrnega rudišča Idrija. Geologija 4, 5—62, Ljubljana.

- Bittner, A. 1901, Lamellibranchiaten aus der Trias von Hudiklanec nächst Loitsch in Krain. Jb. Geol. R.-A., 51, 225—234, Wien.
- Buser, S. 1965, Geološka zgradba južnega dela Ljubljanskega barja in njegovega obrobja. Geologija 8, 34—57, Ljubljana.
- Cigale, M. 1975, Razvoj plasti karnijske stopnje v širši okolici Idrije. Magistrsko delo. Knjižnica katedre za geol. in paleont. Univerze v Ljubljani.
- Diener, C. 1901, Mitteilungen über einige Cephalopodensuiten aus der Trias der Südalpen. N. Jb. Min. Geol. Paläont. Jg. 1901, Bd. 2, p. 23—26, Stuttgart.
- Dozet, S. 1978, Biostratigrafski razvoj triadnih plasti na listu Postojna. Magistrsko delo. Knjižnica katedre za geol. in paleont. Univerze v Ljubljani.
- Germovšek, C. 1955, Poročilo o kartiranju južnovzhodnega obrobja Ljubljanskega barja. Geologija 3, 235—239, Ljubljana.
- Kossmat, F. 1898, Die Triasbildungen der Umgebung von Idria und Gereuth. Verh. Geol. R.-A., 86—104, Wien.
- Kossmat, F. 1905 a, Erläuterungen zur geologischen Karte Haidenschaft und Adelsberg 1:75 000, Geol. R.-A., Wien.
- Kossmat, F. 1905 b, Geologische Karte Haidenschaft und Adelsberg 1:75 000, Geol. R.-A., Wien.
- Kramer, E. 1905, Das Laibacher Moor, 205 str. Ign. v. Kleinmayr & Ferd. Bamberg, Ljubljana.
- Kropač, J. 1912, Über die Lagerstättenverhältnisse des Bergbaugebietes von Idria. Sonderabdruck aus dem Berg- und Hüttenmännischen Jb., 60. Band, 2. Heft, 52 str., Wien.
- Lipold, M. V. 1874, Erläuterungen zur geologischen Karte der Umgebung von Idria in Krain. Jb. Geol. R.-A., 24, 425—454, Wien.
- Mrak, S. 1959, Geološke razmere idrijskega rudišča in okolice. Geologija 5, 164—179, Ljubljana.
- Mrak, I. 1969, Krovna zgradba idrijskega žirovskega ozemlja. Geologija 12, 5—72, Ljubljana.
- Placer, L. in Čar, J. 1975, Rekonstrukcija srednjetriadnih razmer na idrijskem prostoru. Geologija 18, 197—209, Ljubljana.
- Pleničar, M. 1970, Osnovna geološka karta SFRJ, Tolmač lista Postojna L 33-77, 3—62, Beograd.
- Rakovec, I. 1932, H geologiji Ljubljane in njene okolice. Geogr. vestnik 8, 38—70, Ljubljana.
- Rakovec, I. 1933, Novi prispevki h geologiji južnega dela Ljubljane. Geogr. vestnik 9, 118—129, Ljubljana.
- Rakovec, I. 1946, Triadni vulkanizem na Slovenskem. Geogr. vestnik 18, 139—171, Ljubljana.
- Rakovec, I. 1955, Geološka zgodovina ljubljanskih tal. Zgodovina Ljubljane I, 11—107, Ljubljana.
- Ramovš, A. 1953, O stratigrafskih in tektonskih razmerah v borovniški dolini in njeni okolici. Geologija 1, 90—110, Ljubljana.
- Ramovš, A. 1962, Vulkani v rabeljski dobi na Slovenskem. Proteus 24, 142—143, Ljubljana.
- Ramovš, A. 1970, Stratigrafski in tektonski problemi triasa v Sloveniji. Geologija 13, 159—173, Ljubljana.
- Ramovš, A. 1971, Tektonische Bewegungen in der Trias Sloweniens (NW Jugoslawien). I. simpozijum o orogenim fazama u prostoru alpske Evrope.
- Ramovš, A. 1973, Biostratigrafske značilnosti triasa v Sloveniji. Geologija 16, 379—388, Ljubljana.
- Stache, G. 1889, Übersicht der geologischen Verhältnisse der Küstenländer von Österreich-Ungarn. Abh. Geol. R.-A., 13, 20—25, Wien.
- Stur, D. 1858, Das Isonzothal von Flitsch abwärts bis Görz, die Umgebungen von Wippach, Adelsberg, Planina und die Wochein. Jb. Geol. R.-A., 9, 324—366, Wien.
- Stur, D. 1872, Geologische Verhältnisse des Kessels von Idria in Krain. Verh. Geol. R.-A., 235—240, Wien.
- Vlaj, B. 1969, Razvoj cordevolskih in spodnekarnijskih plasti v okolici Idrije. Diplomsko delo. Knjižnica katedre za geol. in paleont. Univerze v Ljubljani.

UDK 551.761.3/.4:56.016.3+563.96+565.33+563.12(436+437)=20

The Norian-Rhaetian boundary in the light of micropaleontological data

Andrzej Gaździcki

Institute of Paleobiology of the Polish Academy of Sciences
Al. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa, Poland

Heinz Kozur

State Museum of Meiningen
Schloß Elisabethenburg GDR-61 Meiningen

Rudolf Mock

Department of Geology and Paleontology of the Faculty of Natural Sciences
J. A. Comenius University Gottwaldovo nám. 19 86200 Bratislava

Summary

The stratigraphic ranges of Late Triassic conodonts, holothurian sclerites, ostracodes, and foraminifers are studied in representative sections of the uppermost Triassic of the Western Carpathians and Eastern Alps. The zonal subdivisions based on the above mentioned microfossils could be correlated with the ammonoid zonation and the stratigraphic scheme proposed by Kozur (1973b).

The definition of the Norian-Rhaetian boundary with the base of the *Choristoceras haueri* zone agrees with the priority. This boundary is supported by distinct changes in animal and plant groups.

The typical Kössen Beds appear to be of Rhaetian age, contemporaneous with the Zlambach Beds, and only the lowermost parts of these two units represent (Zlambach Beds) or at some places represent (Kössen Beds) the uppermost Norian (upper Sevatian).

In the systematic part a new foraminifer species, *Vidalina carpathica* Gaździcki, n. sp. is described.

Contents

Introduction	72
Stratigraphical analysis of representative sections	73
Hybe (Low Tatra, Kössen Beds)	73
Bleskový prameň (Drnava, Slovak Karst)	74
Malý Mlýnský vrch (Slovak Karst, Zlambach Beds)	77
Fischerwiese (Salzkammergut, Zlambach Beds)	78
Kendelbachgraben (Osterhorn Group, Kössen Beds)	79
The problem of the Norian-Rhaetian boundary	81
Stratigraphic value of microfossils at the Norian-Rhaetian boundary	85
Conodonts	85
Holothurian sclerites	89



Project 4

Ostracodes	89
Foraminifers	90
Some remarks to the papers of Hohenegger & Piller (1975) and Bystrický (1975)	92
Description of the new species	96
Conclusions	97
References	108

Introduction

The paper presents the results of studies on the stratigraphic sequences of conodonts, holothurian sclerites, ostracodes, and foraminifers from Upper Norian-Rhaetian sections of the Western Carpathians (Hybe, Bleskový prameň, Malý Mlynský vrch) and of the Eastern Alps (Fischerwiese, Kendelbachgraben, Weißloferbach) developed in different facies (cf. figs. 1, 2).

The Late Norian and Rhaetian conodont, ostracode, and holothurian sclerites assemblages comprise several short-living guide forms. Other fossils of steadily increasing importance for the stratigraphy, the foraminifers, were studied in thin sections. The foraminifers have yielded guide forms also in such parts of the sections where conodonts and holothurian sclerites are scarce or absent and ostracodes are hardly obtainable from the rocks. More than one hundred thin sections of samples from the above mentioned sections were available.

The zonations based on the above mentioned microfaunistic elements were correlated with the orthostratigraphic ammonoid zonation in accordance with the stratigraphic subdivision of the Norian and Rhaetian sensu Kozur (1973 b), concordant with the priority G ü m b e l's (1861) subdivision.

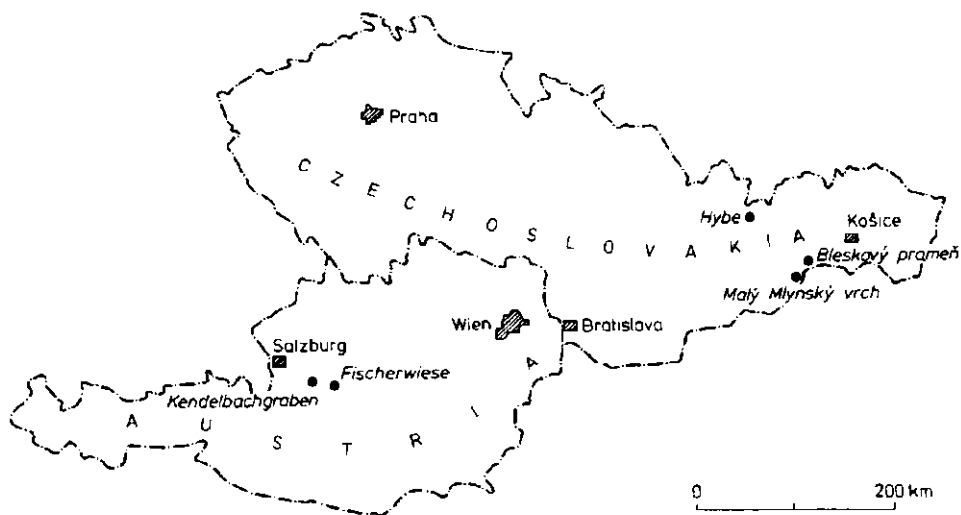


Fig. 1. Locality map of the investigated Upper Triassic sections in Czechoslovakia and Austria

Stratigraphical analysis of representative sections

Hybe (Low Tatra, Kössen Beds)

Hybe is the best known locality of Kössen Beds in the Slovak Carpathians, a classical locality on account of its rich fauna. It is situated south of the village of Hybe in the valley of the Biely Váh river, on the northern slopes of the Low Tatra (Koutek, 1927, fig. 1; Bystrický & Biely, 1966, fig. 8; Michalík, 1973, figs. 1, 2; Michalík in: Bystrický, 1973, figs. 13, 14). Its surroundings are built up of Upper Triassic of the Choč nappe ("Biely Váh Facies"), transgressively overlain by Paleogene sediments. The Upper Triassic is represented here by monotonous dolomites ("Hauptdolomit") of Carnian and Norian age, bedded light-grey "Dachstein Limestones", in places very variegated ones (Norian), and Kössen beds with rich Early Rhaetian fauna (fig. 2). The tectonical structure of the surroundings of the locality is highly complicated (cf. Michalík, 1973).

The highly fossiliferous beds were discovered by Stache (1867). Goetel (1917) described the rich assemblage of brachiopods, lamellibranchiates, corals, and echinoderms from this locality (about 40 species). This Rhaetian fauna is the typical Kössen fauna with *Rhaetina gregaria* (Suess), *R. pyriformis* (Suess) Zeilleria norica (Suess), *Orycolpella orycolpos* (Emmrich), *Rhaetavicula contorta* (Portlock), *Oxytoma inaequalis intermedia* (Emmrich), *Cassianella inaequ-radiata* (Schafhäutl), *Modiolus schafhaeutli* (Stür), *Retiophyllia clathrata* (Emmrich) etc. Andrusov (1934) found here the ammonite *Rhaetites rhaeticus* (Clark). Recently, the fauna of Kössen Beds from Hybe was studied by Kochanová (1967) and Michalík (1973, 1975).

Budurov & Pevný (1970) have reported from Hybe 4 fragments of the conodont *Gondolella navicula* Huckriede. This species ranges highest into the Sevatian, but not into the uppermost Sevatian. Unfortunately, it is not known from which place this sample was taken and thus this finding is open to discussion. It possibly originates from the "Dachstein Limestones". In the Kössen Beds in the layer XXXII in the profile by Michalík (1973, fig. 2) Ma-

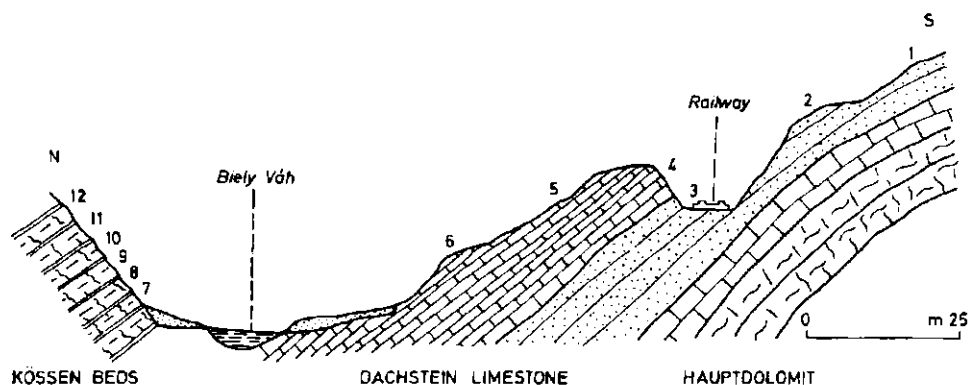


Fig. 2. Section of the Upper Triassic deposits near Hybe, Slovakia (cf. Koutek, 1927, fig. 1; Bystrický & Biely, 1966, fig. 8; Michalík, 1973, figs. 1, 2; Michalík in: Bystrický, 1973, figs. 13, 14); numbered are the sampling sites

ierska (1973) found conodonts originally determined as *Spathognathodus hernsteini* Mostler. These conodonts have later been described by Kozur & Mock (1974 b) as *Misikella posthernsteini* Kozur & Mock, the index species of the *posthernsteini* assemblage zone of the Rhaetian. Foraminifers of this sequence were studied by Salaj & Jendrejáková (1967) and Salaj; Biely & Bystrický (1967), and their stratigraphic importance was emphasized by Salaj (1969 a, b) and Gaździcki & Zawidzka (1973). In the years 1972–1975 the section was sampled by Gaździcki. About 40 thin sections made of these samples yielded numerous determinable foraminifers that made possible to discriminate faunal successions. The following foraminifers were found (location of samples see fig. 2):

Samples 1–3: *Semivoluta clari* Kristan, 1957, *Involutina gaschei* (Koehn-Zaninetti & Brönnimann, 1968), *Involutina* sp., and *Trocholina acuta* Oberhauser, 1964.

Age: Norian (Alaunian — Sevatian), *clari* & *oberhauseri* ass. zone.

Samples 4–7: *Trochammina alpina* Kristan-Tollmann, 1964, *Alpinophragmium* ? sp., *Agathammina austroalpina* Kristan-Tollmann & Tollmann, 1964, *Nodosaria ordinata* Trifonova, 1965, *Nodosaria* sp., *Miliolipora cuvillieri* Brönnimann & Zaninetti, 1972, *Semivoluta clari* Kristan, 1957, *Involutina communis* (Kristan, 1957), *Involutina tenuis* (Kristan, 1957), *Involutina gaschei* (Koehn-Zaninetti & Brönnimann, 1968), *Involutina* sp., *Trocholina permodiscoides* Oberhauser, 1964, and *Triasina oberhauseri* Koehn-Zaninetti & Brönnimann, 1968.

Age: Upper Norian (Sevatian), *clari* & *oberhauseri* ass. zone.

Samples 8–12: *Glomospira* sp., *Glomospirella friedli* Kristan-Tollmann, 1962, *Glomospirella pokorny* (Salaj, 1967), *Glomospirella parallela* Kristan-Tollmann, 1964, *Glomospirella* sp., *Tolypammina* sp., *Trochammina alpina* Kristan-Tollmann, 1964, *Tetrataxis inflata* Kristan, 1957, *Agathammina austroalpina* Kristan-Tollmann & Tollmann, 1964, *Ophthalmidium* sp., *Miliolipora cuvillieri* Brönnimann & Zaninetti, 1972, *Planivoluta deflexa* Leischner, 1961, *Nodosaria ordinata* Trifonova, 1965, *Nodosaria* sp., *Lingulina* aff. *placklesensis* Kristan-Tollmann, 1970, *Diploremmina* sp., *Involutina communis* (Kristan, 1957), *Involutina tumida* (Kristan-Tollmann, 1964), *Involutina sinuosa sinuosa* Weyschenk, 1956, *Involutina gaschei* (Koehn-Zaninetti & Brönnimann, 1968), *Involutina* sp., *Trocholina permodiscoides* Oberhauser, 1964, and *Triasina oberhauseri* Koehn-Zaninetti & Brönnimann, 1968 — pl. 1, fig. 9.

Age: Lower Rhaetian, *pokorny* & *friedli* ass. zone.

Bleskový prameň (Drnava, Slovak Karst)

This locality is about 1.5 km southeast of the village Drnava (Dernö), 12 km east of Rožňava (Slovak Karst) on the southern spur of the Drienovec Hill (formerly Drienková hora, Somhegy) near the karst spring “Bleskový prameň” (Szörnyűkút, cf. Mello in: Bystrický, 1973, fig. 9). Rich thanatocoenosis, composed mainly of brachiopods, lamellibranchiata and cephalopods, can be found in some lenses of grey and blue-grey crinoidal to coquinoid limestones. The fauna is less frequent in the surrounding dark massive limestones that form the highest parts of the thick light “Furmanec Limestones” (Dachsteinriffkalk).

Stürzenbaum, 1879 (discoverer of the locality) considered these limestones rich in fossils to be Salzburg development of the Kössen Beds. He mentioned the species *Choristoceras marshi* Hauer and "*Terebratula*" *gregaria* Suess. The brachiopods from this locality were studied by Bittner, 1890, who considered most of the species to be typical of the Kössen Beds of the Alps. The cephalopods from Bleskový prameň were investigated by Mojsisovics, 1896. He put them to the Sevatian zone of *Pinacoceras metternichi* (the index species itself was not found here). Goetel, 1917 considered the limestones of this locality to be Dachstein Limestones and he regarded the fauna as Upper Rhaetian. Šuf, 1939 has demonstrated that cephalopods, brachiopods and other fossils occur together and not in a Norian and a Rhaetian horizon. Matějka & Andrusov, 1931, ascribing the higher stratigraphic value to the "Norian" cephalopods, considered the beds of Bleskový prameň to belong to the Sevatian. As to age, this locality was classified in the same manner also by Bystrický, 1964, who supplemented the fossil list by the Dasycladacean algae *Diplopora* cf. *phanerospora* Pia. This species is known from the Kössen Beds of the Alps (Ott, 1974, Flügel, 1975). Recently, brachiopods found here were restudied by Siblík, 1967. He described 21 species. On the whole this fauna is of Rhaetian character. The presence of the Norian *Halorella amphitoma* (Bronn) and the absence of *Rhaetina gregaria* (Suess) in this rich association are interesting. The cephalopods (15 species), lamellibranchiates (56 species) and gastropods (19 species) from Bleskový prameň were studied monographically by Kollárová-Andrusovová & Kochanová (1973). Complete lists of fossils and many informations about the locality are given in this monography. Budurov & Pevný (1970) mentioned 4 conodont species from the limestones of Bleskový prameň, among others "*Polygnathus*" *tethydis* Huckriede and "*Hindeodella*" *petraeviridis* Huckriede. These conodonts are illustrated on a photographic table. An erroneous determination can be therefore excluded. This conodont association cannot be younger than Middle Carnian, because such species as *Gladigondolella tethydis* (Huckriede) and *Metapriniodus petraeviridis* (Huckriede) have never been found higher than Middle Carnian; most probably this association has a Ladinian age. Therefore these conodonts cannot originate from the limestones of Bleskový prameň as already pointed out by Mock (1971, 1975). For this reasons it is surprising that in the above mentioned monography on molluscan fauna of Bleskový prameň the authors ascribed primordial significance to the cephalopods and to the conodonts in their stratigraphic interpretation of the Bleskový prameň fauna as Sevatian and not as Rhaetian (p. 206: »die wichtigste Rolle spielten dabei die Cephalopoden und Conodonten«). Up to present no conodonts were found by the present authors from this locality inspite of the fact that relatively large rock samples were dissolved by acetic acid. Holothurian sclerites are scarce here, being mainly represented by *Theelia rosetta* Kristan-Tollmann. It should be also pointed out that some "decisive Norian" ammonoid species described by Mojsisovics (1896) — e. g. *Choristoceras* (*Peripleurites*) *boeckhi*, *Choristoceras* (*Peripleurites*) *stuerzenbaumi* and *Eopsiloceras clio* — have the following locus typicus and stratum typicum: Bleskový prameň, Drnava (Dernő), "Upper Norian" (in reality Rhaetian).

The question of the age of the Bleskový prameň beds was repeatedly studied by Kozur & Mock. In their first publication (Kozur & Mock, 1972,

1974a) they determined the age of these beds as highest Sevatian (uppermost Sevatian sensu Tozer = uppermost *Rhabdoceras suessi* zone; Kozur, 1973b has divided this *Rhabdoceras suessi* zone in the Sevatian *Sagenites giebeli* and *Cochloceras suessi* zones and the Lower Rhaetian *Choristoceras haueri* zone). Kozur (1973b, pp. 17—18) put Bleskový prameň to the higher part of the zone with *Choristoceras haueri* (= uppermost *Rhabdoceras suessi* zone sensu Tozer, formerly uppermost Sevatian, now Lower Rhaetian) and he drew a parallel between this fauna and the middle Kössen Beds of its type locality in Austria. Such an age is also indicated by the brachiopods: *Zugmayerella koessenensis* (Zugmayer), *Rhaetina pyriformis* (Suess), and *Triadithyris gregariaeformis* (Zugmayer). These species occur at the type locality of the Kössen Beds in the upper part of the zone of *Choristoceras haueri*, immediately below the strata with *Choristoceras marshi* Hauer.* Kozur & Mock (1974c) pointed out that the fauna of Bleskový prameň is still Lower Rhaetian, but younger than the Lower Rhaetian (Lower Rhaetian sensu Kozur, 1973b, see above) of Hybe with *Rhaetites* cf. *rhaeticus* (Clarc), *Rhaetavicula contorta* (Portlock) and *Misikella posthernsteini* Kozur & Mock.

Foraminifers were previously reported from the Bleskový prameň area by Jendrejáková (1970). During the present studies foraminifers were found in the following samples:

Sample 166/1: »*Vidalina*« *martana* Farinacci, 1959, »*Vidalina*« *carinata* (Leischner, 1961), *Diplotremina* cf. *subangulata* Kristan-Tollmann, 1960, *Involutina* cf. *communis* (Kristan, 1957), and *Involutina tenuis* (Kristan, 1957).

Sample 166/2: *Glomospirella* sp., *Trochammina alpina* Kristan-Tollmann, 1964, *Tetrataxis* cf. *inflata* Kristan, 1957, »*Vidalina*« *martana* Farinacci, 1959 — pl. 1, figs. 2, 3, *Ophthalmidium* sp. — pl. 1, fig. 4, *Galeanella* cf. *tollmanni* (Kristan, 1957) — pl. 1, fig. 6, *Miliolipora* cf. *cuvillieri* Brönnimann & Zaninetti, 1972, *Diplotremina* ? sp., — pl. 1, fig. 7, *Variostoma* ? sp., *Involutina communis* (Kristan, 1957), and *Involutina* cf. *turgida* Kristan, 1957.

Sample 166/3-D₁: *Tolypammina* sp., *Ammobaculites* sp. — pl. 1, fig. 5, *Variostoma* ? sp., and *Involutina gaschei* (KoeHN-Zaninetti & Brönnimann, 1968).

Sample 166/3-D₂: *Tolypammina* sp.

Sample 166/5-D₁: *Tolypammina* sp., *Trochammina* sp., »*Vidalina*« cf. *carinata* (Leischner, 1961) — pl. 1, fig. 1.

Sample Dr.: *Tolypammina* sp., *Trochammina alpina* Kristan-Tollmann, 1964, *Agathammina austroalpina* Kristan-Tollmann & Tollmann, 1964, *Planulinvoluta deflexa* Leischner, 1961, *Involutina communis* (Kristan, 1957), *Trocholina permodiscoides* Oberhauser, 1964, and *Triasina hantkeni* Majzon, 1954 — pl. 1, fig. 8.

The majority of the listed taxa are known from the Upper Norian to the Rhaetian. Attention should be paid to the foraminifer fauna of the sample

Footnote 1)

* Some of these brachiopods may occur also in the *Choristoceras marshi* zone. *Choristoceras marshi* seems to be rather a bad index species for the uppermost ammonoid zone of the Triassic, because this species should be expected to occur also in the *Choristoceras haueri* zone. Therefore the *haueri* and *marshi* zones should be rather separated by the disappearance of *Rhabdoceras suessi* and not by the first appearance of *Choristoceras marshi*. For this reason some correlations of brachiopod faunas with the ammonoid zonation of the Rhaetian are rather unclear.

no. 166/2 with *Galeanella* cf. *tollmanni* and *Involutina* cf. *turgida*, known from strata not older than Rhaetian or even Liassic of the Tethys (Kristan, 1957; Kristan-Tollmann, 1962, 1964; Brönnimann et al., 1973). Moreover, the sample Dr. yielded somewhat recrystallized specimens of *Triasina hantkeni* Majzon, indicative of the Rhaetian.

The occurrence of these forms in the Bleskový prameň succession indicates that these strata are younger than the Kössen Beds from Hybe, as it was previously suggested by Kozur (1973b) and Kozur & Mock (1973, 1974c).

Malý Mlynský vrch (Slovak Karst, Zlambach Beds)

The Malý Mlynský vrch hill (456.8 m) is the best locality of Zlambach Beds in the Slovak Karst (cf. Mock, 1973). This hill is situated appr. 1 km east of the village Silická Brezová, near to the Slovak-Hungarian boundary. Its surroundings are built up of Upper Triassic limestones of the Silica nappe. In the structure of the Malý Mlynský vrch hill we can find light massive limestones (so-called Tisovec Limestone), overlain by the typical pink and red Norian Hallstatt Limestones. The topmost beds of this locality consist of Upper Sevatian and Rhaetian Zlambach Beds. These Zlambach Beds have developed from the underlying Hallstatt Limestones quite gradually by accession of the clay component and by change in colour from pink through yellowbrown to grey. In its lower parts the Zlambach Beds are grey micritic limestones, followed by marls or marly slates, and finally by sandy shales. The thickness of the Zlambach Beds is here up to 10 m. The conodonts, holothurian sclerites, and foraminifers from this locality are listed by Mock (1973) and Kozur & Mock (1974a, b). The residues of the samples of Zlambach Beds with the Lower Rhaetian conodont fauna with *Misikella posthernsteini* Kozur & Mock and *Grodella delicatula* (Mosher) have yielded the following foraminifers (determined by Dr. A. Oravec-Scheffer, Budapest): *Ammobaculites rhaeticus* Kristan-Tollmann, *A. alaskensis* Tappan, *Ammovertella polygyra* Kristan-Tollmann, *Glomospira gordialis* (Jones & Parker), *Haplophragmoides subglobosus* (Sars), *Hyperamminoides expansus elongatus* Kristan-Tollmann, and *Trochammina alpina* Kristan-Tollmann. The cephalopods that occur in relative abundance, have not yet been studied in detail. The genus *Choristoceras* is present.

During the present studies foraminifers were found in the following samples:

Sample MMV-1 — grey, slightly marly micrite from the lower part of the Zlambach Beds: *Trochammina alpina* Kristan-Tollmann, 1964 — pl. 4, fig. 10, *Agathammina* ? *iranica* Zaninetti et al., 1972 — pl. 4, figs. 8, 9, *Ophthalmidium* sp., and *Nodosaria* sp. — pl. 4, fig. 7.

Associated are the following conodonts and holothurian sclerites: *Misikella hernsteini* (Mostler), *Oncodella paucidentata* (Mostler), and *Theelia immisorbicula* Mostler, *T. kristanae* Mostler, *T. petasiformis* Kristan-Tollmann, *T. simoni* Kozur & Mock. The conodonts and holothurian sclerites indicate the upper part of the Upper Sevatian (*hernsteini* assemblage zone).

Sample MMV-2 — Hallstatt Limestone from a small quarry on the northern slope of the Malý Mlynský vrch: *Glomospira* sp. — pl. 4, fig. 15, *Glomospirella* ? sp. — pl. 4, fig. 14, *Tolypammina* sp., *Trochammina alpina* Kristan-Tollmann, 1964 — pl. 4, figs. 12, 13, *Agathammina austroalpina* Kristan-Tollmann & Toll-

mann, 1964, »*Vidalina*« sp., *Nodosaria ordinata* Trifonova, 1965, and *Nodosaria* sp.

Associated are the following conodonts and holothurian sclerites: *Metapolygnathus spatulatus* (Hayashi) + ramiform conodonts and *Biacumina acanthica* (Mostler), *Canisia symmetrica* (Mostler), *Frangerites complexus* (Kozur & Mock), *Præeuphronides multiperforatus* Mostler, *Theelia immisorbicula* Mostler, *T. planorbicula* Mostler, *T. zawidzkae* Kozur and Mock. The conodonts and holothurian sclerites indicate a Lower to Middle Norian age (*spatulatus* zone).

Sample MMV-3 — grey marly limestone, directly overlying the beds with *Misikella hernsteini* (Mostler): *Glomospirella* sp., *Trochammina* ? sp., *Tetrataxis* sp., *Agathammina austroalpina* Kristan-Tollmann & Tollmann, 1964, *Ophthalmidium* cf. *triadicum* (Kristan, 1957) — pl. 4, fig. 6, *Ophthalmidium* sp., and *Nodosaria* sp.

This sample yielded also the conodont *Metapolygnathus slovakensis* Kozur (cf. Kozur, 1972a, p. 10) and the holothurian sclerites *Theelia rosetta* Kristan-Tollmann, *T. variabilis* Zankl, *T. heptalampra* (Bartenstein), and *Calclamna germanica* Frizzell & Exline.

Age: Lowermost Rhaetian or uppermost Sevatian.

Sample MMV-4 — grey marly limestone and marl: *Glomospira* cf. *perplexa* Franke, 1936, *Glomospira* sp., *Trochammina alpina* Kristan-Tollmann, 1964 — pl. 4, fig. 11, »*Vidalina*« *martana* Farinacci, 1959, »*Vidalina*« *carinata* (Leischner, 1961) — pl. 4, fig. 2, »*Vidalina*« *carpathica* Gaździcki, n. sp. — pl. 4, figs. 3–5, *Ophthalmidium* sp., *Planinvoluta carinata* Leischner, 1961, *Nodosaria* sp., *Austrocolomia* sp., *Lenticulina* sp., *Diploremmina* sp., and *Turrispirillina* cf. *minima* Pantić, 1967.

No conodonts and holothurian sclerites occur in this sample. The foraminifers indicate an Upper Norian or Rhaetian age.

Sample MMV-6 — grey limy marl: *Glomospirella* cf. *pokornyi* (Salaj, 1967) — pl. 4, fig. 1, *Glomospirella* sp., *Agathammina austroalpina* Kristan-Tollmann & Tollmann, 1964, *Ophthalmidium* sp., *Nodosaria* sp., *Austrocolomia* cf. *rhaetica* Oberhauser, 1967, and *Austrocolomia* sp.

No conodonts and holothurian sclerites occur in this sample. The foraminifers indicate the Lower Rhaetian *pokornyi* & *friedli* zone.

Fischerwiese (Salzkammergut, Zlambach Beds)

The Fischerwiese section is situated north of the village Ob. Lupitsch, appr. 6 km northwest of Bad Aussee, Salzkammergut (cf. Kristan-Tollmann, 1964, fig. 1). It is the type locality of the »coral facies« of the Zlambach Beds. These beds are denuded in the brook Korallenbach for a distance of more than 100 m. In its lower part there absolutely dominate soft, dark, clayey and marly schists, higher up there join in dm-thick beds of limestones that are calcarenites to rudites. These limestones are mainly built up of resedimented biogenetic detritus. They are massive, grey to greyviolet rocks resembling limestones from Bleskový prameň in the Slovak Karst. Still higher there are several beds filled up by corals and other fossil detritus. A great part of the fauna from this locality, mainly corals, derives from these places of the section. Other macrofossils — e.g. cephalopods, brachiopods, lamellibranchiates, bryozoans are less

frequent (cf. Haas, 1909; Zapfe, 1967). Stratigraphic important faunal elements are *Choristoceras marshi* Hauer, *Stenarcestes polysphinctus* (Mojsisovics), *Racophyllites neojurensis* (Quenstedt), *Fissirhynchia fissicostata* (Suess), *Zugmayerella koessensis* (Zugmayer), *Trigonia zlabachiensis* Haas, *Oxytoma inaequivalve* (Sowerby), *Amblysiphonella steinmanni* (Haas), »*Thecosmilia*« *norica* Frech, *Montlivaltia norica* Frech, etc. Apart from the macrofossils there also rich microfaunas occur, see Kristan-Tollmann (1964) for foraminifers and Kollmann (1963), Bolz (1971, 1974) for ostracodes. The newest list of the fauna was completed by Wiedmann (1972).

By the finding of *Choristoceras marshi* Hauer (cf. Zapfe, 1967) the Rhaetian age of the Zlabach Beds from the Fischerwiese section was confirmed. Bolz (1971) has dated these rocks on the basis of the ostracode fauna as Upper Norian or Rhaetian.

The sample Ö-18 comes from the higher part of this locality, from a bed of solid grey rudite. Conodonts or holothurian sclerites have not been found in this sample. The following foraminifers could be determined in the sample Ö-18: *Glomospirella friedli* Kristan-Tollmann, 1962 — pl. 3, fig. 1, *Tolypammina* sp. — pl. 3, fig. 2, *Trochammina alpina* Kristan-Tollmann, 1964 — pl. 3, fig. 11, *Alpinophragmium perforatum* Flügel, 1967 — pl. 3, fig. 12, *Endothyra* sp. — pl. 3, figs. 5, 6, *Planitinvoluta deflexa* Leischner, 1961, *Ophthalmidium* sp. — pl. 3, fig. 3, *Galeanella* ? sp. — pl. 3, fig. 4, *Miliolipora* sp., »*Sigmoilina*« sp. — pl. 3, figs. 9, 10, *Diplotremina* cf. *subangulata* Kristan-Tollmann, 1960 — pl. 3, fig. 7, *Diplotremina* sp. — pl. 3, fig. 8, *Involutina communis* (Kristan, 1957), *Involutina* sp., and *Trocholina permodiscoides* Oberhauser, 1964.

Age: Lower Rhaetian *pokornyi* & *friedli* zone.

Kendelbachgraben (Osterhorn Group, Kössen Beds)

It is the famous, historical profile of Suess & Mojsisovics (1869). There arises here a thick sequence of Upper Triassic and Lower Jurassic outcropped along a distance of more than 600 m. This locality is situated southwest of Wolfgangsee in the side valley of Zinkenbachtal (cf. Mosher, fig. 10 and Morbey, 1975, figs. 1—3). The profile starts with a sequence of grey, accentuatedly bedded Plattenkalk with megalodonts (cf. Morbey, 1975, fig. 2). The highest part of the Plattenkalk yielded the sample Ö-41 with the following foraminifers: *Glomospirella friedli* Kristan-Tollmann, 1962, *Glomospirella* sp. — pl. 2, fig. 8, *Trochammina alpina* Kristan-Tollmann, 1964, *Alpinophragmium perforatum* Flügel, 1967 — pl. 2, fig. 3, *Agathammina austroalpina* Kristan-Tollmann & Tollmann, 1964 — pl. 2, fig. 4, *Nodosaria ordinata* Trifonova — pl. 2, fig. 6, *Fronicularia woodwardi* Hochwin, 1895, *Involutina communis* (Kristan, 1957) — pl. 2, figs. 10—12, *Involutina* cf. *tumida* (Kristan-Tollmann, 1964), *Involutina minuta* Koehn-Zaninetti, 1969, *Involutina sinuosa oberhauseri* (Salaj, 1967), *Involutina gaschei* (Koehn-Zaninetti & Brönnimann, 1968), *Involutina* sp., and *Trocholina permodiscoides* Oberhauser, 1964 — pl. 2, fig. 13.

Age: Lower Rhaetian *pokornyi* & *friedli* zone.

Immediately above the beds with the sample Ö-41 the "classical Rhaetian" starts with thick Kössen Beds in the "Swabian development": thick and thin-bedded limestones, coquinoïd limestones, calcareous shales, marls and clayey

shales. There is a rich Lower Rhaetian fauna with *Rhaetavicula contorta* (Portlock) and other bivalves, higher up also with the brachiopod *Rhaetina gregaria* (Suess). Above these beds the "Hauptlithodendronkalk" with *Thecosmilia* follows interbedded with layers of grey limestones with megalodonts. Still higher up are grey limestones with *Rhaetina pyriformis* (Suess), *Orycolpella orycolpos* (Emmrich), *Zeilleria norica* (Suess), etc. The highest part of the Rhaetian — the so-called Salzburg facies of Suess — itself distinguishes by the predominance of dark clayey and marly shales over the limestones. Many pyritized specimens of *Choristoceras marshi* Hauer occur in the black soft shales. Then there follows another short section (covered by detritus) with several beds of dark limestone separated from one another by intercalations of shales. Without a sharp lithological break there follow dark limestones of the Liassic with *Psiloceras*. From the higher part of the Rhaetian with *Choristoceras marshi* Hauer, Mosher (1968) described the conodonts *Cypridodella delicatula* Mosher and *Neospathodus lanceolatus* Mosher. Foraminifers, conodonts, and holothurian sclerites were found at the present studies in samples collected in the uppermost part of the section, developed in the Salzburg facies. These microfaunas were found in limestones that occur directly below and above the soft shales with *Choristoceras marshi*. Directly below the soft shales with *Choristoceras marshi* is a horizon of dark limestones, about 80 cm thick, that is divided into 5 layers ranging from 10–20 cm in thickness. The samples of these limestones have yielded the following faunas:

Sample Ö-34 — Basal dark limestone layer from the left bank of the brook, 15 cm thick, with *Clamys* cf. *bavarica*; *Trochammina alpina* Kristan-Tollmann, 1964 — pl. 2, fig. 1, *Trochammina* ? sp. — pl. 2, fig. 2, *Cornuspira* sp., *Nodosaria* sp. — pl. 2, fig. 7, *Austrocolomia* cf. *rhaetica* Oberhauser, 1967, *Austrocolomia* sp., and *Diplotremina* sp.

No conodont and holothurian sclerites.

Sample Ö-35 — Third limestone layer, 10 cm thick: *Nodosaria* sp. and *Lenticulina* sp.

Beside of these stratigraphical unimportant foraminifers this sample have yielded stratigraphically significant fauna of conodonts and holothurian sclerites: *Grodella delicatula* (Mosher), *Misikella posthernsteini* Kozur & Mock, *Neohindeodella dropla* (Spasov & Ganey), *Parvigondolella* n. sp.* and *Calclamna germanica* Frizzell & Exline, *Fissobractites subsymmetricus* Kristan-Tollmann, *Theelia heptalampra* (Bartenstein), *T. rosetta* Kristan-Tollmann, *T. variabilis* Zankl.

Footnote 2)

* This species has developed from *Parvigondolella lata* Kozur & Mock. It shows very strong homeomorphy to the genus *Misikella*, but *Misikella* has never denticles behind the main denticle. Moreover, the new species is in all cases accompanied by the same ramiform elements as *Parvigondolella*, whereas *Misikella* is apparently a single element species. This new species of *Parvigondolella* and a new species of *Misikella* can be served as local guide forms in subzonal rank for the Rhaetian of the Alps to define subzones within the *posthernsteini* assemblage zone. But unfortunately these species are very rare and until now only present in the Alps, whereas *Misikella posthernsteini* has a great distribution from New Guinea through the Himalayas to Poland, Slovakia and the Alps. Therefore only *Misikella posthernsteini* is a suitable guide form for the Rhaetian in an useful conodont zonation.

The conodonts and holothurian sclerites indicate a (Lower) Rhaetian age (*posthernsteini* assemblage zone).

Sample Ö-36 — Uppermost dark limestone layer, 22 cm thick, directly below the soft shales with *Choristoceras marshi*: *Trochammina alpina* Kristan-Tollmann, 1964, *Ophthalmidium* sp. — pl. 2, fig. 9, *Nodosaria* sp., and *Fronicularia woodwardi* Howchin, 1895.

No conodonts and holothurian sclerites.

From the dark limestones immediately above the soft shales with *Choristoceras marshi* only one sample (Ö-38) was investigated. This upper Rhaetian sample has only yielded foraminifers.

Sample Ö-38 — lowermost dark limestone bed, 20–30 cm thick, directly resting on the soft shales with *Choristoceras marshi*: *Glomospira* sp., *Glomospirella* cf. *friedli* Kristan-Tollmann, 1962, *Trochammina alpina* Kristan-Tollmann, 1964, *Nodosaria* sp., *Lingulina* cf. *placklesensis* Kristan-Tollmann, 1970 — pl. 2, fig. 5, and *Diplostromina* sp.

Age: According to the underlying soft shales with *Choristoceras marshi* the age must be Upper Rhaetian.

The problem of the Norian-Rhaetian boundary

The Rhaetian stage was introduced by Guembel (1859, 1861). In the German Basin (Franconia) he has put all beds between the top of the red and variegated marls of the Middle Keuper and the basis of the *Schlotheimia angulata* zone of the Liassic to his Rhaetian stage (for the first time already 1856, see Kozur, 1973 b). In the Alpine region he has defined the Rhaetian stage with the Kössen Beds and the zone of *Rhaetavicula contorta* (Guembel, 1859, 1861). Whereas the upper boundary of Guembel's Rhaetian stage lies in the German Basin within the Liassic (at the basis or in some cases within the *Schlotheimia angulata* zone) the Lower boundary of the Rhaetian was exactly and universally defined both in the German Basin and in the Alpine region with the basis of the *Rhaetavicula contorta* zone.* Therefore a clear priority exists for the lower boundary of the Rhaetian stage. Mojsisovics (in: Mojsisovics, Waagen & Diener, 1895) accepted this priority as he introduced the Sevatian substage of his Juvavian (now Norian) stage. According to Mojsisovics, the Sevatian substage includes the (lower) *Pinacoceras metternichi* and the (upper) "*Sirenites*" *argonautae* zones. The age of the *Argosirenites argonautae* zone was misinterpreted by Mojsisovics. This zone is an equivalent of the middle and upper *Himavatites columbianus* zone sensu Tozer (= *Himavatites columbianus* zone in a more restricted scope by Kozur, 1973 a) and belongs according to Kozur (1973 a) to the Lower Seva-

Footnote 3)

* The forerunner of *Rhaetavicula contorta* is unknown (the same is true at many zonal index forms of the Triassic ammonoid zonation, e. g. *Rhabdoceras suessi*). Therefore, *Rhaetavicula contorta* may begin at some places considerably earlier than the beginning of the Rhaetian. But the *Rhaetavicula contorta* zone is defined in the Rhaetian Kössen Beds and in beds of roughly the same age in the German Basin and in the typical Kössen Beds (e. g. in their type locality) the *Rhaetavicula contorta* zone is at least a Rhaetian assemblage zone that is younger than the Sevatian *Pinacoceras metternichi* and *Argosirenites argonautae* zone (Sevatian in its original definition).

tian. Therefore the upper boundary of the Sevatian substage must be defined by the upper boundary of the *Pinacoceras metternichi* zone according to the priority. Kozur (1973 b) could prove that the uppermost range of *Pinacoceras metternichi* (horizon with *P. metternichi* and *Cochloceras suessi* = *Cochloceras suessi* zone according to Kozur, 1973 b) is older than the first appearance of *Choristoceras* within the Zlambach facies and the contemporaneous first appearance of *Rhaetavicula contorta* in the Swabian facies of the Kössen Beds. Therefore, according to the priority, the lower boundary of the Rhaetian stage lies immediately above the uppermost Sevatian substage of the Norian stage and there is no overlap between the Norian and Rhaetian stages as originally defined by Guembel and Mojsisovics. Only the Lower Rhaetian Zlambach Beds with *Choristoceras haueri* (together with true Upper Sevatian Zlambach Beds with *Cochloceras* and without *Choristoceras*) were erroneously regarded as the lower subzone of the Sevatian *Pinacoceras metternichi* zone by Mojsisovics. The index species *Pinacoceras metternichi* was never found in the *Choristoceras haueri* subzone and Kozur (1973 b) pointed out that the *Choristoceras haueri* (sub)zone is younger than the highest occurrence of *Pinacoceras metternichi*. Tozer (1967) has rejected the *Pinacoceras metternichi* zone and replaced it by the *Rhabdoceras suessi* zone. He has supposed that both zones are contemporaneous. Krystyn (1973, 1974) and some other European geologists have followed him. Recently *Rhabdoceras suessi* was found in the Middle part of the Rhaetian Kössen Beds and in those parts of Zlambach marls that were conventionally assigned to the Rhaetian. For this reason Ulrichs (1972), Fabricius (1974), Krystyn (1974), and Tozer (1974) included this part of the typical Rhaetian Kössen Beds (about 80 % of these beds) in the Sevatian substage or they rejected the whole Rhaetian stage as a facies type of the Upper Norian. This is against the priority and disagrees with the faunal succession. Wiedmann (1972, 1974) has also supposed that the Rhaetian and Upper Norian are time-equivalents, but because the Rhaetian stage has clearly the priority he included the Upper Norian in the Rhaetian stage. Because *Rhabdoceras suessi* is absent in the lower half and in the highest parts of the Kössen Beds he has divided his Rhaetian in the *Phyllytoceras zlambachense*, the *Rhabdoceras suessi*, and the *Choristoceras marshi* zones. Tozer (1974) and Krystyn (1974) have rejected the *Phyllytoceras zlambachense* zone and supposed that this zone and the *Rhabdoceras suessi* zone are contemporaneous. Krystyn (1974), Tozer (1974) and Wiedmann (1972, 1974) agree that the Kössen Beds (the typical Rhaetian according to the intentions of Guembel) include the entire Sevatian. Krystyn (1974) even believes that the lowermost Kössen Beds belong probably to the Middle Norian!

Regarding not only the ammonoid faunas from scattered incomplete and often tectonically disturbed sections in the Alps but also the successions and the evolution of the conodonts, holothurian sclerites and other microfossils in continuous profiles Kozur (1973 b) has arrived to a quite different opinion. Within the continuous sections of Canada (published by Tozer, 1967) 3 horizons with different ammonoid faunas can be noticed within the *Rhabdoceras suessi* zone (see Tozer, 1967; Kozur, 1973 b) that can be recognized also in the Alpin-Mediterranean Triassic. The lowermost horizon was regarded by Tozer (1967) as lower subzone of the *Rhabdoceras suessi* zone. From this horizon To-

zer (1967) listed *Rhabdoceras suessi* together with *Halorites*, *Sagenites*, "Arcestes", *Placites*, and *Rhacophyllites*. This fauna can be correlated with the fauna of the *Sagenites giebeli* zone that contains beside of *Rhabdoceras suessi* the stratigraphically important genera *Halorites*, *Sagenites*, *Helicites*, and *Steinmannites*, but not *Cochloceras* and *Metasibirites*. Mojsisovics placed erroneously his *Sagenites giebeli* zone in the Lower Juvavian (= Lower Norian) stage, because this fauna was collected from a fissure filling in older sediments. By the aid of ammonoids, but also according to the conodont association (most of the *Metapolygnathus bidentatus* zone) the *Sagenites giebeli* zone can be worldwide recognized. Therefore this zone is a useful standard zone within the Sevatian stage. The second ammonoid horizon within the *Rhabdoceras suessi* zone is characterized by the appearance of the ammonoid genera *Cochloceras* (including *Paracochloceras* as subgenus) and *Metasibirites*. These genera are associated with *Rhabdoceras suessi*. Most characteristic is the worldwide occurrence of *Cochloceras* (*Paracochloceras*) *suessi* in this horizon (*Cochloceras suessi* zone* by Kozur, 1973 b that replaces the *Cladiscites ruber* zone by Mojsisovics, see Kozur, 1973 b). The *Cochloceras suessi* zone corresponds to the greatest part of Tozer's upper subzone of the *Rhabdoceras suessi* zone. This upper subzone is characterized according to Tozer (1967) by the following ammonoids: *Choristoceras suttonensis*, *Rhabdoceras suessi*, *Cochloceras* (*Paracochloceras*) *suessi*, *Cycloceltites* cf. *C. arduini*, *Metasibirites* sp., "Arcestes" sp., "Cladiscites" sp., *Megaphyllites* cf. *M. insectus*, *Placites* sp., and *Rhacophyllites* sp. This fauna of the upper subzone of the *Rhabdoceras suessi* zone is a mixed fauna that derives from different places. *Choristoceras suttonensis* occurs only in one section in the uppermost *Rhabdoceras suessi* zone and Tozer (1967, p. 78) has written: "The Sutton Formation... contains an unusual fauna of the *suessi* zone which includes the genus *Choristoceras* as well as *Rhabdoceras*." Beside of *Rhabdoceras suessi* and *Choristoceras suttonensis* this fauna includes *Megaphyllites* cf. *insectus* and *Cycloceltites* cf. *arduini* unknown in deeper parts of the upper *Rhabdoceras suessi* zone of Canada, but not the typical association with *Cochloceras* (*Paracochloceras*) and *Metasibirites*. Only this uppermost *Rhabdoceras suessi* zone sensu Tozer, 1967 (= *Choristoceras haueri* zone according to Kozur, 1973b) can be recognized in the Lower Rhaetian part of the Zlambach marls and of the Kössen Beds. For this fauna the concurrent occurrence of *Rhabdoceras* and *Choristoceras* (*Choristoceras*) as well as the species *Megaphyllites insectus* Mojsisovics, *M. robustus* Wiedmann, *Cycloceltites arduini* (Mojsisovics), *Rhaetites rhaeticus* (Clark), and *Phyllytoceras zlambachense* Wiedmann are most characteristic. This "unusual fauna of the *Rhabdoceras suessi* zone" (Tozer, 1967) is the "usual" ammonoid fauna of the lower and middle part of the type Rhaetian and it belongs according to the priority to the Rhaetian stage. According to Wiedmann (1974) there

Footnote 4)

* Unfortunately also from *Cochloceras suessi* the forerunner is unknown and the rather restricted occurrence of *Cochloceras suessi* may be facies-controlled. Therefore in the present stage of our knowledge no clear separation between the *Sagenites giebeli* and the *Cochloceras suessi* zones is possible. But the conodonts and other microfossils (e. g. holothurian sclerites) indicate a clearly higher position of the *Cochloceras suessi* horizon than at least most of the *Sagenites giebeli* zone.

is moreover also an overlap in the stratigraphic range of *Rhabdoceras suessi* and *Choristoceras marshi*. The lower boundary of the Rhaetian lies above the uppermost Norian *Pinacoceras metternichi* zone, but within the upper *Rhabdoceras suessi* zone that is not contemporaneous with the *Pinacoceras metternichi* zone. By the aid of conodonts (see chapter: Stratigraphic value of microfossils at the Norian-Rhaetian boundary) it could be proved that the first appearance of *Choristoceras* and the disappearance of *Cochloceras*, *Metasibirites*, *Pinacoceras* and other important fossils of the uppermost Rhaetian coincide with the first appearance of *Rhaetavicula contorta* in the Kössen Beds in its type locality and therefore with the lower boundary of the Rhaetian stage according to the priority (Guembel, 1859, 1861). At this basis of the Rhaetian stage many changes both in the macro- and in the microfaunas occur (see Kozur, 1973b). At the ammonoids such very frequent and worldwide distributed genera as *Cochloceras* and *Metasibirites* and a lot of species of other genera disappear and *Choristoceras* (*Choristoceras*) appears. At the pelecypods a distinct change can be observed characterized e.g. by the disappearance of the worldwide distributed and very frequent Upper Norian genus *Monotis*, by the appearance of the genus *Rhaetomegalodon* and the disappearance of many species of *Neomegalodon*, by the appearance of *Rhaetavicula contorta** and some other forms. At the gastropods many Paleozoic elements disappear before the appearance of many new forms at the base of the Jurassic system. A great change can be also observed at this level in the echinoderms (echinoids, holothurian sclerites). At the brachiopods many Norian elements disappear and many Rhaetian elements appear at the lower boundary of the Rhaetian stage or somewhat higher. In the terrestrial, fresh water, and brackish water deposits many amphibians and reptiles as well as many ostracodes and charophytes disappear and some important new groups appear (see Kozur, 1974). Very interesting is also the first appearance of mammals at this level. The changes in the microfaunas at the Norian-Rhaetian boundary will be discussed in the chapter: Stratigraphic value of microfossils at the Norian-Rhaetian boundary.

Some remarks are necessary to the problem of mixed Norian-Rhaetian faunas with Norian ammonoids and Rhaetian brachiopods and other Rhaetian fossils. This is only a virtual problem. From the plenty of Upper Norian ammonoid species lesser than 10% (e.g. *Rhabdoceras suessi*) straddles the Norian-Rhaetian boundary, fewer than at most other stage boundaries. Some ammonoids traditionally regarded as Upper Norian elements have moreover their stratum typicum in Rhaetian beds, e.g. *Choristoceras* (*Peripleurites*) *boeckhi*, *Choristoceras* (*Peripleurites*) *stuerzenbaumi*, *Choristoceras* (*Choristoceras*) *haueri*. All these species were hitherto unknown from the type Rhaetian Kössen Beds. Therefore all these species were erroneously interpreted as Upper Norian guide forms with an uppermost stratigraphical range up to the uppermost Norian, but not higher. On the other hand, in the type Rhaetian Kössen Beds many typical Rhaetian brachiopods and pelecypods occur, but ammonoids

Footnote 5)

* The first appearance of *Rhaetavicula contorta* may be facies controlled (see footnote 3).

are rare or lacking. If we find the above mentioned ammonoids and the contemporaneous brachiopods and pelecypods in suitable facies together in the same layer, than seemingly Norian guide forms (in reality Norian holdovers of Lower Rhaetian age or Lower Rhaetian guide forms erroneously interpreted as Upper Norian ones) and Rhaetian brachiopods or pelecypods occur together. As mentioned above the Rhaetian ammonoid fauna does not consist almost exclusively of Upper Norian holdovers. Many seeming Norian holdovers or even Upper Norian guide forms are in reality Lower Rhaetian guide forms. For instance, the "Late Norian" species of *Choristoceras* (*Choristoceras*) have their type locality in Lower Rhaetian Zlambach marls. These species do not occur together with *Cochloceras* as it could seem from the faunal list for the Zlambach marls given by Mojsisovics (1893). This faunal list contains the ammonoids of Zlambach marls from different localities and of different ages (uppermost Norian and Rhaetian).

Stratigraphic value of microfossils at the Norian-Rhaetian boundary

The studies on conodonts, holothurian sclerites, ostracodes, and foraminifers were carried out on over 2000 samples of Upper Norian and Rhaetian rocks from sections in the West Carpathians, Hungary, Austria, and the German Basin as well as on some scattered samples from various localities in Europe and Asia. These microfaunal groups comprise several important short-living guide fossils of the Upper Norian and Rhaetian that belong to well-known evolutionary lines. The results of these studies were published by Salaj, Biely & Bystrický (1967), Salaj (1969a, b, 1974, 1977), Bunza & Kozur (1971), Kozur (1971, 1972a, b, c, 1973a, b, c, d, 1974a, b, 1975), Kozur & Mock (1972, 1973, 1974a, b, c), Kozur & Mostler (1972a, b, c), Kozur & Oravec (1972), Gaździcki & Zawidzka (1973), Gaździcki (1974a, b, 1975), Gaździcki & Iwanow (1976). The most important results of all these studies are briefly summarized below.

Conodonts (see Plate 5)

The major part of Sevatian substage (Upper Norian) belongs to the *Metapolygnathus bidentatus* zone that may be subdivided in some subzones. The *Himavatites columbianus* zone (in the restricted scope sensu Kozur, 1973a) and the *Sagenites giebelsi* zone belong to this conodont zone. The *Cochloceras suessi* horizon or zone comprises the uppermost part of the *Metapolygnathus bidentatus* zone as well as the *Parvigondolella andrusovi* and *Misikella hernsteini* zones. The guide forms of the Rhaetian stage are *Misikella posthernsteini* and new, but unfortunately very rare and geographically restricted species of *Parvigondolella* and *Misikella* that are undescribed until now. *Misikella posthernsteini* has its first appearance in the uppermost Sevatian, where a complete transitional series to the strongly predominant *Misikella hernsteini* can be observed. The latter species died out at the Norian-Rhaetian boundary. The evolutionary transition between *Metapolygnathus bidentatus* and *Parvigondolella andrusovi* can be also observed in many sections (e.g. Steinbergkogel, Hernstein — both Austria — and Bohúňovo — Slovakian Karst). The existence of evolutionary transition lines both from *Metapolygnathus bidentatus* to *Parvi-*

gondolella andrusovi and from *Misikella hernsteini* to *Misikella posthernsteini* prove that the entire Rhaetian proper (with highly developed species of *Parvigondolella*, more advanced than *P. andrusovi*, and with *Misikella posthernsteini* and a further highly developed species of *Misikella*) is younger than the Sevatian. The absence of *Metapolygnathus bidentatus*, *Parvigondolella andrusovi*, and *Misikella hernsteini* in the whole Rhaetian is therefore not caused by unsuitable facies, but by the fact that the type Rhaetian Kössen Beds* and other Rhaetian beds are younger than the *Metapolygnathus bidentatus* zone (that comprise the major part of the Sevatian) and even younger than the *Parvigondolella andrusovi* and *Misikella hernsteini* zones of the uppermost Sevatian. Important for the definition of the Norian-Rhaetian boundary is the Steinbergkogel section (Austria). The uppermost parts of this section displays the evolutionary transition from *Misikella hernsteini* to *Misikella posthernsteini*. Here it may be clearly proved that *Misikella hernsteini* is the forerunner of *Misikella posthernsteini* and that the distribution of these two species is not controlled by the facies. In a kind letter to one of us (Kozur) Prof. Mostler, Innsbruck, has given very interesting new data on the distribution of conodonts in the uppermost Norian and Rhaetian stages. He has also found the evolutionary transition from *Misikella hernsteini* to *Misikella posthernsteini* in several sections. Moreover he has sent a table showing the distribution of conodonts in the type section of the Kössen Beds (Weissloferbach, Austria). From this profil we had only two samples with *Misikella posthernsteini* from the middle Kössen Beds. Mostler could prove that in Weissloferbach *Rhaetavicula contorta* and *Misikella posthernsteini* appear almost contemporaneously in the higher part of the lower Swabian facies and that the range of *Misikella posthernsteini* extends up to the top of the *Choristoceras marshi* zone. The conodont datings show that the Kössen Beds from their type locality are younger than the uppermost Sevatian *Misikella hernsteini* zone. Therefore the view of Krystyn (1974), Tozer (1974), and Wiedmann (1974) that the lower and middle Kössen Beds are contemporaneous with the entire Sevatian (Tozer, 1974, Wiedmann, 1974) or even with the Sevatian and parts of the Middle Norian (Krystyn, 1974) must be rejected. A new species of *Misikella* described by Mostler (in press) is locally important for the conodont zonation within the Rhaetian Kössen Beds. This species occurs in the *Choristoceras marshi* zone (except of the upper third of this zone) and in the uppermost part of the *Choristoceras haueri* zone and it is a very distinctive guide form for this time interval. The range of this species seems to be roughly the same as of *Triasina hantkeni* and of *Choristoceras marshi* (cf. Gaździcki, 1974, 1975, Wiedmann, 1974, and table 1—2). The conodonts are also very important for dating the Zlambach Beds. The Roßmoos section (Austria) is the most important here.

Footnote 6)

* In the Adnet region the Kössen Beds contain according to Mostler *Metapolygnathus bidentatus* and *Misikella hernsteini* in its lower parts. Therefore the Kössen Beds of this region begins earlier (in the same level as the Upper Sevatian part of the Zlambach Beds) than in the type region of the Kössen Beds. The occurrence of *Metapolygnathus bidentatus* and *Misikella hernsteini* (= uppermost part of the *M. bidentatus* zone = Upper Sevatian) in the lower Kössen Beds of the Adnet region proves that the absence of these species in the Kössen Beds of the type locality cannot be facies controlled.

Table 1. Distribution of conodont guide-species in the Upper Norian and Rhaetian of the Alpine-Mediterranean Triassic

STAGE	NORIAN					RHAETIAN	
Substage	Alaunian	Sevatian				Lower	Upper
Ammonoid zone	<i>Cyrtopleurites bierenatus</i>	<i>Himavatites columbianus</i>	<i>Sagenites giebeli</i>	<i>Cochloceras suessi</i>		<i>Choristoceras haueri</i>	<i>Choristoceras marshi</i>
				<i>Rhabdoceras suessi</i>			
Conodont zone	<i>Metapolygnathus abneptis spatulatus</i>	<i>Metapolygnathus bidentatus</i>			<i>Parvigondolella andrusovi</i>	<i>Misikella hernsteini</i>	<i>Misikella posthernsteini</i>
		Subzone I	Subzone II	Subzone III			
1 <i>Gondolella navicula navicula</i>						1	
2 <i>Gondolella navicula steinbergensis</i>							2
3 <i>Prioniodina suessi suessi</i>			3				
4 <i>Misikella longidentata</i>				4			
5 <i>Misikella hernsteini</i>							5
6 <i>Misikella posthernsteini</i>							
7 <i>Misikella n.sp.</i>							7
8 <i>Oncodella paucidentata</i>						8	
9 <i>Metapolygnathus abneptis abneptis</i>		9					
10 <i>Metapolygnathus abneptis spatulatus</i>		10					
11 <i>Metapolygnathus posterus</i>				11			
12 <i>Metapolygnathus sapfei</i>				12			
13 <i>Metapolygnathus multidentatus</i>				13			
14 <i>Metapolygnathus bidentatus</i>					14		
15 <i>Metapolygnathus mosheri</i>					15		
16 <i>Parvigondolella andrusovi</i>						16	
17 <i>Parvigondolella lata</i>						17	
18 <i>Parvigondolella n.sp.</i>							18

— frequent occurrence - - - rare occurrence

The distances in the table 1 are not time-related! For instance, the *Sagenites giebeli* zone comprises a considerably greater part of the Sevatian than the *Cochloceras suessi* zone.

This section displays the uppermost Sevatian (grey limestone bank) and the lowermost Rhaetian (in the facies of the Zlambach marls). Bolz (1974) listed the following ammonoids from the grey limestone bank: *Arcestes gigantogaleatus*, *A. intuslabiatus*, *Cladiscites tornatus*, *Cochloceras* sp., *Megaphyllites insectus*, *Metasibirites* sp., *Paracladiscites multilobatus*, *Pinacoceras metternichi*, *Placites oxyphyllus*, *Rhacophyllites neojurensis*, and *Stenarcestes* cf. *subumbilicatus*. This fauna is typical of the *Cochloceras suessi* zone. The samples of the lower part of the section have yielded many conodonts indicative of the upper *bidentatus* zone. The occurrence of the *hernsteini* zone seems to be indicated by the concurrent occurrence of *Misikella hernsteini* and *M. posthernsteini* (transitional forms to *M. hernsteini*) in the uppermost grey limestone bank. Because only very few conodonts are known from this level, a somewhat older age is also possible, but the *hernsteini* zone is certainly present in the grey limestone bank. The overlying Zlambach marls yielded single individuals of *Misikella posthernsteini* only. Unfortunately conodonts are absent in the samples immediately above the top of the grey limestone bank. Bolz (1974) has listed the following ammonoids from the Zlambach Beds above the grey limestone bank: *Arcestes* ? sp., *Megaphyllites robustus*, *Phyllytoceras zlam-bachense*. This fauna is typical for the *Phyllytoceras zlam-bachense* zone according to Wiedmann (1974) that was correlated by Wiedmann (1972) with the Swabian facies of the lower Kössen Beds. The conodont datings probably confirm this correlation. Bolz (1974) assigned the grey limestone bank and the Zlambach marls of Roßmoos to the Upper Norian. According to the ammonoid and probably also the conodont datings at least a part of the Zlambach marls of Roßmoos, occurring above the grey limestone bank, belong to the Lower Rhaetian. This section is important as it shows that also very high levels within the *Pinacoceras metternichi* zone as well as within the more restricted *Cochloceras suessi* zone (such level is represented by the grey limestone bank) are older than the Rhaetian *Misikella posthernsteini* zone. The upper range of *Pinacoceras metternichi* and the genera *Cochloceras* and *Metasibirites* coincide with the upper range of *Misikella hernsteini*, whereas the upper range of *Rhabdoceras suessi* is very much higher within the Lower Rhaetian *Misikella posthernsteini* zone. By the aid of conodonts it can be proved therefore that the upper ranges of the *Pinacoceras metternichi* and *Rhabdoceras suessi* zones do not coincide. Sometimes the Zlambach Beds also represent the uppermost Norian. We had only one sample of a transition facies between grey Hallstatt Limestone and Zlambach marls with *Cochloceras* (material from old collections, designated as "Zlambach marl", from unknown locality). This sample has yielded conodonts from the *Misikella hernsteini* assemblage zone (*Misikella hernsteini* and *Misikella posthernsteini*) and thus it represents the uppermost Sevatian. So the stratigraphic range of the Zlambach Beds seems to be the same as that of the Kössen Beds. Kozur & Mock (1973) have demonstrated that the onset of more clastic sedimentation widely spread in the Rhaetian has followed short-lasting tectonical movements in the latest Sevatian and Rhaetian time (contemporaneous in the Alps, Slovakia, and in the German Basin). According to this view it may be expected that the sedimentation of both the Zlambach Beds and the Kössen Beds begins in many

cases at the basis of the Rhaetian, but in some places already earlier, in the uppermost Sevatian, or later, within the lowermost Rhaetian. Unfortunately, up to present, no conodonts were found in the lowermost Kössen Beds.

Holothurian sclerites

As pointed out by Kozur & Mock (1974a) the Sevatian and Rhaetian can be divided into several holothurian assemblage zones:

(1) Association with *Theelia zawidzkae*, *Theelia praeseniradiata*, primitive *Theelia stellifera*, and *Fissobractites subsymmetricus*. Age: Lower Sevatian; *Himavatites columbianus* zone; lower *Metapolygnathus bidentatus* zone.

(2) Association with *Theelia stellifera* and *Fissobractites subsymmetricus* without *Theelia zawidzkae*. Age: Lower Sevatian; *Sagenites giebeli* zone; middle *Metapolygnathus bidentatus* zone.

(3) Association with highly developed *Theelia stellifera*, *Theelia norica*, *Theelia seniradiata*, *Theelia stellifera bistellata*, *Praeuephronides robustus*, *Acanthotheelia kuepperi*, *Fissobractites subsymmetricus*, and first primitive *Theelia heptalampra*. Age: Upper Sevatian; lower *Cochloceras suessi* zone; upper *Metapolygnathus bidentatus* zone.

(4) Association with *Theelia kristanae* together with the same species as in association (3). Age: Upper Sevatian; *Cochloceras suessi* zone; *Parvigondolella andrusovi* assemblage zone.

(5) Association with *Theelia kristanae* and *Acanthocaudina exlinae*. Age: Uppermost Sevatian; upper *Cochloceras suessi* zone; *Misikella hernsteini* assemblage zone.

(6) Association with *Theelia rosetta*, *Theelia variabilis*, *Theelia heptalampra*, and *Fissobractites subsymmetricus*. Age: Rhaetian; *Misikella posthernsteini* assemblage zone.

At the Norian-Rhaetian boundary there is found one of the greatest breaks in the development of the holothurian sclerites. From over 150 species of holothurian sclerites occurring in the Upper Norian only *Fissobractites subsymmetricus*, *Calclamna germanica*, *Staurocumites bartensteini*, *Theelia heptalampra*, *Priscopedatus triassicus*, *Theelia rosetta*, *Theelia variabilis*, *Uncinulinoides spicata*, and probably *Achistrum triassicum* passed into the Rhaetian. The first 4 species enter also the Liassic. Except for these long-ranging species there are known up to now only 4 other species of typical Rhaetian aspect. The holothurian sclerites that occur in fairly different marine facies are one of the best markers for the Norian-Rhaetian boundary.

Ostracodes

In the German Basin at the Norian-Rhaetian boundary there is a sharp break in the ostracode fauna (Kozur, 1975). The same is true in Hungary, where in the Rhaetian many ostracodes of Jurassic aspect have appeared and coexisted with some ostracodes of Triassic aspect (Kozur & Oravecz, 1972). According to Bolz (1974) in the Alps the Upper Norian and the Lower Rhaetian ostracode fauna is quite equal. But as pointed out above, the "Upper Norian" Zlambach marls of Roßmoos with *Phyllytoceras zlambachense* and *Megaphyllites robustus* are Lower Rhaetian and overlie the grey limestone

bank of uppermost Norian. Also all other localities discussed by Bolz (1974) — Fischerwiese, Grünbachgraben, Höllgraben and at least parts of the Mühlgraben section that was not sampled by us — are of Lower Rhaetian age. As it can be expected from this fact, the ostracode faunas of all these localities are very similar and differ only slightly because of facial reasons. A new (still undescribed) Upper Norian ostracode fauna gathered by Kozur differs from the Rhaetian ones also after the elimination of facial differences. In the Rhaetian ostracode fauna primitive members of typical Meso-Cenozoic families appear for the first time (e.g. first Trachyleberididae: *Boogaardella*, first Cytheruridae: *Parariscus*). Many genera that appear for the first time in the Rhaetian have clearly Jurassic aspects, e.g. *Klieana*, *Boogaardella*, *Stykella*, *Aparchitocythere*, *Parariscus* (Kozur, 1973c). Many species and genera, above all holdovers from the Paleozoic or near related forms, disappear near the Norian-Rhaetian boundary and within the Rhaetian.

Foraminifers

In some sediments where conodonts and holothurian sclerites are rare or absent and the ostracodes cannot be separated from the rocks the foraminifers have yielded most important guide forms. Among the foraminifers the representatives of the family Involutidae Bütschli, 1880 have special stratigraphic and paleogeographic importance (Gaździcki, 1974a, Fig. 11; 1974b, tab. 1; see also Salaj, 1969a, b; 1974; 1977). Three foraminifer zones can be recognized from the Middle Norian up to the uppermost Rhaetian (tab. 2; see also Gaździcki, 1974a, 1974b; Salaj, 1974, 1977). These 3 zones are the *Semiinvoluta clari* & *Triasina oberhauseri* assemblage zone (Alaunian-Sevati-an), the *Glomospirella pokornyi* & *Glomospirella friedli* assemblage zone (Lower Rhaetian) and the *Triasina hantkeni* range zone (? higher Lower Rhaetian, Upper Rhaetian).

The *Glomospirella pokornyi* & *Glomospirella friedli* assemblage zone could be proved in the samples MMV-6 (Zlambach Beds of Malý Mlynský vrch), 166/2 (fossiliferous limestone of Bleskový prameň), Ö-18 (Zlambach Beds of Fischerwiese), Ö-41 (uppermost "Plattenkalk" immediately below the Kössen Beds, Kendelbachgraben), Ö-38 (upper Kössen Beds, Kendelbachgraben), and in the samples 8—12 from the Kössen Beds of Hybe. Most interesting is the comparison between the faunas of the samples 166/2 (Bleskový prameň) and the samples 8—12 from Hybe. Both faunas belong to the Lower Rhaetian *Glomospirella pokornyi* & *Glomospirella friedli* zone, but the occurrence of *Galeanella* cf. *tollmanni* and *Involutina* cf. *turgida* indicates that the sample 166/2 from Bleskový prameň (until now regarded as Upper Norian) is younger than the Lower Rhaetian of Hybe as earlier pointed out by Kozur (1973b) and Kozur & Mock (1973, 1974c). Interesting is also the age from the sample Ö-18 from the Fischerwiese. The foraminifer fauna indicates an Early Rhaetian age as it does the ostracode fauna from this locality. Because the Late Rhaetian *Choristoceras marshi* was also described from this locality, the beds with *Choristoceras marshi* either represent only the uppermost part of the section or *Choristoceras marshi* occurs also in the Lower Rhaetian (as it was inferred by Wiedmann, 1974). The same age as for the Bleskový prameň limestone

Table 2. Upper Norian-Rhaetian foraminifer zonation in the Alpine-Mediterranean Triassic

STAGE		NORIAN	RHAETIAN	
Substage		Sevarian	Lower	Upper
Zone		<i>clari</i> & <i>oberhauseri</i>	<i>pokornyi</i> & <i>friedli</i>	<i>hantkeni</i>
Foraminifers	guide forms			
	<i>Glomospirella pokornyi</i>			
	<i>Glomospirella friedli</i>			
	<i>Seminvoluta clari</i>			
	<i>Triasina oberhauseri</i>			
	<i>Triasina hantkeni</i>		?	
	<i>Glomospirella parallela</i>			
	<i>Trochammina alpina</i>			
	<i>Alpinophragmium perforatum</i>			
	<i>Tetrataxis inflata</i>			
	<i>Agathammina? iranica</i>			
	" <i>Vidalina</i> " <i>martana</i>			
	" <i>Vidalina</i> " <i>carinata</i>			
	" <i>Vidalina</i> " <i>carpathica</i>			
	<i>Galeanella tollmanni</i>			
	<i>Miliolipora cuvillieri</i>			
	<i>Planinvoluta deflexa</i>			
	" <i>Sigmoilina</i> " sp.			
	<i>Nodosaria ordinata</i>			
	<i>Turrispirillina minima</i>			
	<i>Involutina communis</i>			
	<i>Involutina tenuis</i>			
	<i>Involutina tumida</i>			
	<i>Involutina sinuosa sinuosa</i>			
	<i>Involutina sinuosa oberhauseri</i>			
	<i>Involutina gaschei</i>			
	<i>Involutina minuta</i>			
	<i>Trocholina acuta</i>			
	<i>Trocholina permodiscoides</i>			
	other forms			

For stratigraphic ranges of taxa, definition of the zones and additional comments see
 Sala j, 1969 a, b, 1974 and Gaździcki, 1974 a, b
 ? questionable occurrence

is indicated, but an Upper Rhaetian age cannot be ruled out (see remarks to sample Ö-38). The fauna of the sample Ö-38 is somewhat puzzling. This sample derives from the rocks directly overlying the marls with *Choristoceras marshi*. Therefore the fauna of the Upper Rhaetian *Triasina hantkeni* zone rather than the Lower Rhaetian fauna of the *Glomospirella pokornyi* & *Glomospirella friedli* assemblage zone should be expected in this sample. Because *Glomospirella friedli* markedly enters the *Triasina hantkeni* range zone, it is possible that the sample Ö-38 represents the *Triasina hantkeni* range zone (Upper Rhaetian), but the index form is absent because of facial reasons. The fauna of the sample Ö-41 from the uppermost part of the "Plattenkalk" immediately below the Kössen Beds of Kendelbachgraben is also very important. The sample Ö-41 taken just below the base of the Kössen Beds should be of Middle Norian age, if the correlations of the lower and middle Kössen Beds with the entire Sevatian (Tozer, 1974; Wiedmann, 1974) or even with the entire Sevatian and a part of the Middle Norian (Krystyn, 1974) are correct. The rich fauna of the *Glomospirella pokornyi* & *Glomospirella friedli* assemblage zone in the sample Ö-41 demonstrates that the uppermost "Plattenkalk" of Kendelbachgraben is most probably of Early Rhaetian age or at least not older than latest Sevatian. This dating confirms the view of Kozur (1973b) that most of the Kössen Beds are of Rhaetian age and younger than the uppermost Sevatian as it can be proved also by conodonts and holothurian sclerites (see above).

The *Triasina hantkeni* range zone was only indicated in the sample Dr. from the Bleskový prameň locality. This is very interesting, because the ammonoid fauna of this locality was hitherto erroneously assigned to the Sevatian (Upper Norian) substage. It may be that *Triasina hantkeni* already occurs in the upper part of Lower Rhaetian, so that perhaps the range of this species comprises both the upper part of the Lower Rhaetian and the Upper Rhaetian. But on the other hand parts of the Bleskový prameň limestone may be already Upper Rhaetian and the never confirmed record of *Choristoceras marshi* (Stürzenbaum, 1879) may be correct. Also the fauna from the sample Dr. proves that the strata from the Bleskový prameň locality are of Rhaetian age and younger than the Lower Rhaetian of Hybe.

Some remarks to the papers of Hohenegger & Piller (1975) and Bystrický (1975)

Hohenegger & Piller (1975) have assigned *Glomospirella friedli* Kristan-Tollmann, 1962, *G. parallela* Kristan-Tollmann, 1964, and *G. expansa* Kristan-Tollmann, 1964 to the genus *Involutina*. This may be correct, but it is beyond the matter of this paper to discuss this problem. *Involutina gaschei* (Koehn-Zaninetti & Brönnimann, 1968) is certainly not a younger synonym of *Glomospirella friedli* Kristan-Tollmann, 1962, because the stratigraphic range of these two species is quite different, so that the differences between these two species are not facies-controlled as supposed by Hohenegger & Piller (1975), but true species differences.

The stratigraphic importance of Late Triassic foraminifers was recently questioned by Bystrický (1975), which is in contradiction with the data available. It should be noted that the marked stratigraphic value of the fora-

minifers and especially of the representatives of the families Ammodiscidae and Involutinidae from the uppermost Triassic is connected with their rapid evolution. A fairly good knowledge of internal structure, phylogenetic relations, ecology, and paleogeography of the foraminifers is highly advantageous here (see Gaździcki, 1974a, b; Salaj, 1974, 1977; Zaninetti, 1976). Moreover, the succession of foraminifer faunas was reconstructed on the basis of highly complete sections of the Upper Triassic from the Alpine region. Therefore, foraminifer datings are fairly reliable. Bystrický (1975) has questioned the stratigraphic value of foraminifers for the zonation of the Upper Triassic with the reference to the foraminifer succession in the Hybe profil. However, this section is tectonically disturbed and the succession of layers is still the matter of controversy (see Goetel, 1917; Michalík, 1973; Bystrický, 1975).

According to Bystrický (1975) also the conodonts have no value for stratigraphic subdivisions in the uppermost Norian and Rhaetian. In this connection Bystrický (1975) reconstructed "contradictions" in conodont datings comparing older and newer papers and views of conodont workers. In this respect the remarks of Bystrický (1975) are pure polemic and therefore not worthy to discuss. Bystrický (1975) has not noticed that not the conodont datings, but the stratigraphic schemes were changed and that the former *Spathognathodus hernsteini* Mostler was revised and subdivided by Kozur & Mock (1974a, b) into *Misikella hernsteini* (Mostler) and *M. posthernsteini* Kozur & Mock. Thus, the "contradictions" in the conodont datings reconstructed by Bystrický (1975) are in reality the result of the scientific progress in the Upper Triassic stratigraphy and conodont taxonomy. The same is true for the great number of such "contradictions" in the papers of Bystrický (compare e.g. the papers of Bystrický 1972, 1973 and appendix to the latter paper with regard to the stratigraphy of the Upper Triassic of Silická Brezová).

Some remarks are necessary to special views in the paper of Bystrický (1975) that contradict the above mentioned stratigraphic results from our micropaleontological studies at the Norian-Rhaetian boundary.

(1) The so-called "conodontenfreier Bereich" (cf. Huckriede, 1958; Kozur, 1971; Kozur & Mock, 1972) was not considered as an equivalent of a biozone by these authors as assumed by Bystrický (1975). Meanwhile *Misikella posthernsteini* and some other conodonts were found in this stratigraphic level and the *posthernsteini* assemblage zone was established for this stratigraphic level and the *post-hernsteini* fauna by Kozur & Mock (1974c).

(2) According to Bystrický (1975) there are no considerable changes in the conodont, ostracode, holothurian, brachiopod, and ammonoid faunas at the Norian-Rhaetian boundary (with references to Urlichs, 1972; Mosher, 1968; Sweet u.a., 1971; Pearson, 1970, Dagis, 1974, and Kozur, 1972c). Urlichs (1972) has investigated only Rhaetian ostracode faunas of the Kössen Beds at Weißloferbach, the type locality of the Rhaetian Kössen Beds. He assigned the lower and middle part of this section to the Upper Norian (because of the occurrence of *Rhabdoceras suessi*). In our view, discussed above, the whole section of the Kössen Beds at Weißloferbach is Rhaetian

(perhaps with exception of the lowermost beds, where no conodonts and ostracodes were found and *Rhaetavicula contorta* is still absent). The "Norian" part (sensu Urlichs) of the Kössen Beds from Weißloferbach contains *Misikella posthernsteini*, and new highly developed species of *Misikella* and *Parvigondolella*, the typical Rhaetian conodont fauna. The conodont association of the *Misikella posthernsteini* assemblage zone together with *Rhabdoceras suessi*, *Choristoceras ammonitifforme*, typical Rhaetian brachiopods, and pelecypods (e.g. *Rhaetavicula contorta*) indicate a Lower Rhaetian age (*Choristoceras haueri* zone) for this part of the section. Therefore Urlichs (1972) has not compared Upper Norian and Rhaetian ostracodes, but Lower Rhaetian ostracodes with Upper Rhaetian ones. The Lower and Upper Rhaetian ostracode faunas are, of course, very similar, but clearly different from the true Upper Norian ostracode faunas. Kozur (1972c) has also still assigned the uppermost *Rhabdoceras suessi* zone to the Upper Norian sensu Tozer (1967). The "Upper Norian" ostracodes by Kozur (1972c) were found in the uppermost *Rhabdoceras suessi* zone. According to Kozur (1973b) this part of the *Rhabdoceras suessi* zone is contemporaneous with the Lower Rhaetian *Choristoceras haueri* zone. Therefore the "Upper Norian" ostracodes by Kozur (1972c) have the same Lower Rhaetian age as the "Upper Norian" ostracodes described by Urlichs (1972). It is clear that these ostracode faunas are very similar to other Rhaetian ostracode fauna, but there are great differences to the true Upper Norian ostracode faunas (see chapter: Stratigraphic value of microfossils at the Norian-Rhaetian boundary).

The view of Bystrický (1975) that the very rich Upper Norian holothurian fauna had passed into the Rhaetian is nowhere confirmed (neither in published nor in unpublished material — in the contrary in all published papers the great differences between the Norian and Rhaetian holothurian faunas were emphasized) and unsubstantiated.

The differences between the Upper Norian and Rhaetian ammonoid faunas are considerable (see chapter: The problem of the Norian-Rhaetian boundary), in spite of the fact that some species straddles the Norian-Rhaetian boundary (e.g. *Rhabdoceras suessi*).

In contrary to the references by Bystrický (1975) already the papers of Mosher (1968) and Sweet et al. (1971) show very clearly the great break in the conodont faunas between the Norian and Rhaetian. Mosher (1968, fig. 12) listed 22 conodont species in the Sevatian (not all range up to the Norian-Rhaetian boundary), but only 4 in the Lower Rhaetian. This break is in reality still greater, because "*Neospathodus lanceolatus*" comprises two species, the Upper Norian *Misikella hernsteini* and the uppermost Norian to Rhaetian *Misikella posthernsteini*. Moreover, there are some highly developed hitherto undescribed species of *Misikella* and *Parvigondolella* in the Rhaetian that are unknown in the Norian.

Dagis (1974, tab. 3) showed that at the Norian-Rhaetian boundary 32 brachiopod genera died out and 3 genera have their first appearance at the base of the Rhaetian (the latter number may be considerably higher, if the Norian-Rhaetian boundary will be revised in all areas). Moreover, Dagis (1974, p. 272) pointed out that in all sections of northwestern Caucasus a sharp, not facies-controlled change in the brachiopod fauna occurs above the beds with

Monotis caucasica and Norian brachiopods. Above these Upper Norian beds a rich brachiopod fauna occurs that is very similar to the brachiopod fauna of the Kössen Beds and to the fauna of Drnava (Bleskový prameň). The ammonoid fauna of this region was regarded as Upper Norian, but it consists of Norian holdovers that are frequent in the Lower Rhaetian (e.g. *Megaphyllites insectus*, *Rhacophyllites debilis*, *Placites polydactylus*). Thus, in contrary to the view of Bystrický (1975), Dagis (1974) has shown considerable changes in the brachiopod fauna at the Norian-Rhaetian boundary. Pearson (1970) accepted the "Plattenkalk"-Kössen Beds boundary as Norian-Rhaetian boundary, but he assumed that *Rhabdoceras suessi* has the same upper range as the genus *Cochloceras* and that *Rhabdoceras suessi* is older than the Kössen Beds or it ranges only up to the lowermost brachiopod horizon of the Kössen Beds (below the first appearance of *Rhaetavicula contorta*). The newest results (Ulrichs, 1972) have shown however that *Rhabdoceras suessi* occurs together with *Rhaetavicula contorta* and it is absent only in the upper third of the Kössen Beds. Therefore Pearson (1970) assigned the uppermost *Rhabdoceras suessi* zone to the Norian, but the lower and middle Kössen Beds with *Rhaetavicula contorta* and Rhaetian brachiopods (contemporaneous to the uppermost *Rhabdoceras suessi* zone) to the Rhaetian. For this reason many Rhaetian guide forms of the brachiopods were regarded as Upper Norian by Pearson (1970), if the beds were placed in the uppermost *Rhabdoceras suessi* zone by ammonoids (e.g. Bleskový prameň, post-*Monotis* beds of northwestern Caucasus).

(3) Bystrický (1975, p. 183) has erroneously equated the post-*hernsteini* fauna of Kozur & Mock (1972) with the *posthernsteini* assemblage zone (Kozur & Mock (1974c). The post-*hernsteini* fauna is the conodont fauna immediately above the *Misikella hernsteini* assemblage zone. The *Misikella posthernsteini* assemblage zone comprises both the post-*hernsteini* fauna and the formerly recognized "conodontenfreien Bereich" of the uppermost Triassic, in which now conodonts were found (above all *Misikella posthernsteini*). Therefore it is not correct, if Bystrický (1975) pointed out that the "conodontenfreier Bereich" of the uppermost Triassic follows above the *Misikella posthernsteini* assemblage zone. In reality Jurassic beds follow above the *Misikella posthernsteini* assemblage zone.

(4) Bystrický (1975, p. 184) pointed out that in the *posthernsteini* assemblage zone of Malý Mlynský vrch *Gondolella navicula*, *Metapolygnathus bidentatus*, *Misikella hernsteini*, and *Oncodella paucidentata* occur together with *Misikella posthernsteini* in the same beds at the same locality. This is quite incorrect. In Malý Mlynský vrch are some outcrops with conodonts of the *spatulatus* assemblage zone, the upper *bidentatus* range zone, the *hernsteini* assemblage zone, and the *posthernsteini* assemblage zone. *Metapolygnathus bidentatus*, *Misikella hernsteini*, *Oncodella paucidentata*, and *Gondolella navicula* were not reported from the *Misikella posthernsteini* assemblage zone, but from the underlying zones. In the *Misikella posthernsteini* zone only the index species was found. In one sample taken from the beds between the *Misikella hernsteini* and *Misikella posthernsteini* assemblage zones *Metapolygnathus slovakensis*, *Grodella delicatula*, and *Prioniodina* (*Cypridodella*) *muelleri* were found, but never the species mentioned by Bystrický.

(5) Bystrický (1975, p. 187) pointed out that the relation of the horizon with *Misikella hernsteini* and the horizon with *Misikella posthernsteini* at the locality Hybe, "so important for the stratigraphy", is unclear. He has not noticed that the former *M. hernsteini* of Hybe is in reality *M. posthernsteini* as pointed out by Kozur & Mock (1974c). Therefore in Hybe do not exist a fauna with "*Spathognathodus*" *hernsteini* and *Misikella posthernsteini* as Bystrický assumed, but only a fauna with *Misikella posthernsteini*. In this respect it is very interesting that Bystrický has repeatedly pointed out that the position of "*Spathognathodus*" *hernsteini* in the Hybe section is clear, but the stratigraphic position of *M. posthernsteini* is unclear. This seems to be only polemic, because it should be quite clear that the known stratigraphic level of "*Spathognathodus*" *hernsteini* from Hybe does not change with taxonomic revision of this species. Therefore it is surprising, if Bystrický (1975, p. 190) wrote: "Without precise data on the occurrence of the fauna, which are unconditionally necessary in stratigraphy, consequently also the indication of the occurrence of *Misikella posthernsteini* Kozur & Mock is not more valuable than the rejected presence of the species ? *Gondolella navicula* Huckriede".

Description of the new species

? Family **Fischerinidae** Millett, 1898

? Subfamily **Cyclogyrinae** Loeblich & Tappan, 1961

? Genus *Vidalina* Schlumberger, 1900

"*Vidalina*" *carpathica* Gaździcki, sp. n.

Pl. 4, figs. 3—5

Holotype: The specimen presented in pl. 4, fig. 4.

Type horizon: Zlambach Beds (Upper Norian-Rhaetian).

Type locality: Malý Mlynský vrch (Slovak Karst), Czechoslovakia.

Derivation of the name: *carpathica* — after the Carpathians.

Diagnosis: Test discoidal, somewhat flattened, with distinct central swell and always with keel. Wall calcareous, imperforate. Coiling planispiral, involute, probably nonseptate; 3—4 whorls in the spire. The last whorl separated from central part by deep constrictions.

Material: 10 well-preserved individuals.

Association: With *Glomospira* cf. *perplexa*, *Glomospirella* sp., *Trochammina alpina*, *Agathammina austroalpina*, "*Vidalina*" *carinata*, *Nodosaria ordinata*, *Austrocolomia* sp., and *Diplostromina* sp.

Description: Test calcareous, imperforate, elongate, consisting of relatively large, spherical proloculus and tubular second chamber with well-marked keel. Whorls 3—4 in number; coiling planispiral, involute, bilaterally symmetrical. Axial section displaying the central part (proloculus and first 2—3 whorls) with characteristic central swell, separated from the last whorl by marked constrictions (pl. 4, fig. 4—5). Deuteroloculus circular in outline (pl. 4, fig. 5). Sharp keel especially well-developed along the last whorl (pl. 4, fig. 3—5).

Dimensions of the test: diameter: 280—320 μ m, thickness: 60 μ m, diameter of the proloculus: about 30 μ m.

Remarks: The new species "*Vidalina*" *carpathica* Gaździcki, sp. n. differs from all other Late Triassic and Liassic "*Vidalina*" in the last whorl separated from the central part with deep constrictions, especially well-displayed by axial sections (pl. 4, figs. 4—5). The small number of individuals precluded an accurate identification of the forms "A" and "B". The size of the proloculus and the number of the whorls appear almost identical in all the forms available; it is assumed that they all represent the form "B". It is highly probable that these individuals could lose their last whorl at the deep constrictions. The remaining central part appears to be very similar to the form "A" of the species "*Vidalina*" *carinata* (Leischner) = *Neoangulodiscus carinatus* (Leischner) = *Involutina carinata* Leischner (cf. pl. 1, fig. 1 herein, and Leischner, 1961, pl. 2, figs. 15 a—d) recorded from the Norian-Rhaetian and primarily from the Lower Liassic of the Tethyan areas (Leischner, 1961; Kristan-Tollmann, 1962; Brönnimann, Poisson & Zaninetti, 1970).

Occurrence: Known from the type locality only.

Conclusions

The entire Kössen Beds of their type locality (perhaps with exception of the lowermost part where *Rhaetavicula contorta* and conodonts are absent) are Rhaetian in age and younger than the Sevatian substage of the Upper-Norian stage.

The Zlambach Beds are contemporaneous with the Kössen Beds and begin at some places within the uppermost Sevatian (? upper *Metapolygnathus bidentatus* zone, *Misikella hertsteini* assemblage zone in the conodont zonation; *Cochloceras suessi* zone in the ammonoid zonation by Kozur, 1973 b).

The major part of the *Rhabdoceras suessi* zone is older than the Kössen Beds. *Rhabdoceras suessi* straddles the Norian-Rhaetian boundary and occurs also in the lower and middle parts of the Rhaetian, here together with the genus *Choristoceras*.

The *Rhabdoceras suessi* zone is inconvenient as standard zone. The upper range of the index species *R. suessi* exceeds the upper range of *Pinacoceras metternichi*, the index species of the *metternichi* zone, and therefore it straddles the Norian-Rhaetian boundary. Therefore the *Rhabdoceras suessi* zone should be rejected and replaced by the *Sagenites giebeli* zone (corresponding to the lower subzone of the *Rhabdoceras suessi* zone by Tozer, 1967), the *Cochloceras suessi* zone (Upper Sevatian corresponding to great parts of Tozer's upper subzone of *Rhabdoceras suessi* zone), and the *Choristoceras haueri* zone (Lower Rhaetian corresponding to the uppermost part of the *Rhabdoceras suessi* zone by Tozer, 1967).

The Norian-Rhaetian boundary between the *Cochloceras suessi* and *Choristoceras haueri* zones agrees with the priority and is characterized by an important faunal change both in the macro- and micro-faunas.

The dating of the *Glomospirella pokornyi* & *Glomospirella friedli* assemblage zone as Lower Rhaetian (Gaździcki, 1974) is confirmed. Also by the aid of foraminifers could be proved that the »Sevatian« of Bleskový prameň is younger than the Lower Rhaetian of Hybe as it was previously suggested by Kozur & Mock (1973, 1974 c).

The uppermost "Plattenkalk" of Kendelgraben belongs to the *Glomospirella pokornyi* & *Glomospirella friedly* assemblage zone and therefore it probably represents the basal Rhaetian, being certainly not older than uppermost Sevatian. This disagrees with the views of Krystyn (1974), Tozer (1974), and Wiedmann (1974) that the Kössen Beds include the entire Sevatian or even parts of the Middle Norian (Krystyn, 1974) and confirms the view of Kozur (1973b) that the typical Kössen Beds (not the lower Kössen Beds of the Adnet region) are younger than the uppermost Sevatian. Only the lowermost parts of the typical Kössen Beds (without *Rhaetavícula contorta* and conodonts) may locally represent the uppermost Sevatian.

Plate 1

Samples from Bleskový prameň (fig. 1—8) and Hybe (fig. 9), Czechoslovakia

- 1 »*Vidalina*« cf. *carinata* (Leischner); sample 166/5-D₁, × 300.
- 2—3 »*Vidalina*« *martana* Farinacci; 166/2, × 150.
- 4 *Ophthalmidium* sp.; 166/2, × 70.
- 5 *Ammobaculites* sp.; 166/3-D₁, × 60.
- 6 *Galeanella* cf. *tollmanni* (Kristan); 166/2, × 100.
- 7 *Diploremina* ? sp.; 166/2, × 100.
- 8 *Triasina hantkeni* Majzon; Dr., × 60.
- 9 *Triasina oberhauseri* Koehn-Zaninetti & Brönnimann; sample Hybe 12, × 130.

All photos taken by Dr. A. Gaździcki

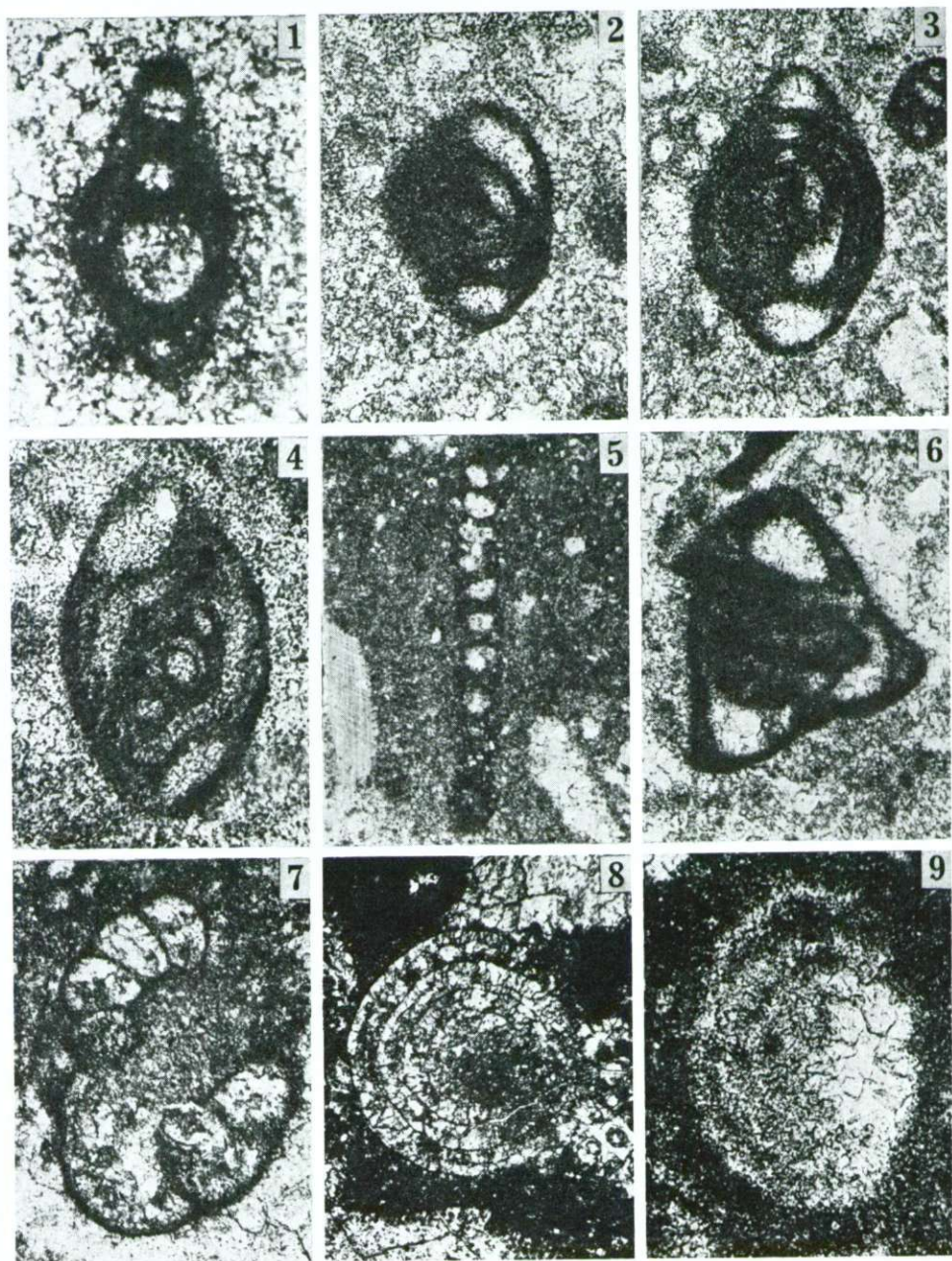


Plate 2

Samples from Kendelbachgraben, Austria

- 1 *Trochammina alpina* Kristan-Tollmann; Ö-34, × 250.
- 2 *Trochammina* ? sp.; Ö-34, × 250.
- 3 *Alpinophragmium perforatum* Flügel; Ö-41, × 40.
- 4 *Agathammina austroalpina* Kristan-Tollmann & Tollmann; Ö-41, × 100.
- 5 *Lingulina* cf. *placklesensis* Kristan-Tollmann; Ö-38, × 150.
- 6 *Nodosaria ordinata* Trifonova; Ö-41, × 150.
- 7 *Nodosaria* sp.; Ö-34, × 250.
- 8 *Glomospirella* sp.; Ö-41, × 150.
- 9 *Ophthalmidium* sp.; Ö-36, × 250.
- 10—12 *Involutina communis* Kristan; Ö-41, 10, 12 — × 90, 11 — × 70.
- 13 *Trocholina permodiscoides* Oberhauser; Ö-41, × 90.

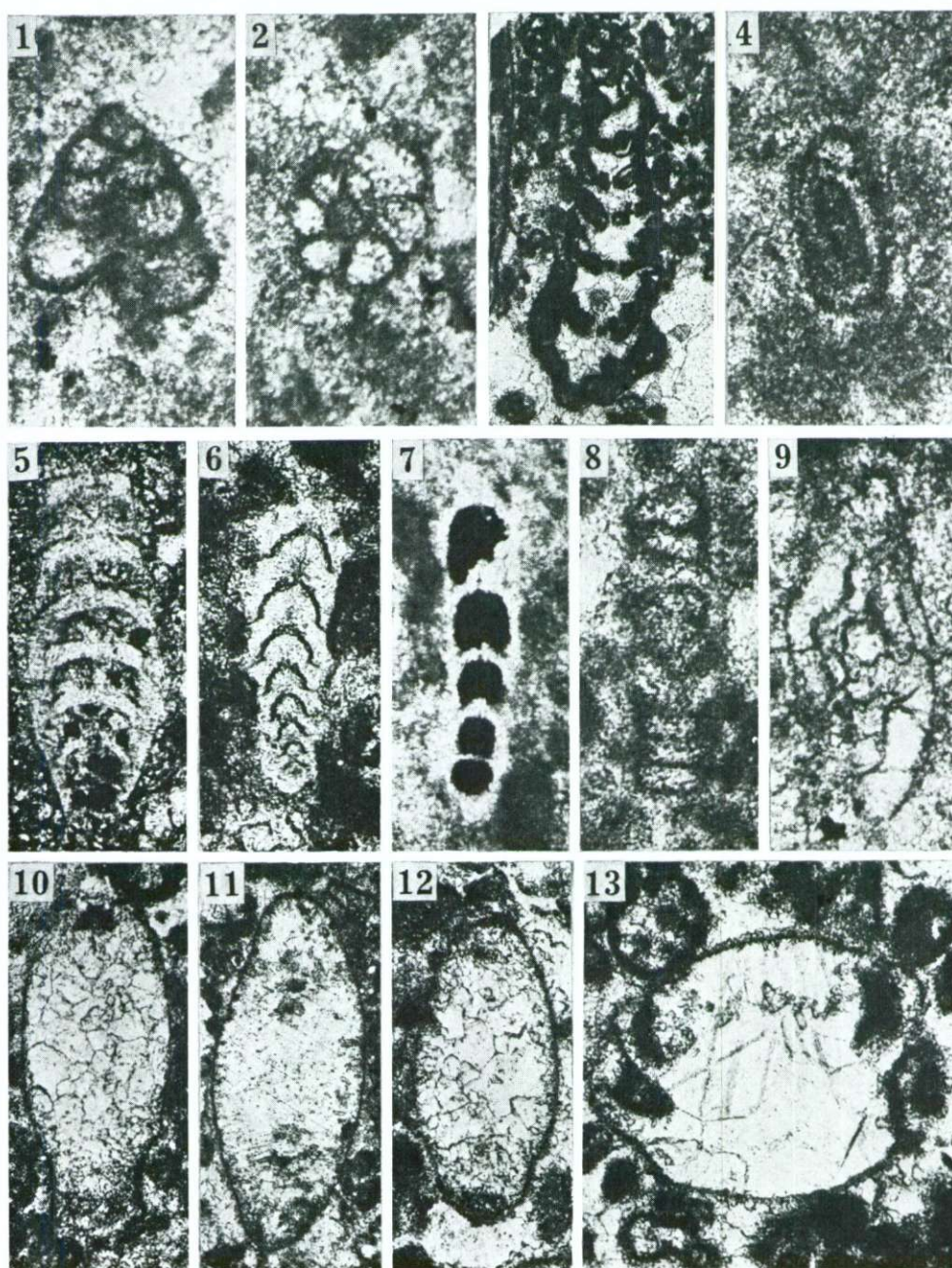


Plate 3

All specimens from sample Ö-18 (Fischerwiese, Austria)

- 1 *Glomospirella friedli* Kristan-Tollmann, $\times 130$.
- 2 *Tolypammina* sp., $\times 60$.
- 3 *Ophthalmidium* sp., $\times 150$.
- 4 *Galeanella* ? sp., $\times 150$.
- 5—6 *Endothyra* sp., $\times 60$.
- 7 *Diploremmina* cf. *subangulata* Kristan-Tollmann, $\times 60$.
- 8 *Diploremmina* sp., $\times 60$.
- 9—10 »*Sigmoilina*« sp., $\times 150$.
- 11 *Trochammina alpina* Kristan-Tollmann, $\times 150$.
- 12 *Alpinophragmium perforatum* Flügel, $\times 40$.

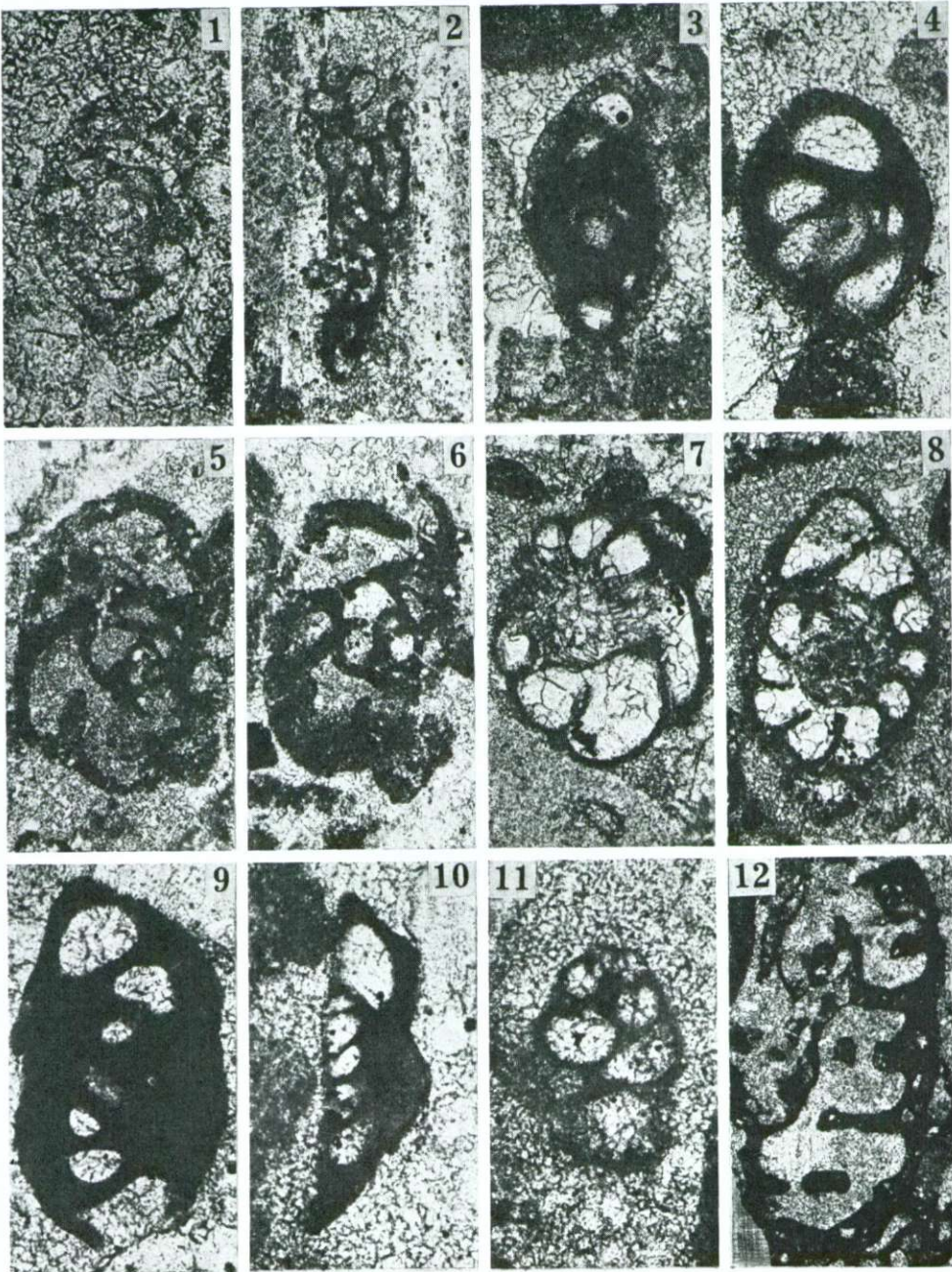


Plate 4

All samples from Malý Mlynský vrch (Slovakian Karst)

- 1 *Glomospirella* cf. *pokornyi* (Salaj), MMV-6, $\times 200$.
- 2 »*Vidalina*« *carinata* (Leischner); MMV-4, $\times 150$.
- 3—5 »*Vidalina*« *carpathica* Gaździcki sp. n. (fig. 4: holotype); MMV-4, $\times 150$.
- 6 *Ophthalmidium* cf. *triadicum* (Kristan); MMV-3, $\times 200$.
- 7 *Nodosaria* sp.; MMV-1, $\times 200$.
- 8—9 *Agathammina* ? *iranica* Zaninetti, Brönnimann, Bozorgnia & Huber; MMV-1, $\times 300$.
- 10—13 *Trochammina alpina* Kristan-Tollmann: 10 — MMV-1, $\times 250$, 11 — MMV-4, $\times 250$; 12, 13 — MMV-2, $\times 200$.
- 14 *Glomospirella* ? sp.; MMV-2, $\times 300$.
- 15 *Glomospira* sp.; MMV-2, $\times 200$.

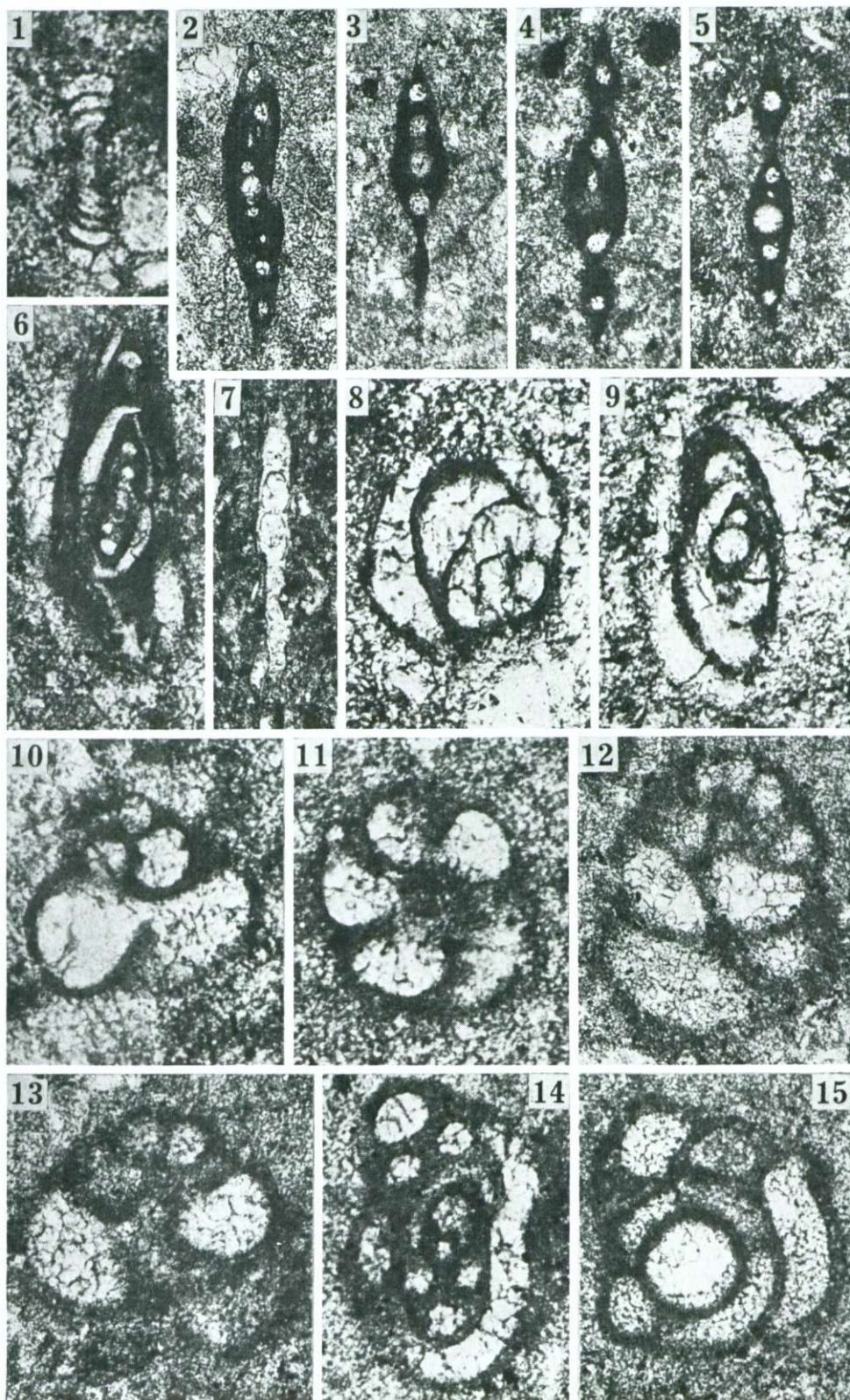


Plate 5

- 1, 2 *Misikella posthernsteini* Kozur & Mock, fig. 1: posterior view; fig. 2: lateral view; Lower Rhaetian (*pokornyi* & *friedli* foraminifer zone, *Misikella posthernsteini* conodont zone), Choč nappe, Chochołowska Valley at the foot of Siwiańskie Turnie (western part of the Tatra Mts., Poland). 200 ×.
- 3—7 *Misikella hernsteini* (Mostler), figs. 3 a, 4—6: lateral view; figs. 3 b, 7: upper view; all from the uppermost Sevatian of Hernstein, Austria (Bed C 1 according to Mostler, Oberhauser & Plöckinger, 1967), *Misikella hernsteini* conodont assemblage zone. 83 ×.
- 8, 9 *Parvigondolella andrusovi* Kozur & Mock, lateral view, Upper Sevatian, *Parvigondolella andrusovi* conodont assemblage zone; fig. 8: Bohúňovo (Silica nappe, Slovakian Karst), 100 ×; fig. 9: Silická Brezová (Silica nappe, Slovakian Karst), 60 ×.
- 10—12 *Metapolygnathus bidentatus* (Mosher); figs. 10 a, 11: lateral view; figs. 10 b, 12: upper view; all from the upper *Metapolygnathus bidentatus* conodont zone (Middle Sevatian) of Silická Brezová (Silica nappe, Slovakian Karst); fig. 10: platform quite reduced, only lateral denticles are present, sample S 1, 60 ×; figs. 11, 12: platform still well developed, sample S 19, 100 ×.
- 13 *Metapolygnathus mosheri* (Kozur & Mostler), a) lateral view, b) upper view; upper *Metapolygnathus bidentatus* conodont zone (Middle Sevatian), Silická Brezová (Silica nappe, Slovakian Karst), sample S 17, 60 ×.
- 14 *Metapolygnathus posterus* (Kozur & Mostler), a) lateral view, b) upper view, middle *Metapolygnathus bidentatus* zone (Lower Sevatian), Silická Brezová (Silica nappe, Slovakian nappe, Slovakian Karst), sample S 30, 60 ×.
- 15 *Metapolygnathus zapfei* Kozur, a) lateral view, b) upper view, Sommeraukogel (Austria), »Hangendrotkalk«, lower *Metapolygnathus bidentatus* conodont zone (Lower Sevatian), 80 ×.
- 16 *Metapolygnathus abneptis spatulatus* (Hayashi), upper view of an aberrant specimen, near to the holotype of this subspecies, lower *Metapolygnathus bidentatus* conodont zone (Lower Sevatian), Silická Brezová (Silica nappe, Slovakian Karst), sample S 16, 60 ×.



1



2



3a



4



5



6



3b



7



8



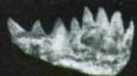
9



10a



10b



11



12



13a



13b



14a



14b



15a



15b



16

References

- Andrusov, D. 1934, Sur la trouvaille d'un ammonéen dans le Rhétien carpathique. Věst. Serv. Géol. Republ. Tchecoslov. 10 (1-2), 9-12, Praha.
- Bittner, A. 1890, Brachiopoden der alpinen Trias. Abh. Geol. Reichsanst. 14, 1-325. Wien.
- Bolz, H. 1971, Die Zlambach-Schichten (alpine Obertrias) unter besonderer Berücksichtigung der Ostracoden. Teil 1: Ostracoden der Zlambach-Schichten, besonders Bairdiidae. Senckenbergiana lethaea 52 (2/3), 129-283. Frankfurt am Main.
- Bolz, H. 1974, Die Zlambach-Schichten (alpine Obertrias) unter besonderer Berücksichtigung der Ostracoden. Teil 2. Senckenbergiana lethaea 55 (1/5), 325-361. Frankfurt am Main.
- Brönnimann, P., Cadet, J. P. et al. 1973, Révision morphologique et émendation du genre triasique Galeanella Kristan-Tollmann (foraminifère) et description de Galeanella panticae, n. sp. (Dinarides yougoslaves et Zagros, Iran). Verh. Geol. B.-A., 1973 (3), 411-435. Wien.
- Budurov, K. & Pevný, J. 1970, Über die Anwesenheit von Trias-Conodonten in den Westkarpaten. Geol. Práce, Správy 51, 165-172. Bratislava.
- Bunza, G. & Kozur, H. 1971, Beiträge zur Ostracodenfauna der tethyalen Trias. Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck 1 (2), 1-76. Innsbruck.
- Bystrický, J. 1964, Slovenský kras. Stratigrafia a Dasycladaceae mesozoika Slovenského krasu. Ústr. Úst. Geol. 204 pp. Bratislava.
- Bystrický, J. 1972, Faziesverteilung der mittleren und oberen Trias in den Westkarpaten. Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. 21, 289-310. Innsbruck.
- Bystrický, J. (ed.) 1973, Triassic of the West Carpathians Mts. Guide to Excursion D, 10. Congr. CBGA, 137 pp. Bratislava.
- Bystrický, J. 1975, The Kössen Beds in the West Carpathians and the problem of their stratigraphic division. Geol. zborn., geol. Carpathica 26 (2), 177-197. Bratislava.
- Bystrický, J. & Biely, A. 1966, Kolloquium über die Stratigraphie der Trias, Bratislava, September 1966. Exkursionsführer (Trias der Westkarpaten). Geol. Inst. Slovak. Akad. Wiss., 1-64. Bratislava.
- Dagys, A. S. 1974, Triasovye brachiopody. 387 pp. Novosibirsk 1974.
- Fabricius, F. 1974, Die stratigraphische Stellung der Rät-Fazies. In: Zapfe, H. (ed.): Die Stratigraphie der alpin-mediterranen Trias. Schriftenr. Erdwiss. Komm. Österreich. Akad. Wiss. 2, 87-92. Wien-New York.
- Flügel, E. 1975, Kalkalgen aus Riffkomplexen der alpin-mediterranen Obertrias. Verh. Geol. B.-A. 1975 (2/3), 297-346. Wien.
- Gaździcki, A. 1974a, Rhaetian microfacies, stratigraphy and facial development in the Tatra Mts. Acta Geol. Pol. 24 (1), 17-96. Warszawa.
- Gaździcki, A. 1974b, Rhaetian-Lower Hettangian foraminifer zonation and the problem Triassic/Jurassic boundary in the Tatra Mts. (West Carpathians). Les Actes du VI^e Colloque Africain de Micropaléontologie. Tunis, 89-102. Tunis.
- Gaździcki, A. & Iwanow, A. 1976, The diachronism of the Rhaetic and "Gresten" Beds in the Tatra Mts. (West Carpathians). Bull. Acad. Polon. Sci., Sér. Sci. Terre, 24 (2), 117-122. Varsovie.
- Gaździcki, A. & Zawadzka, K. 1973, Triassic foraminifer assemblages in the Choč nappe of the Tatra Mts. Acta Geol. Pol., 23 (3), 483-490. Warszawa.
- Goetel, W. 1917, Die rhätische Stufe und der unterste Lias der subalpinen Zone in der Tatra. Bull. Acad. Sci. Cracovie, Cl. Sci. Math.-Nat., Sér. A, 1-222, Krakow.
- Guembel, C. W. 1859, Über die Gleichsetzung der Gesteinsmassen in den nord-östlichen Alpen mit außeralpinischen Flötzschichten. Verh. Ges. Deutsch. Naturforsch. u. Ärzte. 54, 80-88. Karlsruhe (1858).
- Guembel, C. W. 1861, Geognostische Beschreibung des Bayerischen Alpengebirges und seines Vorlandes. 950 pp. Gotha (Perthes).
- Hass, O. 1909, Bericht über neue Aufsammlungen in den Zlambachmergeln der Fischerwiese bei Alt-Aussee. Beitr. Paläont. Geol. Österr. Ungar. Orients 22, 143-167, Wien.
- Hohenegger, J. & W. Piller 1975, Diagenetische Veränderungen bei ober-triadischen Involutinidae (Foraminifera). N. Jb. Geol. Paläont. Mh. 1975 (1), 26-39. Stuttgart.

Jendrejáková, O. 1970, Foraminiferen der oberen Trias des Slowakischen Karstes und des Muráň-Plateaus. Geol. zborn., geol. Carpathica 21 (2), 343—350. Bratislava.

Kochanová, M. 1967, Zur Rhaet-Hettang-Grenze in den Westkarpaten. Zborn. Geol. Vied., Záp. Karpaty 7, 7—102. Bratislava.

Kollárová-Andrusovová, V. & Kochanová, M. 1973, Molluskenfauna des Bleskový prameň bei Drnava (Nor, Westkarpaten). Slov. Akad. Vied. Bratislava, 235 pp. Bratislava.

Kollmann, K. 1963, Ostracoden aus der alpinen Trias II, Weitere Bairdiidae. Jb. Geol. Bundesanst. 106, 121—203. Wien.

Koutek, J. 1927, Přspěvek k poznání hybského rhaetu v horním Považí. Rozpravy II. Třída České Akad. 36 (3), 1—7, Praha.

Kozur, H. 1971, Zur Verwertbarkeit von Conodonten, Ostracoden und ökologisch-fazielle Untersuchungen in der Trias. Geol. zborn., geol. Carpathica 22 (1), 105—130. Bratislava.

Kozur, H. 1972 a, Die Conodontengattung *Metapolygnathus* Hayashi 1968 und ihr stratigraphischer Wert. Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck 2, (11), 1—37. Innsbruck.

Kozur, H. 1972 b, Vorläufige Mitteilung zur Parallelisierung der germanischen und tethyalen Trias sowie einige Bemerkungen zur Stufen- und Unterstufengliederung der Trias. Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. 21, 361—412. Innsbruck.

Kozur, H. 1972 c, Die Bedeutung triassischer Ostracoden für stratigraphische und paläoökologische Untersuchungen. Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. 21, 623—660. Innsbruck.

Kozur, H. 1973 a, Beiträge zur Stratigraphie und Paläontologie der Trias. Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck 3 (1), 1—30. Innsbruck.

Kozur, H. 1973 b, Beiträge zur Stratigraphie von Perm und Trias. Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck, 3 (3), 1—31. Innsbruck.

Kozur, H. 1973 c, Beiträge zur Ostracodenfauna der Trias. Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck 3 (5), 1—41. Innsbruck.

Kozur, H. 1973 d, Beiträge zur Stratigraphie der Trias II. Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck 3 (4), 1—20. Innsbruck.

Kozur, H. 1974 a, Probleme der Triasgliederung und Parallelisierung der germanischen und tethyalen Trias. Teil I: Abgrenzung und Gliederung der Trias. Freiburger Forsch.-H. C 298, 139—197. Leipzig.

Kozur, H. 1974 b, Die Conodontengattung *Metapolygnathus* Hayashi 1968 und ihr stratigraphischer Wert II. Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck 4 (1), 1—35. Innsbruck.

Kozur, H. 1975, Probleme der Triasgliederung und Parallelisierung der germanischen und tethyalen Trias. Teil II: Anschluß der germanischen Trias an die internationale Triasgliederung. Freiburger Forsch.-H. C 304, 51—77. Leipzig.

Kozur, H. & Mock, R. 1972, Neue Conodonten aus der Trias der Slowakei und ihre stratigraphische Bedeutung. Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck 2 (4), 1—20. Innsbruck.

Kozur, H. & Mock, R. 1973, Das Alter der Hauptspaltengeneration in den Hallstätter Kalken des Salzkammergutes (Österreich) und der Slowakei. Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck 3 (10), 1—20. Innsbruck.

Kozur, H. & Mock, R. 1974 a, Holothurien-Sklerite aus der Trias der Slowakei und ihre stratigraphische Bedeutung. Geol. zborn., geol. Carpathica 25 (1), 113—143. Bratislava.

Kozur, H. & Mock, R. 1974 b, Zwei neue Conodonten-Arten aus der Trias des Slowakischen Karstes. Časopis Min. Geol. 19 (2), 135—139. Praha.

Kozur, H. & Mock, R. 1974 c, *Misikella posthernsteini* n. sp., die jüngste Conodontenart der tethyalen Trias. Časopis Min. Geol. 19 (3), 245—250. Praha.

Kozur, H. & Mostler, H. 1972 a, Die Conodonten der Trias und ihr stratigraphischer Wert. Teil I. Die „Zahnreihen-Conodonten“ der Mittel und Obertrias. Abh. Geol. B.-A. Wien 28 (1), 1—36. Wien.

Kozur, H. & Mostler, H. 1972 b, Die Bedeutung der Mikrofossilien für stratigraphische, paläoökologische und paläogeographische Untersuchungen in der Trias. Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. 21, 341—360. Innsbruck.

Kozur, H. & Mostler, H. 1972 c, Die Bedeutung der Conodonten für stratigraphische und paläogeographische Untersuchungen in der Trias. Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. 21, 777—810. Innsbruck.

Kozur, H. & Oravec, A. 1972, Neue Ostracoden-Arten aus dem Rhät Ungarns. Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck 2 (3), 1—14. Innsbruck.

Kristan, E. 1957, Ophthalmitidae und Tetrataxinae (Foraminifera) aus dem Rhät der Hohen Wand in Nieder-Österreich. Jb. Geol. B.-A. 100 (2), 289—298. Wien.

Kristan-Tollmann, E. 1962, Stratigraphisch wertvolle Foraminiferen aus Obertrias- und Liaskalken der voralpinen Fazies bei Wien. Erdöl-Zeitschr. 78 (4), 228—233. Wien—Hamburg.

Kristan-Tollmann, E. 1964, Die Foraminiferen aus den rhätischen Zlambachmergeln der Fischerwiese bei Aussee im Salzkammergut. Jb. Geol. B.-A., Sonderbd. 10, 1—189. Wien.

Krystyn, L. 1973, Zur Ammoniten- und Conodonten-Stratigraphie der Hallstätter Obertrias (Salzkammergut, Österreich). Verh. Geol. B. A. 1973 (1), 113—153. Wien.

Krystyn, L. 1974, Probleme der biostratigraphischen Gliederung der alpin-mediterranen Obertrias. In: Zapfe, H. (ed.): Die Stratigraphie der alpin-mediterranen Trias. Schriftenr. Erdwiss. Komm. Österr. Akad. Wiss. 2, 137—144. Wien—New York.

Majerská, D. 1973, Mikrofosilie z nerozpustných zvyškov rétických vápencov. Unpublished report, Geofond Bratislava.

Matějka, A. & Andrusov, D. 1931, Aperçu de la géologie des Carpathes occidentales de la Slovaquie centrale et des régions avoisinantes. Knih. Stat. Geol. Úst. 13 A, 19—163. Praha.

Mello, J. 1973, Drnava — The Bleskový prameň spring, Norian in the Furmanec limestone facies. In: Bystrický, J.: Triassic of the West Carpathian Mts.—Guide to Excursion D, 10. Congr. CBGA, 52—59. Bratislava.

Michalík, J. 1973 a, New information on the character of the Rhaetian at the locality near Hybe (northern slope of the Tatra Mts., Slovakia). Geol. Práce, Správy 60, 197—212. Bratislava.

Michalík, J. 1973 b, Hybe — The Kössen Beds. In: Bystrický, J.: Triassic of the West Carpathian Mts. — Guide to Excursion D, 10. Congr. CBGA, 89—92. Bratislava.

Michalík, J. 1975, Genus *Rhaetina* Waagen, 1882 (Brachiopoda) in the uppermost Triassic of the West Carpathians. Geol. zborn., geol. Carpathica 26 (1), 47—76. Bratislava.

Mock, R. 1971, Conodonten aus der Trias der Slowakei und ihre Verwendung in der Stratigraphie. Geol. zborn., geol. Carpathica 22 (2), 241—260. Bratislava.

Mock, R. 1973, Über einen Fund von Zlambach-Schichten (Nor) im Slowakischen Karst. Geol. Práce, Správy 60, 221—224. Bratislava.

Mock, R. 1975, Über Trias-Conodonten und einige Probleme der Trias-Stratigraphie in den Westkarpaten. Mineralia slovaca 7 (1—2), 27—34. Bratislava.

Mojsisovics, E. v. 1893, Die Cephalopoden der Hallstätter Kalke. Abh. Geol. Reichsanst. 6 (2), 835 pp. Wien.

Mojsisovics, E. v. 1898, Über den chronologischen Umfang des Dachsteinkalkes. Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien, Math.-Nat. Cl. 105 (1), 5—40. Wien.

Mojsisovics, E. v., Waagen, W. & C. Diener 1895, Entwurf einer Gliederung der pelagischen Sedimente des Trias-Systems. Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien, Math.-Nat. Cl. 104 (1), 1271—1302. Wien.

Morbey, S. J. 1975, The palynostratigraphy of the Rhaetian stage, Upper Triassic in the Kendelbachgraben, Austria. Palaeontographica, Abt. B 152 (1—3), 1—75. Stuttgart.

Mosher, L. C. 1968, Triassic conodonts from western North America and Europe and their correlation. J. Paleont. 42 (4), 895—946. Tulsa.

Mostler, H., Oberhauser, R. & Plöckinger, B. 1967, Die Hallstätter Kalk-Scholle des Burgfelsens Herrnstein (N.-O.). Verh. geol. B.-A., 1967 (1/2), 27—36. Wien.

Ott, E. 1974, Algae (Dasycladaceae). Catalogus fossilium Austriae 17 b, 1—64. Wien.

Pearson, D. A. M. 1970, Problems of Rhaetian stratigraphy with special reference to the lower boundary of the stage. *Quart. J. Geol. Soc. London* 126, 125—150. Belfast.

Salaj, J. 1969 a, Essai de zonations dans le Trias des Carpathes Occidentales d'après les Foraminifères. *Geol. Práce, Správy* 48, 123—128. Bratislava.

Salaj, J. 1969 b, Quelques remarques sur les problèmes microbiostratigraphiques du Trias. *Notes Serv. Géol. Tunisie* 31, 5—23. Tunis.

Salaj, J. 1974, Contribution à la microbiostratigraphie du Trias des Carpathes Occidentales tchécoslovaques. *Les Actes du VI^e Colloque Africain de Micropaléontologie, Tunis*.

Salaj, J. in press, On the phylogeny of Ammodiscidae Rhumbler 1895, Fischerinidae Millet 1898 and Involutinidae Bütschli 1880, emend. Salaj, Biely and Bystrický 1967 from the Central-Carpathian Triassic of Slovakia. 1st Intern. Symp. on Continental Margin Benthonic Foraminifera, Halifax.

Salaj, J., Biely, A. & Bystrický, J. 1967, Trias-Foraminiferen in den Westkarpaten. *Geol. Práce, Správy* 42, 119—136. Bratislava.

Salaj, J. & Jendrejáková, O. 1967, Die Foraminiferen aus der oberen Trias der Westkarpaten. *Geol. zborn., geol. Carpathica* 18 (2), 311—313. Bratislava.

Siblik, M. 1967, The brachiopods of the Norian locality Drnava (Southern Slovakia). *Geol. Práce, Zprávy* 43, 81—98. Bratislava.

Stache, G. 1867, Das Gebiet der Schwarzen und Weißen Waag. *Verh. Geol. Reichsanst.* 4, 283—289. Wien.

Stürzenbaum, J. 1879, Kössener Schichten bei Dernö im Tornaer Comitate. *Földt. Közl.* 4. Budapest.

Suess, E. & Mojsisovics, E. v. 1869, Studien über die Gliederung der Trias- und Jurabildungen in den östlichen Alpen. II. Die Gebirgsgruppe des Osterhorns. *Jb. Geol. Reichsanst.* 19, 167—200. Wien.

Suf, J. 1939, Předběžná zpráva o geologickém mapování provedeném v r. 1938 v okolí obci Gemerské Kováčové, Lúčky a Borky na Slovensku. *Horn. Věst.* 2. Praha.

Sweet, W. C. et al. 1971, Conodont biostratigraphy of the Triassic. In: Symposium on conodont biostratigraphy. *Geol. Soc. Amer., Mem.* 127, 441—465.

Tozer, E. T. 1967, A standard for Triassic time. *Bull. Geol. Surv. Canada* 156, 1—103. Ottawa.

Tozer, E. T. 1974, Definitions and limits of Triassic stages and substages: suggestions prompted by comparisons between North America and the alpine-mediterranean region. In: Zapfe, H. (ed.): *Die Stratigraphie der alpin-mediterranen Trias*. *Schriftenr. Erdwiss. Komm. Österr. Akad. Wiss.* 2, 195—206. Wien—New York.

Urlichs, M. 1972, Ostracoden aus den Kössener Schichten und ihre Abhängigkeit von der Ökologie. *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud.* 21, 661—710. Innsbruck.

Wiedmann, J. 1972, Ammoniten-Nuklei aus Schlammproben der nordalpinen Obertrias — ihre stammesgeschichtliche und stratigraphische Bedeutung. *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud.* 21, 561—622. Innsbruck.

Wiedmann, J. 1974, Zum Problem der Definition und Abgrenzung von Oberrhin (Sevat) und Rhät. In: Zapfe, H. (ed.): *Die Stratigraphie der alpin-mediterranen Trias*. *Schriftenr. Erdwiss. Komm. Österreich. Akad. Wiss.* 2, 229—235. Wien—New York.

Zaninetti, L. 1976, Les Foraminifères du Trias. Essai de synthèse et corrélation entre les domaines mésogéens européen et asiatique. *Riv. Ital. Paleont.* 82 (1), 1—258. Milano.

Zapfe, H. 1967, Beiträge zur Paläontologie der nordalpinen Riffe. Die Fauna der Zlambach-Mergel der Fischerwiese bei Aussee, Steiermark. *Ann. Naturhist. Mus. Wien* 71, 413—480. Wien.

UDK 551.762/763:56.016.3(497.12)=863

Biostratigrafija mejnih plasti med juro in kredo v južni Sloveniji

Biostratigraphy of the Jurassic-Cretaceous boundary layers from South Slovenia

Ljudmila Šribar

Geološki zavod, 61000 Ljubljana, Parmova 33

Kratka vsebina

Primerjalne biostratigrafske raziskave in literatura o plasteh z aberantnimi tintininami kažejo, da pripada apnenec na območju zunanjih Dinaridov v južni Sloveniji, ki vsebuje združbo klipein in tintinin, zgornjemu malmu. Enako velja za plasti s samimi aberantnimi tintininami. Više v zaporedju se apnenec z neznatnimi mikrofosili, ki lahko pomenijo tako zgornji malm kot spodnjo kredo, menjava z dolomitom. Ta del zaporedja kaže na prehod med juro in kredo in po položaju ustreza berriasijski stopnji. Nato šele nastopi združba alg in foraminifer, značilna za valanginijsko stopnjo: *Clypeina?* *solkani* Conrad & Radoičić ter rodovi *Cuneolina*, *Debarina*, *Pseudotextularia* in drugi.

Abstract

Aberrant tintinnids from the Dinarides of South Slovenia do not indicate the Valanginian stage as was recorded for many years. The author arrived at this decision after studying all the aspects of the occurrences of aberrant tintinnids. Along the old Vrhnika—Logatec road, for example, they occur in association with *Clypeina jurassica* indicating Upper Malmian series. *Clypeina* alone persists into the top Malmian layer. Elsewhere, however, tintinnids extend higher than *Clypeina*. The overlying limestone/dolomite alternation is of transitional character and is considered to be of Berriasian age. Only thereupon follows Valanginian stage characterized by the true Cretaceous index fossils of alga *Clypeina?* *solkani* Conrad & Radoičić and foraminiferal genera *Cuneolina*, *Debarina*, *Pseudotextularia*.

Mejne plasti med juro in kredo

V južni Sloveniji prehajajo jurske plasti postopno v kredne, torej enako kot drugod v zunanjih Dinaridih. Sedimentacijsko okolje se na prehodu ene dobe v drugo ni veliko spremenilo; na to kažejo mikrofosili ter razvoj sedimentov v vrhnjem delu jure in na pričetku spodnje krede. Sedimentacijski prostor je bila plitva obkontinentalna polica z obrežnimi lagunami in zatišnimi

zalivi z občasno nadplimskim okoljem, kjer je prihajalo do izsušitev in ponekod tudi do krajših prekinitev sedimentacije. Mikrofosili so v teh prehodnih plasteh neznatni in jih dobimo tako v zgornjem delu malma kot v spodnji kredi. Med nje štejemo zlasti vrsti *Favreina salevensis* (Parèjas) in *Salpingoporella annulata* Carozzi. Spremljajo ju nekatere male foraminifere, predvsem iz družin Textulariidae in Ophthalmidiidae.

Na vsem območju nekdanje Tetide je za zgornji malm vodilna alga *Clypeina jurassica* Favre. Njena življenjska doba sega od zgornjega kimmeridgija do titona, to je do meje s spodnjo kredo. V biostratigrafski razdelitvi je po njej imenovana cenocona, ki obsega zgornji del malma.

Malo pozneje, vendar ponekod skoraj istočasno s klipino, so se v zgornjem kimmeridgiju pojavile aberantne tintinine. Pogostne pa so tintinine šele v titonu v asociaciji s klipino. Po tej fosilni združbi je dobila ime podcona. Le ponekod so znane aberantne tintinine same nad plastmi z združbo klipine s tintininami.

Aberantnim tintininam smo pripisali pri nas velik pomen za biostratigrafijo. Plasti s tintininami brez klipine, ki so v normalnem stratigrafskem zaporedju sledile plastem s klipino in tintininami, smo šteli v valanginijsko stopnjo spodnje krede po delih R. Radoičičeve (1960, 1964, 1966 in 1969). A. Farinacci & Radoičić (1964) sta razdelili zgornji malm zunanjih Dinaridov na tri cone: *Clypeina jurassica*, *Clypeina jurassica* + aberantne tintinine in aberantne tintinine. Zadnja cona obsega že valanginij. V centralnih Apeninih pa je cona *Clypeina jurassica* + *Bankia striata* (= tintinine) omejena na zgornji malm, torej ne sega v spodnjo kredo. Plasti s tintininami sta uvrstila v valanginij S. Buser (1965) na obrobju Ljubljanskega barja in D. Turnšek (1965) na severozahodnem Dolenjskem. Enako so označene ustrezne plasti na osnovni geološki karti SFRJ list Gorica in list Ribnica (S. Buser, 1973 in 1974), list Ilirska Bistrica (D. Šikić & M. Pleničar, 1975) in Novo mesto (M. Pleničar & U. Premru, 1977). Na Trnovskem gozdu sta D. Turnšek in S. Buser (1966) na ta način obravnavala mejo jura-kreda.

Na drugi strani pa so aberantne tintinine po več avtorjih omejene na zgornji del malma. De Castro (1962) je postavil v zgornjem malmu dve cone, in sicer *Clypeina jurassica* in nad njo *Vaginella striata* (= tintinine). L. Šribar (1966) je v dolini Krke uvrstila v vrhnji del malma plasti s klipino in tintininami. L. Nikler & B. Sokač (1968) in I. Gušić (1969) so označili najvišji del malma kot cenocono *Clypeina jurassica*. I. Gušić, L. Nikler & B. Sokač (1971) pa so v tej zgornjemalmski cenoconi razlikovali še podcono *Campbelliella milesi* (= tintinine). I. Velić (1973 in 1977) je prištel plasti z aberantnimi tintininami na območju V. in Male Kapele v titon. Enako velja za zahodno Istro (B. Sokač & I. Velić, 1978) in okolico Ogulina (I. Velić & B. Sokač, 1978) ter za Biokovo (B. Sokač, I. Velić & J. Tišljar, 1978).

Po literaturnih podatkih so našli aberantne tintinine v raznih krajih. Imajo različen položaj v biostratigrafskem zaporedju in tudi njihova pogostnost je različna. Enako velja za naše geološke profile. Na listih Delnice in Črnomelj, kjer so plasti zgornje jure in spodnje krede zelo razširjene, so tintinine redke; pojavijo se šele v najvišjem delu plasti skupaj s klipino, debelem največ 40 cm. Klipina številčno prevladuje in se pojavlja sama še više kot tintinine.

V profilu na Mirni gori (Podražje-Kloster-Otovec) kaže nekaj metrov debela apnena breča na to, da je prihajalo tod v zgornjem malmu do krajših prekinitev v sedimentaciji. To potrjuje tudi odsotnost tintinin v tem profilu.

Lep primer postopnega prehoda jurskih plasti v kredne imamo ob stari cesti Vrhnika—Logatec. Tu se velike tintinine pojavijo že v spodnjem delu cenocone *Clypeina jurassica*, torej so razširjene skoraj v celotnem zgornjem delu malma. Pri Snežnem griču leži na plasteh svetlo sivega apnenca s klipeno in redkimi tintinami tri metre debela plast zelo svetlo sivega apnenca s številnimi tintinami. Nad njo se apnenec menjava z zrnatim sparitnim dolomitom. V apnencu dobimo redke klipene še 20 m nad plastmi s tintinami. Sledijo prehodne jursko-kredne plasti; menjavata se svetlo sivi apnenec in sparitni dolomit, apnenec je večidel laminirani stromatolitni mikrit s številnimi izsušitvenimi porami — dismikritni apnenec. Značilen je tudi nadplimski konglomerat, ki pomeni sedimentacijo v litoralnem pasu.

V prehodnih plasteh ni več vrste *Clypeina jurassica*, pač pa le vrsta *Favreina salevensis* (Paréjas) in zelo rekristalizirane dazikladaceje vrste *Salpingoporella annulata* Carozzi. Favreine se pojavljajo množično. Po njih smo imenovali cenocono, ki obsega barriasij. Redki primerki foraminifer so iz družine Ophthalmidiidae, Textulariidae in Miliolidae. Vrsta *Pseudocyclammia lituus* (Yokoyama), ki smo jo našli v zgornjem delu barremijskih plasti, nastopa prav tako v malmu in spodnji kredi do albija. Vrsta pa je pomembna kot indikator okolja. Živela je v zelo plitvem tropskem morju, globokem največ nekaj metrov, in bogatem s kisikom.

Alge so zelo rekristalizirane; poleg vrste *Salpingoporella annulata* dobimo le še vrsto *Thaumatoporella parvovesiculifera* (Raineri) ter ostrakode in odlomke lupin mehkužcev.

Vodilni kredni mikrofosili se pojavijo šele v valanginijski stopnji. Najpomembnejša je vrsta *Clypeina ? solkani* Conrad & Radoičić, pa *Salpingoporella annulata* Carozzi in *Actinoporella podolica* (Alth). Poleg alg se pojavijo tudi kredne vrste in rodovi foraminifer, in sicer *Cuneolina ex gr. camposaurii — laurentii*, *Debarina hahounerensis* Fourcade, Raoult & Vila, *Pseudotextulariella ? scarsellai* (De Castro), *Nezzazata* sp., *Glomospira* sp. ter družine Miliolidae, Textulariidae in Ophthalmidiidae.

Sklep

Preučevanje jurskih in krednih profilov v južni Sloveniji nas je privedlo do sklepa, da plasti z aberantnimi tintinami ne morejo biti valanginijske starosti. V asociaciji s tintinami nismo nikjer dobili značilnih krednih mikrofosilov. Položaj aberantnih tintinin pa je v stratigrafskem zaporedju na raznih krajih različen. Nad njimi se ponekod dobi klipena, ki je značilna zgornjemalmska vrsta.

Prehodne plasti med juro in kreda uvrščamo v berriasij. Ta del zaporedja doseže debelino največ 100 m; mikrofosili so v njem siromašni in neznačilni. Prične se tam, kjer izgine vodilna vrsta *Clypeina jurassica*, konča pa se z nastopom vodilnih krednih mikrofosilov valanginijske stopnje. Meja med berriasijem in valanginijem je tudi litološka.

Literatura

- Buser, S. 1973, Tolmač lista Gorica, Osnovna geološka karta 1:100 000, Zvezni geološki zavod, Beograd.
- Buser, S. 1974, Tolmač lista Ribnica, Osnovna geološka karta 1:100 000, Zvezni geološki zavod, Beograd.
- Buser, S. 1965, Geološka zgradba južnega dela Ljubljanskega barja in njegovega obrobja. *Geologija* 8, Ljubljana.
- De Castro, P. 1962, Il Giura — Lias dei Monti Lattari e dei rilievi ad ovest della Valle dell'Irno e della Piana di Montoro. *Boll. Soc. Nat. Napoli* 71, 3—34, Napoli.
- Farinacci, A. & Radoičić, R. 1964, Correlazione fra serie giuresi e cretacee dell'Appennino Centrale e delle Dinaridi esterne. *Ric. sci.* 34, serie 2, parte II A, vol. 7, n. 2, p. 269—300, Roma.
- Gušić, I. 1969, Biostratigrafske i mikropaleontološke karakteristike nekih jurskih profila iz područja centralne Hrvatske. *Geol. vjesnik* 22, 89—97, Zagreb.
- Gušić, I., Nikler, L. & Sokač, B. 1971, The Jurassic in the Dinaric mountains of Croatia and the problems of its subdivision. *Ann. Inst. Geol. Publ. Hung.* 54/2, 165—183, Budapest.
- Nikler, L. & Sokač, B. 1968, Biostratigraphy of the Jurassic of Velebit (Croatia). *Geol. vjesnik* 21, 161—176, Zagreb.
- Pleničar, M. et al 1970, Tolmač za list Postojna, Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Zvezni geološki zavod, Beograd.
- Pleničar, M. & Premru, U. 1977, Tolmač za list Novo mesto, Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Zvezni geološki zavod, Beograd.
- Radoičić, R. 1960, Mikrofacije krede i starijeg tercijara Spoljnih Dinarida Jugoslavije. Zavod za geol. istr. Crne Gore. *Paleont. jugosl. Dinarida*, A, 4/1, 35 str., Titograd.
- Radoičić, R. 1964, Mikropaleontološke odlike i stratigrafska korelacija nekih jurskih stubova spoljašnjih Dinarida. Referat na Simpoziju za naftu, maja 1963 u Hercegovnom. Nafta, br. 10, Zagreb.
- Radoičić, R. 1965, Microfaciès du Jurassique des Dinarides externes de la Yougoslavie. *Geologija* 9, Ljubljana.
- Radoičić, R. 1969, Aberantna grana fosilnih tintinina (podred Tintinnina). *Palaeontologia Jugoslavica* (Jugosl. akad. znan. umjet.) 9, Zagreb.
- Sartoni, S. & Crescenti, U. 1962, Ricerche biostratigrafiche nel mesozoico dell' Appennino meridionale. *Giorn. Geol.*, 2 a, 29, 161—304, Bologna.
- Sokač, B. & Velić, I. 1978, Biostratigrafska istraživanja donje krede vanjskih Dinarida (I). Neokom zapadne Istre. *Geol. vjesnik* 30, 243—250, Zagreb.
- Sokač, B., Velić, I. & Tišljar, J. 1978, Model biostratigrafskog raščlanjivanja i analiza sredine taloženja u karbonatnim sedimentima donje krede Biokova. Zbornik radova, Org. odb. 9 kongresa geologa Jugoslavije, Sarajevo.
- Sikić, D. & Pleničar, M. 1975, Tumač za list Ilirska Bistrica, Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Zvezni geološki zavod, Beograd.
- Sribar, L. 1966, Jurski sedimenti med Zagradcem in Randolom v dolini Krke. *Geologija* 9, Ljubljana.
- Turnšek, D. 1965, Velike tintinine v titonskih in valanginijskih skladih severozahodne Dolenjske. *Geologija* 8, Ljubljana.
- Turnšek, D. in Buser, S. 1966, Razvoj spodnjekrednih skladov ter meja med juro in kredo v zahodnem delu Trnovskega gozda. *Geologija* 9, Ljubljana.
- Velić, I. 1973, Stratigrafija krednih naslaga u graničnom području Velike i Male Kapela. *Geol. vjesnik* 26, 93—109, Zagreb.
- Velić, I. 1977, Jurassic and lower Cretaceous assemblage-zones in Mt. Velika Kapela, central Croatia. *Acta geol. IX/2, Prirod. istr. knj. 42*, Zagreb.
- Velić, I. & Sokač, B. 1978, Biostratigrafska analiza jure i donje krede šire okolice Ogulina (središnja Hrvatska). *Geol. vjesnik* 30/1, 309—337, Zagreb.

UDK 553.551.1:551.763.3(497.12)=863

Repen

Repen stone

Jože Vesel

Geološki zavod, 61000 Ljubljana, Parmova 33

Kratka vsebina

Opisan je geološki profil repenskih plasti s posebnim ozirom na razlik apnenca, ki se dá lepo polirati in je znan kot okrasni kamen pod imenom repen. Apnenec je siv, delno prekristaljen, bogat s školjčnimi lupinami različnih oblik in velikosti ter z drugimi organskimi ostanki, ki se na polirani ploskvi odražajo v različnih odtenkih. Fosilni ostanki potrjujejo njegovo zgornjekredno starost. Kamnolomi repna so na obeh straneh jugoslovansko-italijanske meje, pri nas na Sežanskem krasu. Kamen je uporaben predvsem za notranje obloge stavb, za zunanjo uporabo pa je treba polirane ploskve zaščititi pred atmosferskimi vplivi.

Obravnavani so tudi problemi nadaljnjega razvoja kamnolomov repna. Odsvetuje se napredovanje po vpadu, ker se v tem primeru kamnolom razvije v globoko jamo in postane prekrivka predebela, da bi bilo delo v kamnolomu gospodarno. Zato se priporoča napredovanje po smeri.

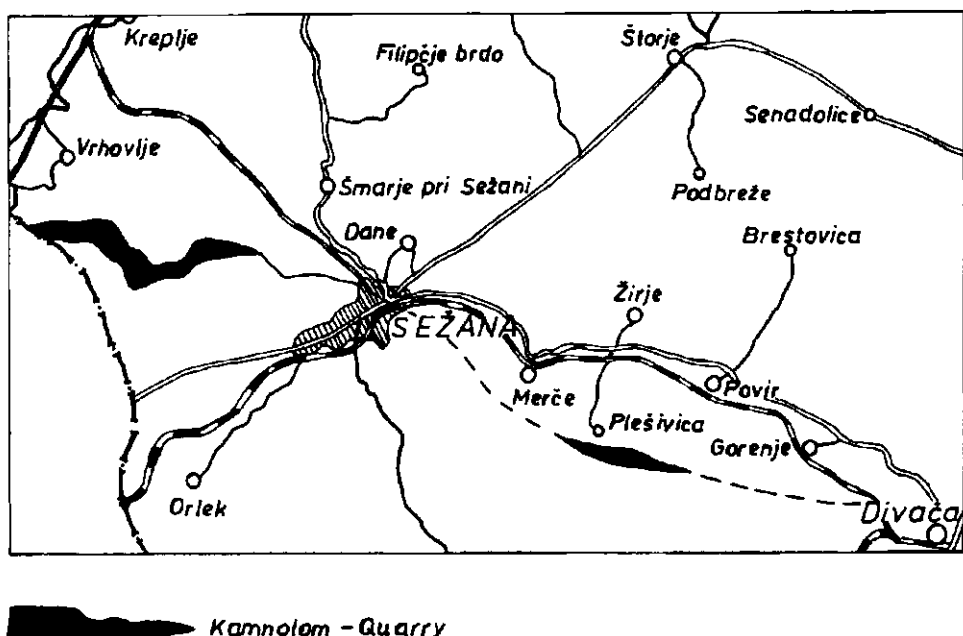
Abstract

Geological features of the Repen beds are given in regard to a limestone variety that can take a high polish. It qualifies for commercial limestone-marble well known under the trade name of "Repen". The Repen stone is an Upper Cretaceous light grey mottled limestone partly recrystallized and rich in shells of variable size and shape. It is quarried and prepared in dimension limestone in the Sežana karstland. Under interior environments of use the Repen stone is sound and durable, for exterior purposes the polished surfaces should be protected.

Finally quarrying problems are discussed. No quarrying to the dip is advisable; as the quarry deepens, the depth soon becomes too great and the overburden too thick for profitable work. That is why development to the strike is proposed.

Uvod

Sežanski kras je eno najbolj perspektivnih območij v Sloveniji za naravni okrasni kamen. Tu pridobivajo več različkov školjkastega apnenca kredne starosti; nahajališča podobnega kamna so tudi onstran državne meje z Italijo. Poleg sivega apnenca tipa nabrežina, kakršnega lomijo v Lipici, je najbolj znan repenski apnenec ali krajše repen. Ime je dobil po kraju Repen, ki leži tik



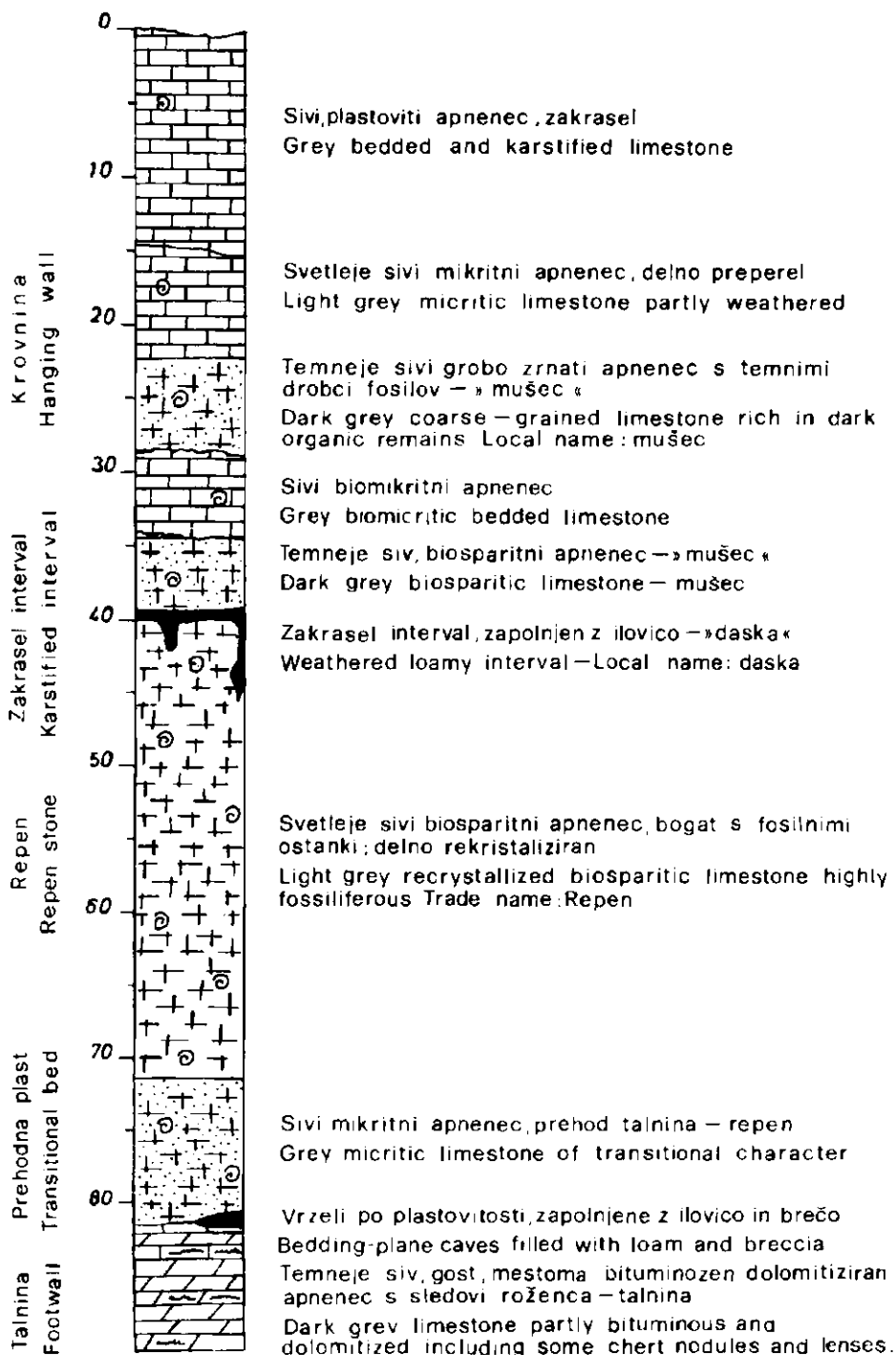
Sl. 1. Položajna skica repenskih plasti
Fig. 1. Location map of the Repen beds

ob meji na italijanski strani. Golice repenskega apnenca se vrste na našem ozemlju od državne meje prek opuščenih kamnolomov Lisično I in II, Vitez, Polževo I in II, Doline ter dalje proti vzhodu ob severnem vznožju hriba Mali Medvedjak, severno od Sežane, prek Plešivice proti Divači (sl. 1). Po dosedanjih geoloških raziskavah je mogoče sklepati, da je pomemben le zahodni del repenskega horizonta med Dolinami in državno mejo, kjer je na površju kontinuirna plast repna na severnem pobočju hriba Veliki Medvedjak. Vzhodno od Dolin se repenski horizont stanjša in večkrat prekine; zato so tam perspektivne le še posamezne večje golice, na primer Plešivica.

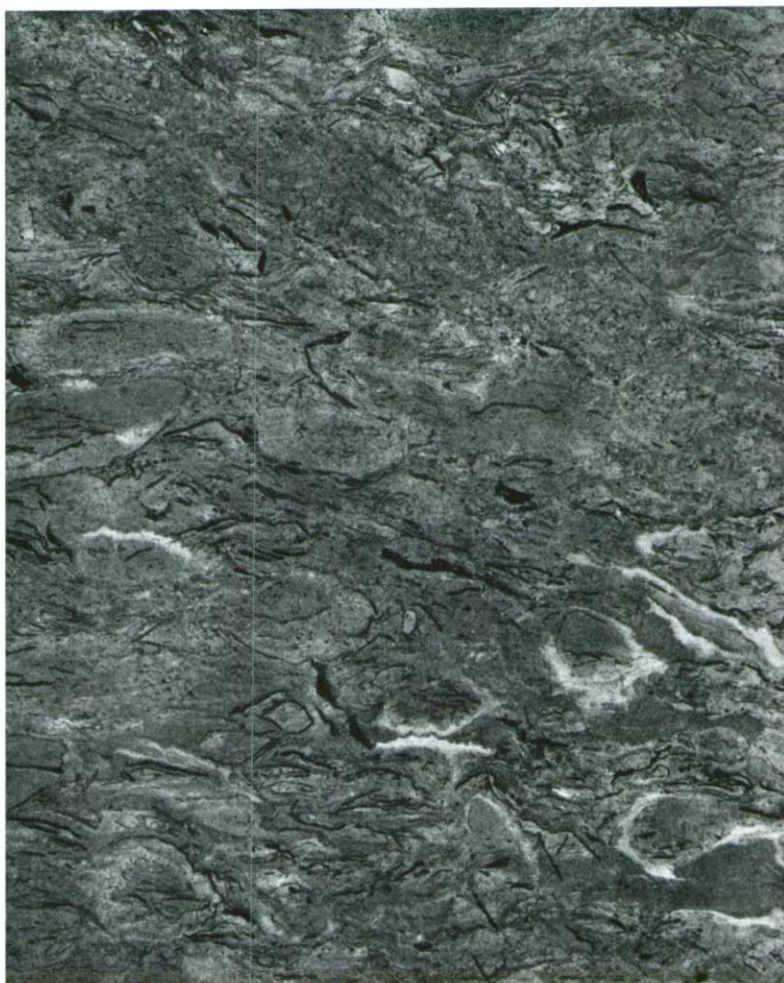
Geološke razmere repna

Repenske golice v celoti pripadajo jugozahodnemu delu Tržaško-komenske planote, ki sestoji v glavnem iz krednih karbonatnih kamenin. Geološke raziskave tega dela trajajo s prekinitvami že od l. 1964. V začetku so bile omejene le na ožja območja kamnolomov; po l. 1971 pa smo del nahajališča zahodno od Dolin obravnavali kompleksno kot eno nahajališče. Prejšnje regionalne geološke raziskave tega ozemlja so pripomogle k razumevanju paleontoloških tektonskih in stratigrafskih razmer (M. Pleničar, 1958, 1973; S. Buser in dr. 1973).

Med Dolinami in Lisičnim II je na razdalji okrog 1,1 km razkrita neprekinjena plast repna, ki zajema okrog 7,5 ha, medtem ko obsega celotna repenska serija na tem odseku približno 23 ha. Širina te plasti je zelo spremen-



Sl. 2. Geološki profil repenskih plasti
Fig. 2. Geological section of the Repen beds



Sl. 3. Repen s temnimi deformiranimi preseki školjk

Fig. 3. Repen stone showing almost black deformed shell's sections

ljiva, in sicer od 24 m v osrednjem delu do 110 m pri kamnolomu Vitez. Podobno variira tudi debelina, ki je tudi najmanjša v osrednjem delu, kjer znaša 16 m, medtem ko je najdebelejša v Dolinah, kjer znaša po podatkih vrtin 32 m. V zahodnem delu repenskega horizonta imamo pri nas in v bližini meje na italijanski strani dokaj zanesljive podatke. Manj znano pa je njegovo nadaljevanje proti Sežani in Divači.

Geološka zgradba je v splošnem naslednja. Talnina in krovina repenske serije je temno sivi gosti skladoviti, ponekod školjkoviti apnenec. Na meji s produktivno plastjo repna je več facialnih različkov apnenca, ki prehajajo drug v drugega. Celotno serijo repenskega apnenca, kamor prištevamo tudi



Sl. 4. Repen s preseki kaprinidnih in hondrodontnih lupin

Fig. 4. Repen stone showing abundant sections of the *Caprina* and *Chondrodonta* shells

neposredno talnino in krovino, smo razdelili na osem plasti, ki si sledijo od spodaj navzgor, oziroma na terenu od severovzhoda proti jugovzhodu, v naslednjem zaporedju (sl. 2).

Najnižja plast, to je neposredna talnina, je temneje sivi gosti, tu in tam bituminozni apnenec, ki vsebuje ponekod v zgornjem delu gomolje in manjše leče roženca. Razširjen je na večjem delu Krasa ter je ponekod dolomitiziran, na primer severno od Vrhovelj in severno od Lenivca. Ta apnenec je večidel homogen, ponekod pa vsebuje temnejše, deformirane lupine školjk. V teh delih ima sicer ugodne lastnosti za obdelavo in poliranje, vendar zaradi drugih neugodnih mehanskih lastnosti ni uporaben za naravni okrasni kamen.

Nad talninsko plastjo je ponekod vidna diskordanca, zapolnjena z vložkom apnenčeve breče z boksitnim vezivom, debele nekaj decimetrov. Sledi nekaj metrov debela plast sivega mikritnega apnenca z redkimi deformiranimi fosilnimi ostanki rudistov, ki meji na pravi repenski apnenec in tvori pravzaprav prehod, ker je meja le malokje ostra. Ker se dá polirati, bi bil lahko uporaben tudi kot naravni okrasni kamen, vendar je krhek, drobljiv in dokaj razpokan; zato ga imenujejo »glaževce«. V njem so, posebno v zgornjem delu, manjše



Sl. 5. Vzhodna stena kamnoloma Lisično I. Vidna je vrzel po plastovitosti, imenovana »daska«

Fig. 5. Eastern face of the Lisično I quarry. Note the bedding-plane cave named "daska"

nepravilne leče pravega repenskega apnenca, zaradi česar je težko določiti pravo zgornjo mejo te plasti in s tem tudi pravo debelino repna.

Nato se prične osrednja plast repenske serije, ki se razteza s prekinitvami na razdalji 15 do 20 km. To je repen klasični v komercialnem pomenu besede. Osnova je svetleje sivi in sivi, delno rekristalizirani biosparitni apnenec z izrazitimi temnejšimi in v glavnem prekrstaljenimi fosilnimi ostanki hondrodont in radiolitov (sl. 3). Fosilni ostanki niso enakomerno razporejeni in se razlikujejo med seboj tudi po velikosti in ohranjenosti. Bolj pogostni so v pasovih po plastovitosti, debelih 0,5 m, kar pomeni občasne spremembe sedimentacijskega okolja. Vmes, predvsem v zgornjem delu, so leče, tik pod zgornjo mejo pa ponekod cela plast repna z velikimi polnimi preseki kaprinid (sl. 4). Od krovnine je repen ločen z nekaj decimetrov debelo plastjo ilovice, rdečega in belega kalčita v obliki inkrustacij ter ponekod z dolomitom. Domačini imenujejo to zapolnitev »daska«; predstavlja pa krajšo vrzel v sedimentaciji kamenin repenske serije, oziroma konec sedimentacije repna. »Daska« je najlepše vidna v vzhodni steni kamnoloma Lisično II (sl. 5), sledili pa smo jo tudi v drugih kamnolomih in nekaterih vrtinah.

Neposredno krovninsko plast predstavlja tik nad »dasko« temneje sivi, delno prepereli brečasti apnenec s temnimi fragmenti raznih organizmov,

predvsem školjk, in z drobci antracita. Ponekod je ta apnenec enakomerno zrnat, trd in dokaj kompakten. Lokalno ga imenujejo »mušec«; uporaben je kot okrasni kamen.

Nad »mušcem« je peta plast, ki jo predstavlja sivi gosti, mestoma mehkejši laporasti apnenec s posameznimi temnejšimi lepo ohranjenimi fosili ali brez njih. Javlja se v obliki nepravilnih leč, ki dosežejo debelino nekaj metrov, in se lateralno hitro izklinjajo. Stratigrafsko so v različnih nivojih, vendar je prikamenina povsod »mušec«, od katerega se peta plast jasno loči tudi na površju, predvsem pa v kamnolomih.

Naslednja, šesta plast je tudi različek »mušca«, le da je bolj grobozrnat in preperel, še temnejši in vsebuje poleg fragmentov tudi cele lupine fosilov, ki so posebno v zahodnem delu tako številne, da so skoraj kamenotvorne. Debelina te plasti je različna, mestoma se združuje s četrto plastjo; skupaj dosežeta debelino prek deset metrov.

Sedma plast je skoraj ponovitev Pete plasti. To je sivi gosti mikritni apnenec, močnejše preperel, ponekod tudi prašnat s posameznimi neenakomerno razporejenimi fosilnimi ostanki. Na površju je povečini zdrobljen, porozen in luknjičav. Površinsko mejo z ostalimi plastmi je težko določiti zaradi preperelosti in zakraselosti, medtem ko je v jedrih vrtin bolj jasna. S to plastjo se konča repenska serija.

Nad sedmo plastjo sledi temno sivi povečini plastoviti apnenec s posameznimi ali v manjše leče zbranimi fosilnimi ostanki. Po svojih litoloških lastnostih in načinu nastopanja je ta apnenec podoben talnini, le da je manj bituminozen. Na površju je močno zakrasel do globine okrog 5 m, posamezne jame, razpoke in kaverne pa so znatno globlje in se zajedajo še globoko v repensko serijo.

Kot je navedeno v dosedanjem opisu, je debelina posameznih plasti zelo različna, različna pa je tudi debelina celotne repenske serije med pravo krovnino in talnino. Repen se odebeli zlasti na območju Viteza in Dolin. Sorazmerno z repnom pa se v teh delih poveča tudi debelina »mušca«. Druge plasti se povsem nepravilno odebeljujejo in tanjšajo. Značilno je, da se vse plasti stanjšajo med Polževim in Viteзом, kjer se krovina približa talnini na okrog 35 m. Vzhodno od Dolin se pričnejo vse repenske plasti tanjšati in nekatere od njih izginjati. Med Lenivcem, Sežano in Divačo se ponekod pojavljata samo še repen in »mušec«.

Vpad vseh plasti je enoten in znaša poprečno 5 do 25° proti SSW. Splošna značilnost, ki jo nakazujejo vrtine, pa je, da vpada talnina bolj strmo kot krovina; zato se debelina repenskih plasti po vpadu nekoliko večja. Tudi usmerjenost fosilnih ostankov je identična s smerjo plastovitosti, kar se vidi le na žaganih stenah v kamnolomu.

V samem repenskem apnencu nismo opazili prelomov z večjimi premiki. Če po konfiguraciji terena in razporeditvi vrtač, kakor tudi po odkopnih delih smo pri detajlnem kartiranju našli več rušnih con, širokih do 35 m, ki so orientirane prečno na smer plasti. Med njimi so večji nepoškodovani bloki, ki so med seboj verjetno nekoliko premaknjeni, vendar pa je to težko oceniti zaradi zakraselosti in majhnih premikov. Večji del izrazitih razpok je posledica regionalne tektonike, nekaj pa gotovo tudi kontrakcije. Razpoke na območju Dolin lahko razdelimo na naslednja sistema:

— sistem z elementi vpada poprečno $30/80^\circ$ in medsebojno poprečno razdaljo razpok 0,84 m,

— sistem s poprečnimi elementi vpada $285/82^\circ$ in poprečno razdaljo med razpokami 0,94 m.

Za ves osrednji del Krasa pa je značilen sistem vertikalnih, gostih, stisnjenih, v glavnem s kalcitom zapolnjenih razpok v smeri SSE-NNW, ki ga lokalno imenujejo »libro«. Ta sistem je bil zelo pomemben za pridobivanje predvsem v preteklosti, ko so kamen ročno pridobivali in obdelovali.

Ekonomski pomen repna

Od vseh plasti repenske serije ima ekonomski pomen le osrednja plast, oziroma repen klasični. To je sivi in svetlo olivno sivi, drobnozrnati in srednje-zrnati biosparitni apnenec. V svetlo sivi kalcitni osnovi so precej enakomerno veliki in dokaj dobro zaobljeni bioklasti lupin hondrodontnih in radiolitnih školjk ter ehinodermov. Bioklasti merijo nekaj sto mikronov do 1 mm; vmes so redki večji, do nekaj cm dolgi, in do nekaj mm debeli odlomki hondrodontnih školjk ter v zgornjem delu plasti tudi redke debele lupine kaprinidnih školjk. Lupine hondrodontnih školjk so temne, kaprinidnih pa svetlejšje in bolj ovalne z umazano belim rekristaliziranim kalcitnim jedrom. Školjčne lupine so več ali manj stisnjene, upognjene in orientirane z daljšo osjo vzporedno s plastovitostjo, kar daje vertikalnim presekom kamenine lisast videz. Ta apnenec bi lahko imenovali tudi rudistni kalkarenit, ker so ostanki rudistov od vseh fosilov najštevilnejši. Struktura lupin v bioklastih je še lepo vidna, na splošno pa velja, da je kamenina rekristalizirana. Prelom repna je raven, mestoma tudi školjkast ter normalno hrapav. Opaziti je kalcitne žilice in manjše leče, ob katerih so pogostne pore in luknjice. Številne tanke razpoke so orientirane v raznih smereh. So v glavnem stisnjene in zapolnjene z belim ali rdečim kalcitom, boksitno glino, ali pa so prazne. Struktura je zrnata, kristalasta, tekstura pa homogena psevdobrečasta.

Repen ima homogeno teksturo, je rekristaliziran in čist; zato ima zelo dobre fizikalno-kemične lastnosti. Pri obdelavi se lepo kolje, večidel v ravni ploskvi, srednje hrapavi. Žagano ploskev je zaradi znatne rekristaliziranosti mogoče dobro polirati, kar daje kamnu privlačen lisast videz, mehko svetlo sivo barvo z nekoliko masnim sijajem. Površje je za to vrsto kamna dokaj obstojno, zato je repen uporaben tudi za pohodne plošče za interiere. Le pod zunanjimi vplivi poliran kamen polagoma izgubi sijaj, kar se pa dá preprečiti z ustrezno zaščito. Visoka tlačna in upogibna trdnost, nizek obrus, zadovoljiva odpornost proti mrazu in drugim atmosferskim vplivom ter izredno prilagodljiva barva in visok sijaj poliranih ploskev so vzrok, da je ta kamen že več desetletij eden od najbolj iskanih tovrstnih naravnih materialov v Sloveniji. Kemično je zelo čist in ne vsebuje mineralov, ki bi zaradi drugačne barve, trdote ali nagnjenosti k hitrim spremembam ovirali pridobivanje in predelavo ali pa kvarili videz ter trajnost.

Slaba stran repna je močna razpokanost v raznih smereh in zakraselost, v glavnem do globine okrog 5 m, ponekod pa še globlje. Ob kalcitnih žilicah, fosilnih ostankih in nakazani plastovitosti je repen močnejše porozen in luknjičast. V raznih smereh, v glavnem pa vzporedno s plastovitostjo, so razviti stilo-

litski šivi, zapolnjeni s temnim ali rdečkastim kalcitom, ki pa ne kvarijo videza poliranih ploskev, ampak ga celo popestrijo; po drugi strani pa ponekod le predstavljajo linije zmanjšane trdnosti plošč.

Kako zelo iskan je bil že od nekdaj ta kamen, nam priča niz kamnolomov in manjših odkopov po vsej dolžini repenskega horizonta. Cenimo, da so pridobili samo na naši strani meje do sedaj nad pol milijona kubičnih metrov repna in prikamenine. Zgovoren je tudi podatek, da so v kamnolomu Vitez kljub nizkemu izkoristku blokov pod 10 % pridobivanje ustavili šele leta 1973, ko je z napredovanjem po vpadu debelina odkrivke že skoraj trikratno presegla debelino repna. Tudi drugi kamnolomi na naši strani so bili že pred desetletjem in več opuščeni. Vzrokov za to je več. Eden glavnih je gotovo zelo nizek izkoristek blokov standardnih komercialnih dimenzij, ki kljub visoki ceni na tržišču niso mogli več pokrivati čedalje dražjega pridobivanja. Na pridobivanje drugih uporabnih produktov, kot so veliki nepravilni bloki, imenovani »tomboloni«, ali manjši kosi za izdelavo ploščic in parketa, pa takrat še niso računali, čeprav je bilo že znano, da ti produkti omogočajo rentabilno poslovanje kamnolomov na italijanski strani. Drugi razlog je bila premajhna in zastarela proizvodnja nasploh. K opustitvi je znatno pripomoglo zmotno mnenje, da je treba vztrajati na starih lokacijah, češ da so stari kamnoseki že vedeli, kje je dober kamen. V resnici pa so zaradi ročnega dela in povpraševanja po manjših kosih včasih pravzaprav iskali rušne in razpokane cone, kjer so sploh lahko ali pa hitreje napredovali. Napaka nekdanjih kamnosekov, ki pa je bila razumljivo pogojena z nezadostnimi proizvodnimi sredstvi, je bila tudi ta, da so skoraj vsi kamnolomi zastavljeni previsoko. Zato je kmalu nastal problem odstranitve jalovine; kamnolomi pa so se razvili v globoke jame, kar jih je »zadušilo«. Nemalo je k vsemu temu pripomogla tudi nekdanja kratkoročna podjetniška miselnost.

Ko se je pred dobrim desetletjem vodstvo obrata »Marmor« iz Sežane zavedlo pomanjkljivosti, po drugi strani pa sploh ni bilo dileme o oživitvi pridobivanja repna, je bila podprta ideja o kompleksnih geoloških raziskavah vsega repenskega horizonta. Tako smo v letu 1976 končali prvo fazo detajlnih raziskav med Dolinami in Lisičnim, sedaj pa se usmerjamo dalje proti vzhodu. Že na podlagi prvih rezultatov je stekla poskusna proizvodnja v Dolinah, kjer so bila zaradi znižanja osnovne etaže potrebna najprej obsežna sanacijska dela. Tu se je pojavilo še vprašanje smeri pridobivanja; pri vseh sanacijah opuščeni kamnolomov, oziroma odpiranju novih, je treba namreč upoštevati geološko lego repna, ki vpada pod blagim kotom proti SSW v pobočje. Na površju je namreč repen močno zakrassel; dalje po vpadu ga krovinske plasti zakrivajo pred površinskimi vplivi in se njegova kompaktnost zboljša. Vendar z napredovanjem po vpadu raste tudi debelina odkrivke in v odvisnosti od vpada plasti in naklona pobočja praviloma že po nekaj 10 m preraste ekonomsko mejo. Zato je treba osnovno etažo zastaviti dovolj nizko, že nekaj metrov v talnini, kar pa v začetku pomeni slabši ekonomski učinek. Z napredovanjem po vpadu se učinek zboljšuje do razmerja repen : krovina okrog 1:1, nato pa se zopet slabša, ker se večja odkrivka in končno postane kamnolom nerentabilen. Iz tega razloga bo treba pri organizaciji večjega kamnoloma razviti koncept kontinuiranega napredovanja po smeri plasti in ne po vpadu kot doslej.

Detajlne geološke raziskave repna od državne meje do Dolin so dale zadostne rezerve za več 10-letno obratovanje enega velikega ali več srednje ve-

likih kamnolomov. Vendar bo tudi tu izkoristek blokov standardnih komercialnih dimenzij nizek; znašal bo le 5 do 10 %. Če pa k temu prištejemo še tombolone in druge uporabne produkte, bo skupne koristne substance med 20 in 30 % od predvidene odkopane skupne mase. Če k temu prištejemo še možno uporabo odpadkov v gradbeništvu, za polnila, kalcitno moko in dr., potem obratovanje takega kamnoloma gotovo ne bo več ekonomsko vprašljivo. Seveda pomeni odpiranje takega kamnoloma z vsemi spremljajočimi objekti veliko investicijo, ki bo med drugim uresničljiva šele takrat, ko pod okrasnim kamnom ne bodo mišljeni samo bloki standardnih komercialnih dimenzij, ampak vse, kar se dá pridobiti in prodati naravnega kamna s sodobno tehnologijo. Repen je ena izmed najbolj iskanih surovin za industrijo naravnega okrasnega kamna v Sloveniji, zato bi moral čimprej ponovno zavzeti ustrezno mesto med proizvodi te panoge.

Literatura

- Buser, S. in dr. 1973, Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000. Tolmač lista Gorica. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- Pleničar, M. 1958, Divača—Škocjanske jame—Vremski Britof v: Geološki izleti po Sloveniji, Mladi geolog 2. Mladinska knjiga, Ljubljana.
- Pleničar, M. in dr. 1973, Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000. Tolmač za list Trst. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- Herbeck, A. 1953, Der Marmor. Verlag Georg D. W. Callwey, München.
- Vesel, J. in dr. 1975, Nahajališča okrasnega kamna v Sloveniji. Geologija, 18, Ljubljana.
- Winkler, E. M. 1973, Stone: Properties, Durability in Man's Environment. Springer-Verlag, Wien—New York.

UDK 553.492:550.837.3:518.5=20

Indirect geophysical model of Istrian bauxite deposits

Janez Lapajne

Geološki zavod, 61000 Ljubljana, Parmova 33

Abstract

The bauxite bodies in Istria lie rather deep and are too small to be directly identified. Bauxite is a common residual constituent found in pockets of Cretaceous limestone. During its formation and compaction, its volume is reduced. Therefore its hanging wall, consisting of Eocene limestone, settles in the Cretaceous pocket. The rents and fissures in the hanging wall are filled with clay. Due to favorable wet conditions this geological structure becomes a low resistivity body, corresponding to a hemispheroid or dike. Resistivity curves over these models fit the corresponding observed resistivity profiles very well, the difference being within a few percent on average. The paper contains a collection of resistivity type curves. With regard to the hemispheroid, there occurs in specific conditions a remarkable paradox: the thinner the hemispheroid, the more significant the anomaly.

Kratka vsebina

Boksitna telesa leže v Istri pregloboko in so premajhna, da bi jih mogli najti z direktnimi raziskovalnimi metodami. Geološke razmere v njihovih nahajališčih pa so ugodne za uporabo indirektnih metod. Kot preostanek preperevanja krednega apnenca se je boksit zbral v žepih krednih plasti, ki jih je prekril eocenski apnenec. Ker se je med nastajanjem boksita njegova prostornina zmanjševala, se je začela posedati njegova krovina iz eocenskega apnenca. Med posedanjem so eocenske plasti razpokale in razpoke je zapolnila glina. Na ta način so nastale ugodne razmere za povečanje vlažnosti v krednem žepu, ki je postal nizkouporno telo. Tej geološki strukturi ustreza model polsferoida, v določenem primeru pa model plošče. Teoretične krivulje modelov se razlikujejo od ustreznih izmerjenih vrednosti poprečno le za nekaj odstotkov. Poleg kvalitativnega in kvantitativnega vrednotenja upornostnih anomalij boksitnih žepov vsebuje članek večji izbor modelnih krivulj. Pri polsferoidu se je pokazal zanimiv paradoks: Čim tanjši je polsferoid, tem večjo anomalijo povzroča.

Contents

1. The resistivity anomalies of bauxite deposits in Istria	128
1.1. Introduction	128
1.2. The direct and indirect approach	128
1.3. Test resistivity survey	131
1.4. Detailed resistivity profiling	131
1.5. Results of core drilling	136

2. Mathematical modelling	137
2.1. Basic equations	137
2.2. Resistivity type curves	142
2.3. Analysis of resistivity type curves	167
3. The quantitative processing of anomalies	170
3.1. Numerical proceedings	170
3.2. Results of quantitative processing	173
3.3. Discussion	187
4. Conclusions	187
References	188

1. The resistivity anomalies of bauxite deposits in Istria

1.1. Introduction

The subsurface conditions in bauxite deposits at Karojba in Istria were explored in 1966. Geological mapping was immediately followed by a geophysical survey and subsequently by core drilling. It was already known that bauxite occurs in Cretaceous limestone pockets. Its hanging wall is of Eocene limestone, which overlies the Cretaceous limestone to the North of the line Umag—Labin, whereas proceeding southwards of this geological boundary, Eocene erosion remnants are to be found (fig. 1).

1.2. The direct and indirect approach

The differences in physical parameters between a buried body and its surrounding rock may cause geophysical anomalies, measurable on the surface. In this case, the buried body is discovered directly. With regard to the known physical parameters, it is relatively easy to estimate the depth and the dimension of the bodies of simple geometrical forms, by applying the iterative numerical method, provided the body and its country rock are homogenous units. However, results of laboratory and mathematic model investigations clearly show that the direct approach is suitable for shallow geological conditions. The Wenner array, with electrodes separated at a suitable distance, registers a change of approximately only 10 per cent of apparent resistivity when a perfectly conducting sphere lies at a depth (distance from the surface to the center of the sphere) which equals the diameter of the body. Applicable variations of this measured parameter must conform to following equation:

$$\frac{\Delta V}{V} > 2 p_r$$

V = measured quantity,

ΔV = change in the measured quantity,

p_r = relative error of measurement.

In the case of resistivity surveys, the error of measurement is considered to be as much as 5 per cent. Due to the influence of topography and the inhomogeneity of the field, the change in measured quantity for even 10 per cent can hardly be recognized.

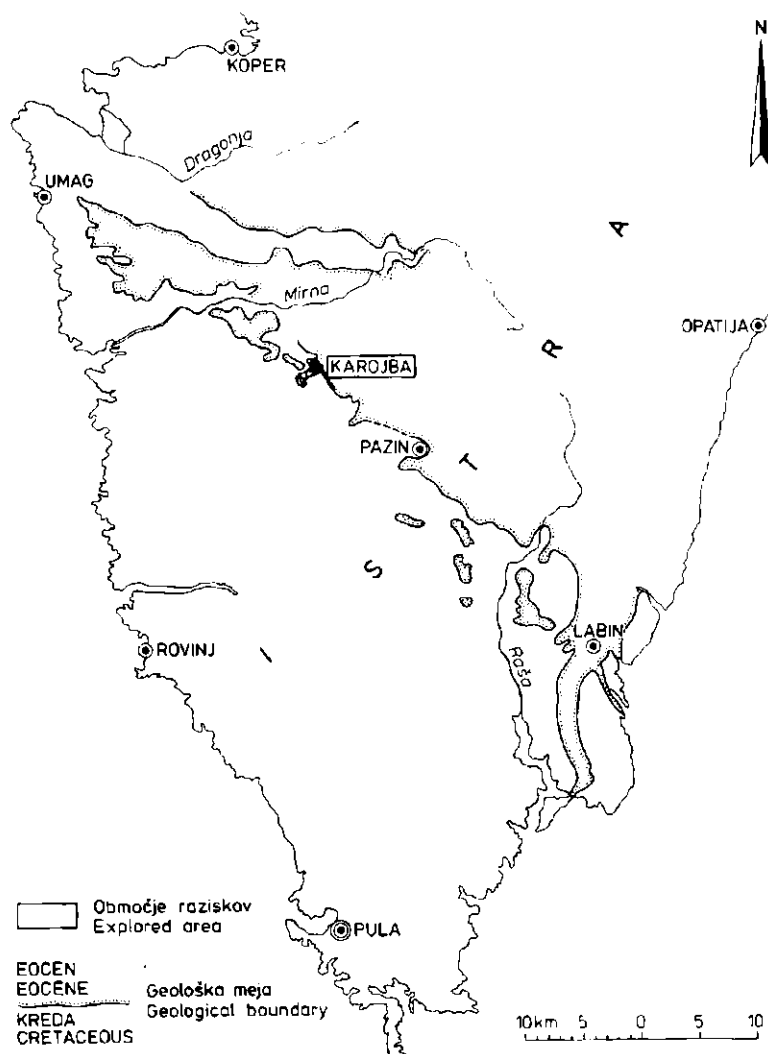


Fig. 1. Location map of explored bauxite deposits at Karojba (After J. Lapajne, 1969)

Sl. 1. Situacija raziskanih boksitnih nahajališč pri Karojbi (Po J. Lapajne, 1969)

Fortunately, geological and hydrogeological conditions may make it possible to prospect a buried body indirectly, resulting from the resistivity properties of its cover. This possibility must be studied on natural models in well known geological conditions resembling the potential investigation area. By means of indirect investigation and an appropriate interpretation process, it is possible to obtain the required geological information.

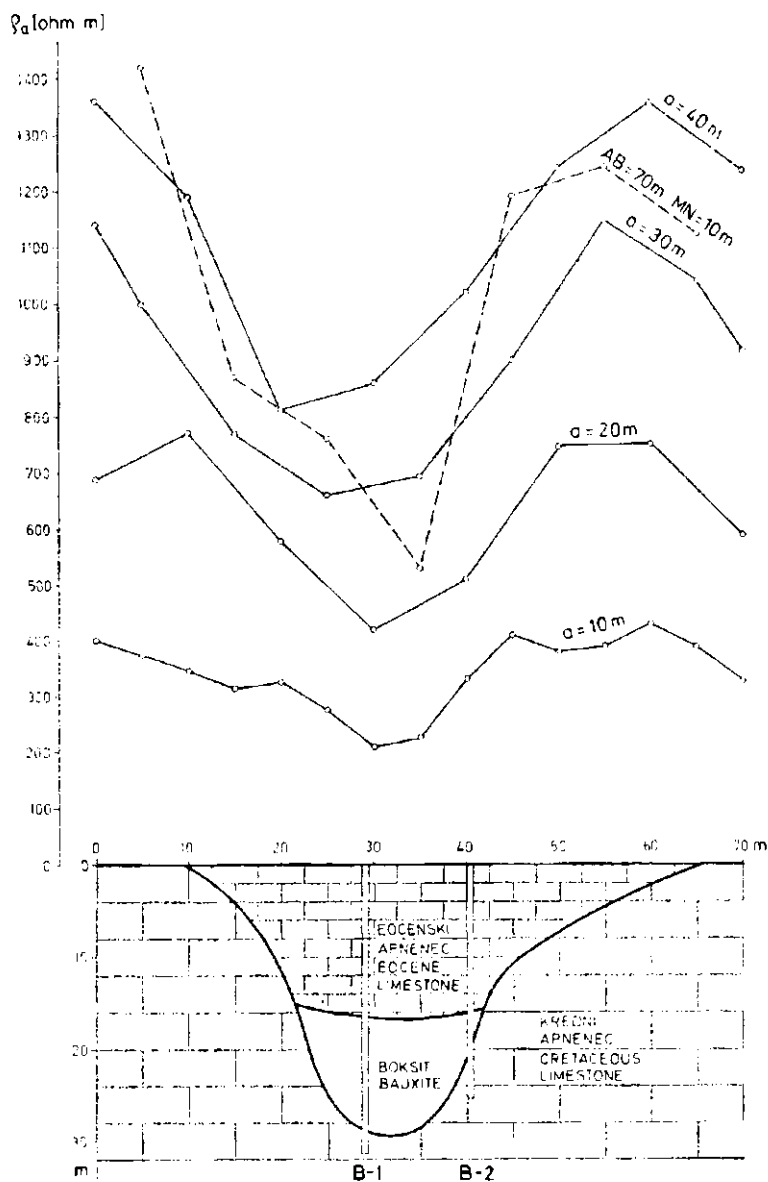


Fig. 2. Observed resistivity profiles on the erosion remnant of Eocene limestone (test location)

Sl. 2. Profili navidezne specifične upornosti na krpi eocenskega apnenca (poskusna lokacija)

1.3. Test resistivity survey

Test measurements have been carried out in a selected area, the geological setting of which has been controlled by drilling. The Eocene beds overlying the bauxite body are somewhat thicker than elsewhere, a fact which by itself cannot serve as an explanation for existing anomalies, as no essential difference is to be found between the electrical resistivity of the Eocene and Cretaceous limestones. The resistivity values obtained are as follows:

Cretaceous and Eocene limestone	1000—3000 ohm.m
bauxite	100—300 ohm.m
clay, humus, terra rossa, marl, water	10—100 ohm.m

(Note: Some of the values were not within the limits given above.)

The indirect relationship of the anomaly to the bauxite can be interpreted in terms of the origins of the bauxite. The formation of bauxite is related to a volumetric shrinkage, which causes a gradual sinking of the bauxite hanging wall. Consequently, moderate depressions in places clearly indicate distinctive superficial features marking the Cretaceous bauxite pockets. Cracks, rents and fissures filled with clay traverse the sunken Eocene calcareous hanging wall, thereby causing favourable wet ground conditions. That is why the bauxite pockets appear as low resistivity bodies. Hemispheroids and dikes may accordingly represent the models of such structures (figs. 2—7).

Taking into consideration the geological features, the prolate hemispheroid seems to be the most appropriate for evaluation. The model curves already published for hemispheres (K. L. Cook and R. L. Gray, 1961) and vertical dikes, as well as one for oblate hemispheroids (K. L. Cook and R. G. Van Nostrand, 1954), together with field measurement, show that the anomalies may likewise be explained by these models. This means that the deviation in geophysical quantities observed at the Istrian bauxite deposits, originates mainly in the hanging wall of Eocene itself. Fig. 8 shows a geological profile of the test locality (b) and suggested geoelectrical models (a).

1.4. Detailed resistivity profiling

On the basis of all the previous geological and geophysical information, an area has been prospected 1.5 sq km North of the Cretaceous/Eocene limestone boundary. Taking previous resistivity investigations into consideration, only one array dimension seemed to be appropriate for resistivity profiling, as in the case of a larger number of electrode separations, the work would be time consuming and would increase costs.

At the beginning, measurements were carried out by the Wenner array, where electrode spacing equalled 10 m, 20 m, 30 m and 40 m. Experience had suggested that an array of 30 m would be the most appropriate both in the field survey and in interpretation. In certain sections additional data were gathered by varying the separation of electrodes. The survey was carried out in roughly parallel lines, the separation of electrodes being 30 m and the distance of adjacent observation points reaching 10 m. The length of all survey lines totalled 63 km.

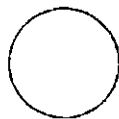
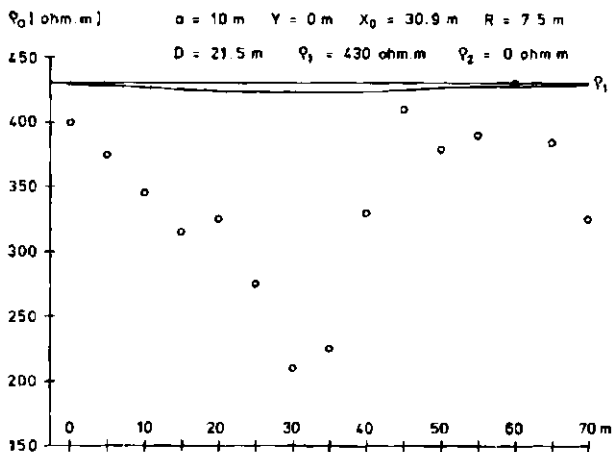


Fig. 3. Test location. Observed resistivity profile over bauxite deposit and theoretical plot over direct model — buried conducting sphere. Wenner array, $a = 10 \text{ m}$

Sl. 3. Poskusna lokacija. Teoretična krivulja neposrednega modela — prevodne krogle v homogenem polprostoru in merske vrednosti Wennerjeva razvrstitev, $a = 10 \text{ m}$

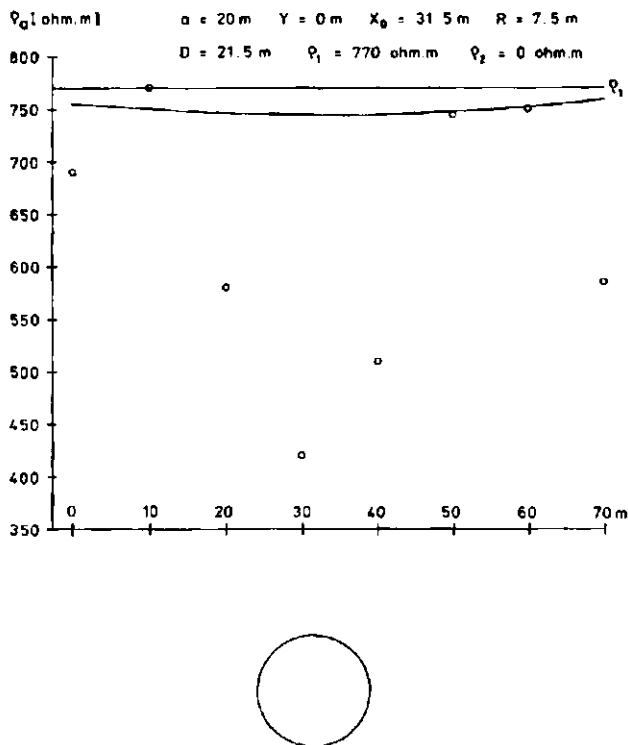


Fig. 4. Test location. Observed resistivity profile over bauxite deposit and theoretical plot over direct model — buried conducting sphere. Wenner array, $a = 20 \text{ m}$

Sl. 4. Poskusna lokacija. Teoretična krivulja neposrednega modela — prevodne krogle v homogenem polprostoru in merske vrednosti. Wennerjeva razvrstitev, $a = 20 \text{ m}$

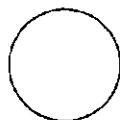
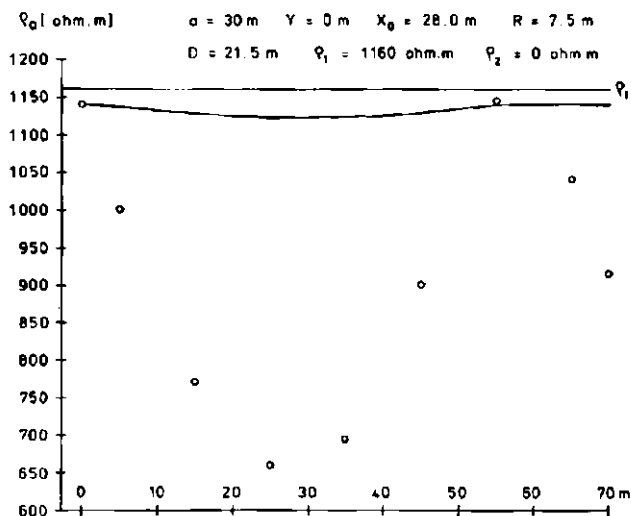


Fig. 5. Test location. Observed resistivity profile over bauxite deposit and theoretical plot over direct model — buried conducting sphere. Wenner array, $a = 30 \text{ m}$

Sl. 5. Poskusna lokacija. Teoretična krivulja neposrednega modela — prevodne krogle v homogenem polprostoru in merske vrednosti. Wennerjeva razvrstitev, $a = 30 \text{ m}$

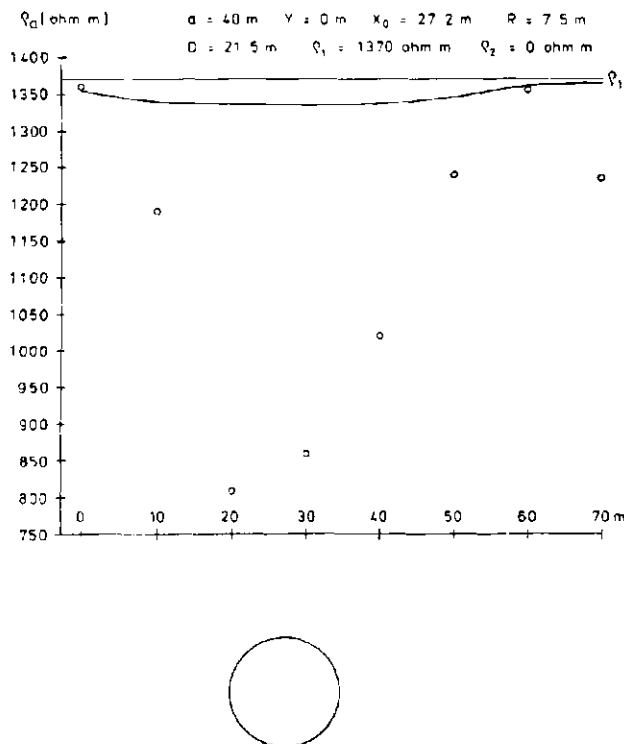


Fig. 6. Test location. Observed resistivity profile over bauxite deposit and theoretical plot over direct model — buried conducting sphere. Wenner array, $a = 40$ m

Sl. 6. Poskusna lokacija. Teoretična krivulja neposrednega modela — prevodne krogle v homogenem polprostoru in merske vrednosti. Wennerjeva razvrstitev, $a = 40$ m

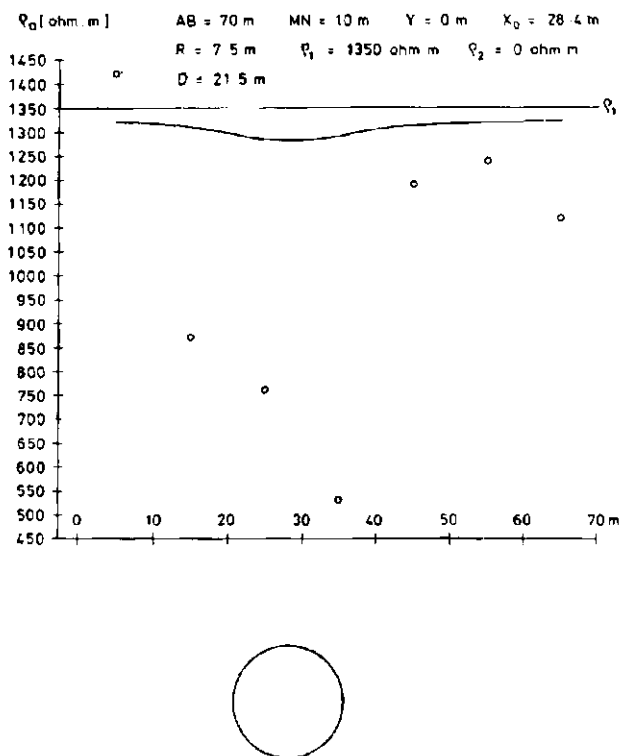


Fig. 7. Test location. Observed resistivity profile over bauxite deposit and theoretical plot over direct model — buried conducting sphere. Schlumberger array, MN = 10 m and AB = 70 m

Sl. 7. Poskusna lokacija. Teoretična krivulja neposrednega modela — prevodne krogle v homogenem polprostoru in merske vrednosti. Schlumbergerjeva razvrstitev, MN = 10 m in AB = 70 m

Although the accepted explanation of the origin of resistivity anomalies seems reasonable, the interpretation of detailed investigations proved to be extremely difficult. The ambiguities in interpretation are best evident in the apparent resistivity profile measured in the field (fig. 9), which features a number of anomalies, of which only one has proved to be positive. Resistivity profiles were found to be similar in both rock units. Since there is no significant difference in resistivity between the Eocene and Cretaceous limestones, it is not possible to recognize their geological boundaries.

A satisfactory interpretation could have been achieved by the careful comparison of geological and geophysical data. The geology was plotted on survey lines in order to perceive the anomalies occurring on Eocene limestone. Anomalies could have been affected by the inhomogeneity of the surface, which has no relation whatsoever with bauxite deposits. Such inhomogeneities are for instance sinkholes filled with clayey residue.

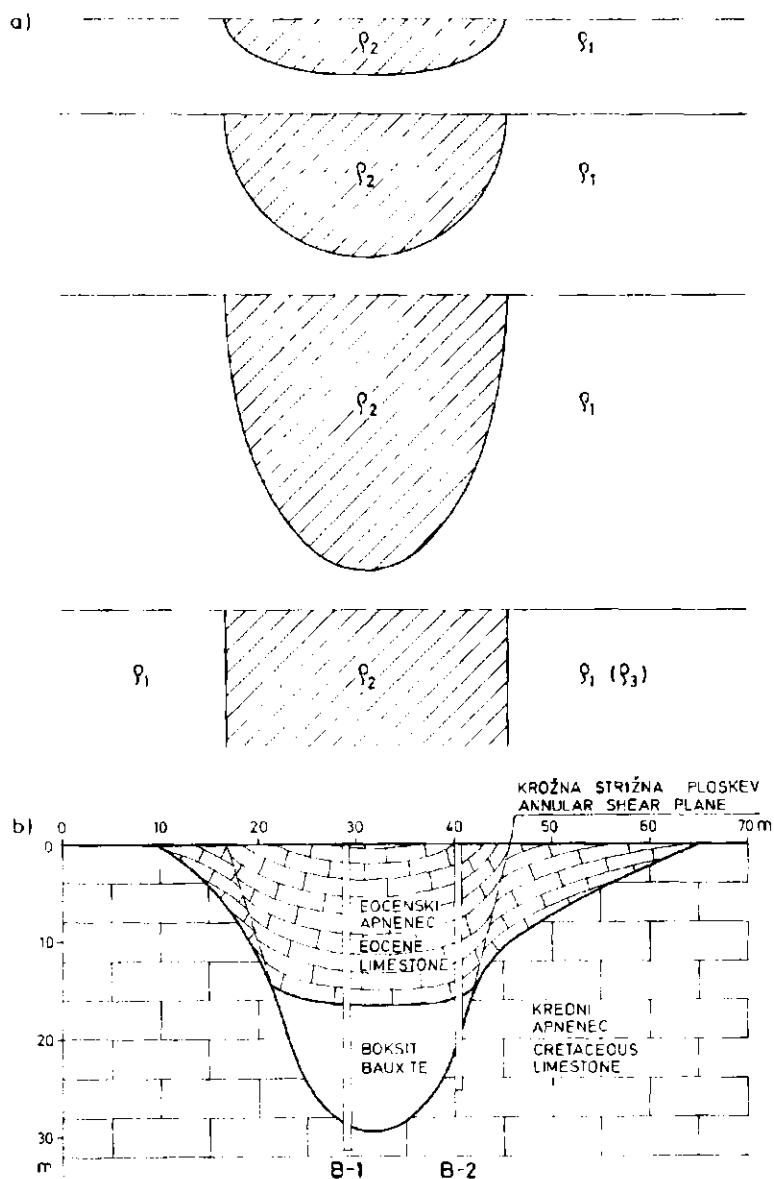


Fig. 8. Models explaining resistivity anomalies over bauxite deposits in Istria (a) and test location cross section (b)

Sl. 8. Modeli, ki lahko pojasnijo geoelektrične anomalije istrskih boksitnih nahajališč (a) in geološki prerez poskusne lokacije (b)

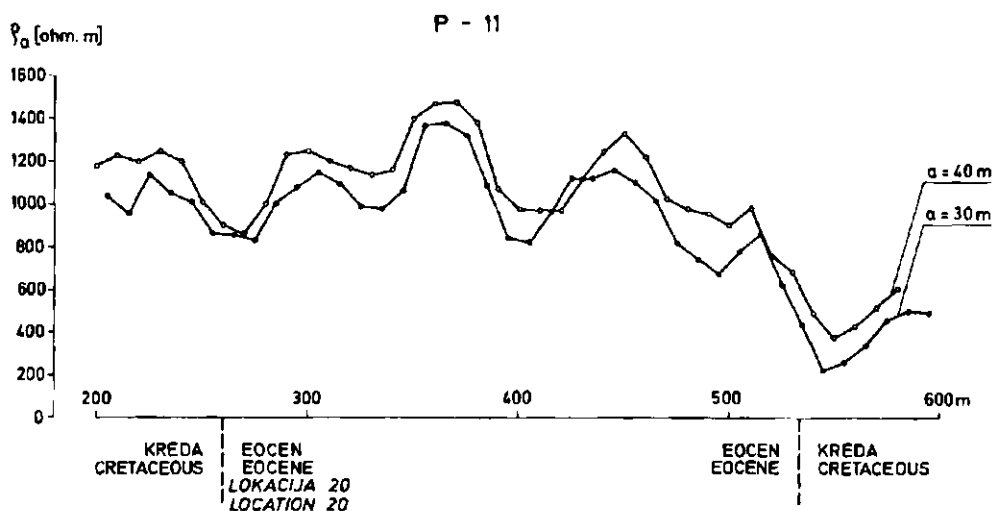


Fig. 9. Observed horizontal resistivity profile from the explored area

Sl. 9. Profil navidezne specifične električne upornosti z raziskovalnega območja

It is comparatively easy to eliminate the corresponding anomalies. Additional visible inhomogeneities consist of troughs of residue accumulated on uneven calcareous ground. The depth of terra rossa and clay in minor sinkholes was established by the hand drill, which, unfortunately, could not penetrate more than two meters. Observation of the bedding provided additional, useful geological information. Centrally-inclined beds of Eocene limestone indicated circular settlements and it was under such structures that bauxite deposits could be expected.

All the anomalies concerning the topographic influences and sinkholes in which terra rossa lay two meters thick or more, were eliminated. Therefore, it is quite possible that some useful anomalies were lost. However, taking into consideration the fact that each anomaly could not have been controlled by drilling, then this procedure was correct, as some hundred anomalies occurred. Where necessary, additional measurements on parallel or cross survey lines were carried out.

1.5. Results of core drilling

The geophysical survey enabled the selection of 75 drilling sites, the majority of which exhibit the centrally-inclined position of the Eocene beds. On the other hand, 13 sites where no resistivity anomalies were found were deemed appropriate for testing in depth on geological grounds only.

From 75 drilling sites located in consideration of their geological + geophysical positions, 19 penetrated bauxite and 39 clay, whereas 17 locations were found to be negative. The examination of drillcores proved a subsidence of beds. All 13 drilling sites located on merely geological grounds proved to be negative.

2. Mathematical modelling

2.1. Basic equations

The simplest model of pocket bauxite body in Istria is the sphere in half-space of infinite extent (fig. 10). At a depth exceeding the radius of the sphere, the potential of the point-source current is given by B. K. Matveev (1961) corrected by coefficient 2 introduced within the equation (1-1). The corresponding quantities determine the equations (1-a).

It has been shown in the previous chapter that the direct model is not suitable for interpreting the observed anomalies. The indirect model of filled-sink is therefore applied as for the hemiellipsoid. For plate-like hanging wall depressions, the hemiellipsoid of revolution — hemispheroid (fig. 11) — appears to be a suitable model for a pocket-like bauxite deposit.

The point-source potential is thus given by:

equations (2-1) up to (2-4) for hemispheres

equations (4-1) up to (4-4) for prolate hemispheroids

equations (5-1) up to (5-4) for oblate hemispheroids.

The first subscript denotes the observation point, and the second subscript denotes the current source. Subindex "1" denotes the country rock, and subindex "2" indicates the model body. The meaning of the symbols is evident in fig. 11 and in the equations (2-a), (4-a) and (5-a). Equations (2-1) up to (2-4), (4-1) up to (4-4), and (5-1) up to (5-4) are taken from K. L. Cook & R. G. Van

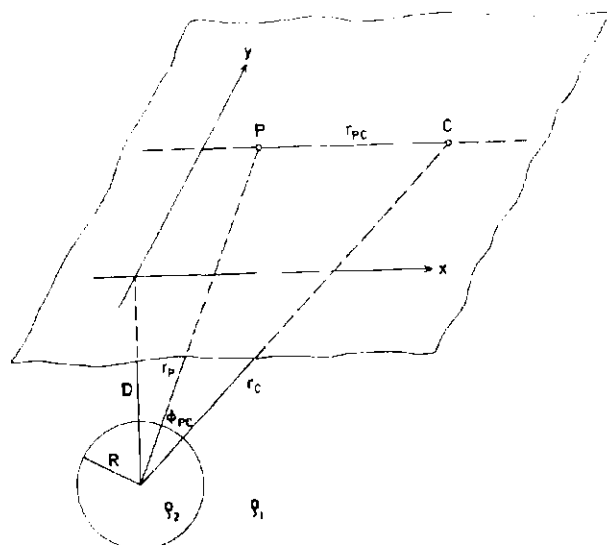


Fig. 10. Sphere in the homogeneous halfspace. ρ_2 and ρ_1 are the corresponding resistivities of the sphere and the halfspace, C is the point source (current electrode) and P the observation point (potential electrode)

Sl. 10. Krogla v homogenem polprostoru. ρ_2 in ρ_1 sta specifični električni upornosti krogle in polprostora, C je točkasti izvor toka (tokovna elektroda), P pa mer-ska točka (merska ali potencialna elektroda)

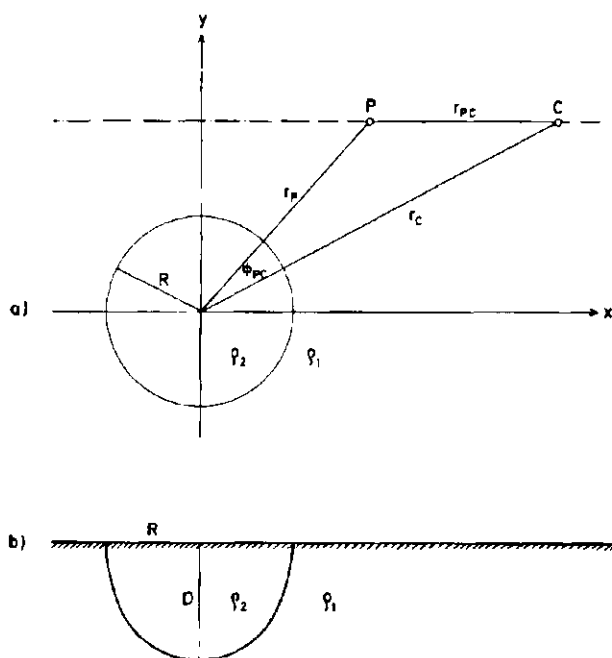


Fig. 11. Hemispheroid in homogeneous halfspace. a) Ground-plan and b) cross section

Sl. 11. Polsferoid v homogenem polprostoru. a) Tloris in b) vertikalni prerez skozi središče polsferoida

$$V = \frac{1\rho_1}{2\pi} \left[\frac{1}{r_{PC}} - \frac{2(\rho_1 - \rho_2)R}{r_P r_C} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{n}{n(\rho_1 + \rho_2) + \rho_2} \left(\frac{R^2}{r_P r_C} \right)^n P_n(\cos \phi_{PC}) \right] \quad (1-1)$$

$$r_{PC} = |x_P - x_C| \quad r_P = \sqrt{x_P^2 + y^2 + D^2} \quad r_C = \sqrt{x_C^2 + y^2 + D^2} \quad \cos \phi_{PC} = \frac{r_P^2 + r_C^2 - r_{PC}^2}{2r_P r_C} \quad (1-a)$$

$$V_{11} = \frac{1\rho_1}{2\pi} \left[\frac{1}{r_{PC}} - \frac{(\rho_1 - \rho_2)R}{r_P r_C} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{n}{n(\rho_1 + \rho_2) + \rho_2} \left(\frac{R^2}{r_P r_C} \right)^n P_n(\cos \phi_{PC}) \right] \quad (2-1)$$

$$V_{21} = \frac{1\rho_1}{2\pi} \left[\frac{1}{r_C} + \frac{\rho_2}{r_C} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2n+1}{n(\rho_1 + \rho_2) + \rho_2} \left(\frac{r_P}{r_C} \right)^n P_n(\cos \phi_{PC}) \right] \quad (2-2)$$

$$V_{12} = \frac{1\rho_1}{2\pi} \left[\frac{1}{r_P} + \frac{\rho_2}{r_P} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2n+1}{n(\rho_1 + \rho_2) + \rho_2} \left(\frac{r_C}{r_P} \right)^n P_n(\cos \phi_{PC}) \right] \quad (2-3)$$

$$V_{22} = \frac{1\rho_1}{2\pi} \left[\frac{1}{R} + \rho_2 \left(\frac{1}{r_{PC}} - \frac{1}{R} \right) + \frac{\rho_2(\rho_1 - \rho_2)}{\rho_1 R} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{n+1}{n(\rho_1 + \rho_2) + \rho_2} \left(\frac{r_P r_C}{R^2} \right)^n P_n(\cos \phi_{PC}) \right] \quad (2-4)$$

$$r_{PC} = |x_P - x_C| \quad r_P = \sqrt{x_P^2 + y^2} \quad r_C = \sqrt{x_C^2 + y^2} \quad \cos \phi_{PC} = \frac{r_P^2 + r_C^2 - r_{PC}^2}{2r_P r_C} \quad (2-a)$$

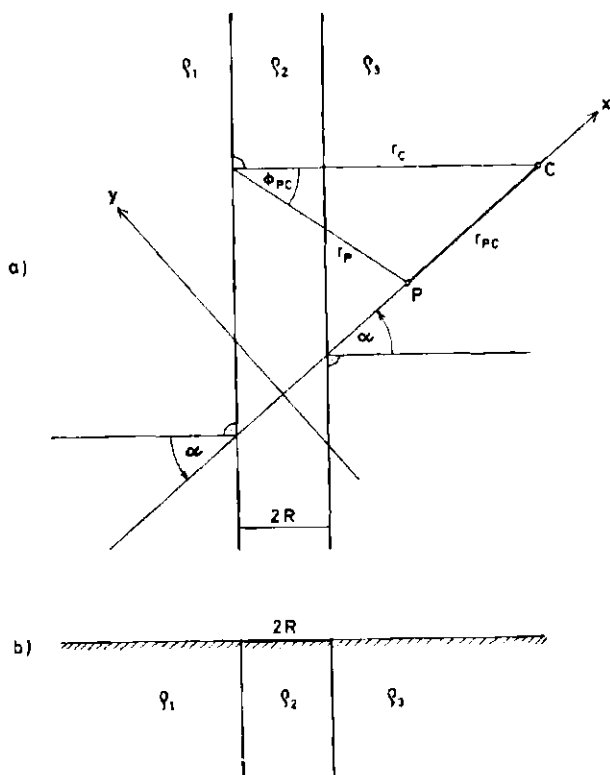


Fig. 12. Vertical dike in halfspace, consisting of two different homogeneous halves. a) Ground-plan and b) cross section

Sl. 12. Vertikalna plošča v polprostoru z dvema različnima homogenima polovicama. a) Tloris, b) prečni prerez

Nostrand (1954). They have been slightly transformed in order to be more suitable for numerical processing.

As the model of a deep-seated bauxite deposit usually horizontally elongated, a vertical dike of unlimited length and depth seems to be appropriate. The solution of Laplace's differential equation for vertical dikes is given by V. K. Hmelevskoj (1970) specifically for the case where the survey line traverses the dike at right angles. The equations (3-1) to (3-9) have been deduced for an arbitrary direction of the strike of the dike. The meaning of the symbols is evident in fig. 12 and equation (3-a). As shown in the figure, the dike halves the space into those parts designated "1" and "3". Both structures ought not to differ considerably one from the other in the present case, since they consist of Eocene and possibly of Cretaceous limestone. Owing to their different moisture contents and low-resistivity material, the resistivities pertaining to each side of the bauxite deposit might be different. Assuming that the shape of all the remaining models varies between the hemispheroid and dike, the corresponding influence may be assessed by interpolation.

$$V_{11} = \frac{I_{D1}}{2\pi} \left[\frac{1}{r_{PC}} - \frac{k_{21}}{\sqrt{r_P^2 + r_C^2 + 2r_P r_C \cos \phi_{PC}}} + k_{21} (1 - k_{21}^2) \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(k_{21}, k_{21})^n}{\sqrt{r_P^2 + [4(n+1)R + r_C]^2 + 2r_P [4(n+1)R + r_C] \cos \phi_{PC}}} \right] \quad (3-1)$$

$$V_{21} = \frac{I_{D2}(1+k_{21})}{2\pi} \sum_{n=0}^{\infty} (k_{21}, k_{21})^n \left[\frac{1}{\sqrt{r_P^2 + [4nR + r_C]^2 - 2r_P [4nR + r_C] \cos \phi_{PC}}} + \frac{k_{21}}{\sqrt{r_P^2 + [4(n+1)R + r_C]^2 + 2r_P [4(n+1)R + r_C] \cos \phi_{PC}}} \right] \quad (3-2)$$

$$V_{31} = \frac{I_{D3}(1+k_{21})(1-k_{21})}{2\pi} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(k_{21}, k_{21})^n}{\sqrt{r_P^2 + [4nR + r_C]^2 - 2r_P [4nR + r_C] \cos \phi_{PC}}} \quad (3-3)$$

$$V_{12} = \frac{I_{D1}(1-k_{21})}{2\pi} \sum_{n=0}^{\infty} (k_{21}, k_{21})^n \left[\frac{1}{\sqrt{r_P^2 + [4nR + r_C]^2 - 2r_P [4nR + r_C] \cos \phi_{PC}}} + \frac{k_{21}}{\sqrt{r_P^2 + [4(n+1)R + r_C]^2 - 2r_P [4(n+1)R + r_C] \cos \phi_{PC}}} \right] \quad (3-4)$$

$$V_{22} = \frac{I_{D2}}{2\pi} \left\{ \frac{1}{r_{PC}} + \sum_{n=0}^{\infty} (k_{21}, k_{21})^n \left[\frac{k_{21}}{\sqrt{r_P^2 + [4nR + r_C]^2 + 2r_P [4nR + r_C] \cos \phi_{PC}}} + \frac{k_{21}}{\sqrt{r_P^2 + [4(n+1)R + r_C]^2 - 2r_P [4(n+1)R + r_C] \cos \phi_{PC}}} + \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{k_{21} k_{21}}{\sqrt{r_P^2 + [4(n+1)R + r_C]^2 - 2r_P [4(n+1)R + r_C] \cos \phi_{PC}}} + \frac{k_{21} k_{21}}{\sqrt{r_P^2 + [4(n+1)R + r_C]^2 + 2r_P [4(n+1)R + r_C] \cos \phi_{PC}}} \right] \right\} \quad (3-5)$$

$$V_{32} = \frac{I_{D3}(1-k_{21})}{2\pi} \sum_{n=0}^{\infty} (k_{21}, k_{21})^n \left[\frac{1}{\sqrt{r_P^2 + [4nR + r_C]^2 + 2r_P [4nR + r_C] \cos \phi_{PC}}} + \frac{k_{21}}{\sqrt{r_P^2 + [4nR + r_C]^2 + 2r_P [4nR + r_C] \cos \phi_{PC}}} \right] \quad (3-6)$$

$$V_{13} = \frac{I_{D1}(1-k_{21})(1+k_{21})}{2\pi} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(k_{21}, k_{21})^n}{\sqrt{r_P^2 + [4nR + r_C]^2 - 2r_P [4nR + r_C] \cos \phi_{PC}}} \quad (3-7)$$

$$V_{23} = \frac{I_{D2}(1+k_{21})}{2\pi} \sum_{n=0}^{\infty} (k_{21}, k_{21})^n \left[\frac{1}{\sqrt{r_P^2 + [4nR + r_C]^2 - 2r_P [4nR + r_C] \cos \phi_{PC}}} + \frac{k_{21}}{\sqrt{r_P^2 + [4nR + r_C]^2 + 2r_P [4nR + r_C] \cos \phi_{PC}}} \right] \quad (3-8)$$

$$V_{33} = \frac{I_{D3}}{2\pi} \left[\frac{1}{r_{PC}} - \frac{k_{21}}{\sqrt{r_P^2 + [4R - r_C]^2 + 2r_P [4R - r_C] \cos \phi_{PC}}} + k_{21} (1 - k_{21}^2) \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(k_{21}, k_{21})^n}{\sqrt{r_P^2 + [4nR + r_C]^2 + 2r_P [4nR + r_C] \cos \phi_{PC}}} \right] \quad (3-9)$$

$$r_{PC} = ||x_P| - |x_C||$$

$$r_C = ||x_C| \cos \alpha| \quad \left\{ \begin{array}{l} + R \dots x_C \geq 0 \\ - R \dots x_C < 0 \end{array} \right.$$

$$r_P = \sqrt{r_{PC}^2 + r_C^2 - 2r_{PC} r_C \cos \alpha}$$

$$\cos \phi_{PC} = \frac{r_P^2 + r_C^2 - r_{PC}^2}{2r_P r_C}$$

$$k_{ij} = \frac{\rho_j - \rho_i}{\rho_j + \rho_i}$$

(3-8)

$$V_{11} = \frac{1\rho_1}{2\pi} \left\{ \frac{1}{r_{PC}} - \frac{\rho_1 - \rho_2}{f} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=0}^n \frac{(2n+1)(2-\delta)}{(-1)^m} \left[\frac{(n-m)!}{(n+m)!} \right]^2 \frac{K_n^m(\eta_R) L_n^m(\eta_R)}{\rho_1 L_n^m(\eta_R) - \rho_2 K_n^m(\eta_R)} \left[P_n^m(0) \right]^2 Q_n^m(\eta_P) Q_n^m(\eta_C) \cos m\phi_{PC} \right\} \quad (4-1)$$

$$V_{21} = \frac{1\rho_1}{2\pi} \left\{ \frac{1}{r_{PC}} - \frac{\rho_1 - \rho_2}{f} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=0}^n \frac{(2n+1)(2-\delta)}{(-1)^m} \left[\frac{(n-m)!}{(n+m)!} \right]^2 \frac{L_n^m(\eta_R)}{\rho_1 L_n^m(\eta_R) - \rho_2 K_n^m(\eta_R)} \left[P_n^m(0) \right]^2 P_n^m(\eta_P) Q_n^m(\eta_C) \cos m\phi_{PC} \right\} \quad (4-2)$$

$$V_{12} = \frac{1\rho_1}{2\pi} \left\{ \frac{\rho_2}{\rho_1 r_{PC}} - \frac{\rho_2(\rho_1 - \rho_2)}{\rho_1 f} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=0}^n \frac{(2n+1)(2-\delta)}{(-1)^m} \left[\frac{(n-m)!}{(n+m)!} \right]^2 \frac{K_n^m(\eta_R)}{\rho_1 L_n^m(\eta_R) - \rho_2 K_n^m(\eta_R)} \left[P_n^m(0) \right]^2 Q_n^m(\eta_P) P_n^m(\eta_C) \cos m\phi_{PC} + \right. \\ \left. + \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1 f} Q_0(\eta_P) \right\} \quad (4-3)$$

$$V_{22} = \frac{1\rho_1}{2\pi} \left\{ \frac{\rho_2}{\rho_1 r_{PC}} - \frac{\rho_2(\rho_1 - \rho_2)}{\rho_1 f} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=0}^n \frac{(2n+1)(2-\delta)}{(-1)^m} \left[\frac{(n-m)!}{(n+m)!} \right]^2 \frac{1}{\rho_1 L_n^m(\eta_R) - \rho_2 K_n^m(\eta_R)} \left[P_n^m(0) \right]^2 P_n^m(\eta_P) P_n^m(\eta_C) \cos m\phi_{PC} + \right. \\ \left. + \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1 f} Q_0(\eta_R) \right\} \quad (4-4)$$

$$\left. \begin{aligned} f &= \sqrt{|D|^2 + R^2} \\ \delta &= \begin{cases} 1, & \dots, m=0 \\ 0, & \dots, m \neq 0 \end{cases} \\ K_n^m(\eta_R) &= \frac{P_n^m(\eta_R)}{Q_n^m(\eta_R)} & L_n^m(\eta_R) &= \frac{P_n^m(\eta_R)}{Q_n^m(\eta_R)} \\ \eta_R &= \sqrt{\left(\frac{R}{f}\right)^2 + 1} & \eta_P &= \sqrt{\left(\frac{r_P}{f}\right)^2 + 1} & \eta_C &= \sqrt{\left(\frac{r_C}{f}\right)^2 + 1} \\ r_{PC} &= |x_P - x_C| & r_P &= \sqrt{x_P^2 + y^2} & r_C &= \sqrt{x_C^2 + y^2} & \cos \phi_{PC} &= \frac{r_P^2 + r_C^2 - r_{PC}^2}{2r_P r_C} \end{aligned} \right\} \quad (4-a)$$

$$V_{11} = \frac{1\rho_1}{2\pi} \left\{ \frac{1}{r_{PC}} - \frac{\rho_1 - \rho_2}{f} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=0}^n \frac{i(2n+1)(2-\delta)}{(-1)^m} \left[\frac{(n-m)!}{(n+m)!} \right]^2 \frac{K_n^m(i\zeta_R) L_n^m(i\zeta_R)}{\rho_1 L_n^m(i\zeta_R) - \rho_2 K_n^m(i\zeta_R)} \left[P_n^m(0) \right]^2 Q_n^m(i\zeta_P) Q_n^m(i\zeta_C) \cos m\phi_{PC} \right\} \quad (5-1)$$

$$V_{21} = \frac{1\rho_1}{2\pi} \left\{ \frac{1}{r_{PC}} - \frac{\rho_1 - \rho_2}{f} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=0}^n \frac{i(2n+1)(2-\delta)}{(-1)^m} \left[\frac{(n-m)!}{(n+m)!} \right]^2 \frac{L_n^m(i\zeta_R)}{\rho_1 L_n^m(i\zeta_R) - \rho_2 K_n^m(i\zeta_R)} \left[P_n^m(0) \right]^2 P_n^m(i\zeta_P) Q_n^m(i\zeta_C) \cos m\phi_{PC} \right\} \quad (5-2)$$

$$V_{12} = \frac{1\rho_1}{2\pi} \left\{ \frac{\rho_2}{\rho_1 r_{PC}} - \frac{\rho_2(\rho_1 - \rho_2)}{\rho_1 f} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=0}^n \frac{i(2n+1)(2-\delta)}{(-1)^m} \left[\frac{(n-m)!}{(n+m)!} \right]^2 \frac{K_n^m(i\zeta_R)}{\rho_1 L_n^m(i\zeta_R) - \rho_2 K_n^m(i\zeta_R)} \left[P_n^m(0) \right]^2 Q_n^m(i\zeta_P) P_n^m(i\zeta_C) \cos m\phi_{PC} + \right. \\ \left. + \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1 f} \arctg \left(\frac{1}{\zeta_P} \right) \right\} \quad (5-3)$$

$$V_{22} = \frac{1\rho_1}{2\pi} \left\{ \frac{\rho_2}{\rho_1 r_{PC}} - \frac{\rho_2(\rho_1 - \rho_2)}{\rho_1 f} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=0}^n \frac{i(2n+1)(2-\delta)}{(-1)^m} \left[\frac{(n-m)!}{(n+m)!} \right]^2 \frac{1}{\rho_1 L_n^m(i\zeta_R) - \rho_2 K_n^m(i\zeta_R)} \left[P_n^m(0) \right]^2 P_n^m(i\zeta_P) P_n^m(i\zeta_C) \cos m\phi_{PC} + \right. \\ \left. + \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1 f} \arctg \left(\frac{1}{\zeta_R} \right) \right\} \quad (5-4)$$

$$\begin{aligned}
K_n^m(i\zeta_R) &= \frac{P_n^m(i\zeta_R)}{Q_n^m(i\zeta_R)} & L_n^m(i\zeta_R) &= \frac{P_n^m(i\zeta_R)}{Q_n^m(i\zeta_R)} \\
\delta &= \begin{cases} 1 & \dots m = 0 \\ 0 & \dots m \neq 0 \end{cases} & r &= \sqrt{b^2 - R^2} & \zeta_R &= \sqrt{\left(\frac{R}{r}\right)^2 - 1} \\
\zeta_P &= \sqrt{\left(\frac{r_P}{r}\right)^2 - 1} = \begin{cases} \sqrt{\left(\frac{r_P}{r}\right)^2 - 1} & \dots P_n^m(i\zeta_P) + P_n^m(i\zeta_P) \\ i\sqrt{\left(\frac{r_P}{r}\right)^2 - 1} & \dots P_n^m(i\zeta_P) + i^{n+m} P_n^m(-i\zeta_P) \end{cases} \quad (5-a) \\
\zeta_C &= \sqrt{\left(\frac{r_C}{r}\right)^2 - 1} = \begin{cases} \sqrt{\left(\frac{r_C}{r}\right)^2 - 1} & \dots P_n^m(i\zeta_C) + P_n^m(i\zeta_C) \\ i\sqrt{\left(\frac{r_C}{r}\right)^2 - 1} & \dots P_n^m(i\zeta_C) + i^{n+m} P_n^m(-i\zeta_C) \end{cases} \\
R_{CP} &= |x_P - x_C| & r_P &= \sqrt{x_P^2 + y^2} & r_C &= \sqrt{x_C^2 + y^2} & \cos \phi_{PC} &= \frac{r_P^2 + r_C^2 - r_{PC}^2}{2r_P r_C}
\end{aligned}$$

2.2. Resistivity type curves

For qualitative as well as for quantitative interpretation, there are rather useful theoretical resistivity curves of various models available. Theoretical anomalies have been treated by several authors (K. L. Cook and R. L. Gray, 1961; K. L. Cook and R. G. Van Nostrand, 1954). Some years ago a good selection of resistivity type curves for vertical dikes was published (Kumar Rakesh, 1973 — survey line perpendicular to the strike of the dike and electrodes along this line; Sh. C. Jain, 1974 — survey line perpendicular to the dike and electrode array perpendicular to this line). The published master curves were extremely useful in qualitative interpretation. However, in the first phase of quantitative evaluation, as well as for analysis and the examination of the characteristics of resistivity profiling, a more suitable collection of resistivity model curves was required.

All calculations were carried out by the Hewlett Packard 9830 A desk calculator. The hemisphere and the vertical dike served as basic models. In one particular case only the prolate and oblate spheroids were treated in order to reduce the duration of mathematical operations and problems of convergence. The calculated model curves are given in figs. 13 to 50. Most of the diagrams relate to the hemisphere (the deposits exhibiting a roughly circular subsidence for the most part) and to the Wenner electrode array. A survey of theoretical curves is given in table 1.

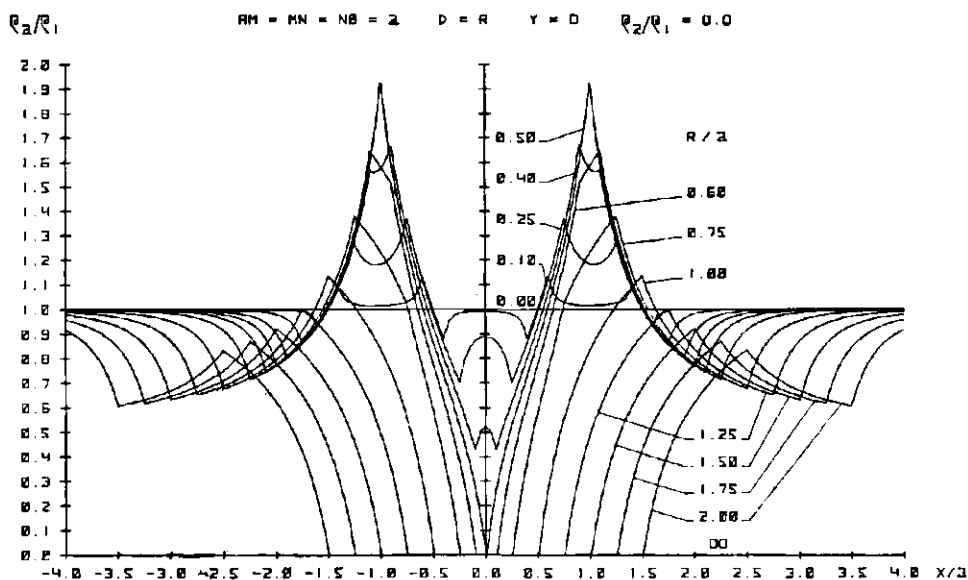


Fig. 13. Resistivity type curves over hemisphere
Sl. 13. Modelne krivulje polkrogle

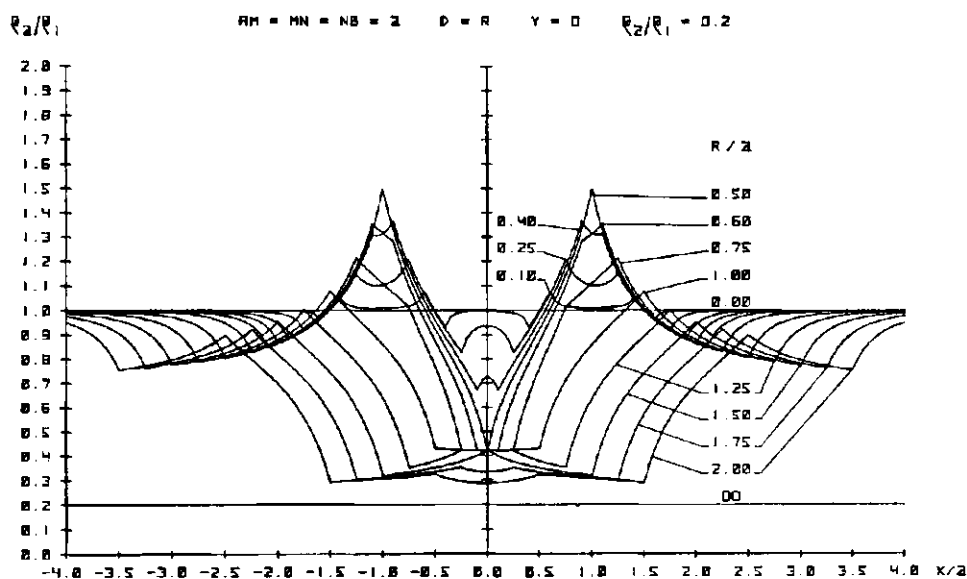


Fig. 14. Resistivity type curves over hemisphere
Sl. 14. Modelne krivulje polkrogle

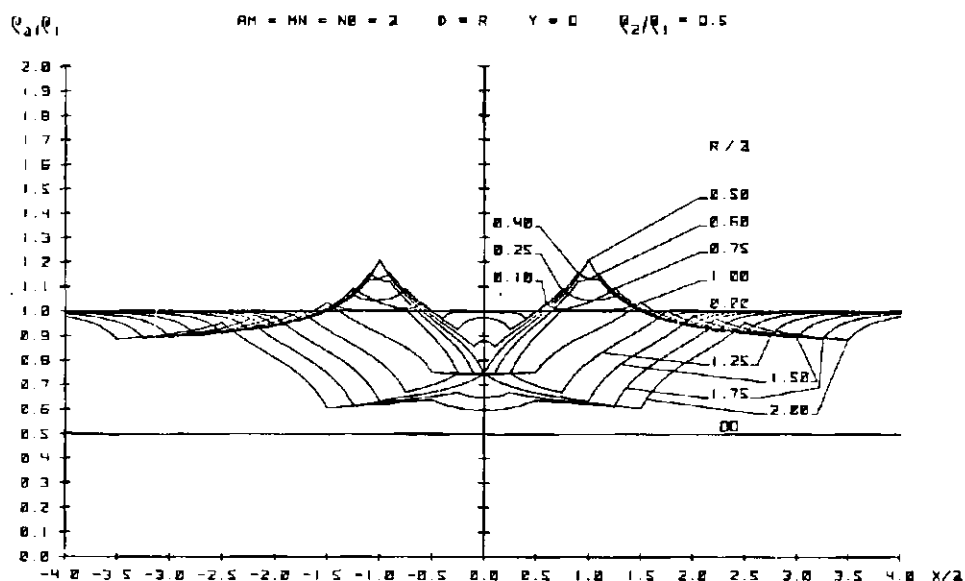


Fig. 15. Resistivity type curves over hemisphere
Sl. 15. Modelne krivulje polkrogle

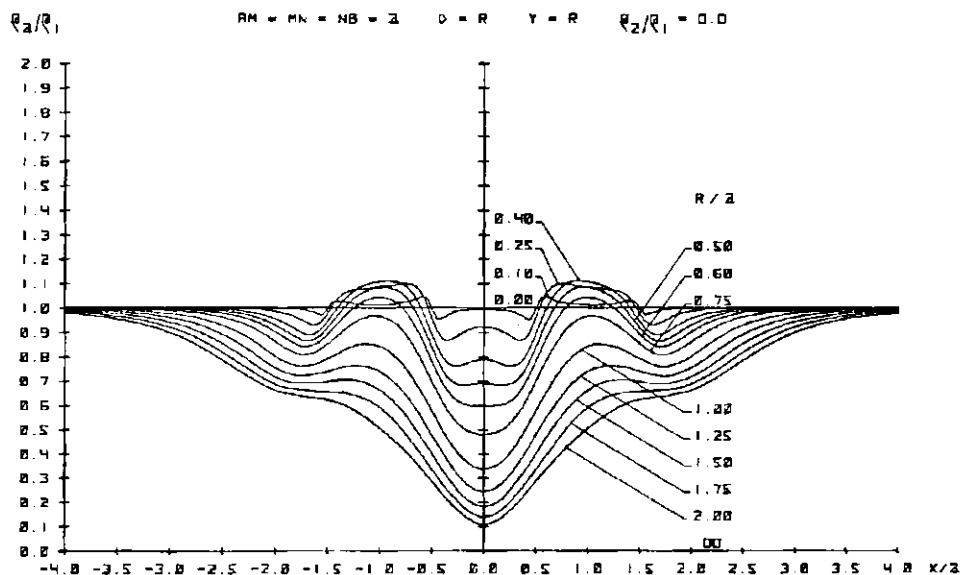


Fig. 16. Resistivity type curves over hemisphere
Sl. 16. Modelne krivulje polkrogle

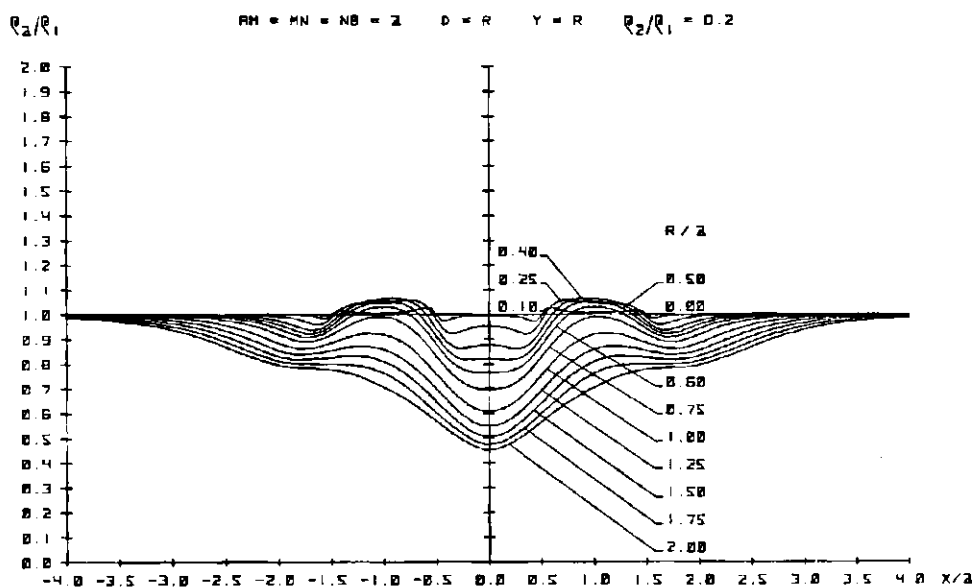


Fig. 17. Resistivity type curves over hemisphere
Sl. 17. Modelne krivulje polkrogle

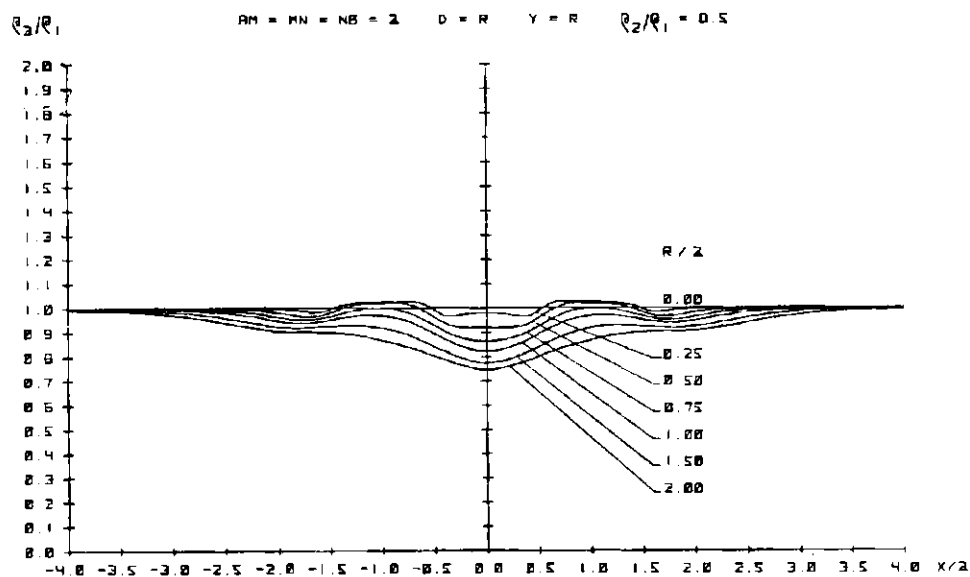


Fig. 18. Resistivity type curves over hemisphere
Sl. 18. Modelne krivulje polkrogle

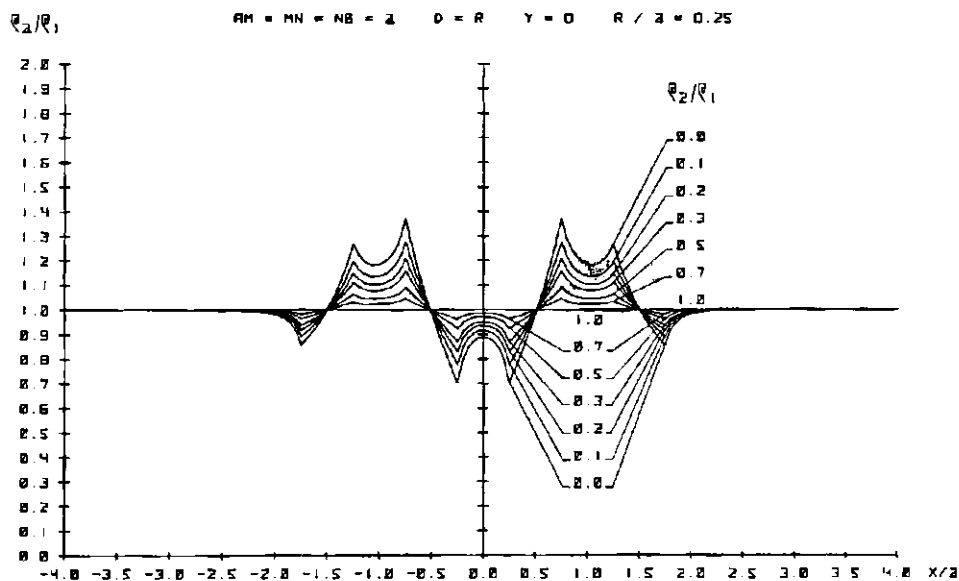


Fig. 19. Resistivity type curves over hemisphere
Sl. 19. Modelne krivulje polkrogle

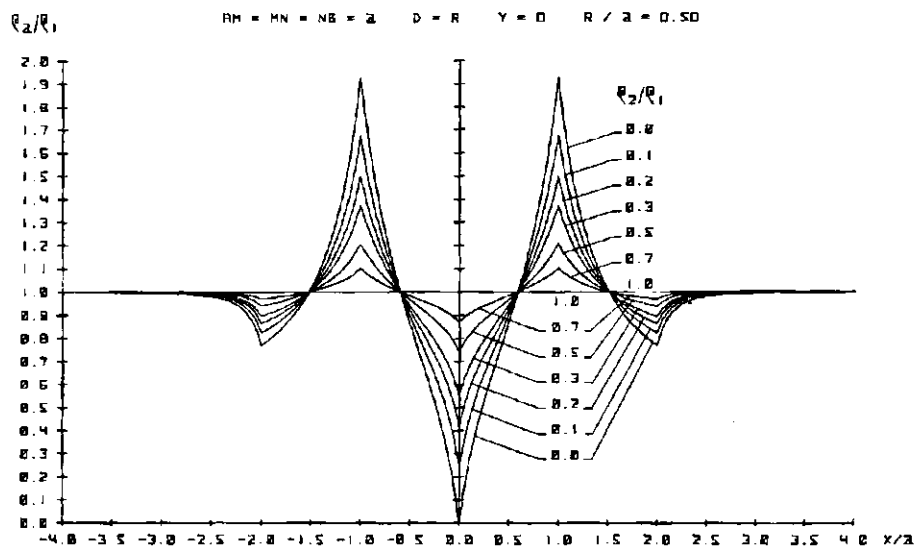


Fig. 20. Resistivity type curves over hemisphere
Sl. 20. Modelne krivulje polkrogle

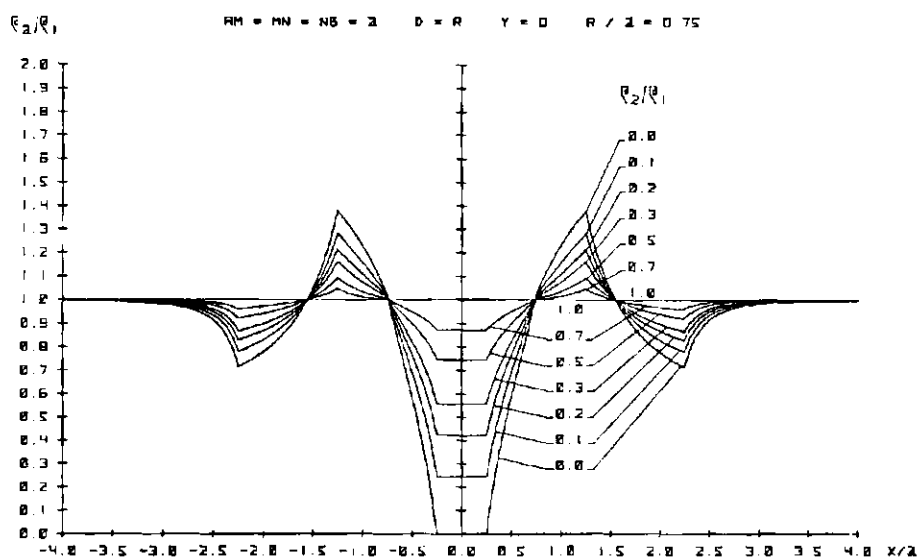


Fig. 21. Resistivity type curves over hemisphere
Sl. 21. Modelne krivulje polkrogle

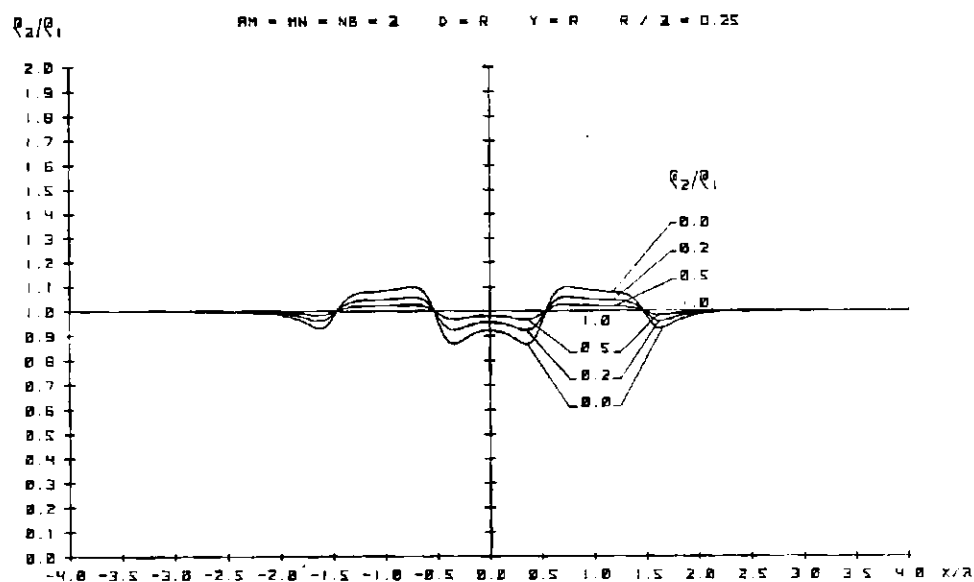


Fig. 22. Resistivity type curves over hemisphere
Sl. 22. Modelne krivulje polkrogle

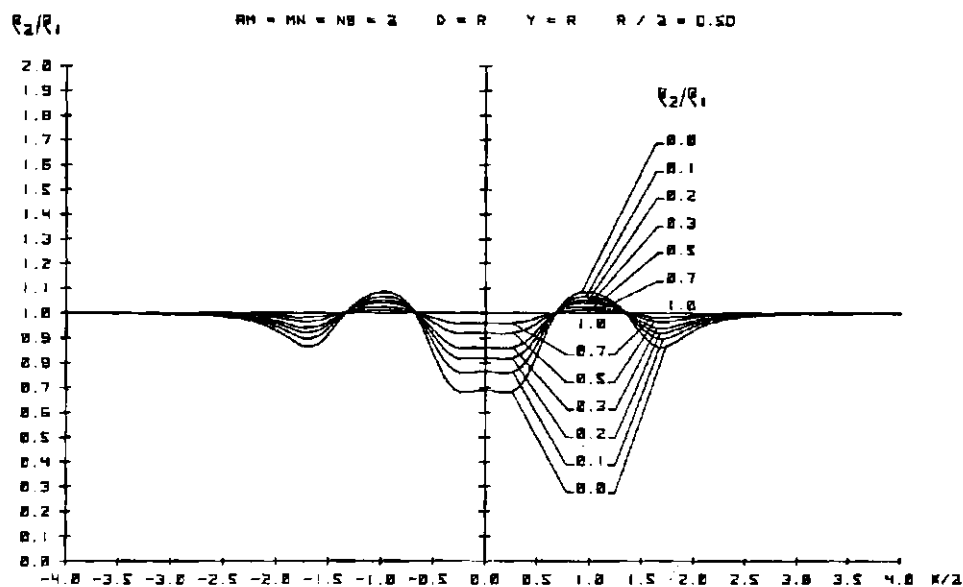


Fig. 23. Resistivity type curves over hemisphere
Sl. 23. Modelne krivulje polkrogle

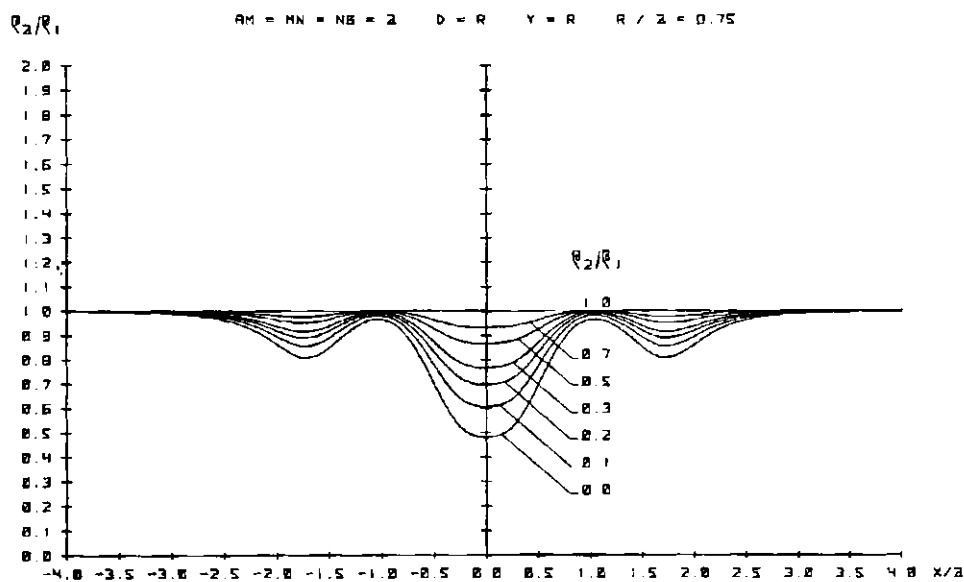


Fig. 24. Resistivity type curves over hemisphere
Sl. 24. Modelne krivulje polkrogle

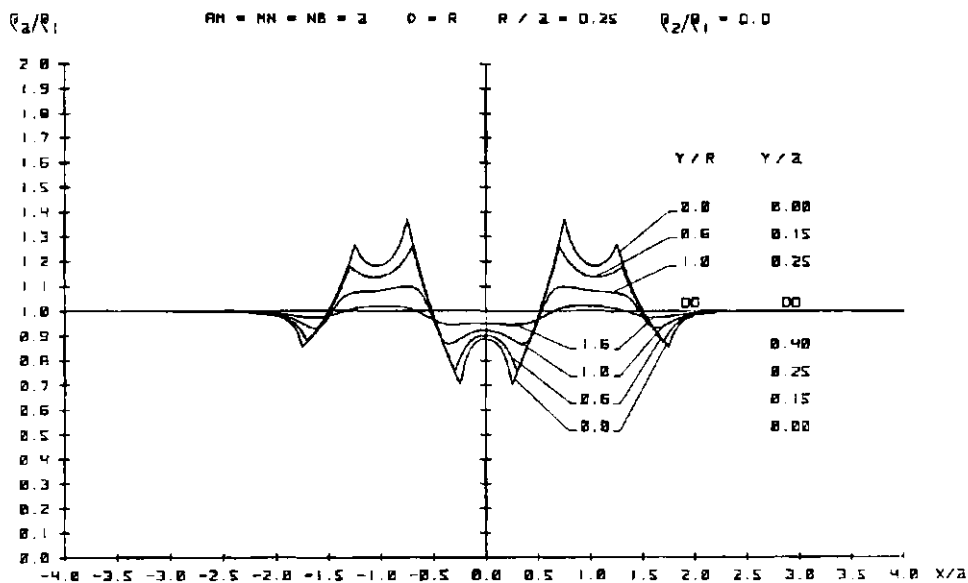


Fig. 25. Resistivity type curves over hemisphere

Sl. 25. Modelne krivulje polkrogle

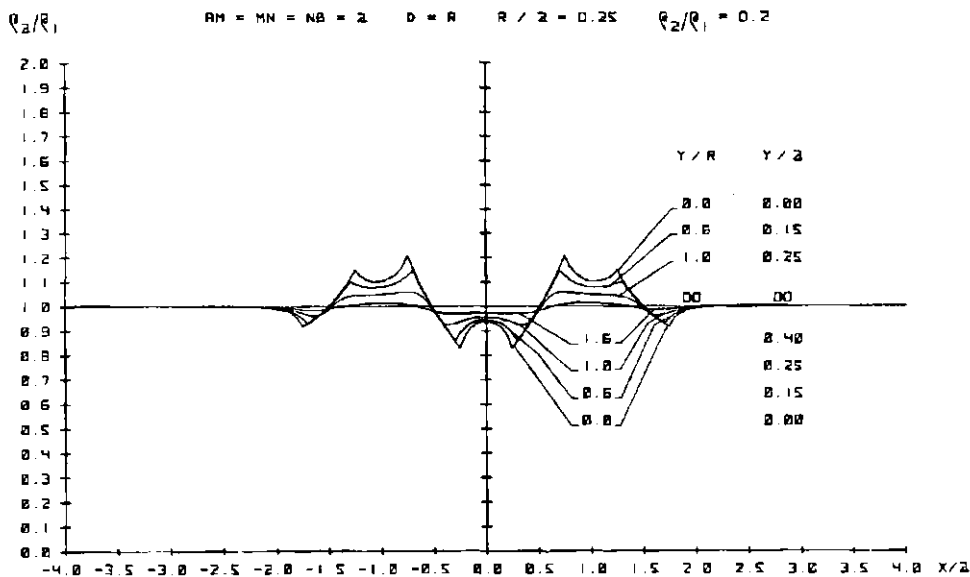


Fig. 26. Resistivity type curves over hemisphere

Sl. 26. Modelne krivulje polkrogle

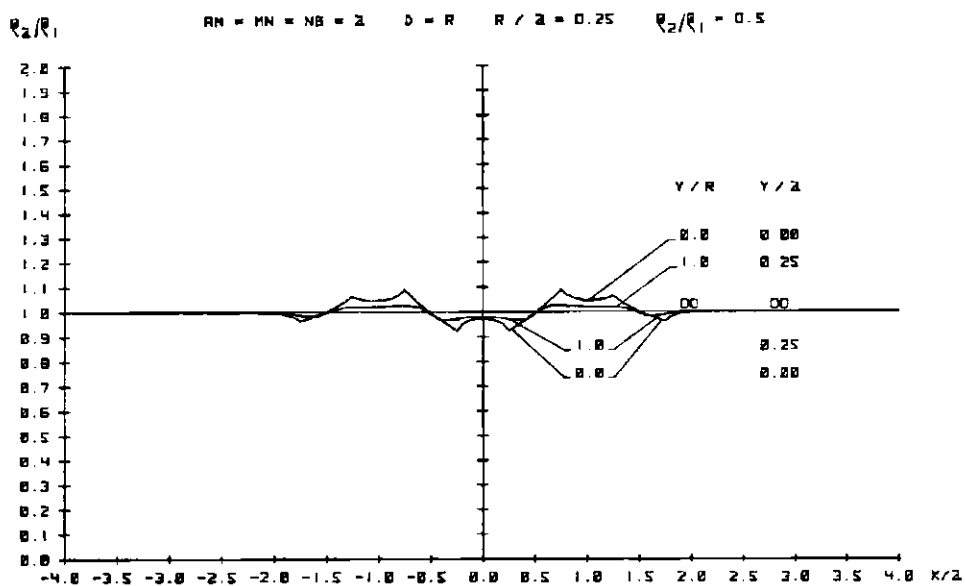


Fig. 27. Resistivity type curves over hemisphere
Sl. 27. Modelne krivulje polkrogle

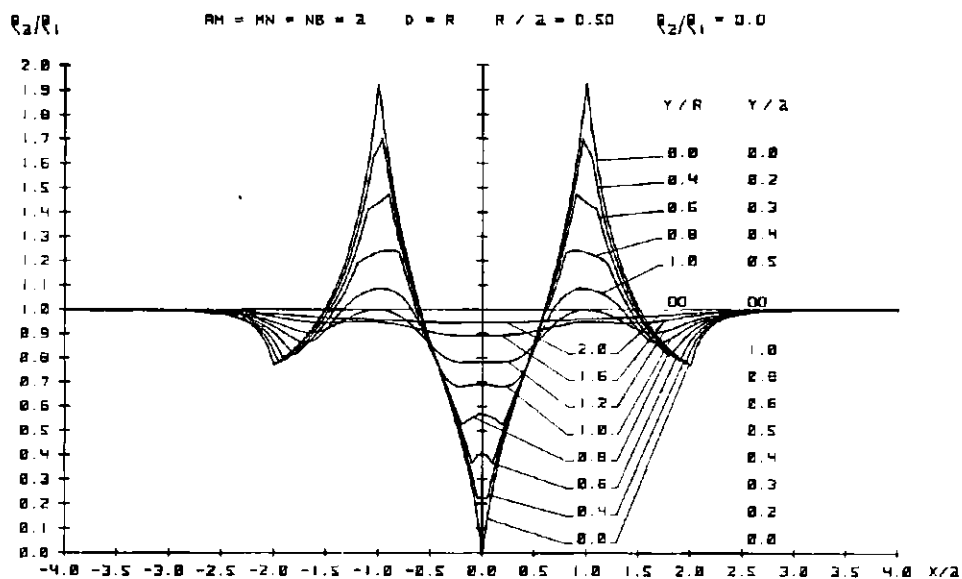


Fig. 28. Resistivity type curves over hemisphere
Sl. 28. Modelne krivulje polkrogle

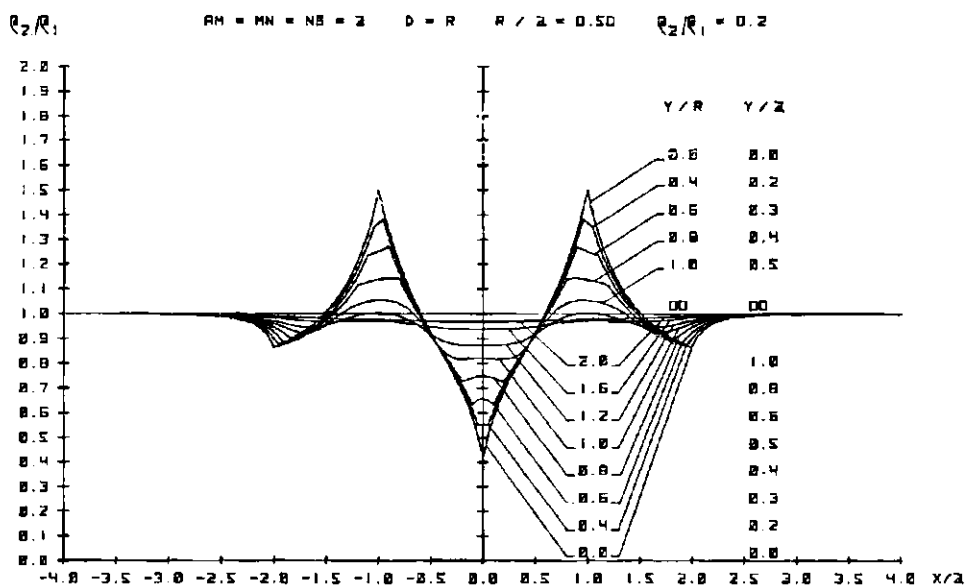


Fig. 29. Resistivity type curves over hemisphere
Sl. 29. Modelne krivulje polkrogle

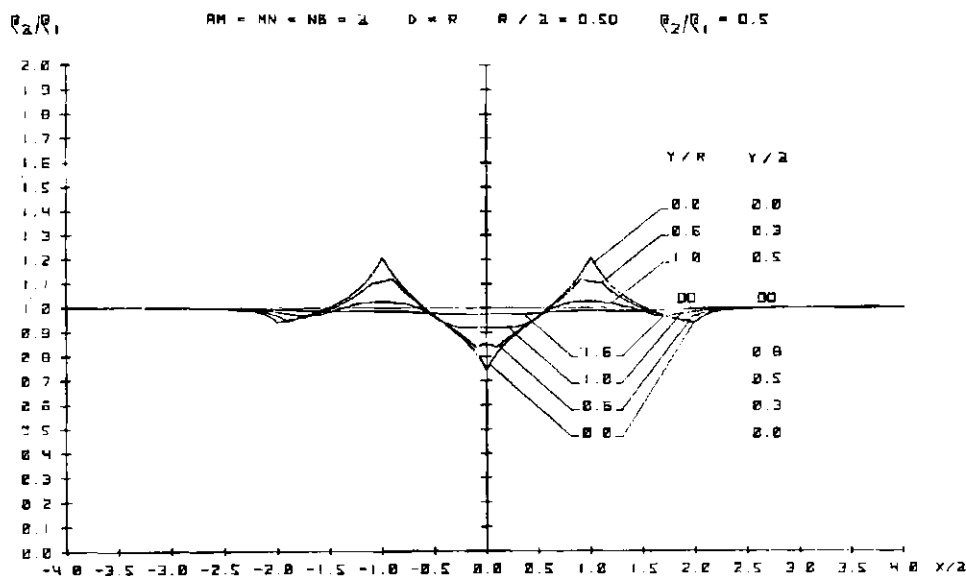


Fig. 30. Resistivity type curves over hemisphere
Sl. 30. Modelne krivulje polkrogle

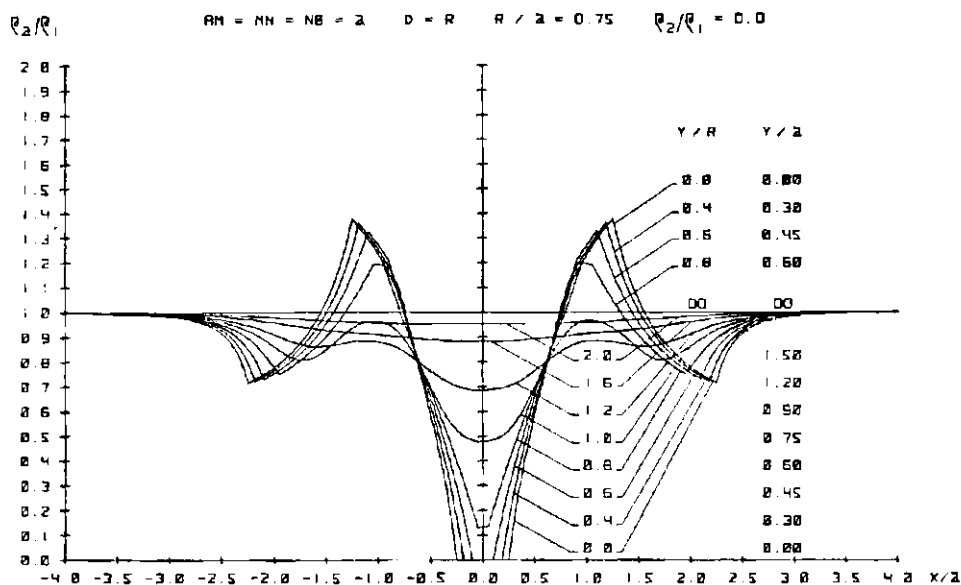


Fig. 31. Resistivity type curves over hemisphere
Sl. 31. Modelne krivulje polkrogle

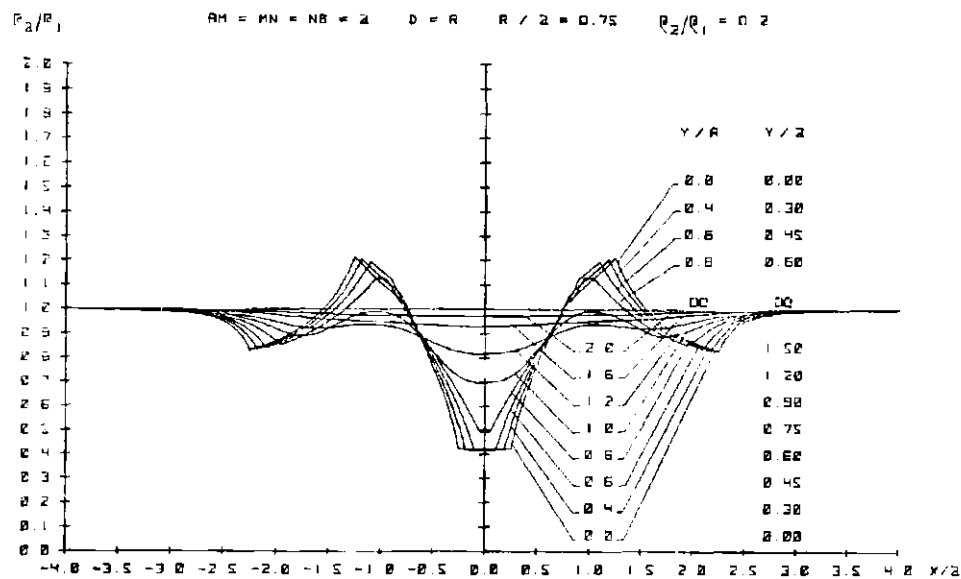


Fig. 32. Resistivity type curves over hemisphere
Sl. 32. Modelne krivulje polkrogle

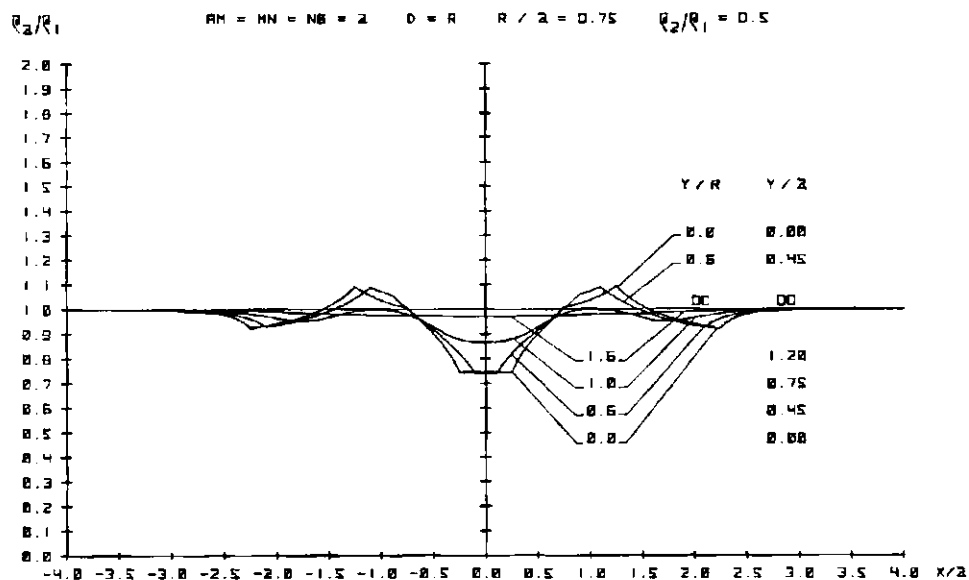


Fig. 33. Resistivity type curves over hemisphere

Sl. 33. Modelne krivulje polkrogle

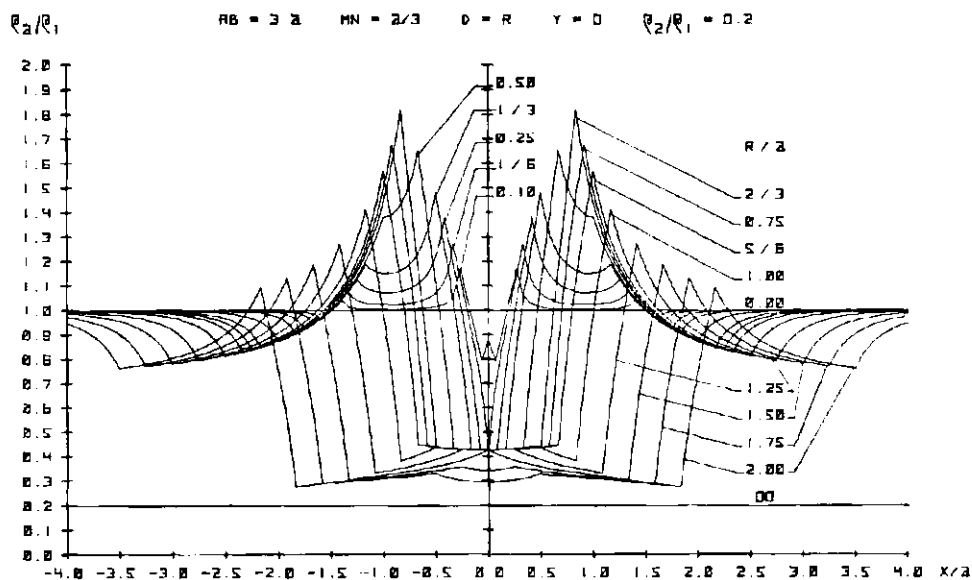


Fig. 34. Resistivity type curves over hemisphere

Sl. 34. Modelne krivulje polkrogle

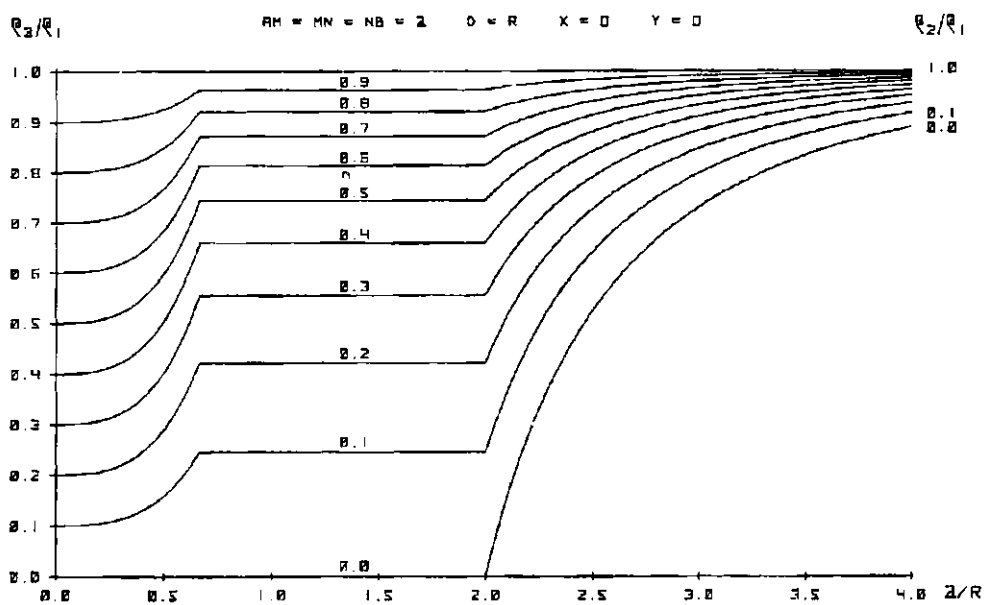


Fig. 35. Resistivity type curves over hemisphere
Sl. 35. Modelne krivulje polkrogle

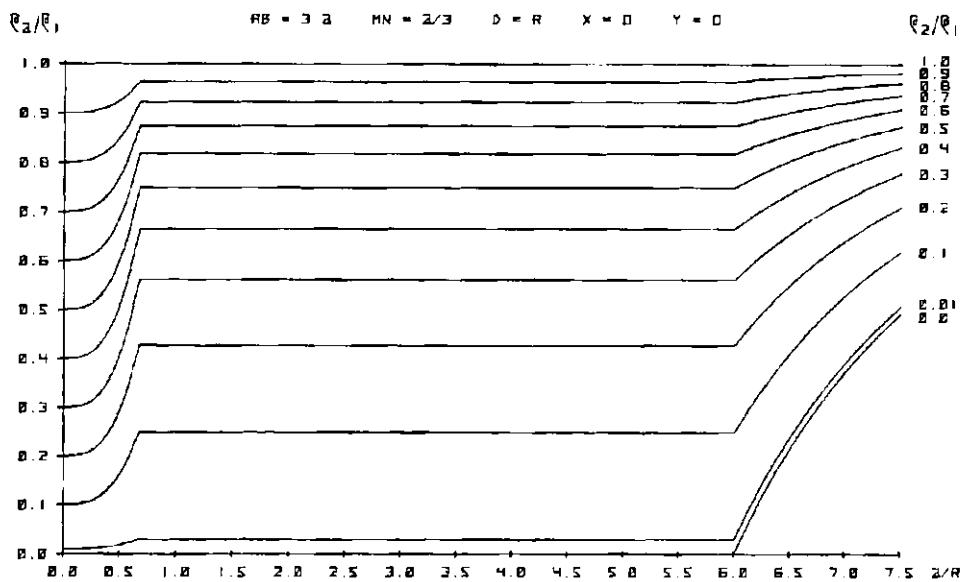
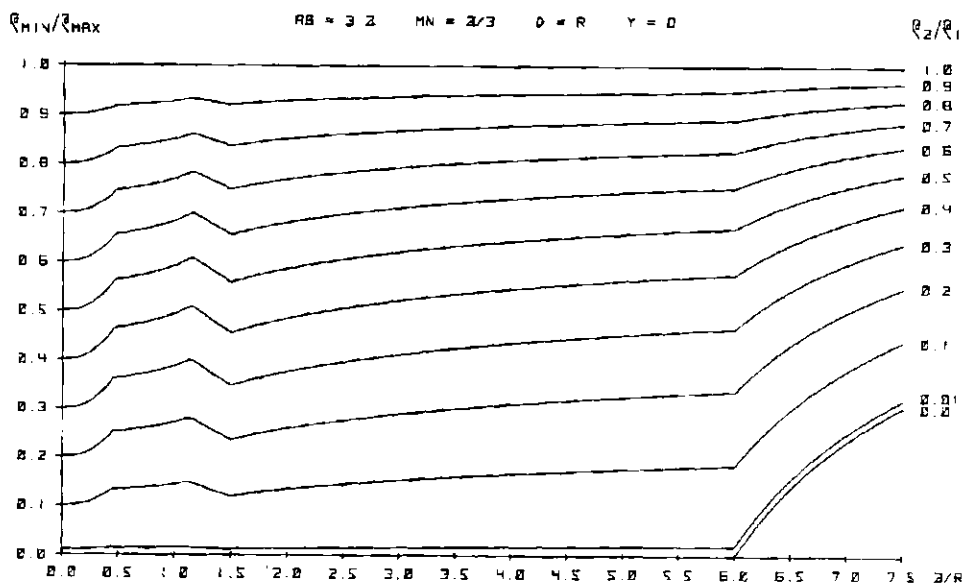
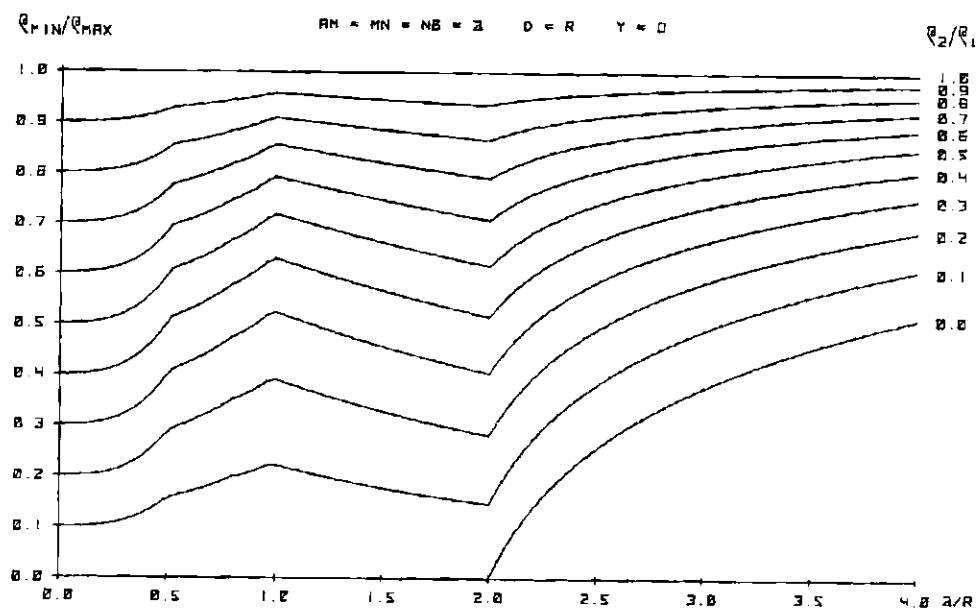


Fig. 36. Resistivity type curves over hemisphere
Sl. 36. Modelne krivulje polkrogle



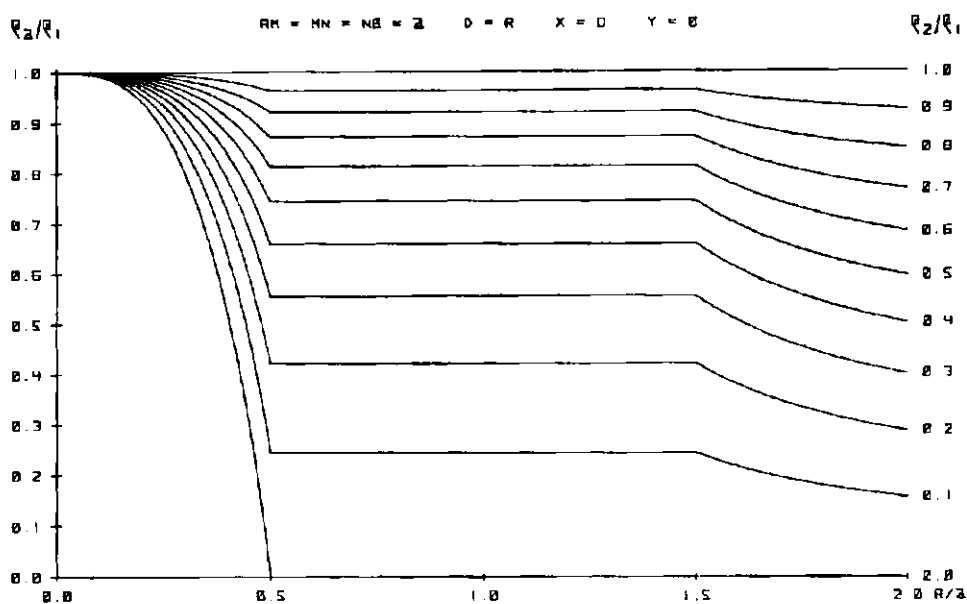


Fig. 39. Resistivity type curves over hemisphere
Sl. 39. Modelne krivulje polkrogle

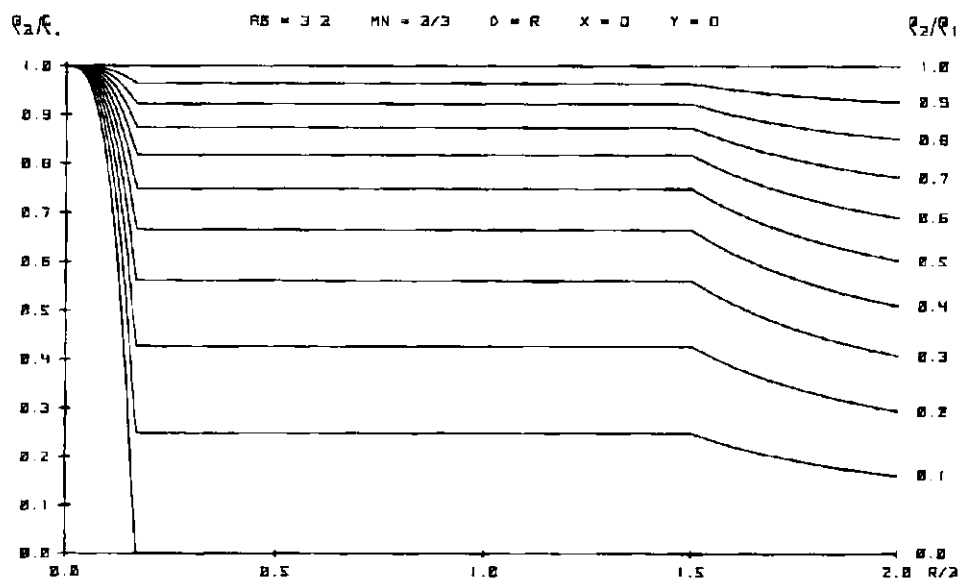


Fig. 40. Resistivity type curves over hemisphere
Sl. 40. Modelne krivulje polkrogle

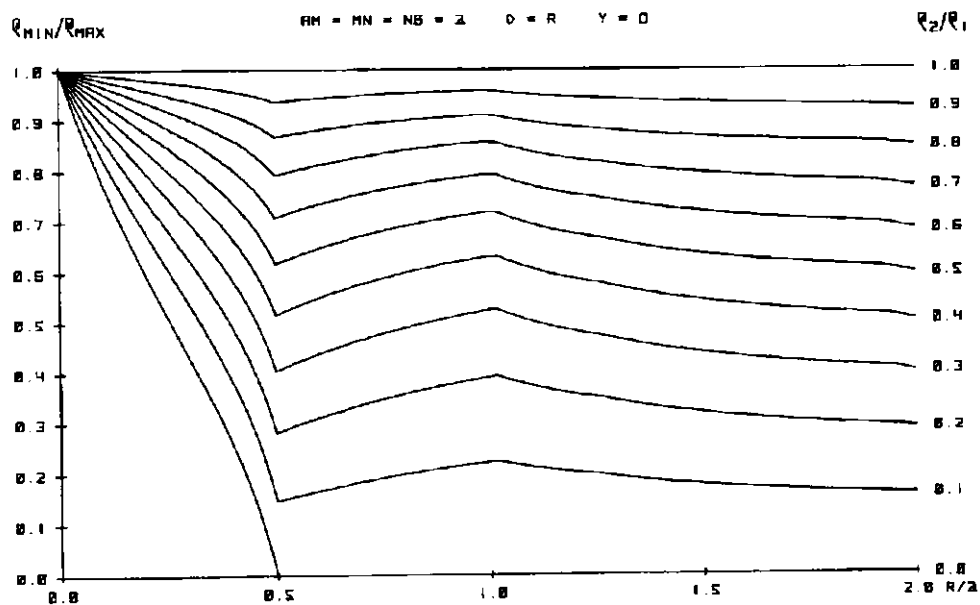


Fig. 41. Resistivity type curves over hemisphere

Sl. 41. Modelne krivulje polkrogle

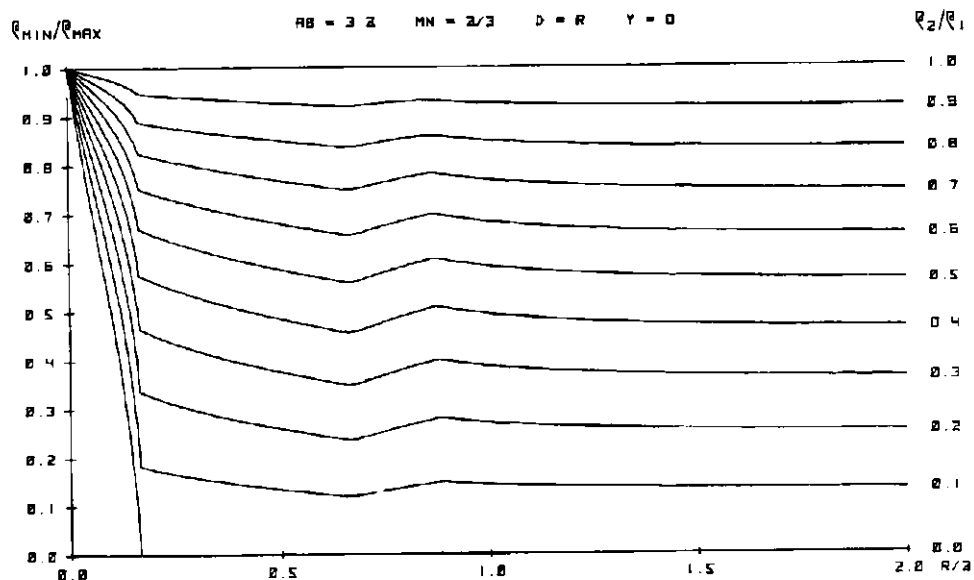


Fig. 42. Resistivity type curves over hemisphere

Sl. 42. Modelne krivulje polkrogle

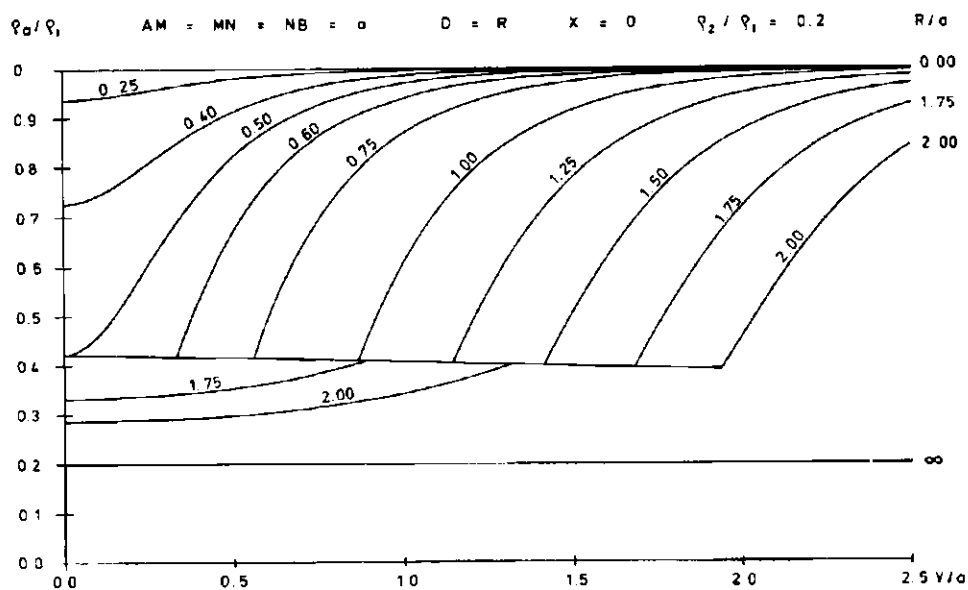


Fig. 43. Resistivity type curves over hemisphere
Sl. 43. Modelne krivulje polkrogle

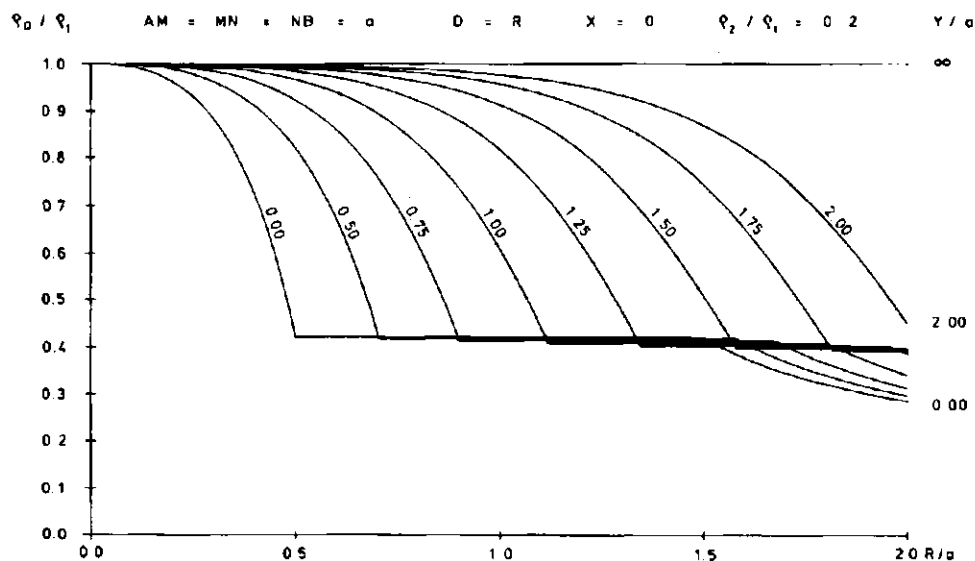


Fig. 44. Resistivity type curves over hemisphere
Sl. 44. Modelne krivulje polkrogle

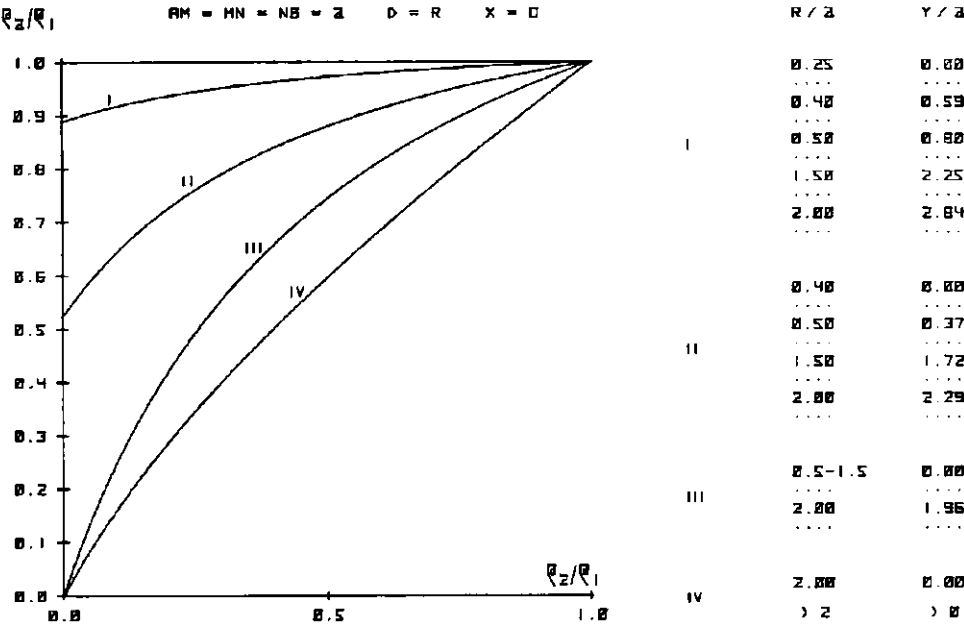


Fig. 45. Some equivalent resistivity curves of hemisphere
Sl. 45. Nekaj ekvivalentnih modelnih krivulj polkrogle

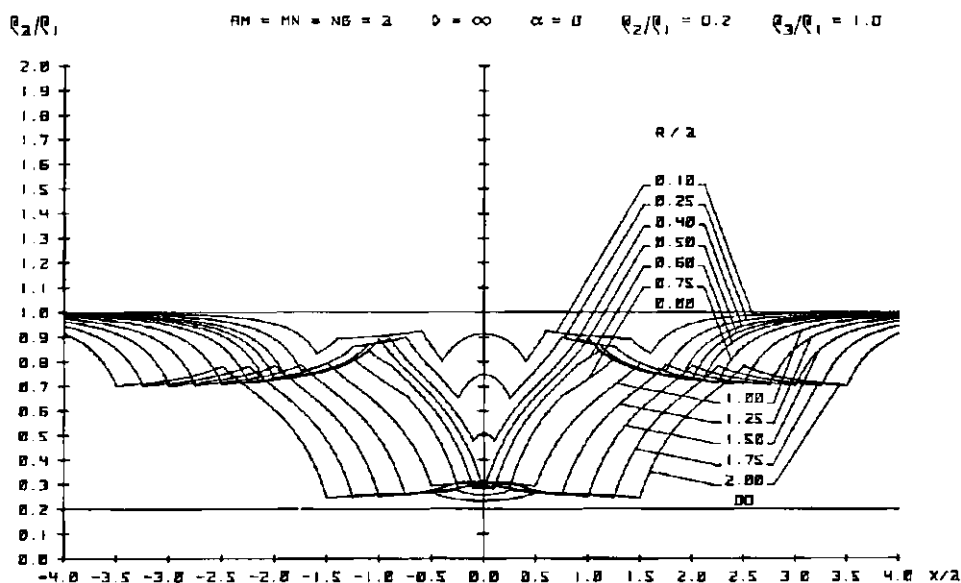


Fig. 46. Resistivity type curves over vertical dike
Sl. 46. Modelne krivulje vertikalne plošče

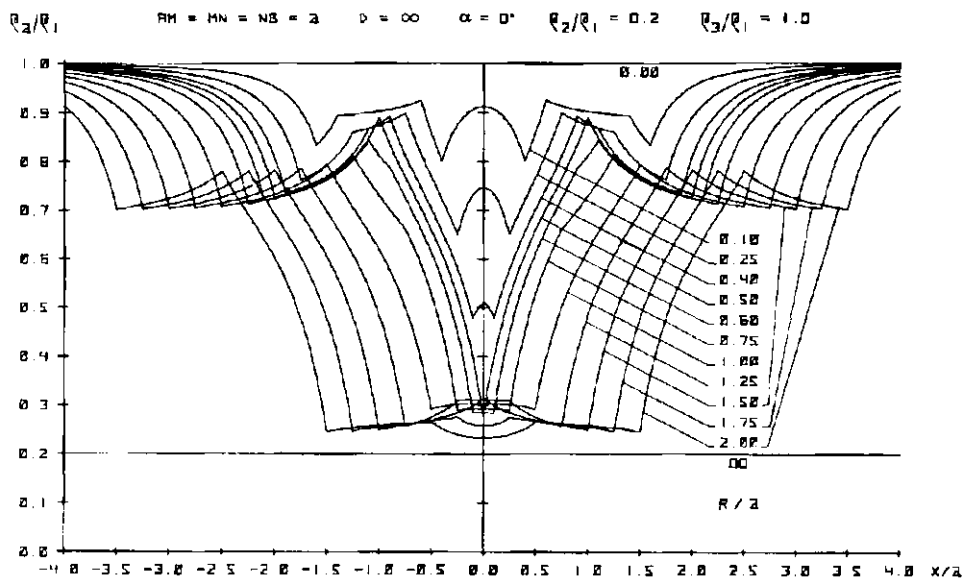


Fig. 46 a. Resistivity type curves over vertical dike
Sl. 46 a. Modelne krivulje vertikalne plošče

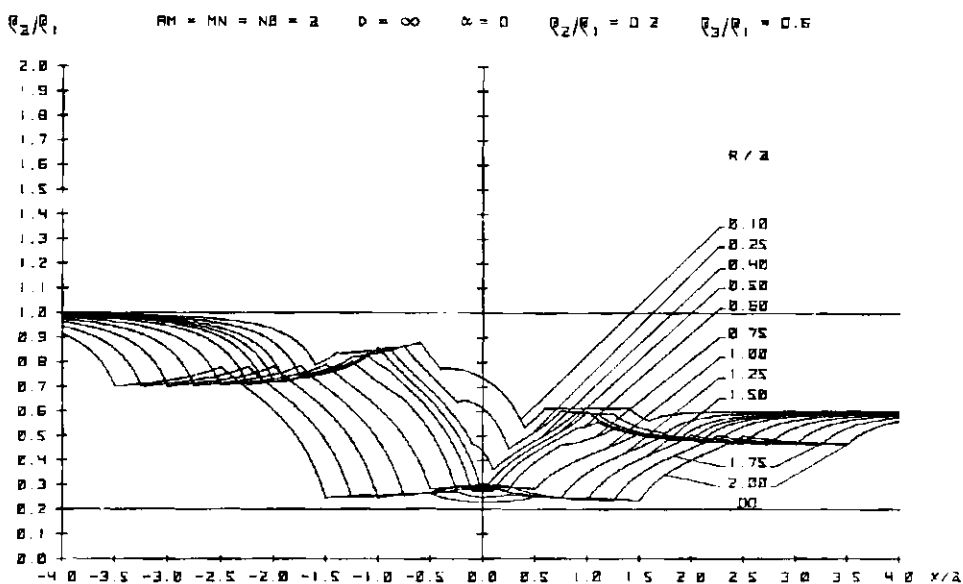


Fig. 47. Resistivity type curves over vertical dike
Sl. 47. Modelne krivulje vertikalne plošče

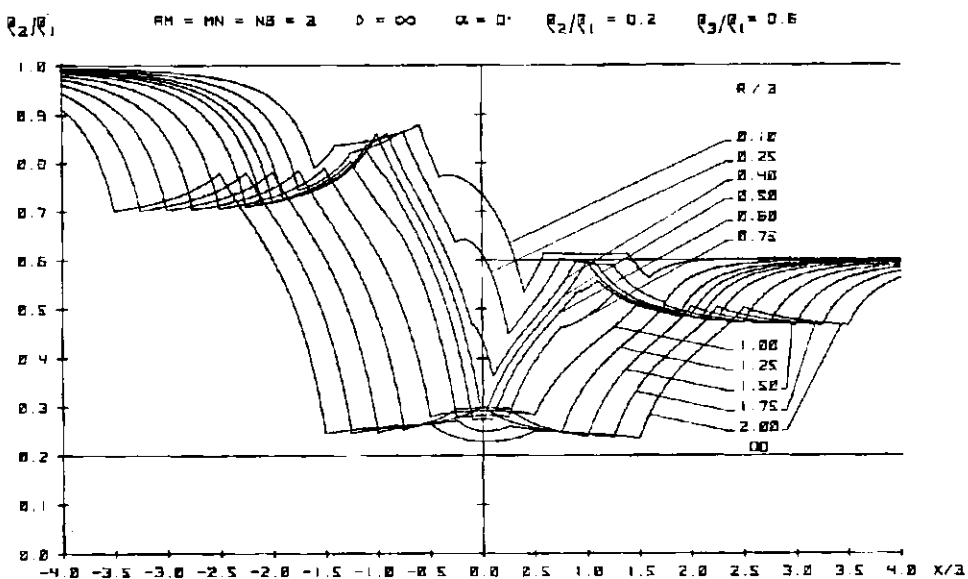


Fig. 47 a. Resistivity type curves over vertical dike
Sl. 47 a. Modelne krivulje vertikalne plošče

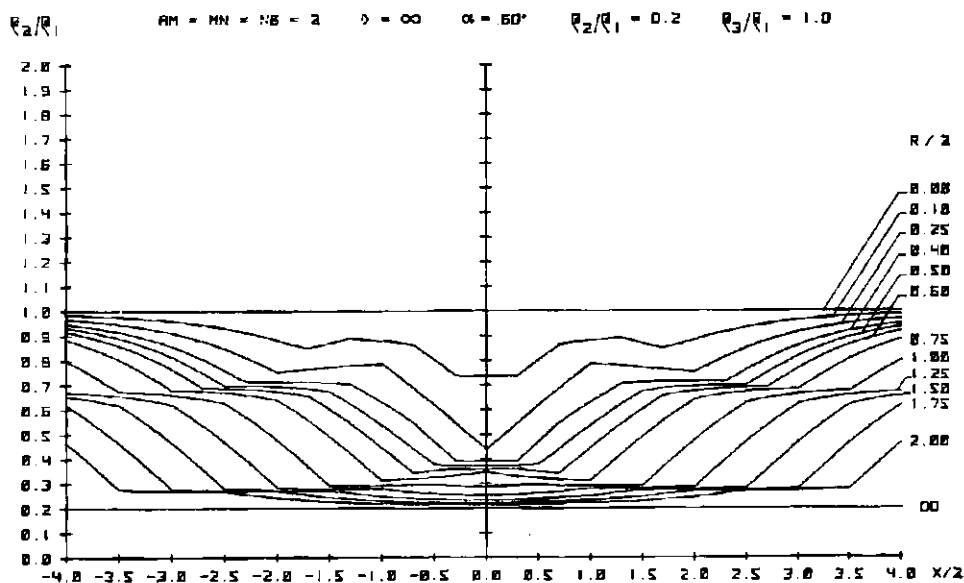


Fig. 48. Resistivity type curves over vertical dike
Sl. 48. Modelne krivulje vertikalne plošče

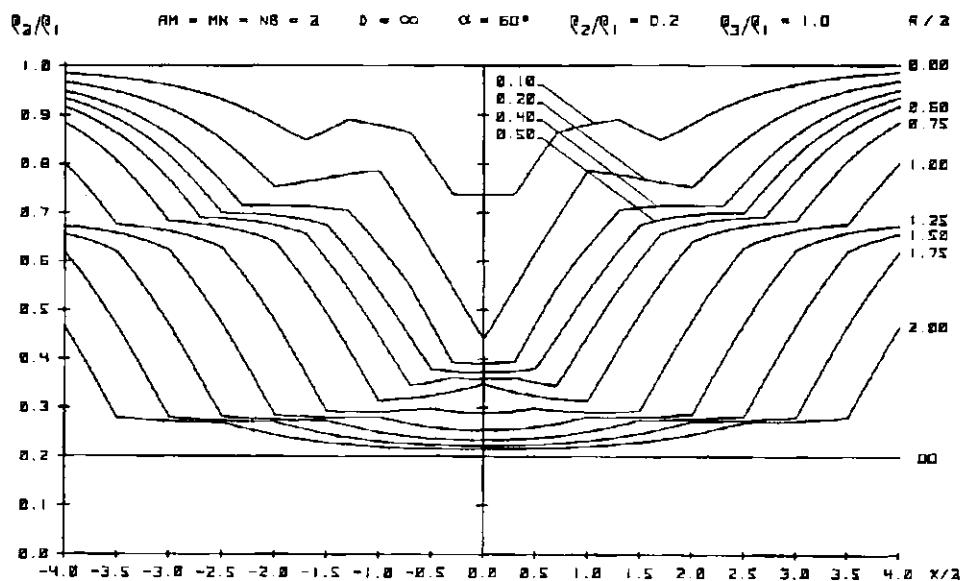


Fig. 48 a. Resistivity type curves over vertical dike
Sl. 48 a. Modelne krivulje vertikalne plošče

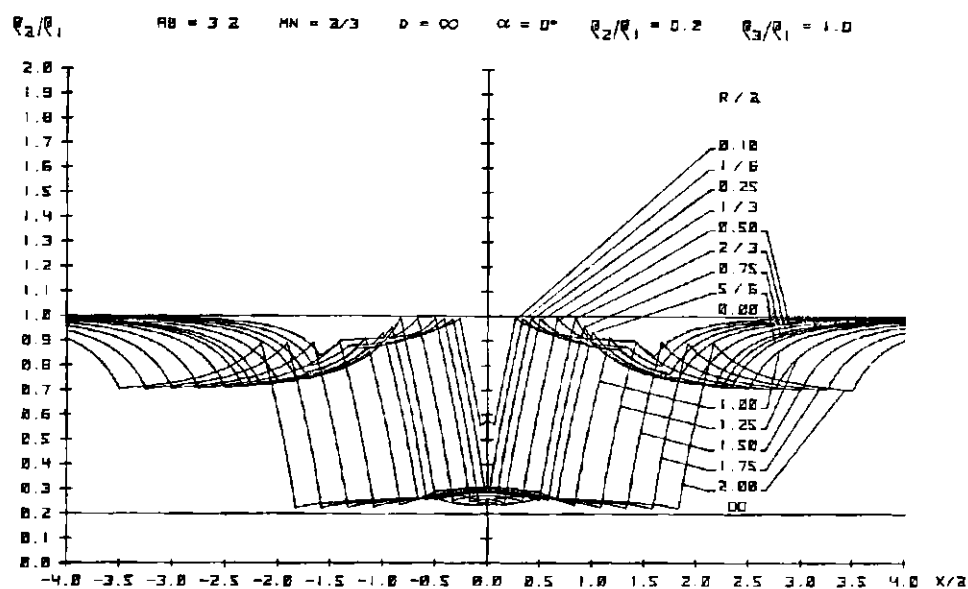


Fig. 49. Resistivity type curves over vertical dike

Sl. 49. Modelne krivulje vertikalne plošče

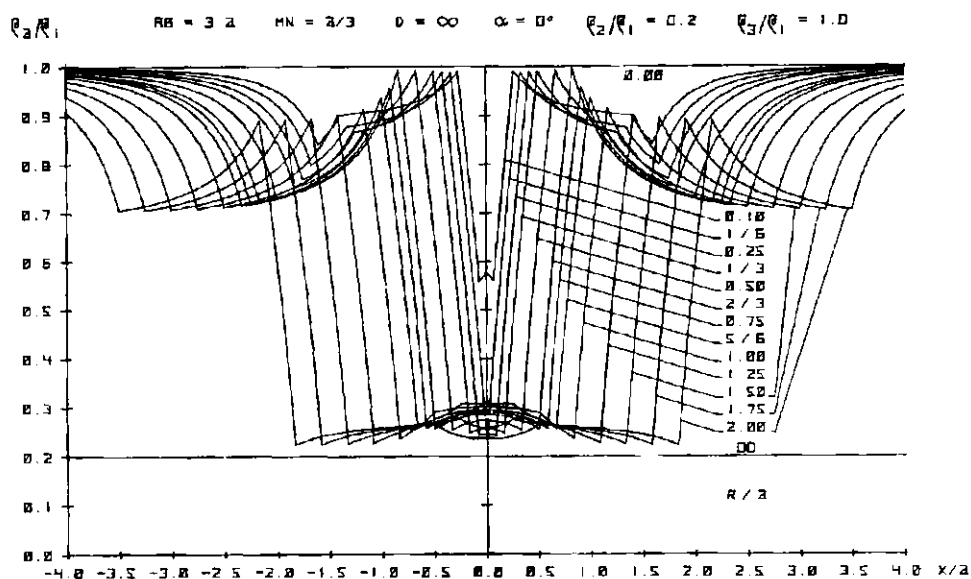


Fig. 49 a. Resistivity type curves over vertical dike

Sl. 49 a. Modelne krivulje vertikalne plošče

Table 1. List of resistivity type curves
Tabela 1. Seznam modelnih krivulj

Sl. Fig.	MODEL	RAZVRSTITEV ARRAY	FUNKCIJA FUNCTION	IZBRANE VREDNOSTI FIXED VALUES	PARAMETER DRUŽINE KRIVULJ SET PARAMETER VALUES
13	Polkrogla Hemisphere	Wenner	$\rho_2/\rho_1 = f(x/a)$	$y = 0$ $\rho_2/\rho_1 = 0$	$R/a = 0.1, 0.25, 0.4, 0.5, 0.6, 0.75, 1, 1.25, 1.5, 2$
14	"	"	"	"	0.2 "
15	"	"	"	"	0.5 "
16	"	"	"	ρ	0 "
17	"	"	"	"	0.2 "
18	"	"	"	"	0.5 0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.5, 2
19	"	"	"	0 $R/a = 0.25$	$\rho_2/\rho_1 = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 0.7$
20	"	"	"	0	0.5 "
21	"	"	"	"	0.75 "
22	"	"	"	R	0.25 0, 0.2, 0.5
23	"	"	"	"	0.5 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 0.7
24	"	"	"	"	0.75 "
25	"	"	"	$R/a = 0.25$ $\rho_1/\rho_2 = 0$	$y/R = 0, 0.6, 1, 1.6$
26	"	"	"	"	0.2 "
27	"	"	"	$R/a = 0.25$ $\rho_2/\rho_1 = 0.5$	$y/R = 0, 1$
28	"	"	"	0.5	0 0, 0.4, 0.6, 0.8, 1, 1.2, 1.6, 2
29	"	"	"	"	0.2 "
30	"	"	"	"	0.5 0, 0.6, 1, 1.6
31	"	"	"	0.75	0 0, 0.4, 0.6, 0.8, 1, 1.2, 1.6, 2
32	"	"	"	"	0.2 "
33	"	"	"	"	0.5 0, 0.6, 1, 1.6
34	"	Schlumberger	"	$y = 0$	0.2 $R/a = 0.1, 1/6, 0.25, 1/3, 0.5, 2/3, 0.75, 5/6, 1, 1.25, 1.50, 1.75, 2$

nadaljevanje

continued

Sl. Fig.	MODEL	RAZVRSTITEV ARRAY	FUNKCIJA FUNCTION	IZBRANE VREDNOSTI FIXED VALUES		PARAMETER DRUŽINE KRIVULJ SET PARAMETER VALUES
35	Polkrogla Hemisphere	Wenner	$\rho_a/\rho_1 = f(a/R)$	$x = 0$	$y = 0$	$\rho_2/\rho_1 = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9$
36	"	Schlumberger	"	"	"	"
37	"	Wenner	$\rho_{\min}/\rho_{\max} = f(a/R)$	—	"	"
38	"	Schlumberger	"	—	"	" (in and 0.01)
39	"	Wenner	$\rho_a/\rho_1 = f(R/a)$	$x = 0$	"	"
40	"	Schlumberger	$\rho_a/\rho_1 = f(R/a)$	$x = 0$	$y = 0$	$\rho_2/\rho_1 = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9$
41	"	Wenner	$\rho_{\min}/\rho_{\max} = f(R/a)$	—	"	"
42	"	Schlumberger	"	—	"	"
43	"	Wenner	$\rho_a/\rho_1 = f(y/a)$	$x = 0$	$\rho_2/\rho_1 = 0.2$	$R/a = 0.25, 0.4, 0.5, 0.6, 0.75, 1, 1.25, 1.5, 1.75, 2$
44	"	"	$\rho_a/\rho_1 = f(R/a)$	"	"	$y/a = 0, 0.5, 0.75, 1, 1.25, 1.5, 2$
45	"	"	$\rho_a/\rho_1 = f(\rho_2/\rho_1)$	"	—	$(R/a, y/a) = 0, (0.25) \dots$
46 46a	Plošča Dike	"	$\rho_a/\rho_1 = f(x/a)$	$\alpha = 0$	$\rho_2/\rho_1 = 0.2$ $\rho_3/\rho_1 = 1$	$R/a = 0.1, 0.25, 0.4, 0.5, 0.6, 0.75, 1, 1.25, 1.5, 1.75, 2$
47 47a	"	"	"	"	" 0.6	"
48 48a	"	"	"	60°	" 1	"
49 49a	"	Schlumberger	"	0	" "	"
50	Polisferoidi Hemispheroids	Wenner	"	$y = 0$ $\rho_2/\rho_1 = 0$	$R/a = 0.5$ $\alpha = 0$ $\rho_3/\rho_1 = 1$	$D/R = 0.1, 0.5, 1, 2, 4, \infty$

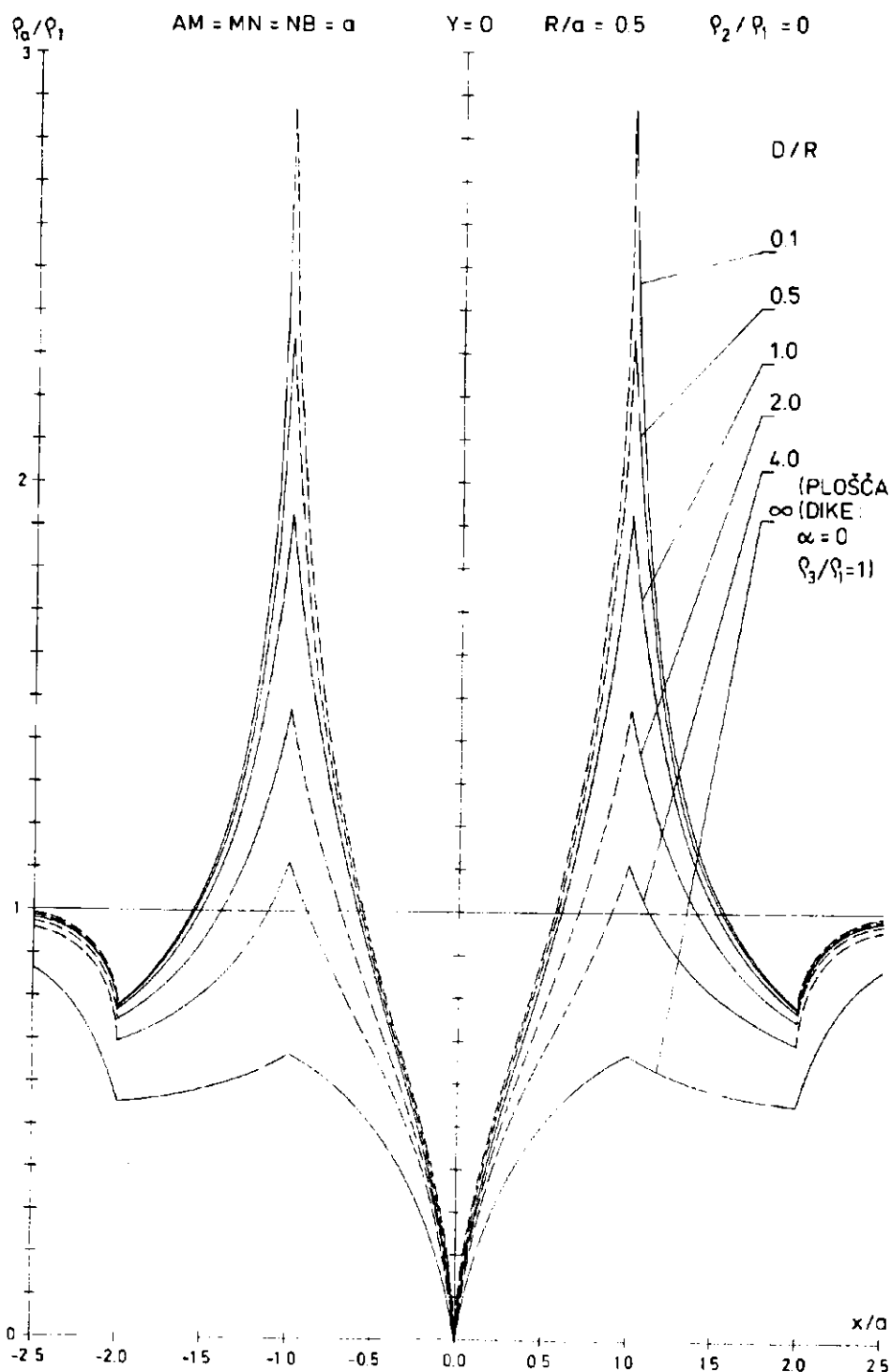


Fig. 50. Resistivity type curves over hemisphere, oblate and prolate hemispheroid and vertical dike. Solid lines — computed, dashed sections — interpolated

Sl. 50. Modelne krivulje polkrogle, sploščenega in podaljšanega plosferoida in vertikalne plošče. Neprekinjeni odseki krivulj so izračunani, črtkani pa interpolirani

2.3. Analysis of resistivity type curves

From a total of 38 diagrams there are 27 sets illustrating the theoretical horizontal resistivity profiles $\varrho_a/\varrho_1 = f(x/a)$. Resistivity profiles over the body are characterized by break points. They appear where one or two electrodes traverse the body and the country rock. In the symmetrical AMNB electrode array the turning points are at:

hemispheroid	dike
$x_1 = \pm \left \frac{\overline{MN}}{2} - \sqrt{R^2 - y^2} \right $	$x_1 = \pm \left \frac{\overline{MN}}{2} - \frac{R}{\cos \alpha} \right $
$x_2 = \pm \left \frac{\overline{MN}}{2} + \sqrt{R^2 - y^2} \right $	$x_2 = \pm \left(\frac{\overline{MN}}{2} + \frac{R}{\cos \alpha} \right)$
$x_3 = \pm \left \frac{\overline{AB}}{2} - \sqrt{R^2 - y^2} \right $	$x_3 = \pm \left \frac{\overline{AB}}{2} - \frac{R}{\cos \alpha} \right $
$x_4 = \pm \left(\frac{\overline{AB}}{2} + \sqrt{R^2 - y^2} \right)$	$x_4 = \pm \left(\frac{\overline{AB}}{2} + \frac{R}{\cos \alpha} \right)$

The hemisphere model curves show how the amplitude and the shape of the anomaly are influenced by parameters y/R , R/a and ϱ_2/ϱ_1 . The anomalies decrease as the body resistivities advance towards that of the country rock, as well as with the growing distance of the traverse from the center of the body, i.e. with the increase of y/R or y/a . This relationship is self-evident. Nevertheless, the decrement of the anomaly, as well as the changing of its shape, are important, as can be observed in the diagrams.

The anomaly at point $(x = 0, y = 0)$ as a function of y/a and ϱ_2/ϱ_1 is shown in figs. 43 and 45. By increasing the distance of the traverse from the center of the body of radius $R > \overline{MN}/2$, the change in the anomaly at point $(0,0)$ is practically negligible up to $y = \sqrt{R^2 - (\overline{MN}/2)^2}$ (it increases slightly). At this point the potential electrodes leave the body and, further on, the anomaly decreases with considerable speed (fig. 43). With the increased ratio ϱ_2/ϱ_1 , the anomaly decreases rather rapidly (fig. 45).

On the other hand, the relation of the anomaly to the radius of the hemisphere has proved to be somehow more complicated. Fig. 44 illustrates the relation of $\varrho_a/\varrho_1 = f(R/a)$ at point $x = 0$ for different traverse positions. Where R/a is augmented the anomaly increases fast, thus reaching

$$R = \sqrt{(\overline{MN}/2)^2 + y^2}$$

at this point the potential electrodes are at the very edge of the body.

A further augmentation of R/a does not change considerably the anomaly much (it increases slightly as y is increased) until the point where $R = \sqrt{(\overline{AB}/2)^2 + y^2}$ when the current electrodes enter the body. From this point on, the anomaly increases slightly again. Fig. 39 illustrates the anomaly

at point ($x = 0, y = 0$) as a function of the radius of the hemisphere for different values of resistivity of the body.

The evaluation of the anomaly at point (0,0) reveals but some of the characteristics relative to resistivity profiles; none of the remaining characteristics emerge before the entire anomaly is examined. Diagrams shown in figs. 13, 14 and 15 point to rather important characteristics: the ratio ρ_a/ρ_1 reaches its maximum at a defined R/a value. However, at higher and lower values of R/a , the anomaly amplitude is lower. The maximum value of ρ_a/ρ_1 corresponds to the radius of the sphere $R = AM/2 = NB/2$; in the Wenner array this radius equals $0.5a$. When ρ_a/ρ_1 is at its maximum in the equation (3) then $x_2 = x_1$. Accordingly, the highest sensitivity of resistivity profiling refers to the case where the body radius of $R = AM/2 = NB/2$ (except for high R/a values). The ratio of the minimum and maximum apparent resistivity values on the anomaly may be regarded as the measure of sensitivity. Fig. 41 presents this ratio as the function of R/a for different values ρ_2/ρ_1 . At smaller R/a values, the minimum representation on the curves is at $R/a = 0.5$.

The question of sensitivity may be viewed also from another point of view: Which electrode spacing in the Wenner array is most appropriate for resistivity profiling? Fig. 35 illustrates the dependence of the anomaly on the array dimension at point (0,0). The highest sensitivity point can be reached in closely spaced arrays which are not practicable because of the heterogeneity of the ground and rather low depth penetration. The most appropriate values are $AB/2 = 3a/2 > R$. However, referring to fig. 35 there ought to be $a/R \leq 2$. The most appropriate array dimension may be determined precisely by means of curves $\rho_{min}/\rho_{max} = f(a/R)$ (see fig. 37).

These curves demonstrate that the most useful value is $a/R = 2$ (or $R/a = 0.5$). An upward deviation of this value is more favorable than the opposite. This is valid especially for traverses running at a distance from the center of the body; the optimum array length is $a/R = 2 \sqrt{1 - (y/R)^2}$ in this case.

Accordingly, the Wenner array may be compared to the Schlumberger array, as presented in the diagrams (figs. 14 and 35); fig. 35 illustrates the model curves for an inexact Schlumberger array — $AB/MN = 9$. For easier comparison, the dimension a of the Wenner array has also been introduced in this diagram, although in the Schlumberger array the parameter AB or $AB/2$ (for $AB = 3a$) is usually applied. As expected, the Schlumberger array proved to be more sensitive to the inhomogeneities than Wenner's. In addition, the Schlumberger anomalies display a useful characteristic: they are limited by rather steep lines (in an exact Schlumberger array these "limits" are vertical).

In any arbitrary inexact Schlumberger array, the maximum ρ_a/ρ_1 value pertains to the body, the radius of which varies between $R = AB/6 = 0.5a$ (in the Wenner array) and $R = AB/4 = 0.75a$ (in an exact Schlumberger array); in our case this is $R = 2AB/9 = 2a/3$. The characteristics of the Schlumberger array are evident also from figs. 36, 38, 40 and 42. Also in the Schlumberger array the function $\rho_{min}/\rho_{max} = f(a/R)$ or $\rho_{min}/\rho_{max} = f(R/a)$ reaches its minimum at certain R/a ; at this value the set of $\rho_a/\rho_1 = f(x/a)$ shows maximum point.

The sensitivity of the Schlumberger array increases with the growing ratio $\overline{AB}/\overline{MN}$, and has an advantage over the Wenner array. It has, however, a weak point since it is susceptible to small bodies and inhomogeneities, both features of limited interest. The anomalies they provoke burden the recorded resistivity profiles and inhibit the interpretation. Accordingly the Wenner array serves as a sort of "high-cut filter" suppressing the influence of smaller bodies and heterogeneities on the resistivity profile.

Considering the entire anomaly, one could conclude that the equivalence is of no importance because of the various forms of the anomalies. However, its full significance at point $x = 0$ is evident, as is well illustrated in figs. 43 and 44, and particularly in fig. 45. For every curve $\rho_a/\rho_1 = f(\rho_2/\rho_1)$ at $x = 0$, there is an unlimited number of pairs $(R, a, y/a)$. The equivalence is above all conditioned by the low density of observation points on the profile; its domain increases correspondingly even if the entire anomaly is taken into consideration.

Four characteristic sets of curves (figs. 46 to 49 and 46a to 49a) are given for the vertical dike. The set of curves as presented in fig. 46 may be compared to the set shown in fig. 14, and the curves of fig. 49 with the curves of fig. 34. An apparently strange characteristic immediately emerges. The anomalies at certain R/a values pertaining to the hemisphere, are better expressed than the corresponding anomalies of the dike, because of the increase of the apparent resistivity at $x = \overline{MN}/2 + R$ in the case of the hemisphere.

Fig. 47 presents a set of curves for different resistivities on both sides of the dike, whereas fig. 48 illustrates the anomalies of the traverse running obliquely across the dike. Where the dike is narrow, the anomalies are somewhat higher for oblique traverses compared to the corresponding anomalies of perpendicular traverses. It has been discovered that the anomalies of the hemisphere are at times better expressed if compared to the corresponding anomalies of the dike. This observation is better illustrated in fig. 50 which shows the anomalies of the prolate and oblate hemispheroids beside the anomalies of the hemisphere and dike. The diagram thus expresses an important paradox: the thinner the body, the higher the anomaly. This phenomenon is especially relevant where the body has very low resistivity and at appropriate geometric parameters. The explanation of the paradox might be found in the fact that in such cases, one current electrode and one potential electrode are connected by a good conductor, whereas the third and the fourth electrodes are isolated from the first two, as well as from each other. In practice, however, this phenomenon may cause inconvenience since the anomalies of insignificant bodies could be interpreted as the reflection of larger geological features. In order to avoid the misinterpretation, it is necessary to examine the shape of the anomalies, as well as the values of the apparent resistivity, thoroughly.

Referring to the geophysical investigation of bauxite deposits in Istria, some questions arose. An attempt is made here to answer two of them: the first concerns the choice of the array type, and the second, the elimination of the anomalies at the sites featuring a comparatively small thickness of low-resistivity surface layer. With reference to the Wenner array, the choice was correct because it was less sensitive to small inhomogeneities. The Schlumberger array on the other hand, would register greater number of anomalies and its

results would be consequently more difficult to interpret. The paradox discussed, as illustrated in fig. 50, points to the apparently justified decision related to the second question, although insufficient attention has been given to the shape of the anomalies and to the values of apparent resistivity.

3. The quantitative processing of anomalies

3.1. Numerical proceedings

In the first chapter it was supposed that the apparent resistivity anomalies arose either from the Eocene cover of the bauxite or from both, the hanging wall and bauxite together. This supposition led to the hemispheroid model and even to the dike. The comparison of field and model anomalies for the hemispheroid and for the dike confirms their suitability and justifies the quantitative verification.

Seven locations of different depths and dimensions of the bauxite bodies were selected for quantitative processing. On the locations bauxite is present at a depth of between 11.5 m (locality 20) and 54 m (locality 18). The thickness of the penetrated bauxite layers varies between 2 m (locality 61) and 19.5 m (locality 109). All the anomalies are sharp, regardless of the depth and the size of the bauxite body, confirming thus the assumption that the bauxite body does not contribute much to the lowering of the apparent resistivity in geo-electrical profile.

The numerical processing of the anomalies is based on the trial-and-error process, derived from the supposed model, the hemispheroid and the dike in our case. The corresponding equations have already been quoted in the previous chapter. The mathematical proceeding is given in the flow chart (fig. 51), where the root mean square error of fit RMS is expressed by the equation:

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{\rho_{im} - \rho_{it}}{\rho_{im}} \right)^2}$$

and the meaning of symbols is as follows:

RMS = root mean square error

ρ_{im} = observed apparent resistivity at observation point "i"

ρ_{it} = theoretical apparent resistivity at observation point "i"

N = number of observations in a selected section of the resistivity profile.

In the case of the hemisphere, the iteration comprises the following parameters: resistivity ratio of the body and the country rock (ρ_2/ρ_1), radius (R), the position of the hemispheroid center on axis x (x_0) and the position of the center on the axis y (y_0). In the case of the dike, the procedure involves the ratio of the body resistivity to both parts of the country rock (ρ_2/ρ_1 , ρ_3/ρ_1), the thickness of the dike ($2R$), the position of the dike axis on the traverse (x_0) and the direction of the traverse to the strike of the dike (fig. 51).

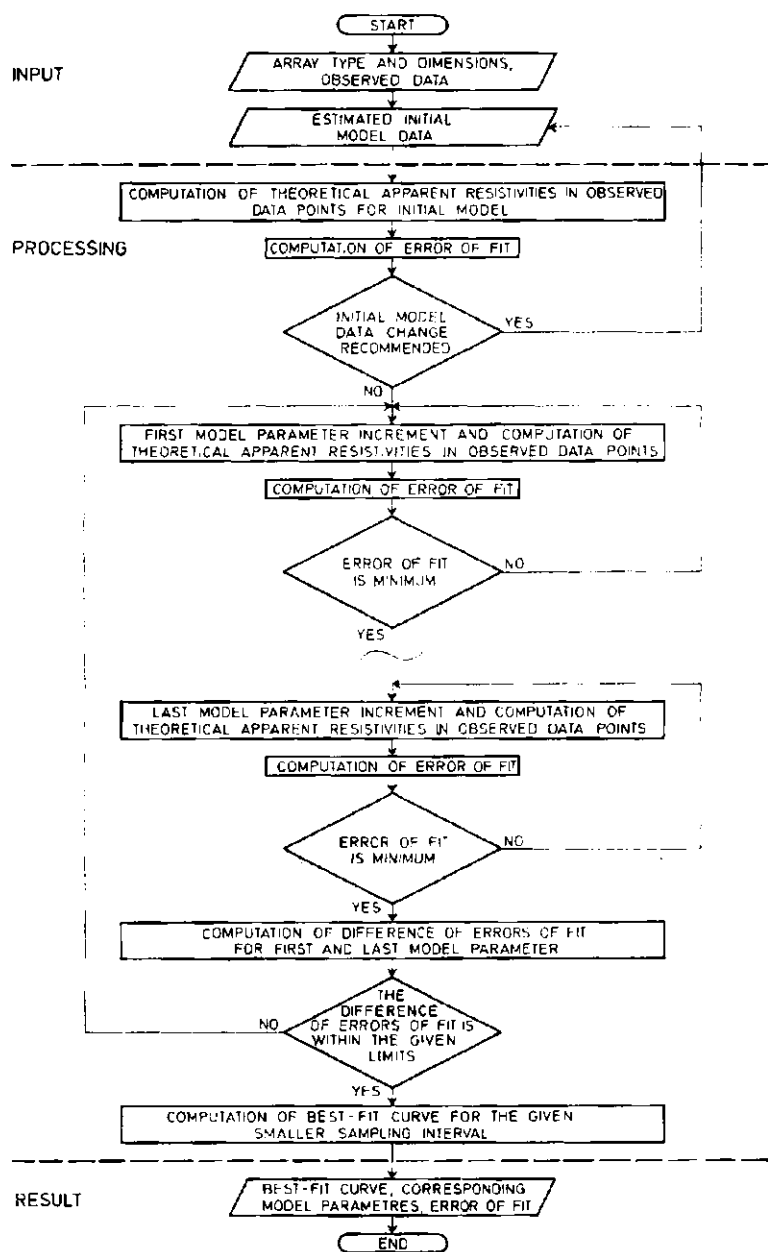
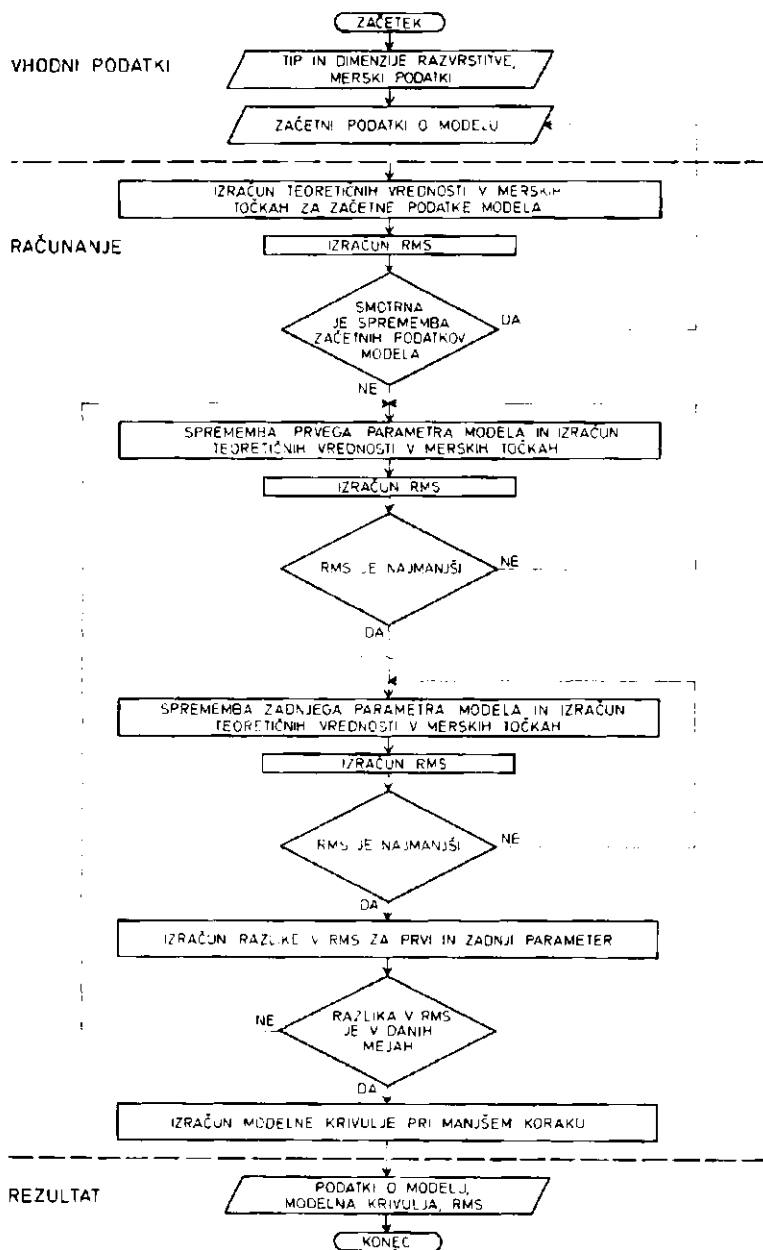


Fig. 51. Flow chart of anomaly processing



Sl. 51. Diagram toka numerične obdelave anomalije

3.2 Results of quantitative processing

The numerical procedure described was applied for the anomalies of locations Nos. 10, 18, 20, 26, 61, 105 and 109 as well as for the test location anomalies. The processing data are presented in figs. 52 to 70. It is evident from the diagrams that in the case of most of the profiles, the model curves fit the measured values quite satisfactorily. The resulting values of all model parameters are listed in tables 2 and 3, together with the corresponding *RMS* values (x_0 and y being the coordinates of the body center relative to the traverse). At the test locality, various electrode arrays make the parameter values more or less different. The differences in coordinates of the body center are comparatively small (except the value of y in the array $a = 10$ m), which is a promising point regarding the location of the drilling sites. Somewhat less consistent are the values of body dimensions, particularly for different models — the hemisphere and the dike. It should be mentioned that a smaller diameter, in the case of the dike, is involved in the shape of an anomaly and most probably in an inclined profile direction to the strike of the dike. Parameters pertaining to the same model vary, due to the horizontal and vertical inhomogeneities of limestone, the fissuring and karstification and the variable thickness of the low-resistivity surface layer. The treated models must therefore be regarded as rough approximations of field conditions only. The horizontal inhomogeneity is evident in the apparent resistivity profile, whereas the vertical inhomogeneities are shown in the comparison of profiles of different depth penetrations. Fig. 2 (as well as fig. 9) clearly illustrates the increase of the average apparent resistivity with the increase in depth of penetration, which means the increase of resistivity in relation to the depth. Observation of the values in table 2 shows the same fact, which is evident from the course of the value ρ_1 . Resistivity increases in proportion to depth, owing to a lesser degree of fissuring and karstification. Moreover, the apparent resistivity increases as the current electrodes are separated; the increase is also due to the weakening in influence of the low-resistivity surface layer. This fact is reflected, in the case of simple models, in somewhat higher resistivities of the body and country rock.

The *RMS* values at the test site show that the theoretical curves differ from the observed anomalies by an average of 3 (fig. 57) to 10 per cent (fig. 59). This does not imply, however, such a close similarity between the models and the geological formations. Nevertheless, the values under 10 per cent may be considered as very favorable, whereas the somewhat higher values are only satisfactory.

Because of the influence of other bodies as well as the inhomogeneities in general, it is not advisable to process quantitatively longer sections of the resistivity profiles. This is illustrated by the $a = 10$ m resistivity profile of the test location. In the section between 0 and 70 m of the profile, the *RMS* value amounts to 0.091 for the hemisphere and the dike, whereas in the section between 0 and 60 m the value for the hemisphere is 0.84 and 0.032 for the dike respectively. On the other hand, the model and field anomalies of the Wenner arrays with $a = 20$ m and $a = 30$ m fit very well, though the differences of calculated geometrical parameters are comparatively large. The processing of the test location anomaly may be used for the estimation of the accuracy of the

calculated model parameters. The position and the size of the body are important in this respect, and perhaps the strike of the dike as well. These parameters enable the setting of the exploratory drillholes.

For the rest of the locations, the theoretical curves generally fit the observed anomalies (figs. 60 to 70) even better. A summary of the processing data is presented in table 3. For some locations the parameters have been estimated in two ways.

The anomalies of two crossed traverses were evaluated at location No. 10, the calculated values for the body radius and for the body and country rock resistivities differing considerably. The conclusion is that the ground settlement is elongated in the direction of traverse 1b, thus explaining a somewhat higher apparent resistivity in this direction.

The values of the same parameters for two different arrays may be compared at location No. 20. More or less identical values for the position of the body were obtained in both cases (relatively remarkable variations in y are not of any particular significance, the absolute values of y being low), whereas the variation in radii is obvious. Somewhat greater resistivity values in the case of deeper penetration have already been given.

The anomalies at locations Nos. 105 and 109 are interpreted by two models: the hemisphere and the dike. Here, too, the identical position of the bodies has been calculated and the dimensions of the bodies do not vary much. On the other hand the variations in resistivities are considerable. The real value may therefore be expected between the two values, i.e. between the value for the hemisphere and the value for the dike. With reference to the smaller *RMS* value in the case of the dike, it might be concluded that the corresponding resistivities are closer to the real values than the corresponding values of the hemisphere.

Rather small *RMS* values show that model and field anomalies match well. At location No. 26 (fig. 65) there is a satisfactory matching for a rather long section of the resistivity profile, so enabling the presentation of the entire anomaly. A remarkable *RMS* value was obtained at location No. 109 for the hemispheroid model. For the dike, the *RMS* value is halved, this fact pointing to an elongated settlement. However, the fact that the theoretical and observed anomalies match, because of the equivalence, does not mean that the model corresponds well to the geological structure. Rough models should nevertheless be appreciated if the inhomogeneity of the karst is taken into consideration.

The sensitivity of the applied electrode array can be estimated from the ratio of the body radius and of the electrode spacing in the Wenner array, as shown in tables 2 and 3. For the test location, the R/a values are somewhat more dispersed, whereas for the rest of locations, the R/a is between 0.4 and 0.6, or at least very close to these values. As stated in the previous chapters, the electrode spacing gives optimum sensitivity in the Wenner array at $R/a = 0.5$. Accordingly, the most appropriate spacing was observed for the examination of bauxite deposits.

The largest bauxite body was found at location No. 109. Because of its relatively shallow depth, the direct model anomalies were calculated for this location. Figure 71 shows that the anomaly of a perfect conductive sphere is extremely small. Thus it follows that no direct geophysical model is available for the resistivity survey of the Istrian bauxite deposits.

Table 2. Test location. Review of results of processing resistivity profiles
 Tabela 2. Poskusna lokacija. Pregled rezultatov numerične obdelave geoelektričnih anomalij

Sl. Fig.	RAZVRSTITEV ARRAY	PROFIL PROFILE (m)	ρ MN/AB (m)	MODEL MODEL	x_0 (m)	y (m)	R (m)	R/ρ	α (°)	ρ_1 ($\Omega \cdot m$)	ρ_2 ($\Omega \cdot m$)	ρ_3 ($\Omega \cdot m$)	RMS
51	Wenner	0-70	10	Polkrogla Hemisphere	30.9	8.1	11.7	1.17	-	390	120	-	0.091
52	"	0-70	10	Plošča Dike	31.4	-	8.0	0.80	0	390	160	410	0.091
53	"	0-60	10	Polkrogla Hemisphere	31.3	7.0	11.6	1.17	-	400	120	-	0.084
54	"	0-60	10	Plošča Dike	31.4	-	7.9	0.79	16.6	400	150	470	0.032
55	"	0-70	20	Polkrogla Hemisphere	31.5	0.5	15.3	0.77	-	690	220	-	0.043
56	"	0-70	30	"	28.0	0.3	12.4	0.41	-	880	240	-	0.028
57	"	0-70	40	"	27.2	0.5	13.8	0.35	-	1120	240	-	0.081
58	Schlumberger	5-65	10/70	"	28.4	1.3	16.5	(0.71)	-	1060	330	-	0.098

Table 3. Other locations. Review of results of processing resistivity profiles
 Tabela 3. Ostale lokacije. Pregled rezultatov numerične obdelave geoelektričnih anomalij

Sl. Lokacija Fig. Location	Profil Profile	a (m)	Model Model	x_0 (m)	y (m)	R (m)	R/a	α (°)	ρ_1 ($\Omega \cdot m$)	ρ_2 ($\Omega \cdot m$)	ρ_3 ($\Omega \cdot m$)	RMS
59	10	1b	30 Polkrogla Hemisphere	111.4	0.1	18.4	0.61	-	1050	450	-	0.054
60	10	3a	30 "	255.5	0.4	12.9	0.43	-	650	180	-	0.076
61	18	13	30 "	277.5	0.2	12.7	0.42	-	1090	360	-	0.028
62	20	11	30 "	265.9	0.1	25.4	0.85	-	1080	590	-	0.013
63	20	11	40 "	265.0	0.2	30.1	1.00	-	1200	610	-	0.041
64	26	15a	30 "	118.2	0.7	17.5	0.58	-	620	180	-	0.049
65	61	33a	30 "	92.2	1.1	14.0	0.47	-	690	270	-	0.048
66	105	56	30 "	856.8	1.4	11.9	0.40	-	490	90	-	0.078
67	105	56	30 Plošča Dike	859.3	-	12.6	0.42	16.3	710	130	770	0.064
68	109	69	30 Polkrogla Hemisphere	562.0	6.4	19.1	0.64	-	480	70	-	0.126
69	109	69	30 Plošča Dike	562.0	-	17.5	0.58	0	790	80	850	0.066

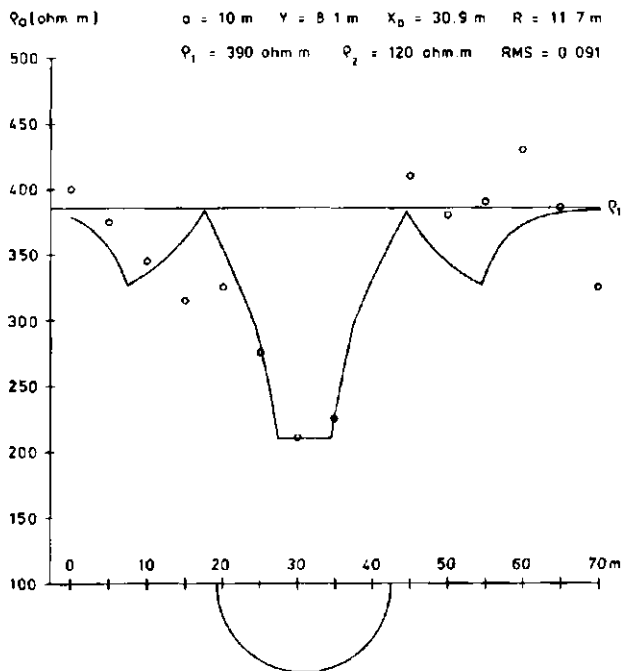


Fig. 52. Test location, $a = 10$ m. Observed and best fit hemisphere model data

Sl. 52. Poskusna lokacija, $a = 10$ m. Rezultat numerične obdelave anomalije z modelom polkrogle

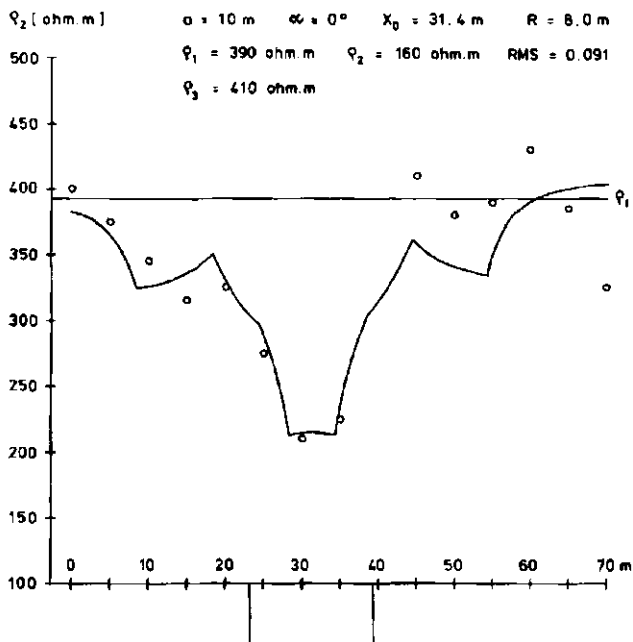


Fig. 53. Test location, $a = 10 \text{ m}$. Observed and best fit vertical dike model data

Sl. 53. Poskusna lokacija, $a = 10 \text{ m}$. Rezultat numerične obdelave anomalije z modelom vertikalne plošče

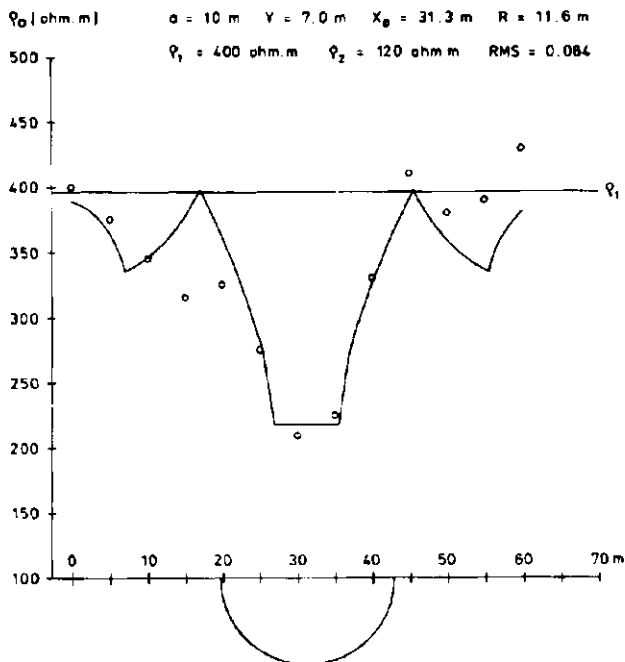


Fig. 54. Test location, $a = 10 \text{ m}$. Observed and best fit hemisphere model data

Sl. 54. Poskusna lokacija, $a = 10 \text{ m}$. Rezultat numerične obdelave anomalije z modelom polkrogle

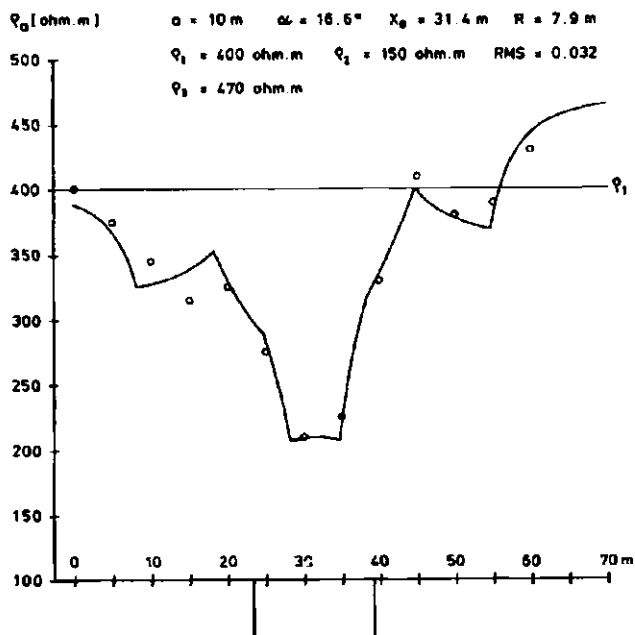


Fig. 55. Test location, $a = 10$ m. Observed and best fit vertical dike model data

Sl. 55. Poskusna lokacija, $a = 10$ m. Rezultat numerične obdelave anomalije z modelom vertikalne plošče

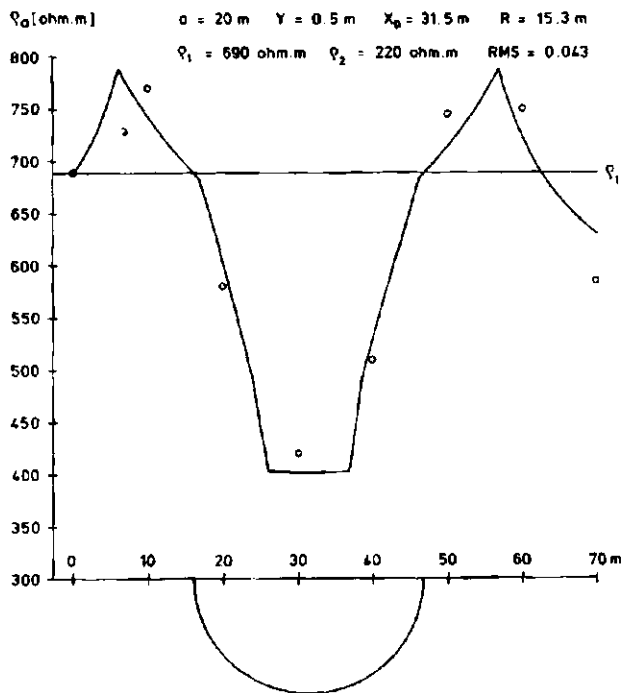


Fig. 56. Test location, $a = 20 \text{ m}$. Observed and best fit hemisphere model data

Sl. 56. Poskusna lokacija, $a = 20 \text{ m}$. Rezultat numerične obdelave anomalije z modelom polkrogle

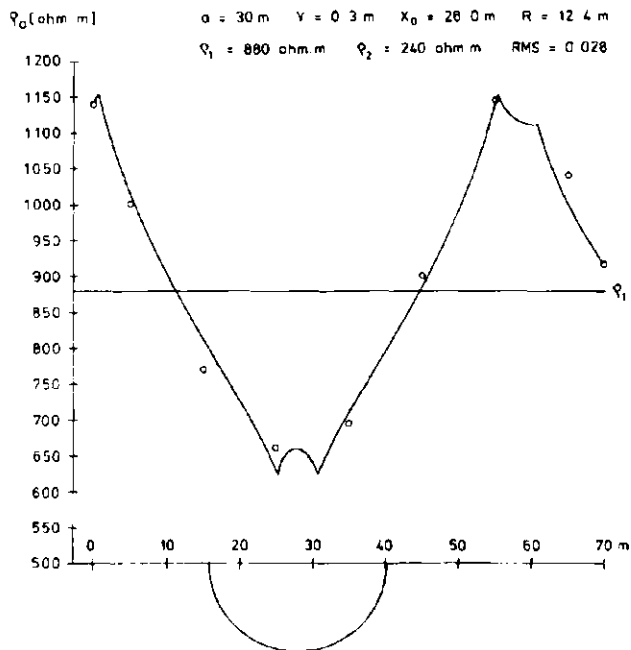


Fig. 57. Test location, $a = 30$ m. Observed and best fit hemisphere model data

Sl. 57. Poskusna lokacija, $a = 30$ m. Rezultat numerične obdelave anomalije z modelom polkrogle

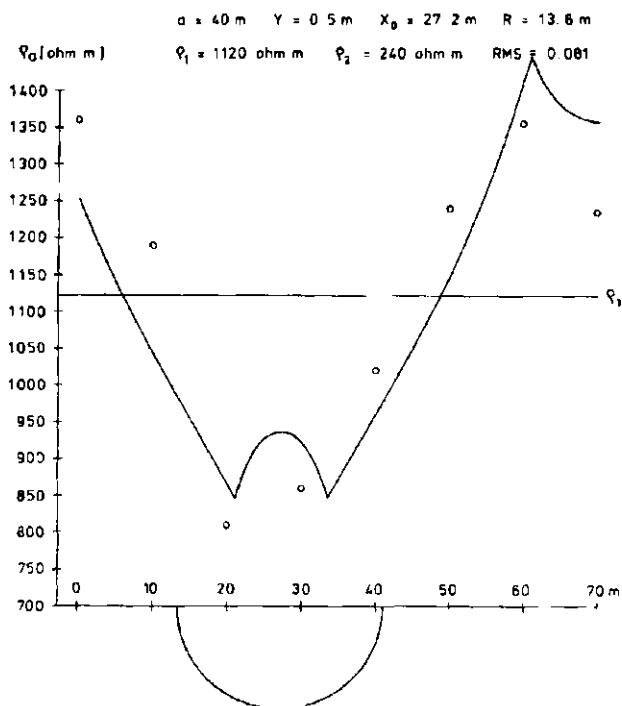


Fig. 58. Test location, $a = 40 \text{ m}$. Observed and best fit hemisphere model data

Sl. 58. Poskusna lokacija, $a = 40 \text{ m}$. Rezultat numerične obdelave anomalije z modelom polkrogle

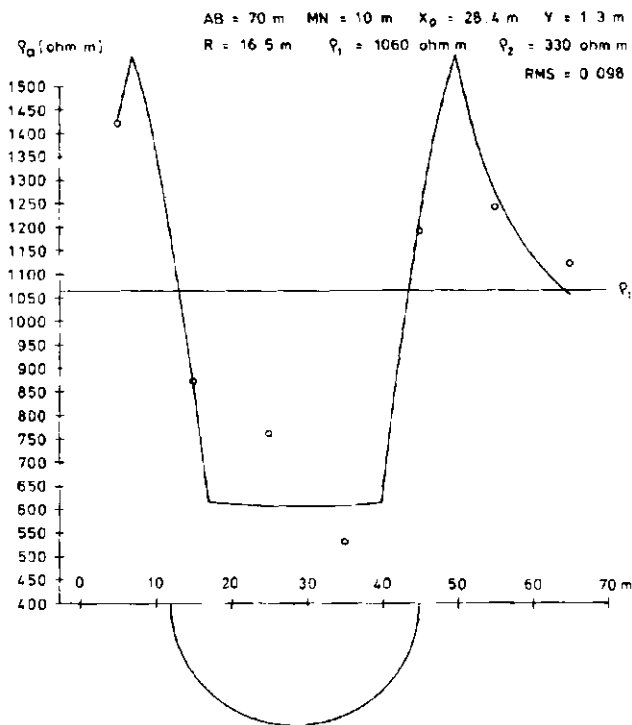


Fig. 59. Test location, $AB = 70 \text{ m}$, $MN = 10 \text{ m}$. Observed and best fit hemisphere model data

Sl. 59. Poskusna lokacija, $AB = 70 \text{ m}$, $MN = 10 \text{ m}$. Rezultat numerične obdelave anomalije z modelom polkrogle

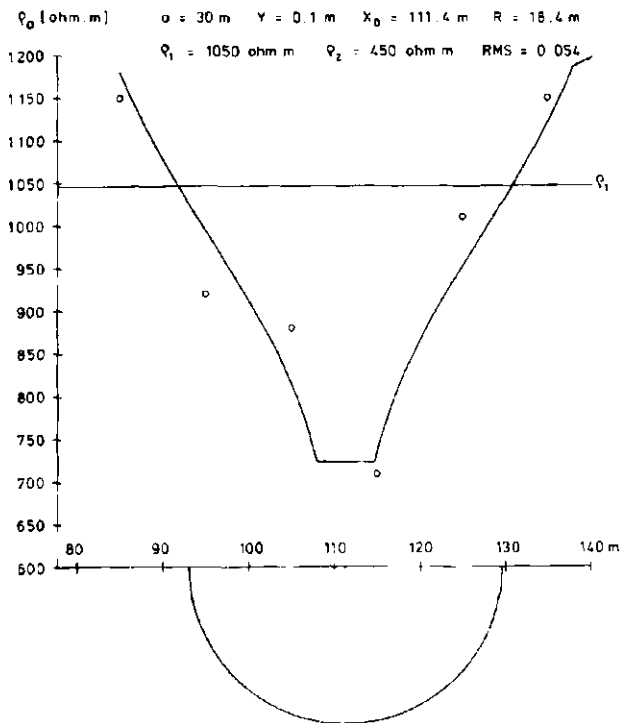


Fig. 60. Location 10, profile P-1 b. Observed and best fit hemisphere model data

Sl. 60. Lokacija 10, profil P-1 b. Rezultat numerične obdelave anomalije z modelom polkrogle

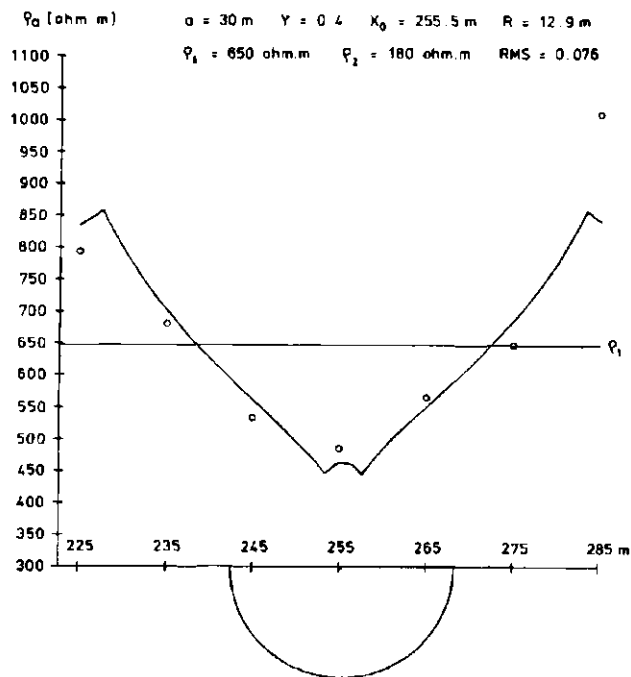


Fig. 61. Location 10, profile P-3 a. Observed and best fit hemisphere model data

Sl. 61. Lokacija 10, profil P-3 a. Rezultat numerične obdelave anomalije z modelom polkrogle

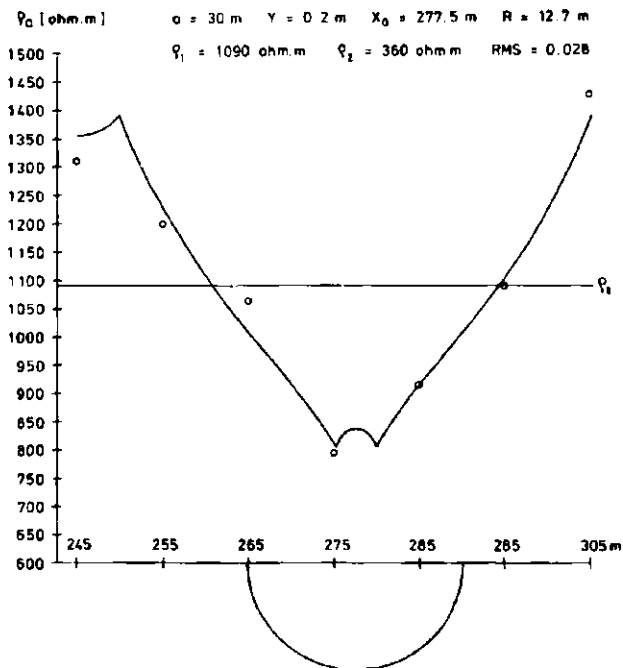


Fig. 62 Location 18, profile P-13. Observed and best fit hemisphere model data

Sl. 62. Lokacija 18, profil P-13. Rezultat numerične obdelave anomalije z modelom polkrogle

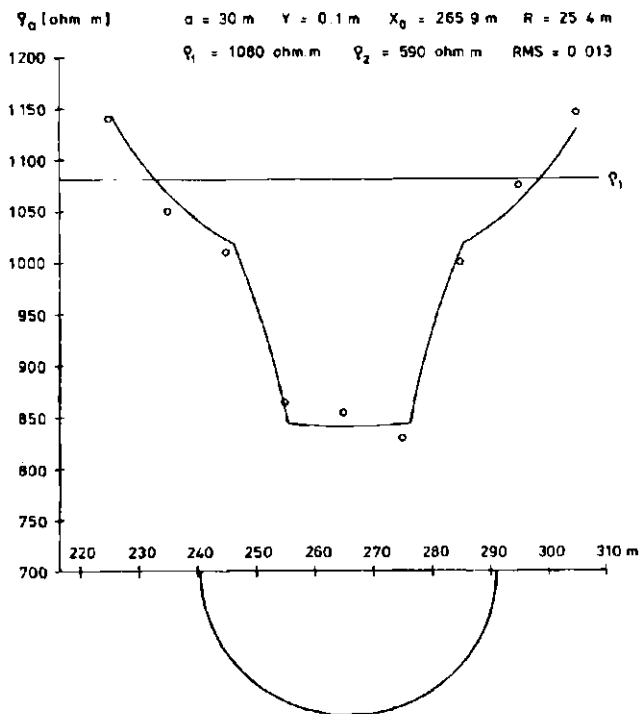


Fig. 63. Location 20, profile P-11, $a = 30$ m. Observed and best fit hemisphere model data

Sl. 63. Lokacija 20, profil P-11, $a = 30$ m. Rezultat numerične obdelave anomalije z modelom polkrogle

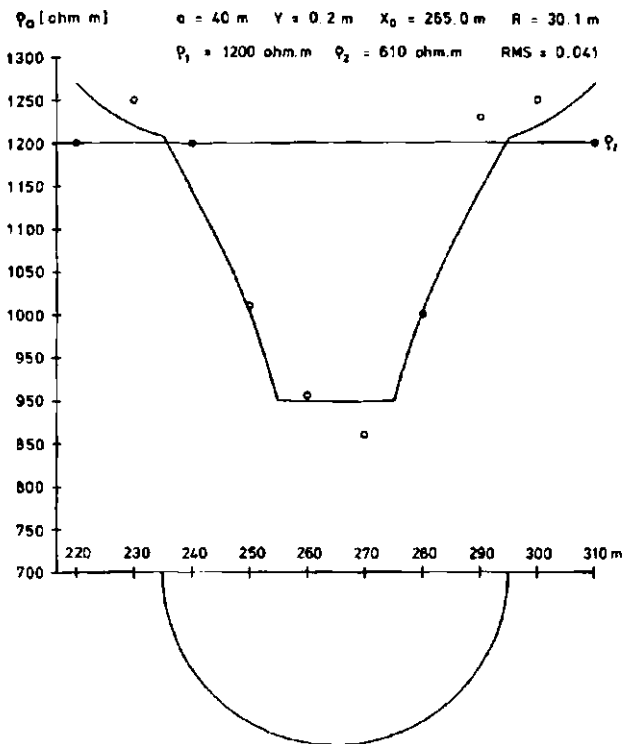


Fig. 64. Location 20, profile P-11, $a = 40$ m. Observed and best fit hemisphere model data

Sl. 64. Lokacija 20, profil P-11, $a = 40$ m. Rezultat numerične obdelave anomalije z modelom polkrogle

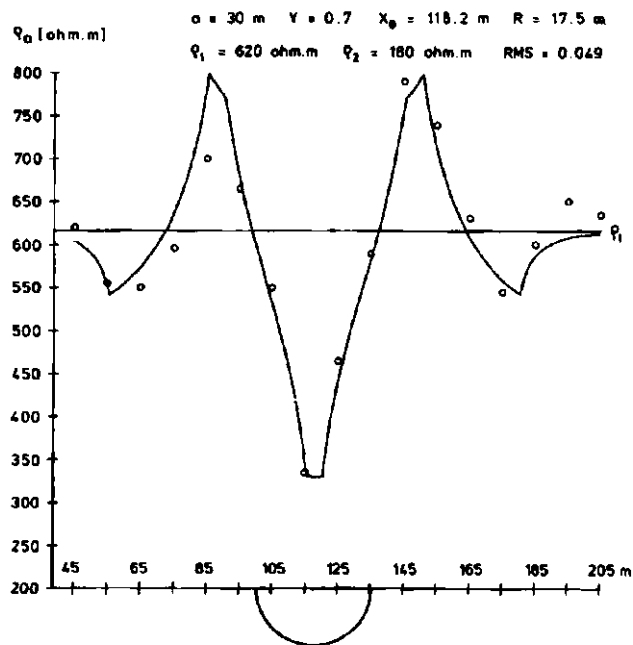


Fig. 65. Location 26, profile P-15 a. Observed and best fit hemisphere model data

Sl. 65. Lokacija 26, profil P-15 a. Rezultat numerične obdelave anomalije z modelom polkrogle

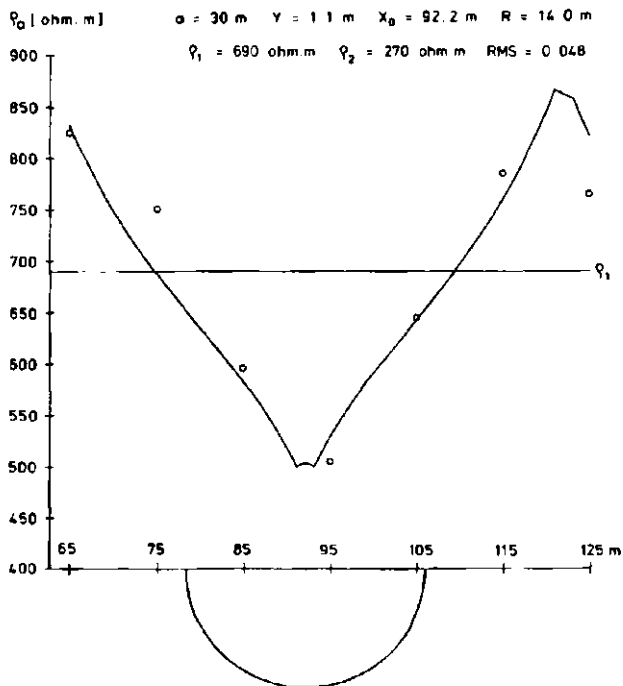


Fig. 66. Location 61, profile P-33 a. Observed and best fit hemisphere model data

Sl. 66. Lokacija 61, profil P-33 a. Rezultat numerične obdelave anomalije z modelom polkrogle

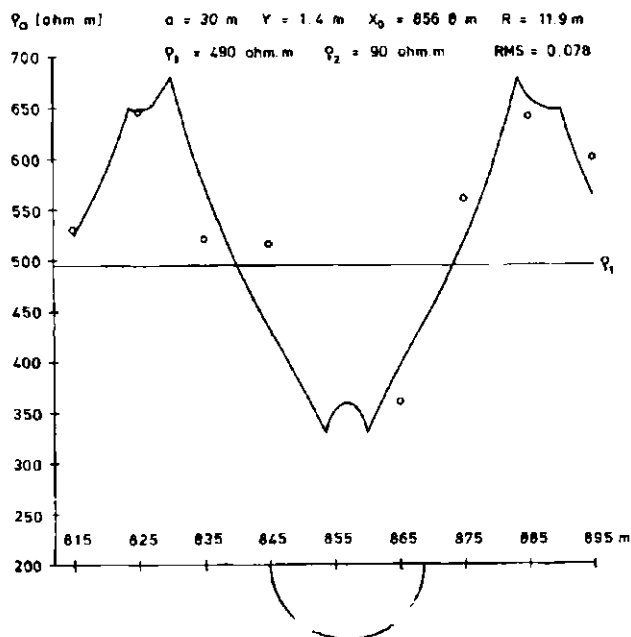


Fig. 67. Location 105, profile P-56. Observed and best fit hemisphere model data

Sl. 67. Lokacija 105, profil P-56. Rezultat numerične obdelave anomalije z modelom polkrogle

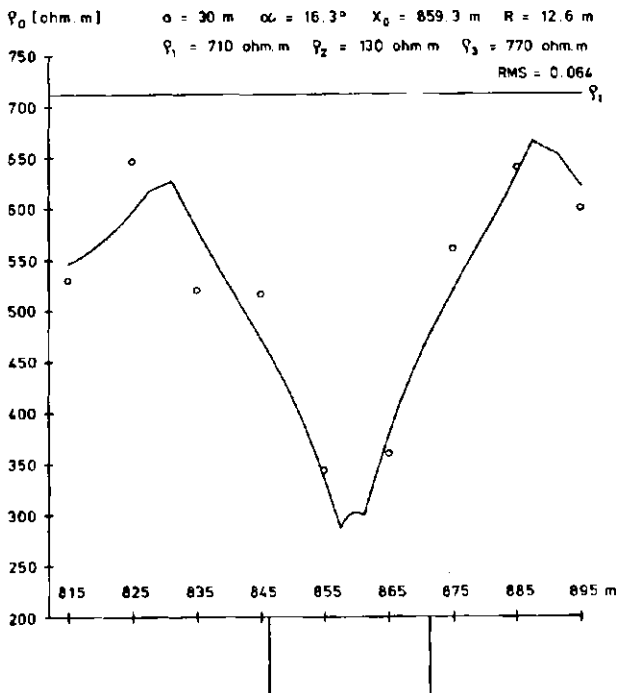


Fig. 68. Location 105, profile P-56. Observed and best fit vertical dike model data

Sl. 68. Lokacija 105, profil P-56. Rezultat numerične obdelave anomalije z modelom vertikalne plošče

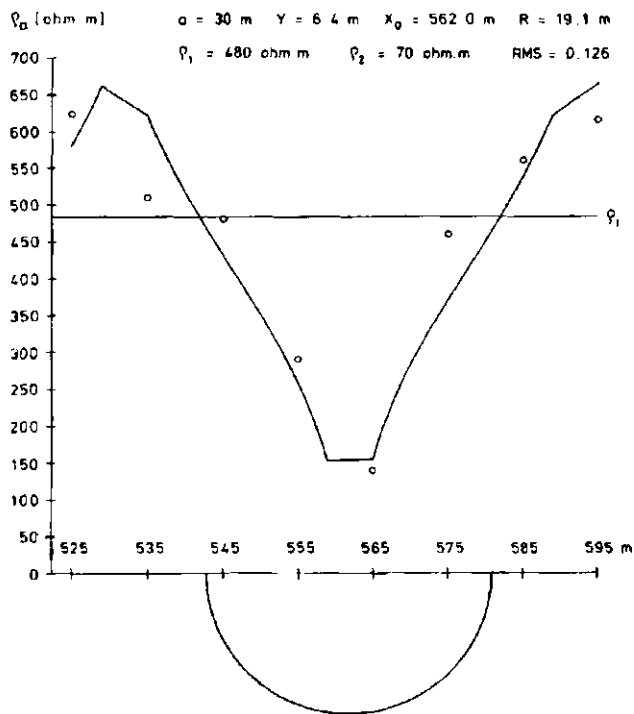


Fig. 69. Location 109, profile P-69. Observed and best fit hemisphere model data

Sl. 69. Lokacija 109, profil P-69. Rezultat numerične obdelave anomalije z modelom polkrogle

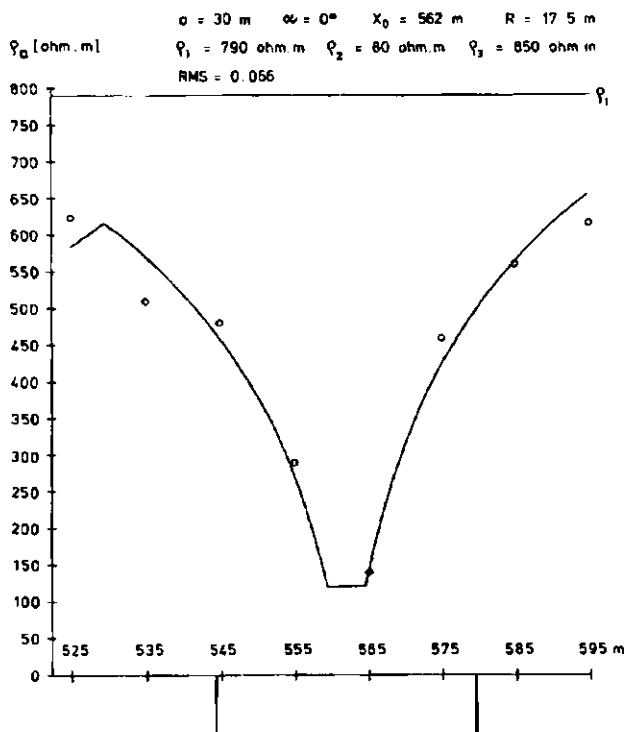


Fig. 70. Location 109, profile P-69. Observed and best fit vertical dike model data

Sl. 70. Lokacija 109, profil P-69. Rezultat numerične obdelave anomalije z modelom vertikalne plošče

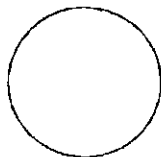
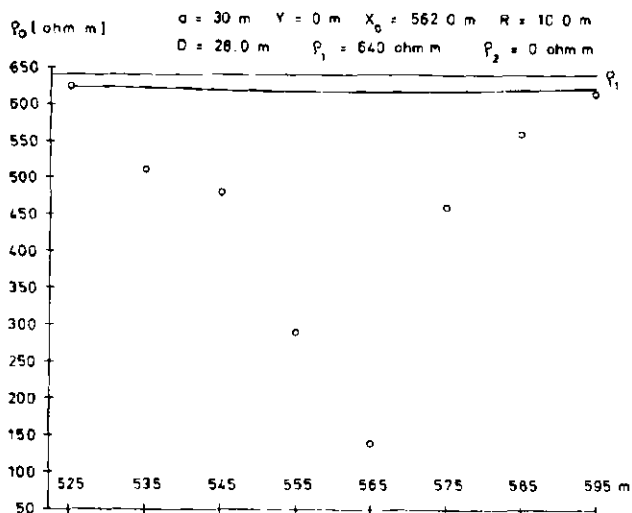


Fig. 71. Location 109, profile P-69. Observed data and theoretical plot over direct model — hemisphere in homogeneous halfspace

Sl. 71. Lokacija 109, profil P-69. Rezultat numerične obdelave anomalije z neposrednim modelom — kroglja v homogenem polprostoru

3.3. Discussion

A quantitative interpretation of resistivity anomalies of the Istrian bauxite deposits shows that the anomalies may only be explained by models of surface bodies. Comparatively simple models, like the hemisphere and the dike, make it possible to process a satisfactory quantitative anomaly by means of desk-computers like, for example, the Hewlett Packard 9830 A. For practical purposes, it is necessary to define the position and the approximate limits of the plate-shaped depressions superposed above the bauxite, which the above mentioned models do. The evaluation of such geometrical parameters may be quite adequately done without special calculation. It is clear, however, that more reliable qualitative information may be obtained by numerical processing.

Model investigations have given the answer to some questions raised in the field work. Firstly the choice of the Wenner array has been justified by the model curve analysis, as far as the simplicity of processing is concerned. And secondly, the suitability of anomaly elimination was likewise justified for locations where the thickness of terra rossa and clay fillings is relatively small. In addition to this, the quantitative processing results answer some other questions. Referring to the discovered bauxite deposits, the selection of the array spacing proved to be appropriate. The ratio of the array spacing versus the size of settlement, is in most cases closely approaching the optimum.

However, limitation to one single array spacing is likely to provoke suspicion that some bauxite deposits with less favourable settlement dimensions (the radius being far from 30 m, for which the array of $a = 30$ m, is most sensitive) do not respond with adequate anomalies, or that because of their low values, they can be overlooked. It is advantageous to operate with variable spacing between the electrodes, since a greater number of array dimensions certainly provides more information. However, in the attempt to justify the application of merely one array dimension, it is possible to find some arguments, other than financial. The applied array is sufficiently sensitive in the case of larger subsidences, since the depth of investigation is less important. Besides, larger subsidences may or may not be indicative of deeper bauxite bodies representing unfavorable mining propositions. On the other hand, settlements of limited size very likely harbour small bauxite bodies.

Numerical processing entirely confirms the qualitative interpretation of apparent resistivity anomalies and the corresponding explanation of the cause of anomalies.

4. Conclusions

The resistivity survey is applicable for the exploration of covered geological structures, such as ore bodies. The applicability of the resistivity survey, however, is limited to minor depths. The bauxite pockets within the Istrian Cretaceous limestone, for instance, lie far too deep to affect the electrical field on the surface to a significant extent. Although the resistivity of bauxite is several times lower than that of the surrounding limestone, it cannot be detected directly. In spite of this, the Istrian bauxite deposits are clearly evident in the apparent resistivity anomalies which are related to their hanging wall of Eocene limestone. Overlying the bauxite pocket, the wet fissured limestone

layer responds as a low resistivity body. The model of the hemispheroid is applicable to such geological structures and, in the extreme, the model of the vertical dike can be considered as well. The comparison of observed resistivity anomaly curves of bauxite pockets with model curves pertaining to both types show that the geological structure can be satisfactorily illustrated by the two models, notwithstanding the impression of a very rough approximation. Theoretical anomalies obtained by computer data processing differ from the corresponding observed anomalies at an average of only a few percent. This equivalence does certainly not imply that the models correspond so closely to the geological structure.

In this article, besides the qualitative and quantitative interpretations of apparent resistivity anomalies of the Istrian bauxite deposits, there is a collection of hemisphere resistivity type curves and some curves pertaining to the vertical dike. In the case of the conductive hemispheroid, an interesting paradox emerged: the thinner the hemispheroid, the higher the anomaly.

References

- Cook K. L., Gray R. L., 1961, Theoretical horizontal resistivity profiles over hemispherical sinks. *Geophysics* 26, 342—354.
- Cook K. L., Van Nostrand R. G., 1954, Interpretation of resistivity data over filled sinks. *Geophysics* 19, 761—790.
- Hmelevskoj V. K., 1970, Osnovnoj kurs elektrorazvedki, čast I, Elektrorazvedka postojannim tokom. Izdatelstvo Moskovskogo Universiteta.
- Jain Sh. C., 1974, Theoretical broadside resistivity profiles over an outcropping dike. *Geophys. Prosp.* 22, 445—457.
- Krulc Z., Vidović N., 1960, Primjena metode otpora kod istraživanja boksitnih ležišta pod pokrovom u Istri. *Vesnik, knjiga I, Serija C*, Beograd.
- Kumar Rakesh, 1973, Resistivity type curves over outcropping vertical dyke — I. *Geophys. Prosp.* 21, 560—578.
- Kumar Rakesh, 1973, Resistivity type curves over outcropping vertical dyke — II. *Geophys. Prosp.* 21, 615—625.
- Lapajne J., 1969, Geoelektrične raziskave boksitnih nahajališč. *Geologija* 12, 153—159, Ljubljana.
- Lapajne J., 1974, Geofizikalne raziskave na krasu. *Acta carsologica* VI, 397 do 420, Ljubljana.
- Lapajne J., 1968, Influence of the Low Resistivity Surface Layer in Geoelectric Mining Prospecting. *Mining and Metallurgy Quarterly*, No. 3, 29—34, Ljubljana.
- Lapajne J., 1975, Some Remarks about the Geophysical Exploration of the Karst. *Proceedings of the 6th International Congress of Speleology — Olomouc 1973*, I., 291—295, Praha.
- Lapajne J., 1976, Some Remarks about the Geoelectrical Exploration of Buried Bodies. *Geologija* 19, 275—285, Ljubljana.
- Matveev B. K., 1961, Električeskoe pole toččnogo istočnika v mnogoslojnoj srede s šarovim vključenjem. *Izvest. Akad. nauk SSSR, Ser. Geofiz.*, No. 12, 1784—1791.
- Van Nostrand R. G., 1953, Limitations on resistivity methods as inferred from the buried sphere problem. *Geophysics* 18, 423—433.

IZMENJAVA MNENJ
DISCUSSION

UDK 553.06(048)=20

Comments on the publication by Ernest Faninger & Ivo Štručl
Plutonic Emplacement in the Eastern Karavanke Alps
GEOLOGIJA Volume 21, Part 1, 81—87 (1978), Ljubljana

Boris Bercè

Geološki zavod, 61000 Ljubljana, Parmova 33

In the *Geologija* 21, vol. 1, pp. 81—87 has appeared the article "Plutonic emplacement in the eastern Karavanke Alps" written by E. Faninger and I. Štručl. I would like to comment the last paragraph concerning the conclusion and statement that the determined age of granite discussed in the article is Paleozoic and cannot be ascribed any association with the lead-zinc deposits at Mežica. The age determinations indicate whether the uppermost Paleozoic or the lower Triassic age. Not repeating various published data dealing with the accuracy of the age determination the article shows that the postmagmatic thermal activity has been active during middle Triassic or at least during a part of it. Persist just on the onesided explanation is professionally unacceptable, as about Mežica and similar other deposits in Eastern Alps no uniform opinion exists concerning their generation and emplacement. According to the last knowledge from similar deposits in the world such mineralizations may be formed only whenever a heat flow is added to the areas of ore deposition, because otherwise such deposits would be formed everywhere and not only at the limited spots. However, this matter is not in line with the article and needs no further remarks.

UDK 553.06(076.2)

Replay to the comments of Boris Bercè on the publication
by Ernest Faninger & Ivo Štručl
Plutonic Emplacement in the Eastern Karavanke Alps
GEOLOGIJA Volume 21, Part 1, 81—87 (1978), Ljubljana

Ivo Štručl

Rudnik svinca in topilnica Mežica, 62392 Mežica

Ernest Faninger

Prirodoslovni muzej Slovenije, 61000 Ljubljana

To the remark by B. Bercè regarding our paper "Plutonic Emplacement in the Eastern Karavanke Alps" (*Geologija*, 1978, vol. 21, p. 81—87, Ljubljana) we can give the following explanation.

First of all we would like to emphasize that the age of intrusives of the granitic belt of the Eisenkappel emplacement in the Karavanke Alps was determined by radiometric dating as being between 216 and 244 million years, which places with a high probability the granite into the Upper Permian. Here the question arises whether this plutonism can be related to the origin of lead-zinc deposits in the Karavanke Alps and in other regions of the Eastern Alps, or not. We doubt in the reality of such relationship from following reasons.

1. In the Karavanke Alps no evidence of post-plutonic thermal activity can be found. Alteration of host rocks of the Middle and Upper Triassic lead-zinc deposits as represented e.g. by recrystallization, dolomitization, brecciation, metasomatism etc., which were attributed to hydrothermal activity previously by almost everyone, at present, however, only by very few geologists, can be explained without difficulty by sedimentological, diagenetic and post-diagenetic processes. This view is supported also by investigations of the isotopic composition of sulphur (M. Drovenik and others, 1970, V. A. Grinenko and others, 1974) which is biogenic. Besides, also certain genetic relationships exist between the origin of the deposit, paleogeography and sedimentary environments.

2. Evidence of contact metamorphism has been found up to now only in rocks of the Magdalensberg series. In the rocks altered by contact metamorphism no enrichments of sulphide minerals can be detected.

3. Finally, also the lead isotope ratios in galena from different Eastern Alpine lead-zinc deposits must not be overlooked. The model age of lead from these deposits (∞) amounts to between 300 and 350 million years. Considering the relatively high $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ratios V. Köppel (1977, unpublished report) attributed to this lead a crustal origin.

B. Berce reproaches us in his discussion that our explanations are one-sided and therefore professionally unacceptable. Actually, we only stated that the lead-zinc deposits could hardly be genetically related to the Karavanke plutons due to the considerable age difference, without however going into further detail. We could direct a similar reproach to his address too. Let us quote the following paragraph of his text: "...such mineralizations may be formed only whenever a heat flow is added to the areas of ore deposition, because otherwise such deposits would be formed everywhere and not only at the limited spots". Unfortunately, this statement is not exact. Although we attribute to these lead-zinc deposits a syn-sedimentary origin, the process is not as simple as to be explained in a single sentence, because the deposition and especially the concentration of both metals depends on quite a few different factors. Therefore the statement by B. Berce that deposits "...would be formed everywhere..." does not suit the circumstances.

References

- Drovenik, M., Leskovšek, H., Pezdič, J. in Štruel, I. 1970, Izotopska sestava žvepla v sulfidih nekaterih jugoslovanskih nahajališč. Rudarsko-metalurški zbornik, št. 2—3, Ljubljana.
- Grinenko, V. A., Zairi, N. M., Sadlun, T. N. 1974, Poligennaja priroda globuljarnyh sulfidov v stratiformnyh mestoroždenijah. Geologija rudnyh mestoroždenij, XIV-1, 66—77 Moskva.

NOVE KNJIGE
BOOK REVIEWS

UDK 048.1

Paul Ramdohr und Hugo Strunz: Klockmanns Lehrbuch der Mineralogie. 16. predelana in razširjena izdaja. Založba Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 1978. Obseg XI + 876 strani, 631 slik in številne tabele, 16 × 24 cm, vezano 168 DM.

Izšla je 16. izdaja Klockmannovega učbenika mineralogije. Tako kot prejšnjo izdajo sta tudi sedanjio priredila Paul Ramdohr in Hugo Strunz.

Knjiga je razdeljena na dva dela: kristalografijo in specialno mineralogijo. Kristalografski del obsega morfologijo, notranjo zgradbo kristalov in kristalno kemijo. Obširno sta obdelana kristalna fizika, predvsem optika, in določevanje notranje zgradbe kristalov z rentgenskimi žarki.

Drugi del knjige je obširnejši in vsebuje poglavja o geokemiji, zgradbi zemeljske notranjosti in nastanku mineralov, pri čemer so podane tudi osnove petrologije in nastanka rudišč. Klasifikacija mineralov temelji na strukturni osnovi, ki jo zagovarja H. Strunz v znanem, že večkrat ponatisnjem in dopolnjenem priročniku »Mineralogische Tabellen«.

Ker smo 15. izdajo Klockmannovega učbenika mineralogije že obširno obravnavali (Geologija, 11. knjiga, 1968, Ljubljana), se sedaj omejimo le na dopolnitve. S tem v zvezi moramo takoj poudariti, da je poglavje o kristalni optiki (str. 256—305) povsem na novo prirejeno. Poglavje o geokemiji obravnava tudi Lunine kamenine in minerale. Leta 1969, to je dve leti potem, ko je izšla prejšnja izdaja Klockmannovega učbenika, so kozmonavti prinesli na Zemljo prve vzorce Luninih kamenin. Zanje je značilno, da vsebujejo le izredno majhne sledove vode in nič prostega kisika. Na Luni torej ni nobenega minerala, katerega sestavni del bi bila voda niti izrazito oksidnega minerala, kakršni so npr. hematit, magnetit, egirin in podobni. Je pa veliko samorodnega železa. Sicer se pa v principu Lunine kamenine bistveno ne razlikujejo od dveh, na Zemlji zelo pogostnih kamenin, bazalta in gabra. Na drugi strani pa manjka na Luni mnogo vrst Zemljinih kamenin, npr. pravi granit, gnajs, apnenec in predvsem vse kamenine, nastale iz vodnih sedimentov ter naneseane z vetrom in ledeniki. S sedimenti na Zemlji bi se mogla primerjati le Lunin prah in Lunina breča. Lunin prah je nevezani fini pesek povečini iz okroglih zrn z nekaj krogel steklaste taline. Podobno sestavo ima tudi Lunina breča, vendar so njeni fragmenti bolj neenakomerno veliki in rahlo vezani. V obeh primerih gre za kameninsko podlago, zdrobljeno pod udari meteoritov. Lunine kamenine so zaradi pomanjkanja lahko hlapnih sestavin, posebno vode, skrepele že pri znatno višjih temperaturah kakor Zemljine, tj. pri 1200 do 1300 °C, nasproti 700 do 1000 °C na Zemlji. Zato je na Luni namesto kremena mnogo kristobalita.

Klasifikacija magmatskih kamenin upošteva priporočila IUGS (1972, 1976). Knjiga vsebuje še seznam najvažnejših mineralnih nahajališč, ki slovijo po obliki mineralnih vrst in lepo oblikovanih kristalnih kopučah. Od novih mineralnih vrst, ki so jih od l. 1960 naprej odkrili na ozemlju Jugoslavije, so v 16. izdaji Klockmannove mineralogije omenjeni macedonit, pierrotit, picopaulit, lazarevičit, raguinit. Razveseljivo je, da sta opisana tudi baričit in maričit, minerala, ki ju sicer niso odkrili v Jugoslaviji, toda poimenovali so ju po jugoslovanskih znanstvenikih.

V seznamu najvažnejših mineralnih nahajališč so navedene poleg sedanjih imen tudi starejše označbe, npr. Baia Mare (Nagybánya). Za mineraloga, ki ima opravka s starejšimi zbirkami, je to zelo praktično, saj v njih vsebujejo etikete le starejše označbe. Težave s pisanjem krajevnih imen pa so prišle do izraza tudi v tej knjigi. Na str. 803, vrsta 14 piše »Mežica (Miess)«. Želeti bi bilo, da bi avtorja upoštevala načelo obojne označbe tudi med tekstom v specialni mineralogiji. Toda Alšar je npr. na str. 475, vrsta 18, omenjen le kot »Allchar in Macedonien«, Idrija na str. 395, vrsta 46 in 444 vrsta 20 le kot »Idria«, ter Mežica na str. 441, vrsta 25 in 621 vrsta 3 le kot »Mies«. Tudi nemško ime za Mežico torej piše kot Miess in kot Mies.

Ernest Faninger

G. H. A. Cole: **The Structure of Planets.** The Wykeham Science Series. Wykeham Publication (London) Ltd, London and Basingstoke, 1978. VII + 233 strani, 59 slik, 17 tabel. Format 22 × 14 cm. Kartonirano 3,35 funta, platno vezano 7,25 funta.

V seriji znanstvenih del angleške založbe Wykeham je izšlo novo delo, tokrat s področja geofizike in planetne fizike. Avtor je profesor teoretične fizike univerze v Hullu, ki se razen z znanostjo o planetih ukvarja še s fiziko tekočega stanja snovi.

Knjiga predstavlja, tako kot vsa dela omenjene zbirke, zvezo med šolo in znanostjo. V prvi polovici knjige obravnava avtor teorijo splošnih načel in fizikalnih pogojev, pri katerih je nastal hladen planet v obliki, kot se pojavljajo planeti v našem osončju. V sedmih poglavjih polovice knjige je avtor opisal znane fizikalne pojave težnosti, hidrostatičnega ravnotežja, elastičnih napestosti, termodinamike planetnih materialov, tečenja materiala, termičnih efektov ter dipolnega magnetnega polja. Pri njihovi aplikaciji se je omejil predvsem na notranjost Zemlje in na njeno gibanje v vsemirju, njenega površja pa se ni dotaknil.

Pri študiju fundamentalnih znanosti so se zvrstili vsi veliki duhovi matematike in fizike preteklosti. Sprva zelo spekulativni modeli so dobivali vedno eksaktnije oblike, ki se stalno izboljšujejo z direktnimi opazovanji in laboratorijskimi raziskavami. Vedno bolj pa si prizadevajo za merjenja *in situ*. Čeprav vsakemu fizikalnemu polju v določeni razdalji od njegovega izvora ustreza samo ena struktura tega izvora pri določenih pogojih, ne moremo obratno, samo na podlagi merjenj v določeni razdalji sklepati o strukturi tega izvora. Tak podatek je vedno dvoumen, kar je splošno znana težava pri interpretaciji vseh indirektnih fizikalnih raziskav.

V drugem delu knjige avtor na podlagi pridobljenih izkustev opisuje tudi notranje strukture drugih članov našega osončja. Mnogo so prispevale k temu poznavanju vsemirske raziskave s sateliti in z raketami v zadnjih dvajsetih letih. Nabralo se je ogromno materiala, ki stalno popravlja in dopolnjuje naše znanje. Največ prostora je seveda posvečenega zopet Zemlji. Študij njene oblike je star kot človekova kultura, pa še vedno prihajamo do novih podatkov. Posebno analize tirnic umetnih satelitov Zemlje nam posredujejo zelo natančno in detajlno njeno obliko. Meridionalni prerezek Zemlje kaže, da je idealizirana oblika sferoida na južnem polu vtisnjena za okoli 30 m, medtem ko je na severnem polu za 10 m izbočena. Južno od Indije leži obširna depresija, globoka prek 110 m. Petdesetmetrske depresije so našli še jugovzhodno od Nove Zelandije, na Pacifiku v bližini kalifornijske obale in v Atlantiku vzhodno od Floride. Nasprotno pa se nahaja v bližini Nove Gvineje okoli 80 m visoko izbočenje. Šestdesetmetrske vzpetine so ob Britanskih otokih in južno od Madagaskarja.

Seizmologija je posredovala elastične razmere do sredine Zemlje in nam omogočila eksakten model o sestavi Zemlje. Pri tem sta najpomembnejši določitvi globine do plašča in do jedra. Obe odkritji sta bili napravljeni pred okoli 65 leti. Prvo je Mohorovičičeva, drugo pa Gutenbergova diskontinuiteta.

Za vsakega od planetov in tudi za nekatere njihove naravne satelite so zbrani razni podatki. Jasno je, da z oddaljenostjo od Zemlje njihovo število in kvaliteta padata.

Na koncu se avtor dotakne tudi vprašanja, ali smo sami v vesolju, ali pa obstajajo še druga svetovja z življenjem. Vsekakor lahko pričakujemo, da v toliki množici zvezd (okoli tisoč milijard), ki sestavljajo našo galaksijo Rimsko cesto, nismo edini. To še bolj velja, če upoštevamo še druge galaksije.

Drugo vprašanje je evolucija Zemlje. Najstarejše kamenine na Zemlji ali na Mesecu so stare manj kot 5 milijard let, Sonce pa ni starejše od 10 milijard let. Verjetno je celotni sončni sistem nastal kot celota v sorazmerno kratkem času. Obstajata dve možnosti za njegov nastanek: ena je akumulacija hladnega medzvezdnega materiala, druga pa, da je mimoidoča zvezda gravitacijsko potegnila iz Sonca material, ki se je nato kondenziral v planete. Razni pojavi, kot npr. udarni kraterji na planetih, kažejo, da so morali planeti imeti že zgodaj trdno skorjo. Najstarejše sedimentne kamenine na Zemlji (okoli 3,6 milijarde let), nastale v morju, so sedaj metamorfozirane. To kaže, da je bila Zemlja že zgodaj hladna na površju in pokrita z vodo. Vsi pojavi toplote na Zemlji, pa tudi na drugih planetih, izvirajo iz radioaktivnega razpada pod površjem.

In kakšen bo razvoj planetnih raziskav v bodoče? Vsekakor poskušajo dobiti podatke *in situ*. Točnejše smernice je težko napovedati; tehnološke iznajdbe in znanstveni dosežki bodo v bodoče usmerjali raziskovalno delo.

Snov knjige je geofizika in planetna fizika, vendar je problematika taka, da zadeva delno tudi uporabno geofiziko, tektoniko in druge geološke znanosti. Napisana je z izraznimi sredstvi matematične fizike, vendar je v glavnem razumljiva tudi za tiste, ki niso doma na tem polju. Zanimiva je prav tako za astronome kot za teoretične fizike, ki se ukvarjajo s fizikalnimi polji pri ekstremnih pogojih pritiskov in temperatur.

Danilo Ravnik

Jörg Barner: **Rekultivierung zerstörter Landschaften.** Oekologie, Meliorationswesen und Anbautechnik. (Rekultiviranje opustelih krajin. Ekologija, melioriranje in tehnika sajenja). Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 1978. 220 strani, 76 slik in 12 tabel, obširen seznam literature in abecedni register gesel. Format 15,5 × 23 cm, kartonirano 34 DM. ISBN 3-432-89901-7.

Avtor, ki ga pri nas že poznamo (Gozdarski vestnik 1978, 7-8) v uvodu ugotavlja, da je v teku človeške zgodovine le malo ostalo od nekdanje zelene odeje našega planeta. Tako je ogolela ogromna Kitajska. Erozija s svojimi odplakami je dala barvo Rumeni reki in Rumenemu morju. Uničenje rastlinja in ogolelost mediteranskih dežel je pokopala cvetoče antične kulture. Ni kontinenta in ne dežele, kjer človekov življenjski prostor ne bi bil prizadet zaradi uničenja rastlinja na velikih površinah. Čim revnejša je dežela, tem hujši so ti problemi. Posebno je prizadet tropski in subtropski pas, pomislimo samo na širjenje pušćav po vsem svetu, na vedno večjo ogolelost, sušnost in lakoto v sahelskem pasu v Afriki, na nezadržno uničevanje tropskega rastlinja. Celo dežele izrazitega blagostanja se ukvarjajo z rekultiviranjem znatnih površin; npr. Švica se trudi obnoviti nekdanje visokogorske gozdove. V Skandinaviji imajo veliko opraviti z rekultiviranjem barij, v Združenih državah Amerike so problemi opustelih krajin še mnogo večji.

Od vse te problematike avtor obravnava le ekološke osnove ter tehnike melioriranja opustelih zemljišč in krajin. Knjiga se odlikuje po veliki sistematičnosti. Velik poudarek je na ugotavljanju ekološkega položaja, ki je izhodišče za rekultivacijska dela.

Pretežni del knjige obravnava ekološke vidike in možnosti ozelenitve različnih krajin in rastišč. V tem poglavju je opisanih obilo izkušenj z rekultivacijskimi deli pri najrazličnejših ekoloških obremenitvah, od ozelenjevanja aridnih površin do pogozdovanja v visokem gorovju, od problemov Skandinavije do problemov tropskega in subtropskega pasu. Zelo dobro je obdelano pogozdovanje Krasa. Profesor Barner dovolj nadrobno podaja zgodovino geološkega pojma kras in njegovega imena ter ponazori ekološke razmere jadranskega kraškega območja, od koder izhajajo najstarejše izkušnje za rekultiviranje in ponovno pogozdovanje opustelih kraških krajin. Za praktično kultiviranje opustelih krajin predlaga avtor zelo sistematičen postopek, ki se prične s preučevanjem ekološkega položaja, nadaljuje s preučevanjem možnih medsebojnih vplivov raznih nastopajočih ekoloških faktorjev, z vprašanji primernega semenskega in sadilnega materiala, ustreznih melioracijskih postopkov, utrditve in obdelave tal, tehnike sajenja. Po preučitvi vseh teh vprašanj naj se delo nadaljuje s poskusnimi rekultivacijskimi deli, ki bodo pokazala pot za delo na večjih površinah. Sploh je pomembna stalna kontrola rezultatov rekultivacije, da bi se tako čimbolj izognili napakam in neuspehom.

Knjiga se prav gotovo loteva zelo aktualne problematike. Rast svetovnega prebivalstva ter nezadržno uničevanje še ohranjenih naravnih bogastev nujno zahtevata temeljite spremembe na vseh področjih človeške dejavnosti. Treba je polagoma vrniti rastlinsko odejo in rodovitnost tal nepreglednim ogolelim površinam našega planeta. Avtor se zaveda strahovite teže tega problema, zato smatra svojo knjigo le kot skromen prispevek k njegovemu reševanju. Seveda ima knjiga tudi slabosti, kar bo kritika gotovo opazila. Knjiga ni kompleksna, je le bolj uvod v problematiko rekultivacije opustelih zemljišč in krajin.

Knjigo lahko priporočamo vsem, ki se ukvarjajo s to problematiko, posebno še tistim, ki jih zanima pogozdovanje težavnih kraških predelov, ozelenjevanje v hudourništvu, ozelenjevanje v aridnih razmerah vročega pasu itd. Knjiga je posebno primerna tudi kot pomoč študentom pri njihovih seminarskih in diplomskih delih.

Marjan Zupančič

Leopold Müller — Salzburg, **Der Felsbau**. Dritter Band: **Tunnelbau**. Založba Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 1978. Obseg XIX + 945 strani, 612 slik, 50 tabel s slikami, 3 priloge s slikami, format 17 × 24 cm. Čisto platno z zaščitnim ovitkom in v zaščitnem kartonu DM 296.

Izšla je tretja knjiga znanega strokovnjaka na področju mehanike hribin o gradnjah v skali, ki obravnava gradnjo predorov. Po prvotnem načrtu naj bi delo obsegalo samo dve knjigi, od katerih prvi del, »teoretične osnove«, je izšel že leta 1963. Pri pripravljanju druge knjige, ki naj bi podala praktične izkušnje pri gradnji v skali, pa je tekst močno narastel prek prvotno določenega okvirja. Pokazalo se je, da bodo za celotno delo potrebne štiri knjige. Obseg 16. poglavja o predorih je večji kot obseg vseh trinajstih poglavij prve knjige. To poglavje je izšlo kot samostojna knjiga. V pripravi sta še dve knjigi. Druga knjiga bo podajala fundiranje dolinskih pregrad, četrta knjiga pa gradnjo jaskov, večjih podzemeljskih kavern ter dela pri injekcijskih zavesah in dre-nažah.

Med vsemi gradbenimi deli so predori prav gotovo v največji meri odvisni od geološke zgradbe in sestave terena. Zato zahtevajo ne samo zelo obsežne in natančne predhodne geološke raziskave, temveč tudi stalno sodelovanje geologa med gradnjo in včasih tudi po končani gradnji, če se pokažejo v predoru poškodbe. Za uspešno sodelovanje geologa in gradbenika pri gradnji predorov je potrebno, da pri raziskavah in projektiranju upoštevata mehanske zakonitosti hribin. Po naslovu bi lahko sklepali, da je knjiga namenjena predvsem gradbenikom. V knjigi pa je odmerjenega le malo prostora čisto gradbenim problemom, kot so statični izračuni, dimenzioniranje, organizacija gradbišča idr. Težišče je povsod v ugotavljanju medsebojne odvisnosti med načinom gradnje in procesi v kamenini neposredno ob predoru. Osnovna misel, ki se vleče kot rdeča nit skozi vso knjigo, je ta, da moramo računati s kamenino ob predoru kot z delom nosilne konstrukcije predora. Kamenina se ne obnaša kot idealno elastično telo, temveč kaže deformacije, odvisne od časa. Pravilne gradbene metode se morajo prilagoditi tem reološkim lastnostim kamenin.

Vsebinsko knjige naj prikaže pregled naslovov glavnih oddelkov: medsebojna odvisnost med kamenino, gradnjo in konstrukcijo; poskus statičnega izračuna; gradbena dela; metode gradenj predorov; gradbeni načrt in razpis; sanacija poškodovanih predorov; inženirskogeološke in geomehanske priprave na gradnjo. Po naslovih bi sklepali, da je močnejši poudarek na geoloških problemih le v zadnjem in delno v prvem oddelku. Pri prebiranju knjige pa vidimo, da avtor pravilno ocenjuje vpliv geologije na gradnjo predorov in zato v vseh poglavjih dokaj obširno razpravlja o odvisnosti gradnje od lastnosti kamenin. Nekateri gradbeniki bodo verjetno razočarani, ker je odmerjeno statičnemu

izračunu tako malo prostora. Po mnenju avtorja pa je večina danes uporabljenih metod slabo utemeljena, ker ne upošteva dinamičnih dogajanj v kamenini med gradnjo in v zvezi s tem spremenjenih napetostnih stanj v kamenini ob predoru. Potek prelaganj napetosti v kamenini je med drugim odvisen od poteka in narave razpok v kamenini. Razpokanosti pa ne moremo tako točno in enostavno opisati, da bi jo zajeli z enostavnimi matematičnimi obrazci. Danes uporabljene metode izračuna zato nimajo velike praktične vrednosti. Avtor se zaradi tega izogiba kompliciranim matematičnim obrazcem in gradi v glavnem na izkušnjah dosedanjih gradenj ter na opazovanjih in meritvah, ki so bile v zadnjih desetletjih izvršene med gradnjo na mnogih predorih.

Jezik avtorja je enostaven in lahko razumljiv. Pri razlagi navaja številne primere iz literature in lastnih izkušenj, ki bodo dobrodošla opora vsakemu gradbeniku in geologu pri raziskavah in projektiranju novih predorov. Tekst spremljajo številne nazorne skice, diagrami in fotografije.

Zaradi izčrpne razlage najnovejših izkušenj pri gradnji predorov in številnih praktičnih primerov bo knjiga kmalu postala neobhoden priročnik vsakega gradbenika in inženirskega geologa pri gradnji predorov.

Dušan Kuščer