

## GEOLOGIJA AVTOCESTNEGA ODSEKA DIVAČA - KOZINA

*Bogdan JURKOVŠEK*

Inštitut za geologijo, geotehniko in geofiziko, SI-1000 Ljubljana, Dimičeva 14

*Tea KOLAR-JURKOVŠEK*

Inštitut za geologijo, geotehniko in geofiziko, SI-1000 Ljubljana, Dimičeva 14

*Bojan OGORELEC*

Inštitut za geologijo, geotehniko in geofiziko, SI-1000 Ljubljana, Dimičeva 14

## IZVLEČEK

*Ozemlje, po katerem poteka odsek avtoceste med Divačo in Kozino, spada med geološko bolj zanimive predele Krasa. Na njem se zvrstijo vse formacije, ki so nastajale med zgornjim santonijem in eocenom na severozahodnem delu Dinarske karbonatne plosče. Vzporedno z geološko spremljavo del na gradbišču avtoceste je bila izdelana podrobna geološka karta v merilu 1:5000. Namen članka je dopolniti poznavanje geološke zgradbe južnega Krasa in predstaviti primer znanstveno in naravovarstveno naravnane geološke spremljave enega od večjih gradbenih posegov v Sloveniji.*

**Ključne besede:** geologija, zgornja kreda in paleogen, avtocesta Divača - Kozina, Kras, Slovenija

## UVOD

V članku so podani rezultati raziskav, ki so potekale vzporedno z geološko spremljavo avtocestnega odseka med Divačo in Kozino (sl. 1). Ob tem je bila za ožje območje avtoceste izdelana geološka karta v merilu 1:5.000. Terenske raziskave so potekale od začetka zemeljskih del v januarju do septembra 1997, ko so bila groba gradbena dela že v zaključni fazi.

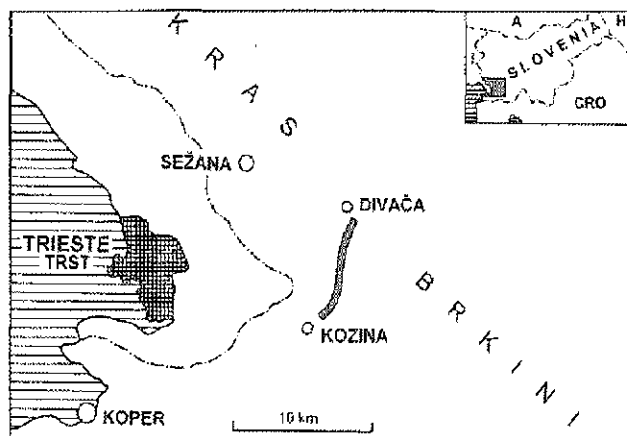
Geološka karta (sl. 4-10) prikazuje v glavnem stanje na površini takoj po odstranitvi vegetacije, humusa in preperine. V zaključnih gradbenih fazah, predvsem po končanju cestnih usekov, so se pokazali nekateri novi geološki elementi, vendar jih je bilo v tej fazi mnogo več že zabrisanih zaradi izgradnje nasipov in finalizacije cestišča. Zato bi izdelava podrobne geološke karte morala postati obvezni sestavni del vseh geoloških spremljav ob večjih posegih na in pod zemeljsko površino.

Na geološki karti prikazano ozemlje je med prvimi podrobneje raziskoval že Stache (1889) in del rezultatov

objavil v študiji *Die Liburnische Stufe und deren Grenzhorizonte*. V letih 1959 in 1960 je Hamrla napisal dve razpravi o premogiščih na Krasu, ki obravnavata tudi premogove plasti pri Rodiku. Kasneje je bilo celotno ozemlje geološko kartirano v okviru Osnovne geološke karte SFRJ 1:100.000 listov Gorica (Buser, 1968 in 1973) in Trst (Pleničar *et al.*, 1969 in 1973). Za potrebe Formacijske geološke karte južnega dela Tržaško-komenske planote 1:50.000 (Jurkovšek *et al.*, 1996) je bilo v merilu 1:10.000 kartirano širše ozemlje, po katerem poteka severni odsek avtoceste.

Od publiciranih del, ki se neposredno nanašajo na avtocesto, velja omeniti še članek o predhodnih krasoslovnih raziskavah trase avtoceste (Šebela, 1996) in poglavje Geološka zgradba Rodika z okolico (Jurkovšek, 1997) v knjigi Rodik med Brkini in Krasom, ki mu je priložena tudi geološka karta širšega prostora južnega odseka avtoceste med Divačo in Kozino.

Raziskani avtocestni odsek predstavlja enega od geološko bolj zanimivih predelov Krasa, saj se na njem zvrste vse formacije, ki so nastajale proti koncu sedi-



Sl. 1: Položajna skica avtocestnega odseka Divača - Kozina.

Fig. 1: Location of the Divača - Kozina motorway section.

mentacije na severozahodnem delu Dinarske karbonatne plošče (sl. 2). Nad Lipiško formacijo, ki jo označuje množica rudistnih ostankov, se je po razmeroma dolgi kopni fazi odložila Liburnijska formacija. Gradbišče avtoceste je plasti te formacije presekal najbolj radikalno, saj je za vselej izbrisalo del erozijske meje, ki nakazuje kopno fazo med sedimentacijo Lipiške in Liburnijske formacije, izginili pa so tudi trije manjši rudniški rovi in izdanki premoških plasti. Ob teh je verjetno že Stache (1889) zbiral polže rodu *Stomatopsis* (tab. 4, sl. 2). V tem delu Liburnijske formacije je tudi znamenita meja med kreda in terciarjem, ki pa je žal na tem odseku avtoceste ne bo mogoče več proučevati.

V vrhnjem delu Liburnijske formacije sledi značilni, z miliolidami bogat Slivski apnenec. Zanimiv je krajši odsek blizu četrtega kilometra avtoceste, na katerem se je v osrednjem delu gradbišča pojavil manjši koralni greben, ki so ga spremljale številne spužve in trdoživnjaki.

Ob zaključni litostratigrafski enoti t.j. Alveolinsko-numulitnem apnencu velja zapisati, da je za razliko od zahodno ležečega ozemlja, na tem delu avtocestne trase jasno razvit Operkulinski apnenec, ki ga je izdvojil in imenoval že Pavlovec (1963). Vsekakor gre za pomemben litostratigrafski horizont, ki tudi na južnem delu Krasa tvori spodnji del formacije Alveolinsko-numulitnega apnenca in ga bo v bodoče potrebno bolj resno upoštevati pri izdelavi geoloških kart. Na Operkulinskem apnencu leži apnenec s številnimi alveolinidami in bolj redkimi numulitinami, ki je obenem najmlajša kamnina po kateri poteka avtocesta med Divačo in Kozino.

Na priloženi geološki karti so zaradi boljše preglednosti namenoma izpuščeni nekateri strukturno-tektonski elementi (prelomi, razpoke, zdrobljene cone itd.), razen v primerih, ko le-ti bistveno vplivajo na lego in

medsebojne odnose litostratigrafskih enot.

Imena formacij in členov so v glavnem povzeta po Formacijski geološki karti južnega dela Tržaško-komenske planote 1:50.000 (Jurkovšek et al., 1996), v katere tolmaču so podrobno opisane vse litostratigrafske enote južnega Krasa z interpretacijami okolja njihovega nastanka, fosili in starostjo. Zato v tem članku podajamo le najosnovnejše podatke o formacijah in členih, vse ostale informacije pa so zbrane in prikazane na geološki karti 1:5000 (sl. 4-10), na grafičnih prilogah (sl. 1-3), na terenskih fotografijah (sl. 11-17) ter na fotografijah vzorcev kamnin in mikroskopskih preparatov (tab. 1-8).

## OPISI LITOSTRATIGRAFSKIH ENOT

Ozemlje avtocestnega odseka med Divačo in Kozino leži v jugovzhodnem podaljšku Tržaško-komenske planote v Komenski narivni grudi (Placer, 1981). Zgrajeno je iz karbonatnih kamnin, ki so se od zgornjega santonija do eocena z vmesnimi daljšimi ali krajšimi prekinitvami sedimentacije odlagale na severozahodnem delu nekdanje plitke Dinarske karbonatne plošče. Geološki dogodki in razlike v širšem in ožjem sedimentacijskem okolju so pogojevali nastanek različnih kamninskih enot, ki smo jih izdvojili na priloženi geološki karti.

Osnovno naravno celoto predstavlja formacija, enote nižjega reda pa so členi. Formacije, ki smo jih kartirali, označujejo predvsem njihova litoška homogenost ter enotne sedimentološke in paleoekološke značilnosti. Pomemben kriterij je njihova jasna razpoznavnost na terenu. Meje formacij se v glavnem ne prekrivajo s kronostratigrafskimi mejami. Členi predstavljajo litoško homogeno zaporedje plasti, ki gradi vertikalni ali horizontalni del formacije.

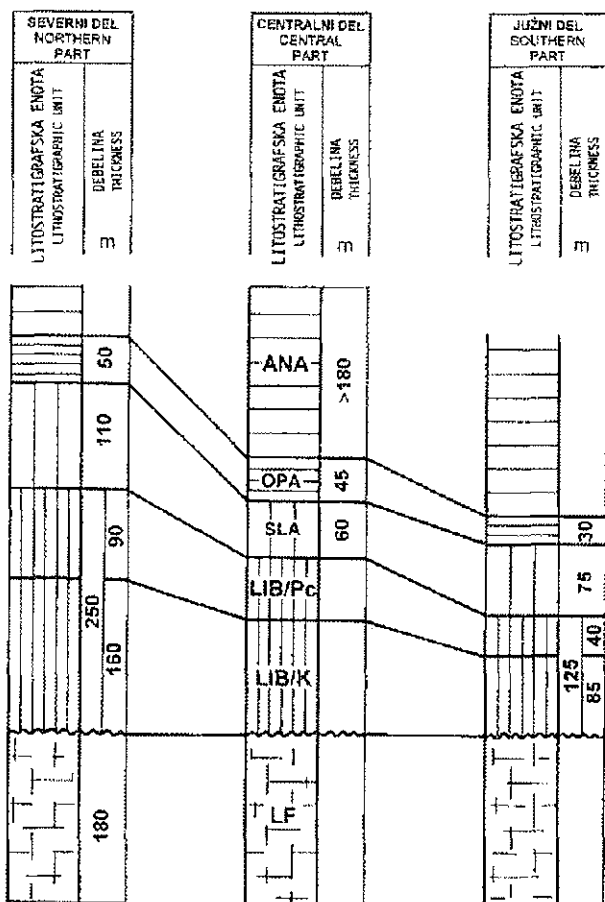
### Lipiška formacija (LF/K<sub>2</sub>4-5)

(Tab. 1, sl. 1-2; tab. 2, sl. 1)

Apnenec Lipiške formacije gradi pri Divači začetni del ozemlja avtocestnega odseka, na jugu sega na območje avtoceste v zahodnem krilu rodiške antiklinale, pri Kozini pa je ta formacija v tektonskem kontaktu z apnenci mlajših formacij.

Apnenec Lipiške formacije je večinoma debelo-plastovit do masiven, svetlo sive do srednje sive barve. Skelet kamnine sestavljajo večji del lupine rudistov, ki jih je zajela intenzivna endolitizacija. Le redko opazujemo cele, še neporušene rudistne biostrome. Večinoma so rudistne lupine zdrobljene. Lokalno pojavljanje različikov zrnatega apnenca (grainstone do packstone) z vmesnimi prehodi v drobnozrnati biokalkarenit kaže na sedimentacijo na odprtem delu selfa z dokaj visoko energijo vode (EI=3, izjemoma 4). Redke prevleke modrozelenih cepljivk okrog nekaterih fosilov in endolitizacija govore v prid zelo plitvemu selfu.





**Sl. 3: Razmerja debelin litostratigrafskih enot vzdolž avtocestnega odseka Divača - Kozina.**  
**Fig. 3: Relations of thicknesses of lithostratigraphic units along the Divača - Kozina motorway section.**

Zaradi razmeroma debelih plasti, ugodne teksture in strukture so v Lipiški formaciji že v preteklosti izkoriščali pestre različne apnenca. Sledovi izkoriščanja ene od debelejših plasti biomikritnega apnenca z rudisti so bili vidni na začetku avtocestnega odseka pri Divači (sl. 4). Vzhodno od trase avtoceste (sl. 9), na ozemlju Male grize, so že v prejšnjem stoletju lomili apnenec Lipiške formacije za gradnjo. Med drugimi je iz njega deloma zgrajena tudi rodiška cerkev (Jurkovšek, 1997).

Apnenec Lipiške formacije na jugu blizu Kozine (sl. 10), ki s prelomom meji na kamnine mlajših formacij, se od prej opisanega razlikuje po barvi, strukturi in teksturi. Čeprav ga prav tako uvrščamo v Lipiško formacijo, gre za različek, ki se je odlagal v bolj zatišnih delih plitvega šelfa. Apnenec je srednje do temno sive barve, izrazito plastovit, lokalno celo laminiran. Po strukturi je to apnenec tipa "wackestone in packstone" z nizkim energijskim indeksom (1-2). Rudisti so v njem redkejši, prevladujejo predvsem drobne oblike. Med mikrofosili so zastopane predvsem številne bentoške foraminifere,

med katerimi prevladujejo miliolide.

Lipiško formacijo uvrščamo v zgornji santonij in campanij. Na ozemlju avtocestnega odseka med Divačo in Kozino jo po primerjavah s širšim prostorom južnega Krasa postavljamo v bližino glavnega keramosferinskega horizonta, torej v zgornji santonij in morda še v spodnji campanij.

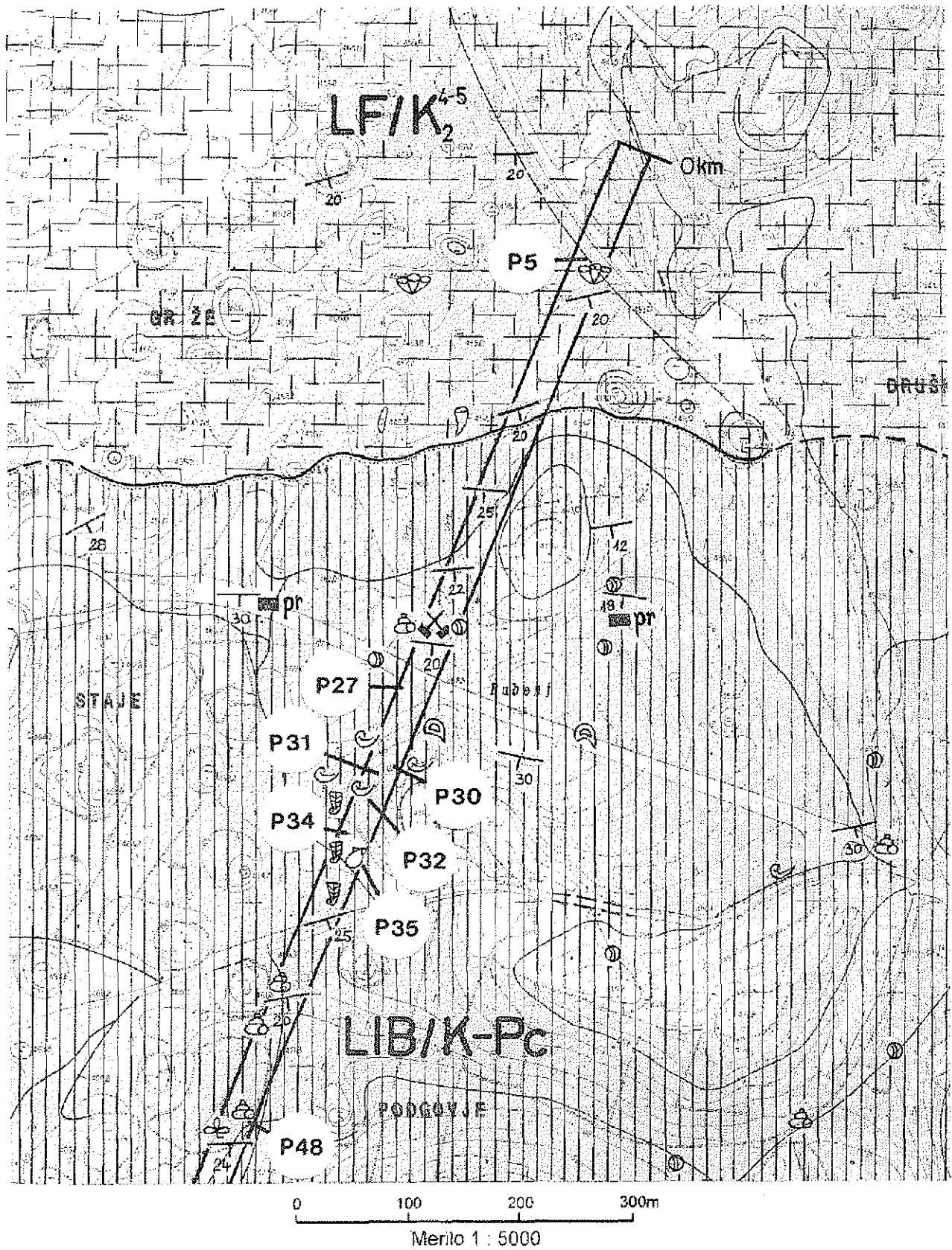
**Liburnijska formacija (LIB/K-Pc)**

(Tab. 2, sl. 2-6; tab. 3, sl. 1-3; tab. 4, sl. 1-5; tab. 5, sl. 1-2; tab. 6, sl. 1-4)

Kamnine Liburnijske formacije so zastopane tako na severnem kot na južnem delu ozemlja avtocestnega odseka med Divačo in Kozino. Na severu vpadajo plasti pod blagim kotom med 12° in 25° proti jugu (sl. 4-5), na južnem delu pa gradi Liburnijska formacija rodiško antiklinalo (sl. 8), v jedru katere leži rudistni apnenec Lipiške formacije.

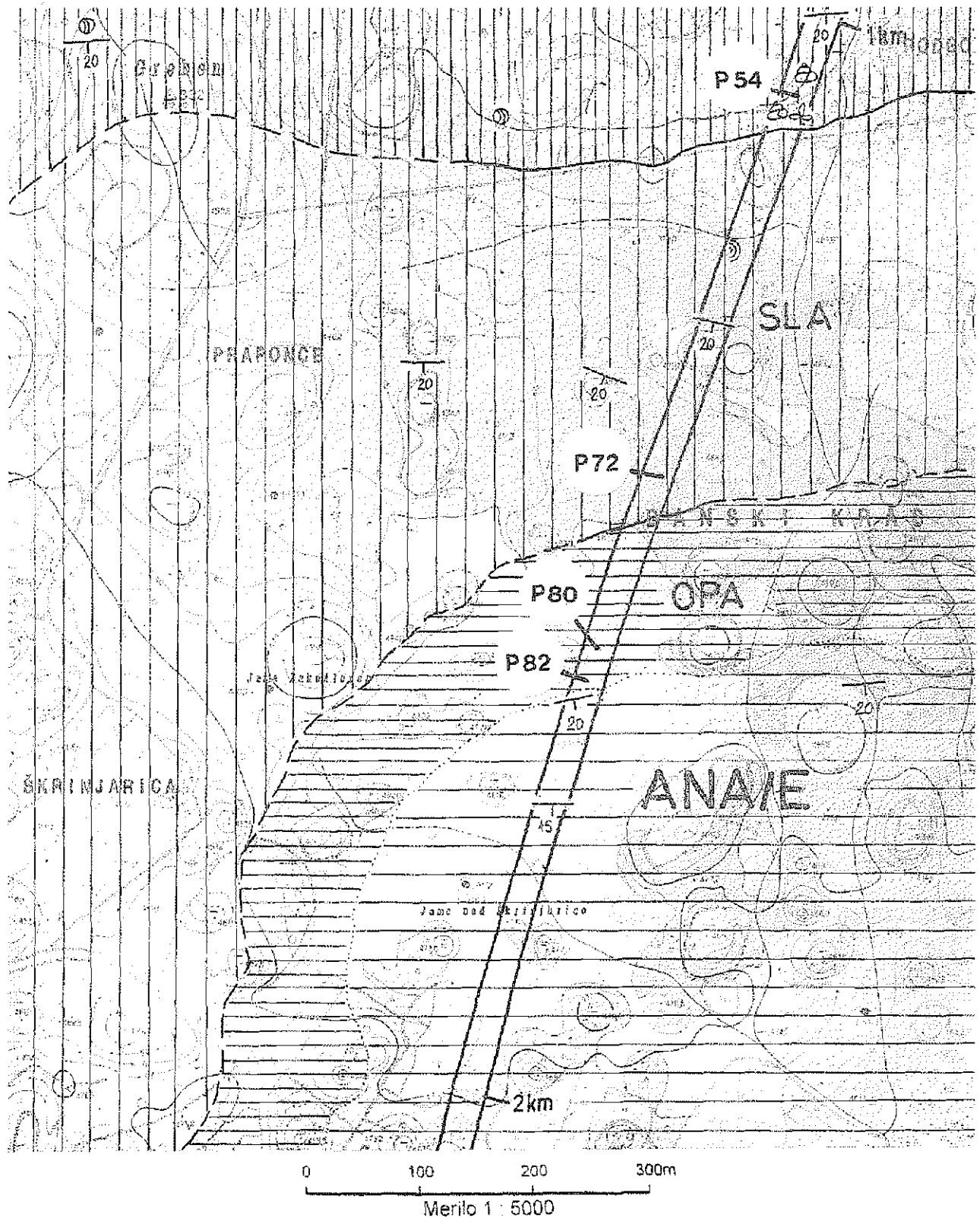
Liburnijska formacija se je odložila po prekinitvi sedimentacije nad apnencem Lipiške formacije. V campaniju se je morje iz tega dela karbonatne plošče za nekaj časa umaknilo. Nastalo je kopno, o katerem pričajo pojavi paleokrasi in manjši ekonomsko nezanimivi žepi boksita v apnencu. Šele v maastrichtiju je morje ponovno preplavilo kopno in ustvarilo raznolike sedimentacijske sredine, v katerih so nastajale kamnine Liburnijske formacije. Le-te kažejo za razliko od Lipiške formacije značilnosti morskega, brakičnega in sladkovodnega sedimentacijskega okolja. Različni strukturni tipi apnencev se med seboj menjavajo tudi horizontalno. Tudi fosilna fauna in flora se močno spreminjata.

Nedvomno gre za eno najbolj zapletenih formacij na Krasu, ki jo bo potrebno še temeljito raziskati in ob koncu izdelati model, v katerega bo mogoče vključiti na desetine velikih in malih različnosti med posameznimi lokalitetami in profili. Zato se pri opisu te litostratigrafske enote ne smemo izogniti kratkemu zgodovinskemu orisu raziskav Liburnijske formacije. Že Guido Stache (1889), ki je raziskoval tudi plasti v okolici Kozine, Rodika in Vremskega Britofa, je "liburnijsko stopnjo", ki jo je poimenoval po zgodovinski pokrajini Liburnija ob jadranski obali med rekama Raša in Krko, razdelil na tri dele: spodnji foraminiferni apnenec, zgornji foraminiferni apnenec in vmesne kozinske plasti, ki jih je imenoval po Kozini. Seveda med Stachejevimi raziskavami stratigrafska opredelitev liburnijskih plasti ni bila popolnoma določena predvsem zato, ker ni bila jasna vloga paleocena. Postavil jih je med zgornjekredne rudistne apnenec in alveolinsko-numulitne apnenec eocenske starosti. Za posamezne člene Liburnijske formacije so bila kasneje uvedena še druga imena. Pavlovec (1963) je spodnje foraminiferne apnenec poimenoval vremske plasti po bližnjem Vremskem Britofu, zgornji foraminiferni apnenec pa sta Delvalle in Buser (1990) imenovala po vasi Slivje na jugozahodnih



Geološka karta 1 : 5000  
 © Inštitut za geologijo, geotekniko  
 in geofiziko, Ljubljana, 1997

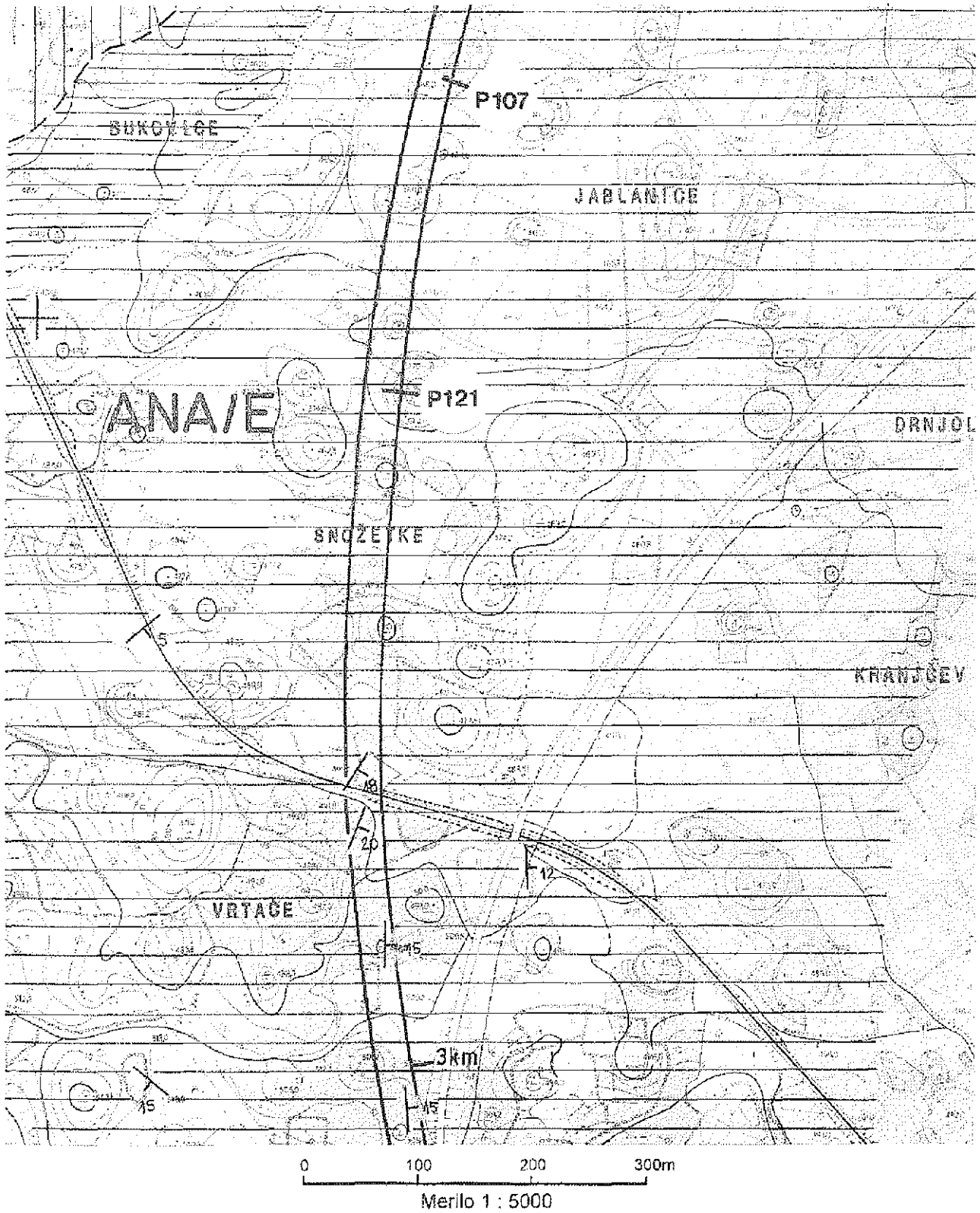
Temeljni topografski načrt 1 : 5000  
 © Geodetska uprava Republike  
 Slovenije, 1995



Geološka karta 1 : 5000  
 © Inštitut za geologijo, geotehniko  
 in geofiziko, Ljubljana, 1997

Temeljni topografski načrt 1 : 5000  
 © Geodetska uprava Republike  
 Slovenije, 1995

Sl. 5 - Fig. 5

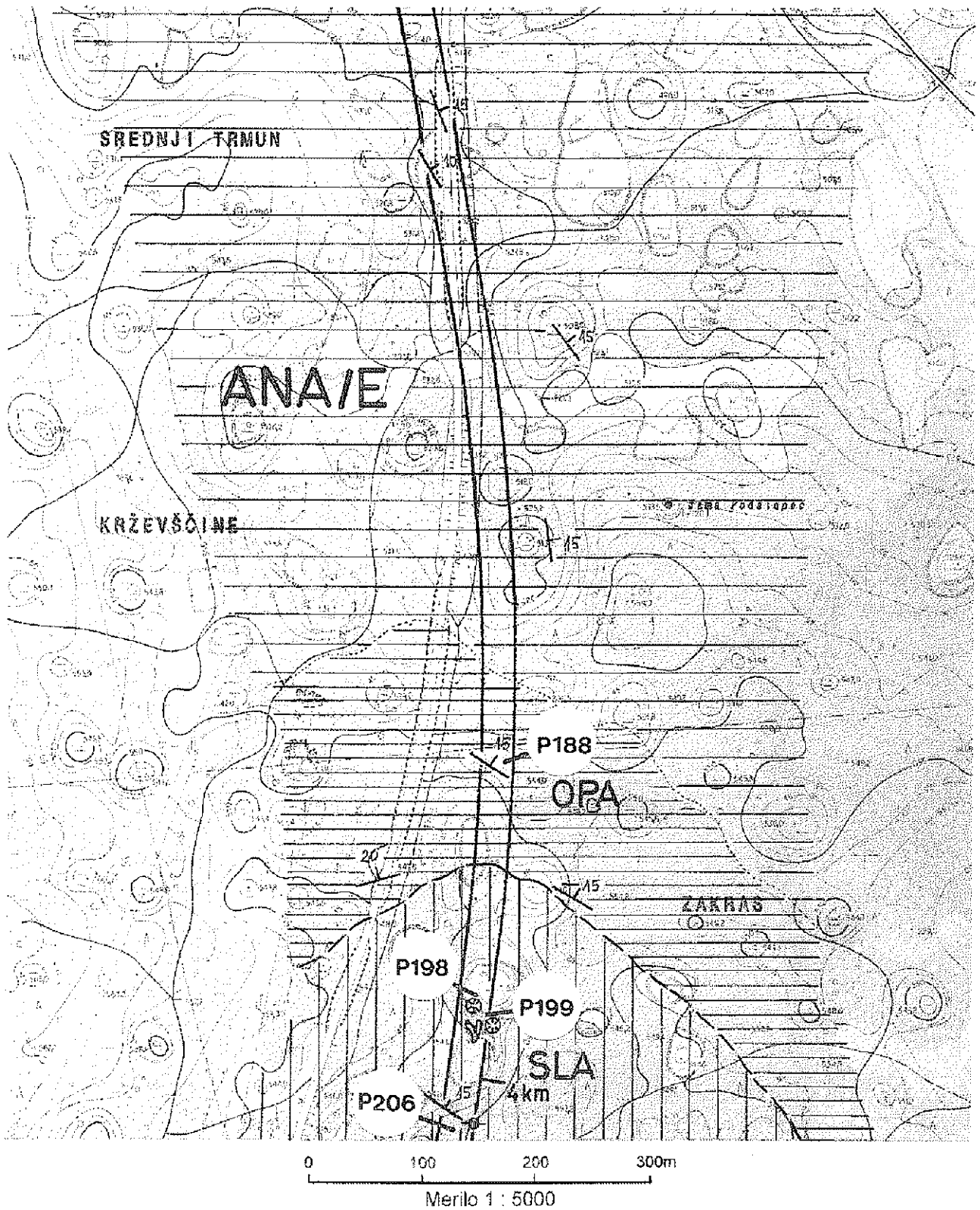


Geološka karta 1 : 5000  
 © Inštitut za geologijo, geotehniko  
 in geofiziko, Ljubljana, 1997

Temeljni topografski načrt 1 : 5000  
 © Geodetska uprava Republike  
 Slovenije, 1995

Sl. 6 - Fig. 6



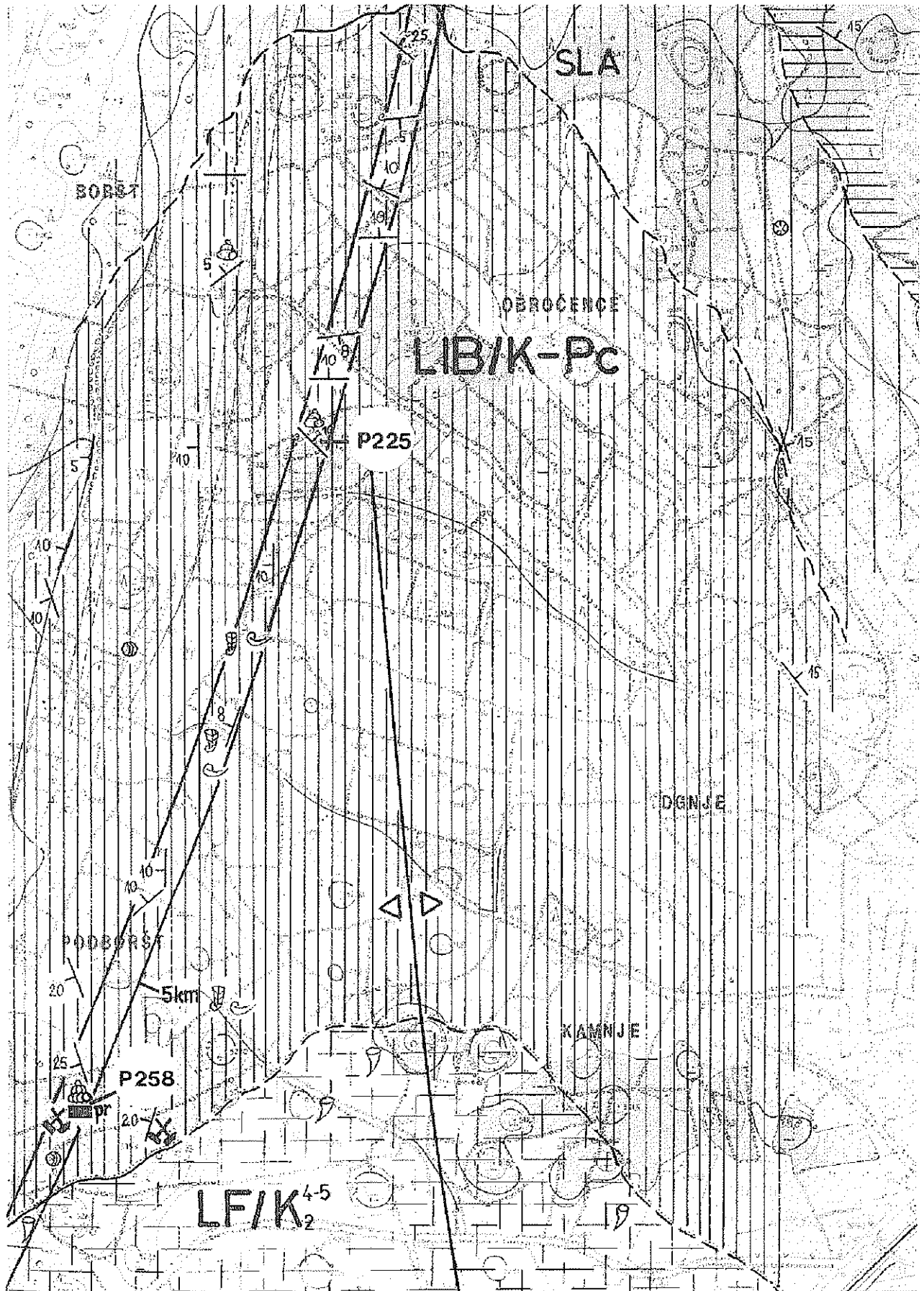


Geološka karta 1 : 5000  
 © Inštitut za geologijo, geotehniko  
 in geofiziko, Ljubljana, 1997

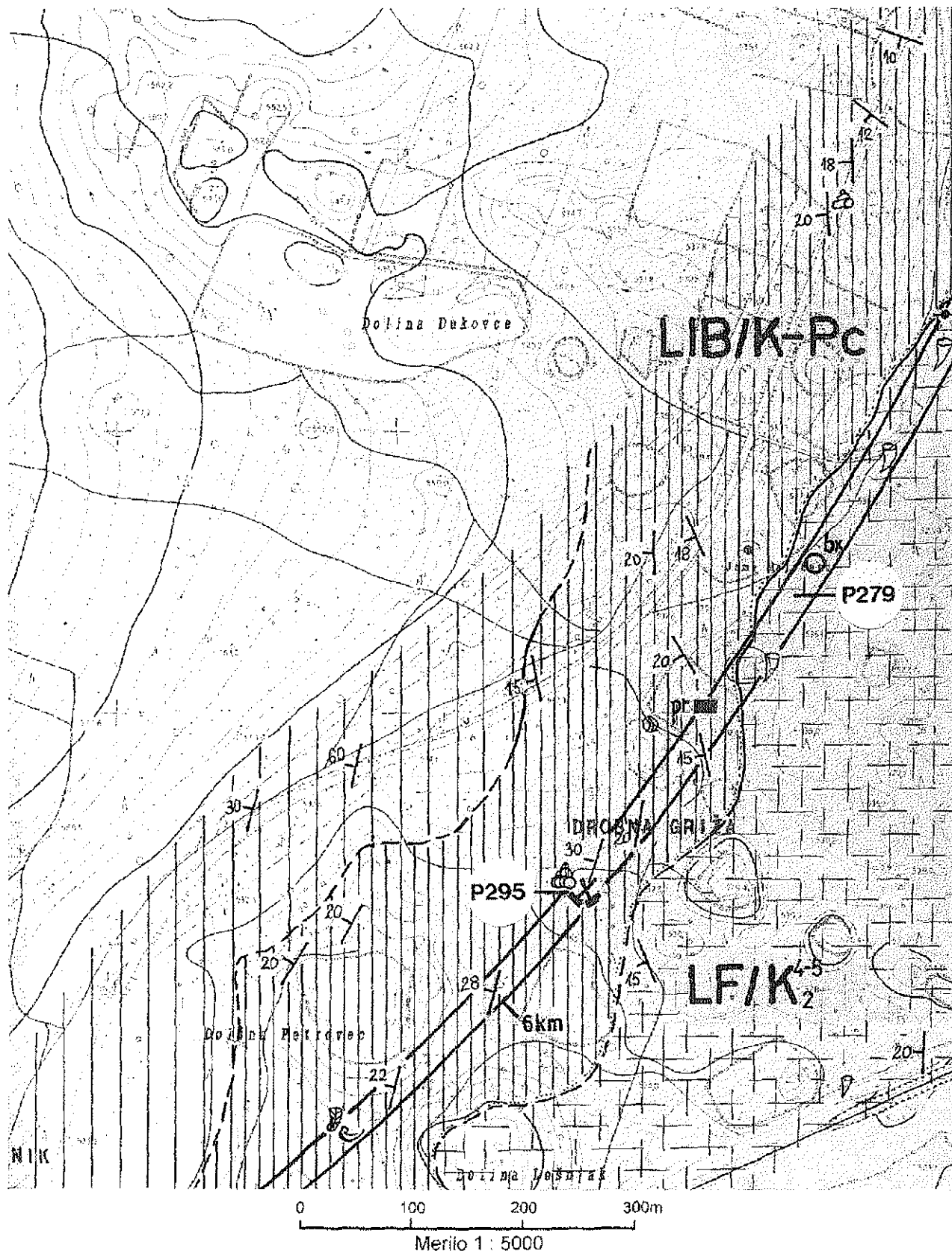
Temeljni topografski načrt 1 : 5000  
 © Geodetska uprava Republike  
 Slovenije, 1995

Sl. 7 - Fig. 7



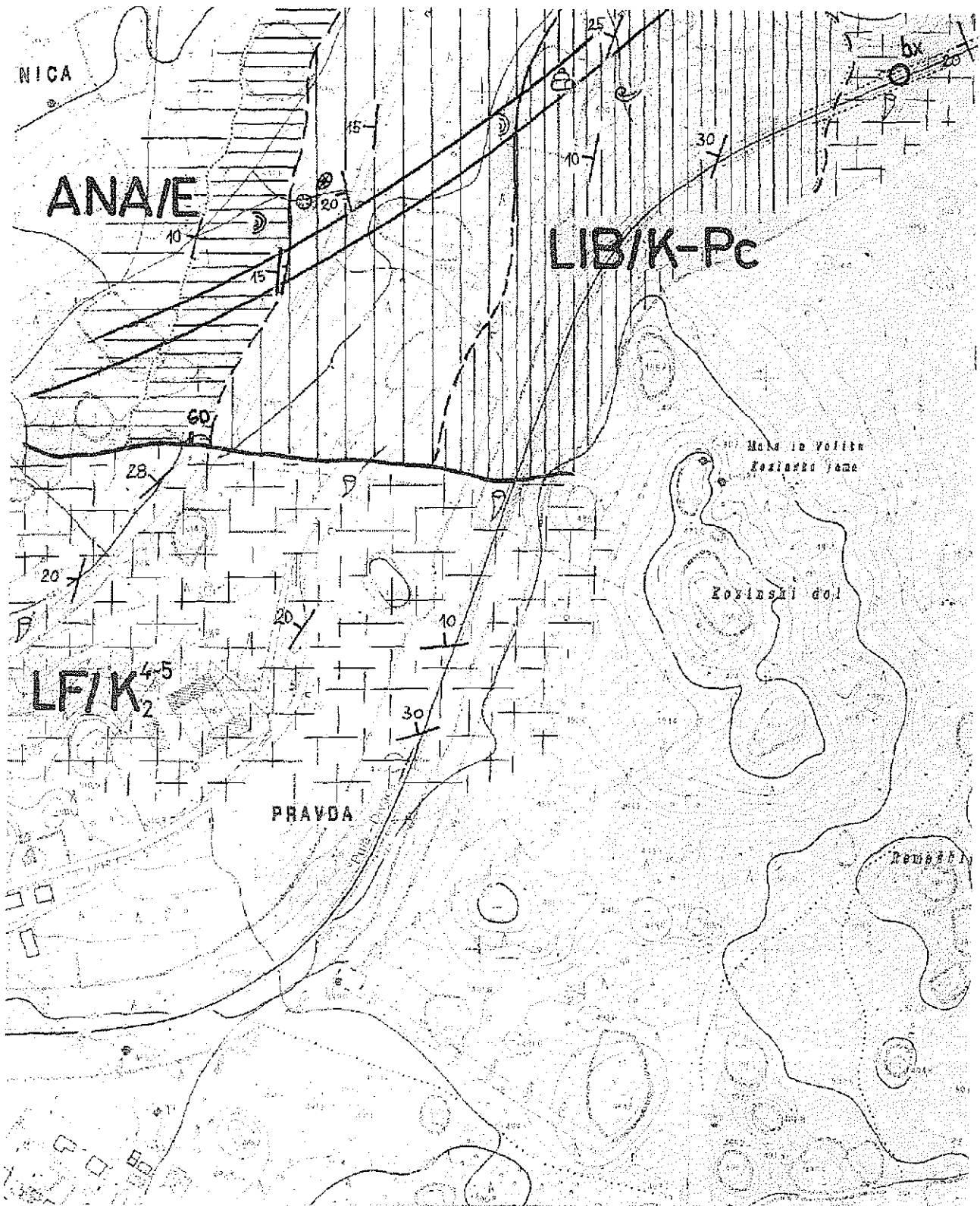


Sl. 8 - Fig. 8



Geološka karta 1 : 5000  
 © Inštitut za geologijo, geotehniko  
 in geofiziko, Ljubljana, 1997

Temeljni topografski načrt 1 : 5000  
 © Geodetska uprava Republike  
 Slovenije, 1995



Geološka karta 1 : 5000  
 © Inštitut za geologijo, geotehniko  
 in geofiziko, Ljubljana, 1997

0 100 200 300m  
 Merilo 1 : 5000

Temeljni topografski načrt 1 : 5000  
 © Geodetska uprava Republike  
 Slovenije, 1995

Sl. 10 - Fig. 10

Sl. 4-10: Geološka karta ozemlja avtocestnega odseka med Divačo in Kozino. Slike so razporejene od severa proti jugu.

Figs. 4-10: Geological map of the area of the Divača - Kozina motorway section, with sheets arranged from north to south.



obronkih Brkinov v slivsko formacijo, Jurkovšek in sodelavci (1996) te plasti obravnavajo kot člen v sklopu Liburnijske formacije.

Na severnem delu avtocestnega odseka pri Divači je kredni del Liburnijske formacije razvit v obliki srednjeplastovitega in lokalno laminiranega apnenca s pretežno pelmikritno strukturo. Vmes se pojavlja več različno debelih plasti intraformacijske emerzijske breče, ki ima ponavadi mikritno osnovo s primesjo organske snovi. Breče nakazujejo kratkotrajne okopnitvene faze predvsem v bližini meje med kredno in terciarjem. V nivoju črnega laminiranega apnenca s številnimi haracejami in polži se pojavlja tanka plast črnega premoga, ki so jo verjetno še v prejšnjem stoletju sledili s kratkim rudniškim vpadnikom z nagibom okoli 20° proti zahodu. Nad plastmi s premogom, ki so rezultat brakične sredine, sledi plastoviti povsem morski apnenec z giropleurami in bournonijami. Poleg njih se v nekaterih nivojih pojavljajo zelo številne do kamnotvorne miliolide, ki se jim v posameznih višjeležečih plasteh pridružijo še pogostne foraminifere vrste *Rhapydionina liburnica* (Stache). Za ta nivo apnenca je značilno tudi nekaj plasti s školjkami iz rodu *Anomia*. V bližini kredno-terciarne meje vsi zgornjekredni fosili postopoma izginejo, poveča pa se število plasti emerzijske breče.

V terciarnem delu profila, ki sledi v smeri proti jugu, se začne pogosteje pojavljati apnenec temnorjave do črne barve, ki je lokalno lahko tudi lapornat z rahlim vonjem po bitumnu in bi ga lahko primerjali s Stachejevimi kozinskimi plastmi. Po strukturi je biomikrit in biopelmikrit (mudstone do packstone) ter je bil odložen v zelo mirnem lagunskem okolju. Sem in tja ga prekinjajo tanjše stromatolitne lamine, ki kažejo na občasna medplimska stanja. Vmes nastopajo plasti temnosive breče, ki v vezivu in klastih pogosto vsebuje številne hišice polžev. V primerjavi s krednim delom Liburnijske formacije, ki ga lahko primerjamo s Pavlovčevimi (1963) vremskimi plastmi, je v terciarnem t. im. kozinskem delu prišlo do razmeroma hitre spremembe sedimentacijskega okolja oziroma faciesa. Bolj odprti del šelfa je postal naenkrat zaprt z lagunskim značajem in občasnimi znaki litorala. Fosili so značilni za mirno okolje z nizkim energijskim indeksom. Številne so tankolupinaste školjke, drobni polži, ostrakodi, haraceje in laginofore, bolj v zgornjem delu pa miliolide in druge foraminifere. V nekaterih plasteh so pogostne prizme paronipor. Nad temi plastmi leži Slivski apnenec, ki ga obravnavamo kot člen Liburnijske formacije.

Nekoliko drugačen razvoj Liburnijske formacije je na južnem delu, kjer v območje avtoceste seže z zahodnim delom rodiške antiklinale tudi velik del erozijske meje med Lipiško in Liburnijsko formacijo (sl. 9). Zato lahko med petim in šestim kilometrom avtocestnega odseka opazujemo na površini rudistnega apnenca Lipiške formacije znake paleozakrasevanja in manjše pojave bok-sita.

**Sl. 11:** Pogled iz Bubnja proti začetku gradbišča avtocestnega odseka. Tla v ospredju so zaradi premogovih plasti v Liburnijski formaciji temne barve, v ozadju pri avtodvigalu je svetlo siv rudistni apnenec Lipiške formacije. Foto: B. J., 3.9.1997.

**Fig. 11:** View from Bubanj towards the beginning of the motorway construction site. The soil in the forefront is dark due to coal seams in the Liburnian Formation; in the background, near crane, the light grey rudist limestone of the Lipica Formation can be seen. Photo: B. J., September 3<sup>rd</sup> 1997.

**Sl. 12:** Plasti Liburnijske formacije s premogom v useku izvoza za Divačo. Foto: B. J., 13.8.1997.

**Fig. 12:** Layers of the Liburnian Formation with coal in the cutting at the exit for Divača. Photo: B. J., August 13<sup>th</sup> 1997.

**Sl. 13:** Premogove plasti maastrichtijskega dela Liburnijske formacije v cestnem useku pri nekdanjem premogovniku (P 258). Foto: B. J., 6. 8. 1997.

**Fig. 13:** Coal beds of the Maastrichtian part of the Liburnian Formation in the road cut near the former coal mine (P 258). Photo: B. J., August 6<sup>th</sup> 1997.

**Sl. 14:** Tektonski kontakt med svetlo sivim eocenskim Operkulinskim apnencem in temnejšim zgornjekrednim apnencem Lipiške formacije na južnem delu gradbišča pri Kozini. Foto: B. J., 6.8.1997.

**Fig. 14:** Tectonic contact between the light grey Eocene Operculina limestone and the darker Upper Cretaceous limestone of the Lipica Formation in the southern part of the motorway construction site near Kozina. Photo: B. J., August 6<sup>th</sup> 1997.

**Sl. 15:** Laminirani apnenec maastrichtijskega dela Liburnijske formacije (P 27). Foto: B. J., 3.9.1997.

**Fig. 15:** Laminated limestone of the Maastrichtian part of the Liburnian Formation (P 27). Photo: B. J., September 3<sup>rd</sup> 1997.

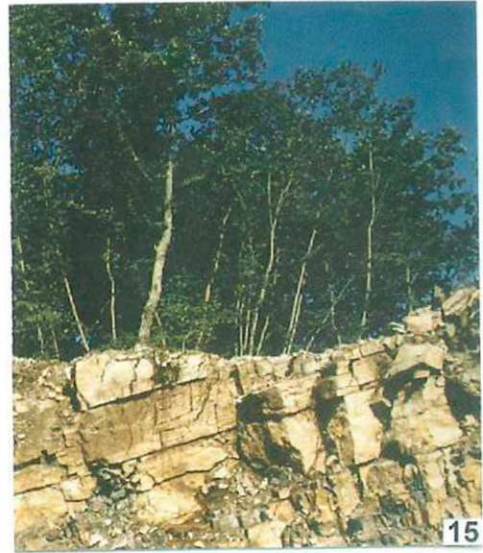
**Sl. 16:** Med 3. in 4. kilometrom se avtocesta prebija skozi tektonizirani Alveolinsko-numulitni apnenec. Foto: B. J., 14.5.1997.

**Fig. 16:** Between the 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> kilometre the motorway passes through tectonized Alveolinid-nummulitid limestone. Photo: B. J., May 14<sup>th</sup> 1997.

**Sl. 17:** Gradbena mehanizacija na sedlu med dolinama Petrovec in Lešnjak pri Kozini. Pogled proti severovzhodu. Foto: B. J., 3.9.1997.

**Fig. 17:** Construction mechanization at the saddle between the Petrovec and Lešnjak valleys near Kozina. View to the northeast. Photo: B. J., September 3<sup>rd</sup> 1997.





Zelo blizu erozijske meje zasledimo pojave črnega premoga. Pojavlja se ponavadi v tankih plasteh in lečah med črnim plastovitim in ploščastim apnenecem, ki vključuje precej organske snovi. Plasti premoga so različno debele, vendar najdebelejša v rudniškem rovu blizu šestega kilometra avtocestnega odseka ne presega 40 cm. Podobne razmere so bile tudi v rudniškem rovu pri petem kilometru. Hamrla (1959, 1960) je premog iz Liburnijske formacije na Krasu, kamor uvrščamo tudi pojave premoga na trasi avtoceste, uvrstil med kakovostne vrste črnega premoga z visokim toplotnim učinkom okoli 35.590 kJ/kg. Rudarjenje na Krasu je sicer staro že 200 let, vendar je zelo težko natančno določiti čas obratovanja obeh premogovnikov na trasi avtoceste. Po besedah domačinov naj bi zadnji rudaril na tem območju še po drugi svetovni vojni eden od lokalnih kovačev. Spremljevalci premogovnih plasti so haraceje, drobne školjčne lupine in številni razmeroma lepo ohranjeni polži iz rodu *Stomatopsis*. Slednji se pojavljajo v največjem številu v 3 do 5 cm debeli plasti črnega lapornatega apnenca tik nad najdebelejšo premogovno plastjo.

Nad plastmi s premogom leži, podobno kot na severnem delu avtocestnega odseka pri Divači, nekaj deset metrov sivoga apnenca in apnenčeve breče, ki nakazuje več kratkotrajnih okopnitev znotraj sedimentacijskega prostora Liburnijske formacije. V nekaterih nivojih se pojavljajo številne giropleure in miliolide, ki se jim lokalno pridružijo še foraminifere vrste *Rhapydionina liburnica* (Stache).

Podobno kot na severu se tudi na tem delu avtocestnega odseka število brečastih plasti proti kredno-terciarni meji povečuje, apnenec pa začne kazati značilnosti bolj zaprtega lagunskega sedimentacijskega okolja značilnega za kozinski facies.

Skupna debelina Liburnijske formacije (brez Slivskega apnenca) znaša na severu do 250 m, od tega ocenjujemo debelino krednega dela na 160 m, paleocenskega pa na 90 m. Na južnem delu avtocestnega odseka pa je debelina Liburnijske formacije okoli 125 m, od tega je 85 m krednega in 40 m paleocenskega dela (sl. 3).

#### Slivski apnenec (SLA)

(Tab. 6, sl. 5-6; tab. 7, sl. 1-2; tab. 8, sl. 1-2)

Kot zaključni del Liburnijske formacije se povsod pojavlja Slivski apnenec (sl. 5, 7, 10), ki je v bistvu sinonim Stachejevega zgornjega miliolidnega apnenca. Spodnja meja ni povsod povsem jasna, zato podajamo primer meje na četrtem kilometru avtocestnega odseka, ki je bila lepo vidna v očiščeni vrtači na sredini gradbišča. V vrhnjem delu kozinskega faciesa se pojavi najprej 2 m miliolidnega apnenca, nad njim 2 m emerzijske breče s tankimi premogovimi vključki, sledi poldrugi meter srednje sivoga sparitnega apnenca z redkimi pola-

mi miliolidnega apnenca in stromatolitnimi laminami, nato pa srednje siv miliolidni apnenec, ki se nadaljuje navzgor v svojem tipičnem razvoju.

Po strukturi kamnine prevladujeta v Slivskem apnenecu tipa wackestone in packstone, oziroma izprani biopelmikrit, izjemoma intrabiosparit. Fosilna združba je pestra. Poleg foraminifer, med katerimi prevladujejo miliolide, se pogosto pojavljajo rdeče koralinacejske alge, dazikladicejske iz rodu *Cympopolia*, včasih pa še haraceje, ostrakodi, modrozeleni cepljivke in osikli ehinodermov. Lokalno se v Slivskem apnenecu pojavljajo manjše grebenske zaplate (patch reefs) s koralami in stromatoporoidami. Največji koralno-stromatoporoidni greben približne velikosti 5 x 15 m je bil odkrit v osrednjem delu gradbišča med profiloma P 198 in P 199, t. j. blizu četrtega kilometra avtocestnega odseka (sl. 7). Danes so v vzhodnem cestnem useku opazni le še obrobni ostanki verjetno enega najlepših grebenov v Slivskem apnenecu na Krasu. Čeprav splošne značilnosti Slivskega apnenca kažejo na poglobljanje morskega dna in bolj odprto morsko okolje, nas tudi v tem členu redke plasti z izsušitvenimi porami, pojavi paronipor in intenzivno bioturbacijo opozarjajo na občasna, lokalna medplimska stanja.

Debelina Slivskega apnenca je na severnem delu avtocestnega odseka do 110 m, v osrednjem delu do 60 m, na jugu pa znaša okoli 75 m (sl. 3).

#### Alveolinsko-numulitni apnenec (ANA/E)

(Tab. 7, sl. 3-4; tab. 8, sl. 3-6)

Alveolinsko-numulitni apnenec s prevladujočo favno alveolin, numulitin in diskociklin predstavlja zaključno litostratigrafsko enoto karbonatnega razvoja Dinarske plošče. Plasti te formacije leže na Slivskem apnenecu in grade velik del ozemlja, po katerem poteka osrednji del avtocestnega odseka med Divačo in Kozino (sl. 5-7). Pojavlja se tudi na skrajnem južnem delu pri Kozini, kjer je v tektonskem kontaktu z Lipiško formacijo (sl. 10). Na trasi avtoceste so zastopani predvsem nižji deli formacije Alveolinsko-numulitnega apnenca, ki bi jih lahko podrobneje opredelili kot operkulinski in alveolinski apnenec. Operkulinski apnenec (OPA) je na geološki karti izdvojen kot najnižji člen formacije, medtem ko z alveolinami bogate plasti, ki leže na njem, niso posebej izdvojene.

Alveolinsko-numulitni apnenec je svetlosiv, v posameznih nivojih alveolinskega apnenca pa je lokalno temneje obarvan. Apnenec je srednje- do debeloplastovit, vendar je plastovitost večinoma šibko izražena. Po strukturi prevladujejo biomikritni ali biosparitni packstone s prehodi v wackestone in grainstone ter vsebuje številne fosile. Med temi je največ velikih foraminifer iz družine Alveolinidae in Nummulitidae, ki so povečini tako pogostne, da so kamnotvorne. Precej je tudi osiklov iglokožcev. V najnižjem delu so zelo po-



gostne do kamnotvorne operkuline in diskocikline, medtem ko je drugih foraminifer manj. V nekaterih nivojih Alveolinsko-numulitnega apnenca so številne litotamnije ter korale in hidrozoji.

Alveolinsko-numulitni apnenec se je večidel odlagal na odprtem, dobro prezračnem plitvem selfu, kjer je bila večina mikrita odplaknjena z valovanjem in tokovi. Zato so fosilni skeleti zacementirani z drobnozrnatim kalцитom. Ponekod so bile sedimentacijske razmere bolj mirne. V teh primerih se je apnenec odlagal v zatišnih delih odprtega šelfa.

Na odseku avtoceste med Divačo in Kozino znaša vidna debelina eocenske formacije Alveolinsko-numulitnega apnenca več kot 180 m. Operkulinski apnenec v njeni talnini je na severu debel okoli 50 m, v osrednjem delu 45 m, na južnem delu avtocestnega odseka pa okoli 30 m (sl. 3).

### ZAHVALA

Paleontološko-geološko spremljavo del na odseku avtoceste med Divačo in Kozino je naročilo Ministrstvo za okolje in prostor RS (Zavod za varstvo naravne in kulturne dediščine Gorica), financirala pa jo je Družba

za avtoceste v Republiki Sloveniji. Za izvajalca spremljave je bil izbran Inštitut za geologijo, geotehniko in geofiziko v Ljubljani, ki je zaradi posebnega znanstvenega in naravovarstvenega pomena za ozemlje, po katerem poteka avtocestni odsek, v lastni organizaciji izvedel podrobno geološko kartiranje v merilu 1:5000. Vsi vzorci fosilov in kamnin so bili skupaj z dokumentacijo po pogodbi predani v hrambo in trajno last Prirodoslovnemu muzeju Slovenije.

Raziskovalci, ki smo skrbeli za paleontološko-geološko spremljavo izgradnje avtoceste, se zahvaljujemo ing. Sreču Konoblju (Družba za državne ceste - nadzor nad avtocesto) in vsem drugim, ki so nam po svojih močeh pomagali pri izvedbi naloge. Lepa hvala dr. Ladislavu Placerju za recenzijo rokopisa besedila in pregled geoloških kart, prof. dr. Simonu Pircu za pregled angleškega dela teksta in Andreju Stoparju za pomoč pri pripravi vzorcev. Prepariranje makrofosilov in fotodokumentiranje makroskopskih vzorcev je bilo opravljeno v Paleontološki zbirki dr. Bogdana Jurkovška, mikroskopski preparati pa so bili izdelani in fotografirani v laboratoriju Inštituta za geologijo, geotehniko in geofiziko v Ljubljani.

## GEOLOGY OF THE DIVAČA - KOZINA MOTORWAY SECTION (KRAS, SLOVENIA)

*Bogdan JURKOVŠEK*

Institute of Geology, Geotechnics and Geophysics, SI-1000 Ljubljana, Dimičeva 14

*Tea KOLAR-JURKOVŠEK*

Institute of Geology, Geotechnics and Geophysics, SI-1000 Ljubljana, Dimičeva 14

*Bojan OGORELEC*

Institute of Geology, Geotechnics and Geophysics, SI-1000 Ljubljana, Dimičeva 14

### SUMMARY

*The paper presents the results of the research carried out during the geological monitoring of the construction of the Divača - Kozina section motorway (Fig. 1). For this purpose a geological map 1:5,000 was made for the motorway route and its environs. The field research began in January 1997, when the initial diggings took place, and ended in September 1997, when the basic construction work was already in its concluding phase.*

*The geological map (Figs. 4-10) shows mainly the state of the surface of the route immediately after the vegetation, topsoil and weathered overburden were removed. During the concluding construction work, particularly after the completion of the road cuts, many new geological elements were exposed to view, while many more had already been obliterated due to the construction of embankments and finalization of the motorway. This is why elaboration of a detailed geological map should become an obligatory component part of any geological monitoring during major constructional interventions on the earth's surface as well as under it.*

*The territory shown on the geological map had been researched among the first by Stache (1889), who published a part of his results in the study entitled *Die Liburnische Stufe und deren Grenzhorizonte* (The Liburnian stage and its limiting horizons). In 1959 and 1960 Hamrla wrote two papers on coal deposits in the Kras region, in which the coal layers at Rodik were also dealt with. Later on the entire area was mapped for the Basic geological map of the SFRY*



1:100,000, sheets Gorica (Buser, 1968 and 1973) and Trieste (Pleničar et al., 1969 and 1973). In the framework of the Geological map of the southern part of the Trieste-Komen plateau 1:50,000 (Jurkovšek et al., 1996), a wider area through which runs the northern part of the motorway, was mapped on a scale of 1:10,000.

Among the published works dealing directly with the motorway the paper on the preliminary karstological research into the course of the Divača - Kozina motorway (Šebela, 1996) should be mentioned, and the chapter The geologic structure of the Rodik surroundings (Jurkovšek, 1997) in the book entitled Rodik between Brkini and Kras, with attached geological map of the wider area of the southern section of the motorway between Divača and Kozina.

The examined motorway section represents one of geologically most interesting parts of Kras for the outcrops of the formations deposited in the northwestern part of the Dinaric carbonate platform (Fig. 2). Above the Lipica Formation, marked by abundance of rudists, the Liburnian Formation was deposited after a relatively long land phase. The motorway route has cut through the layers of this formation most radically, for once and for all it obliterated a part of the erosion boundary line which indicates a land phase between the sedimentation of the Lipica and Liburnian Formations. Three minor mine shafts and outcrops of coal seams, however, also disappeared. It is possible that Stache (1889) collected gastropods of the genus *Stomatopsis* along them (Pl. 4, Fig. 2). In this part of the Liburnian Formation is also present the prominent Cretaceous-Tertiary boundary which unfortunately, can not be studied any longer at this motorway section.

In the upper part of the Liburnian Formation there follows the typical Slivje limestone rich with miliolids. Very interesting is rather short section near the 4<sup>th</sup> kilometre of the motorway where a small coral reef accompanied by numerous sponges and hydrozoans appeared.

Concerning the terminal lithostratigraphic unit, i. e. the Alveolinid-nummulitid limestone, it should be noted that in a contrast to the western part of the area, the Operculina limestone is distinctly developed in this part of the motorway route. However, here we are dealing with an important lithostratigraphic horizon which in southern part of Kras also forms the lower part of the formation of the Alveolinid-nummulitid limestone; for this reason, in future it will have to be considered more in the geological mapping. The Operculina limestone is overlain by limestone with numerous alveolinids and rare nummulitids, which represents the youngest rock in the Divača - Kozina section of the motorway.

On the attached geological map certain structural elements (faults, fissures, crushed zones, etc.) have been deliberately left out for better visualization, except in the cases when they essentially affect the position and mutual relations between lithostratigraphic units.

The names of the formations and members are those used in the Geological map of the southern part of the Trieste-Komen plateau 1:50,000 (Jurkovšek et al., 1996); in its explanation all lithostratigraphic units of the southern part of Kras, together with suitable interpretations of their origin, fossils and age, are described in detail. Therefore only the basic data on the formations and members are given in this paper, while all other details are shown on the geological map 1:5,000 (Figs. 4-10), diagrammatic supplements (Figs. 1-3), field photographs (Figs. 11-17) and photos of rock samples and microscopic preparations (Pls. 1-8).

**Key words:** geology, Upper Cretaceous and Paleogene, Divača - Kozina motorway, Kras, Slovenia

#### LITERATURA

**Buser, S., 1968:** Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. List Gorica. - Zvezni geološki zavod, Beograd.

**Buser, S., 1973:** Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. Tolmač lista Gorica. - Zvezni geološki zavod: 50 str., Beograd.

**Delvalle, D. & Buser, S., 1990:** Microfacies analysis of limestones from the Upper Cretaceous to the Lower Eocene of SW Slovenia (Yugoslavia). - *Geologija* 31/32 (1988/89): 351-394, Ljubljana.

**Hamrla, M., 1959:** O pogojih nastanka premogišč na Krasu. - *Geologija* 5: 180-264, Ljubljana.

**Hamrla, M., 1960:** K razvoju in stratigrafiji produktivnih

liburnijskih plasti Primorskega krasa. - *Rud.-met. zbor.* 3: 203-216, Ljubljana.

**Jurkovšek, B., Toman, M., Ogorelec, B., Šribar, L., Drobne, K., Poljak, M. & Šribar, Lj. 1996:** Formacijska geološka karta južnega dela Tržaško-komenske planote 1:50.000. - Institut za geologijo, geotehniko in geofiziko: 143 str., Ljubljana.

**Jurkovšek, B. 1997:** Geološka zgradba Rodika z okolico. V: Pregelj, M. (ur.): Rodik med Brkini in Krasom. - Ognjišče: 2-18, Koper.

**Pavlovec, R., 1963:** Stratigrafski razvoj starejšega paleogena v južnozahodni Sloveniji. - *Razprave 4. razr.* SAZU 7: 421-556, Ljubljana.

**Placer, L., 1981:** Geološka zgradba jugozahodne Slovenije. - *Geologija* 24/1: 27-60. Ljubljana.

Pleničar, M., Polšak, A. & Šikić, D., 1969: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. List Trst. - Zvezni geološki zavod, Beograd.

Pleničar, M., Polšak, A. & Šikić, D., 1973: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. Tolmač za list Trst. - Zvezni geološki zavod: 68 str., Beograd.

Stache, G., 1889: Die Liburnische Stufe und deren Grenzhorizonte. - Abh. k.k. geol. R.-A. 13/1: 1-170, Wien.

Šebela, S. 1996: Predhodne krasoslovne raziskave trase avtoceste Divača-Kozina. - Annales 9/96: 103-106, Koper.

## TABLE - PLATES

### TABLA - PLATE 1

Lipiška formacija - Lipica Formation  
(Zgornji santonij - campanij; Upper Santonian - Campanian)

1. Del rudistne biostrome. Vzorec P 5, naravna velikost.

1. A part of rudist biostrome. Sample P 5, natural size.

2. Biomikritni apnenec z rudistnimi lupinami in sledovi paleozakrasevanja (temnejša barva). Vzorec P 279, naravna velikost.

2. Biomicritic limestone with rudist shells and traces of paleokarstification (darker colour). Sample P 279, natural size.

### TABLA - PLATE 2

Lipiška formacija - Lipica Formation  
(Zgornji santonij - campanij; Upper Santonian - Campanian)

1. Biomikritni apnenec z miliolidami in endolitizirano rudistno lupino (levo zgoraj). Vzorec P 279, 11 x.

1. Biomicritic limestone with miliolids and endolithified rudist shell (above left). Sample P 279, 11 x.

Liburnijska formacija - Liburnian Formation  
(Maastrichtij; Maastrichtian)

2. Biomikritni apnenec z drobci školjčnih lupin in raphydioninami. Vzorec P 31, 11 x.

2. Biomicritic limestone with fragments of bivalve shells and Rhapydionina. Sample P 31, 11 x.

3. Biomikritni apnenec (wackestone) z vrsto Rhapydionina liburnica (Stache). Vzorec P 34, 24 x.

3. Biomicritic limestone (wackestone) with Rhapydionina liburnica (Stache). Sample P 34, 24 x.

4. Laminirani stromatolitni apnenec (biolithit). Vzorec P 35, 11 x.

4. Laminated stromatolitic limestone (biolithite). Sample P 35, 11 x.

(Paleocen; Paleocene)

5. Biomikritni apnenec (wackestone) s polži in haracejami iz rodu Lagynophora. Vzorec P 48, 11 x.

5. Biomicritic limestone (wackestone) with gastropods and characeans Lagynophora. Sample P 48, 11 x.

6. Lagynophora sp. Vzorec P 48, 24 x.

6. Lagynophora sp. Sample P 48, 24 x.

### TABLA - PLATE 3

Liburnijska formacija - Liburnian Formation  
(Maastrichtij; Maastrichtian)

1. Emerzijska nadplimska breča. Vzorec P 30/1, naravna velikost.

1. Emerged supratidal breccia. Sample P 30/1, natural size.

2. Odlomki lupin školjk rodu Gyropleura v biosparitnem apnencu s številnimi miliolidami in rapidioninami. Vzorec P 32, naravna velikost.

2. Fragments of bivalve shells Gyropleura in biosparitic limestone with numerous miliolids and Rhapydionina. Sample P 32, natural size.

3. Anomia sp. v biomikritnem apnencu z miliolidami. Vzorec P 35, naravna velikost.

3. Anomia sp. in biomicritic limestone with miliolids. Sample P 35, natural size.

### TABLA - PLATE 4

Liburnijska formacija - Liburnian Formation  
(Maastrichtij; Maastrichtian)

1. Stomatopsis sp. Vzorec P 258, naravna velikost.

1. Stomatopsis sp. Sample P 258, natural size.

2. Del table s polži rodov Stomatopsis, Cosinia in Obbinula, ki jih je Stache (1889) zbral ob premogovnih plasteh pri Kozini (verjetno tudi ob premogovnikih pri Podborštu in Drobni griži), pomanjšano.

2. A part of the plate with gastropods of the genera Stomatopsis, Cosinia and Obbinula, collected by Stache (1889), along the coal beds near Kozina (also probably in coal pits near Podboršt and Drobna griža), diminished.

3. Površina laminiranega apnenca. Vzorec P 27, naravna velikost.

3. Surface of laminated limestone. Sample P 27, natural size.

4. Površina apnenca z gyropleurami. Vzorec P 30/2, naravna velikost.

4. Surface of limestone with Gyropleura. Sample P 30/2, natural size.

5. Površina apnenca s preseki rudistov iz rodu Bournonia. Vzorec P 30/3, naravna velikost.

5. Surface of limestone with cross sections of rudists Bournonia. Sample P 30/3, natural size.

## TABLA - PLATE 5

Liburnijska formacija - Liburnian Formation  
(Paleocen; Paleocene)

1. Emerzijska nadplimska breča s klasti, ki so bili lokalno premeščeni v zgodnji fazi diageneze kot plasti-klasti. Vzorec P 54, naravna velikost.

1. Emerged supratidal breccia with clasts which were in the early phase of diagenesis locally redeposited as plasticlasts. Sample P 54, natural size.

2. Emerzijska breča s polži in haracejami. Starejši biomikritni apnenec (temno) je bil v delu izlužen, kaverne pa zapolnjuje biomikritni apnenec mlajše generacije (svetlo). Vzorec P 225, naravna velikost.

2. Emerged breccia with gastropods and characeans. The older biomicritic limestone (dark) was partly leached out, while the caverns are filled by biomicritic limestone of a later generation (light). Sample P 225, natural size.

## TABLA - PLATE 6

Liburnijska formacija - Liburnian Formation  
(Paleocen; Paleocene)

1. Paronipora sp. v mikritni osnovi. Vzorec P 225, 24 x.

1. Paronipora sp. in micritic matrix. Sample P 225, 24 x.

2. Paronipora sp. Vzorec P 206, 24 x.

2. Paronipora sp. Sample P 206, 24 x.

3. Kalcitne prizme razpadle paronipore. Vzorec P 54, 24 x.

3. Calcite prisms of Paronipora. Sample P 54, 24 x.

4. Hišice polžev v biomikritnem apnencu (wackestone). Vzorec P 48, 24 x.

4. Gastropod shells in biomicritic limestone (wackestone). Sample P 48, 24 x.

Slivski apnenec - Slivje limestone  
(Zgornji paleocen; Upper Paleocene)

5. Biomikritni apnenec z miliolidami (packstone). Vzorec P 72, 11 x.

5. Biomicritic limestone with miliolids (packstone). Sample P 72, 11 x.

6. Detajl biomikritnega apnenca z miliolidami. Vzorec P 72, 24 x.

6. Detail of biomicritic limestone with miliolids. Sample P 72, 24 x.

## TABLA - PLATE 7

Liburnijska formacija - Liburnian Formation  
Slivski apnenec - Slivje limestone  
(Zgornji paleocen; Upper Paleocene)

1. Kolonijska korala. Vzorec P 198, naravna velikost.

1. Colonial coral. Sample P 198, natural size.

2. Korala in koralinacejska alga v biosparitnem apnencu (biolitit). Vzorec P 199, 11 x.

2. Coral and corallinean alga in biosparitic limestone (biolithite). Sample P 199, 11 x.

Alveolinsko-numulitni apnenec - Alveolinid-nummulitid limestone

(Spodnji eocen; Lower Eocene)

3. Preperela površina apnenca s prevladujočimi foraminiferami rodov Operculina in Discocyclina (Operkulinski apnenec). Vzorec P 188, naravna velikost.

3. Weathered surface of limestone with prevailing foraminifers Operculina and Discocyclina (Operculina limestone). Sample P 188, natural size.

4. Apnenec z alveolinami - polirana površina. Vzorec P 107, naravna velikost.

4. Limestone with alveolinids - polished surface. Sample P 107, natural size.

## TABLA - PLATE 8

Liburnijska formacija - Liburnian Formation  
Slivski apnenec - Slivje limestone  
(Zgornji paleocen; Upper Paleocene)

1. Biosparitni apnenec s koralami, hidrozoji, drobci litotamnij in presekom dazikladacejske alge (biolitit). Vzorec P 198, 11 x.

1. Biosparitic limestone with corals, hydrozoans, lithothamnian fragments and dasycladacean alga (biolithite). Sample P 198, 11 x.

2. Biosparitni apnenec s koralinacejsko algo in koralo. Vzorec P 198, 24 x.

2. Biosparitic limestone with corallinean alga and coral. Sample P 198, 24 x.

Alveolinsko-numulitni apnenec - Alveolinid-nummulitid limestone (Spodnji eocen; Lower Eocene)

3. Značilni preparat Operkulinskega apnenca z diskociklinami in numulitidami. Vzorec P 80, 24 x.

3. Typical view of Operculina limestone with discocyclinids and nummulitids. Sample P 80, 24 x.

4. Discocyclina sp. v fosilni združbi numulitid Operkulinskega apnenca. Vzorec P 82, 11 x.

4. Discocyclina sp. in association with nummulitids in the Operculina limestone. Sample P 82, 11 x.

5. Nummulites sp. v biosparitnem apnencu z alveolinami (packstone). Vzorec P 121, 24 x.

5. Nummulites sp. in biosparitic limestone with alveolinids (packstone). Sample P 121, 24 x.

6. Biosparitni apnenec s številnimi alveolinami (packstone). Vzorec P 121, 11 x.

6. Biosparitic limestone with numerous alveolinids (packstone). Sample P 121, 11 x.

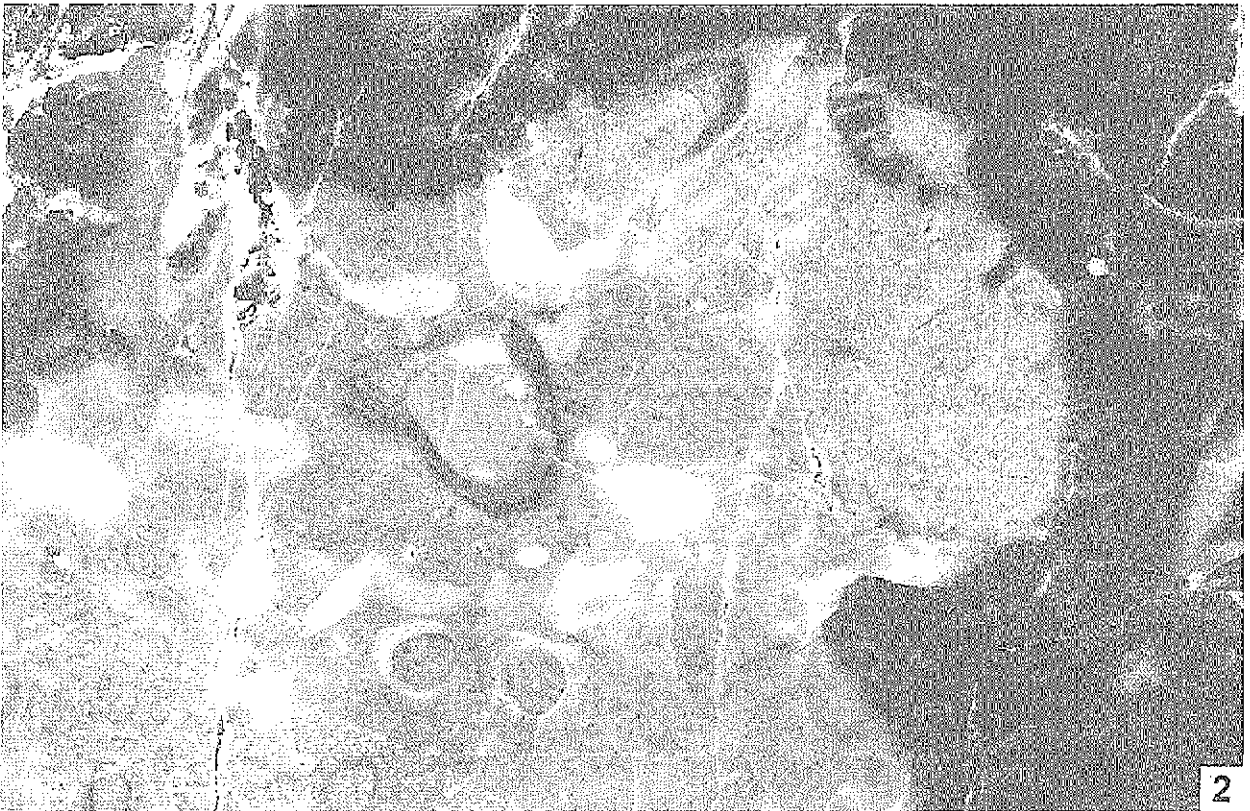
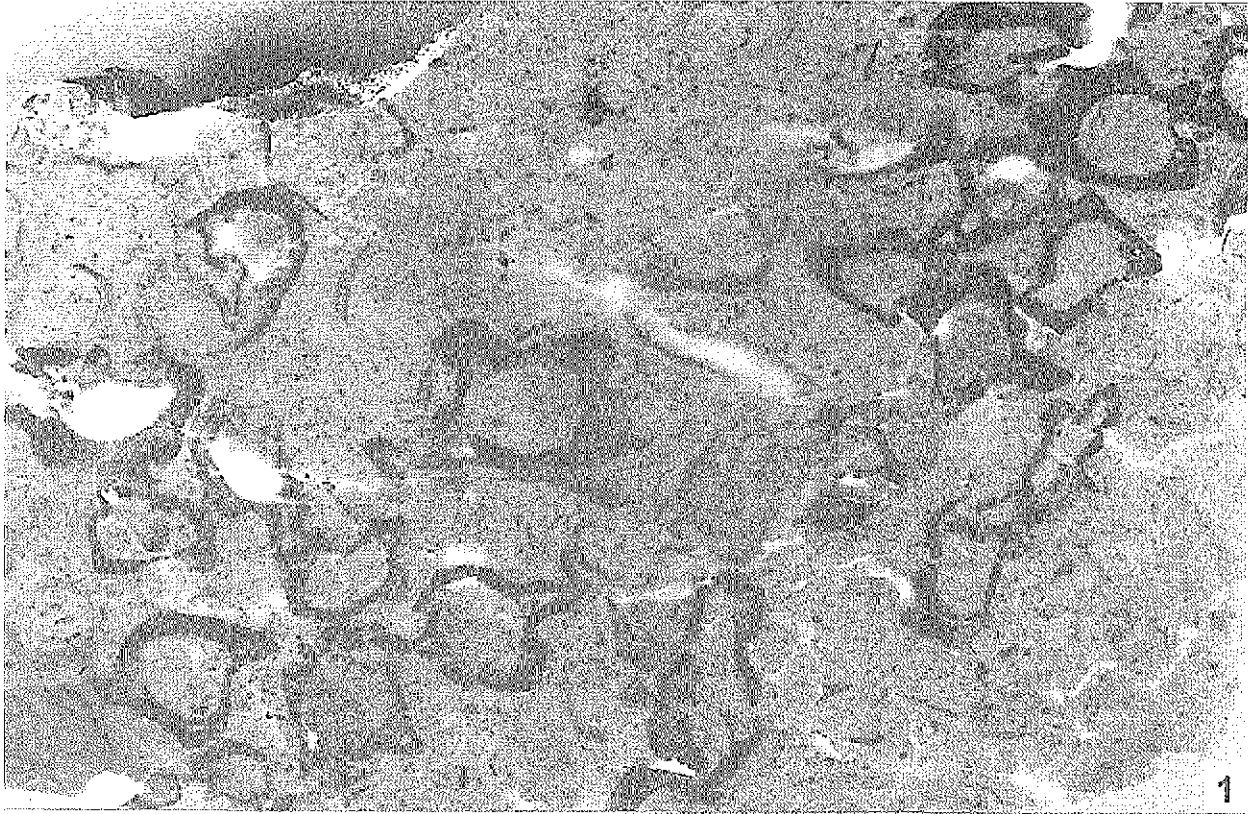


TABLA 1 - PLATE 1



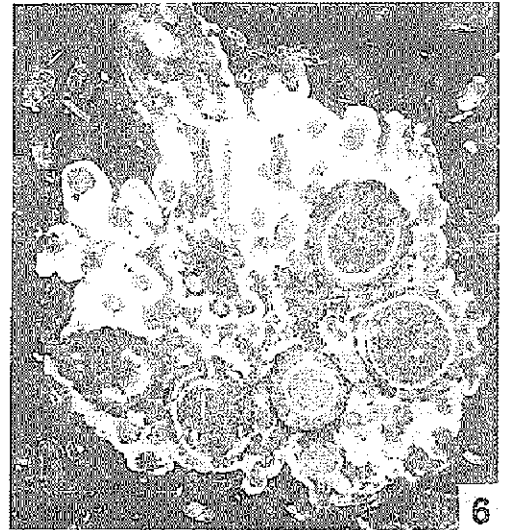
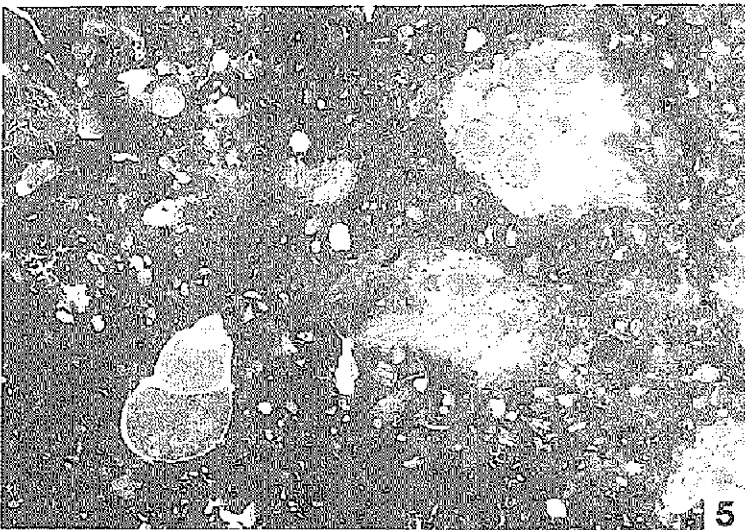
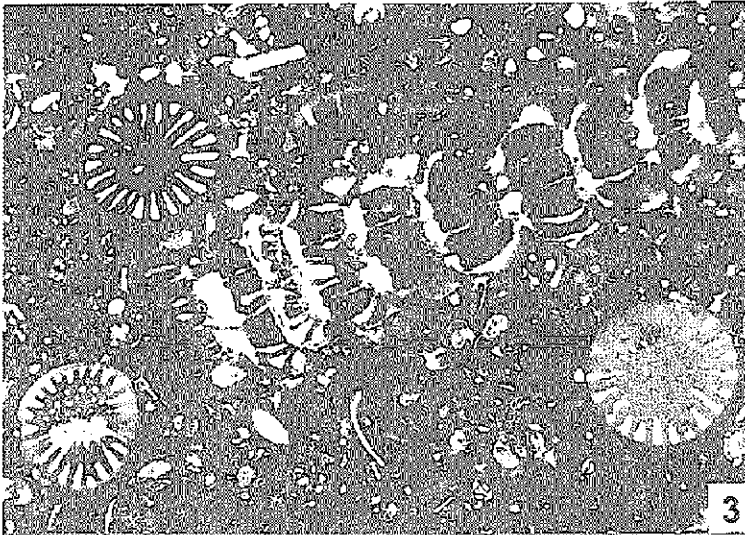


TABLA 2 - PLATE 2

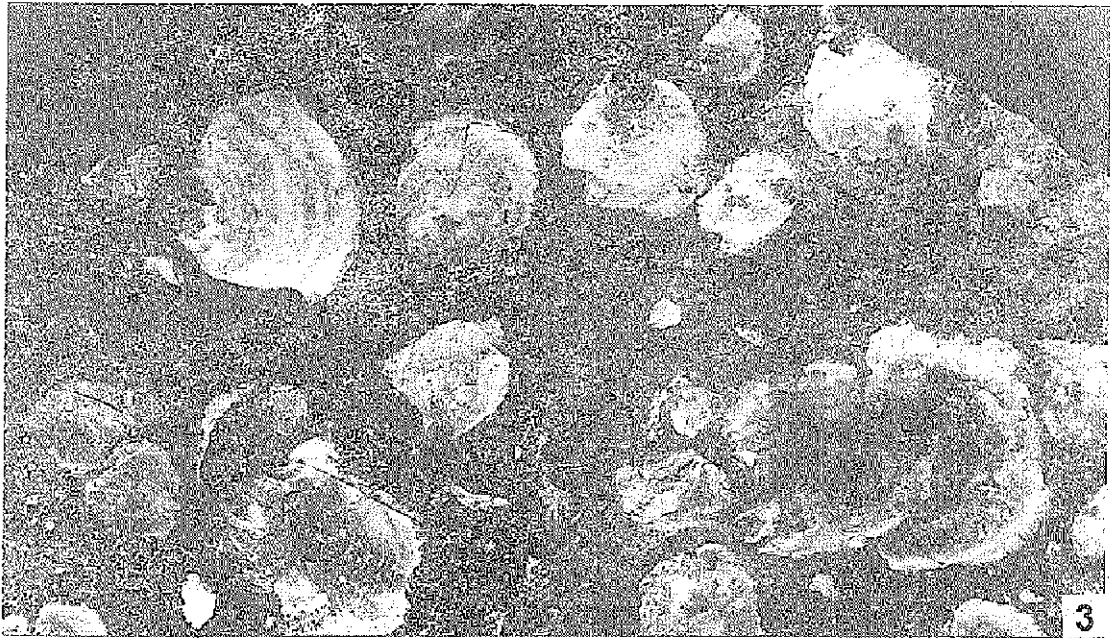
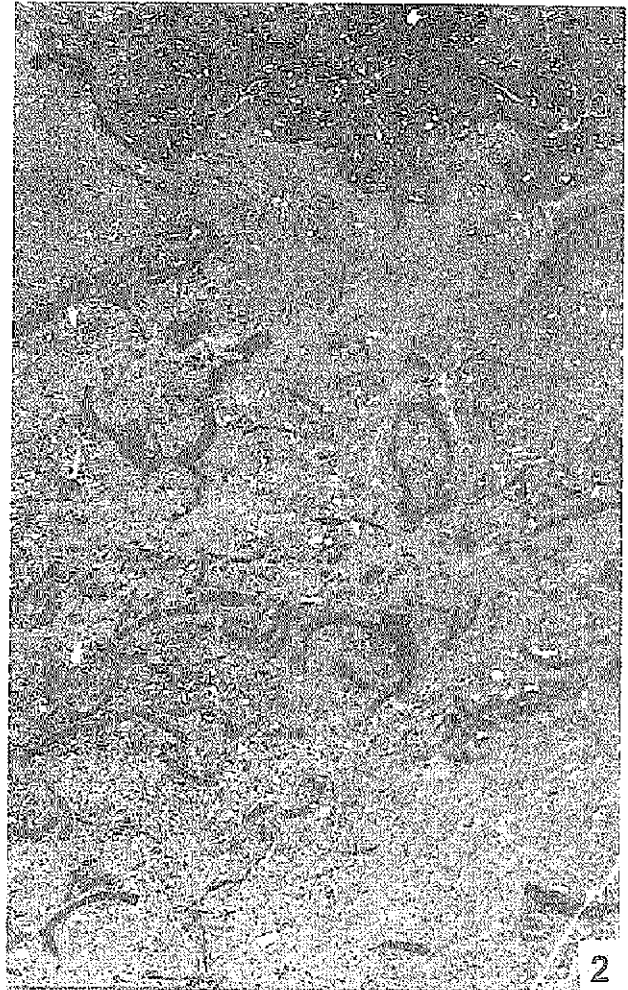
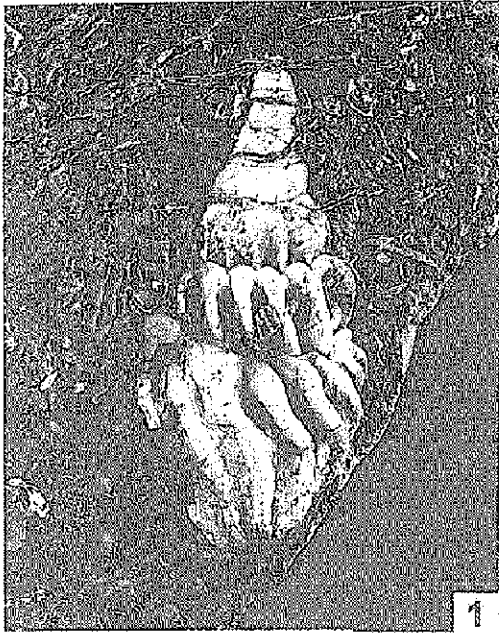


TABLA 3 - PLATE 3





6. starše Die Laubersche Stufe, Cosma

Taf. I

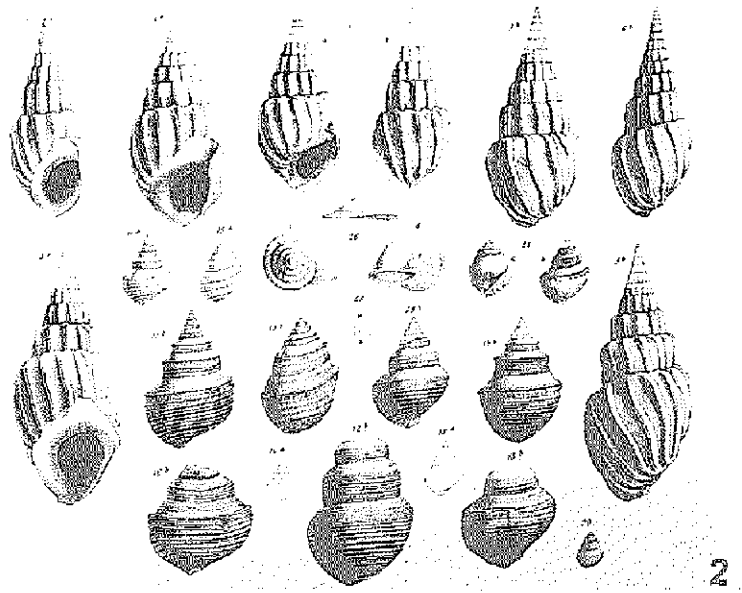


TABLA 4 - PLATE 4



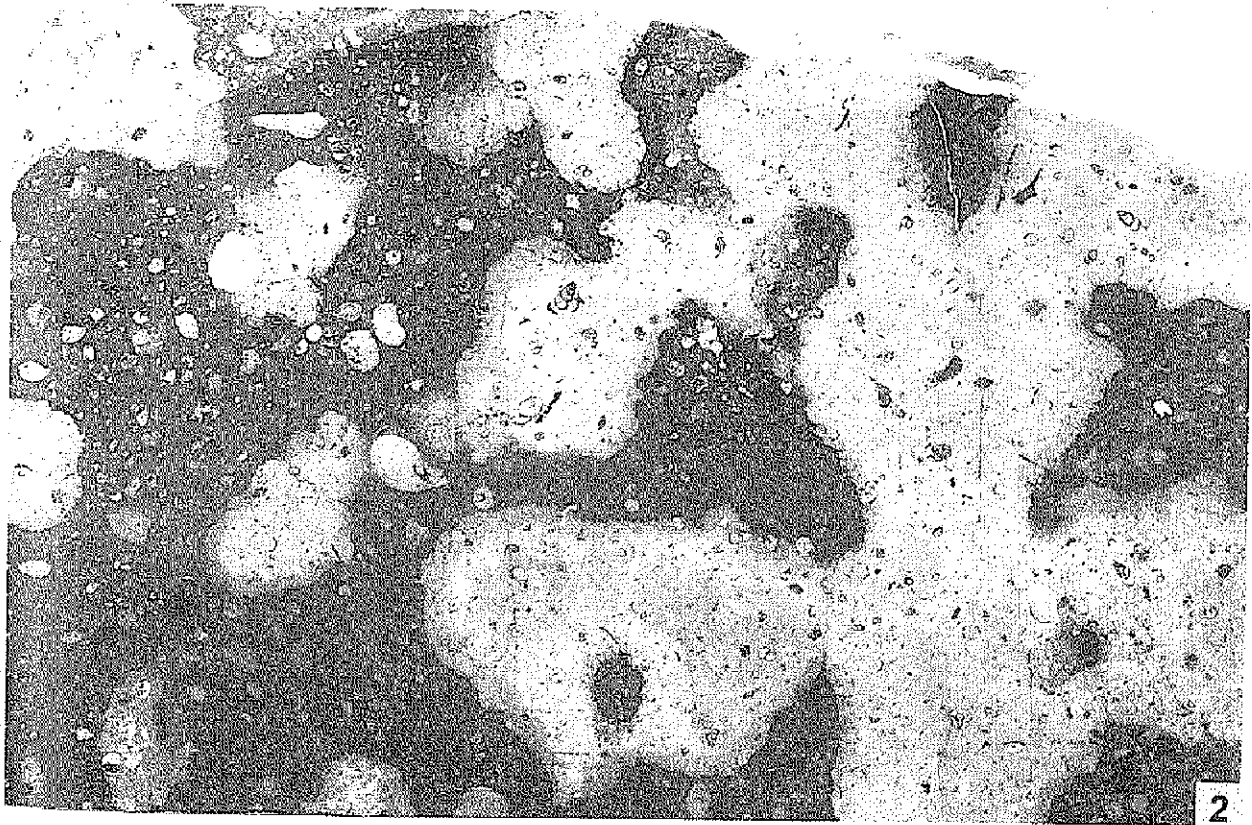
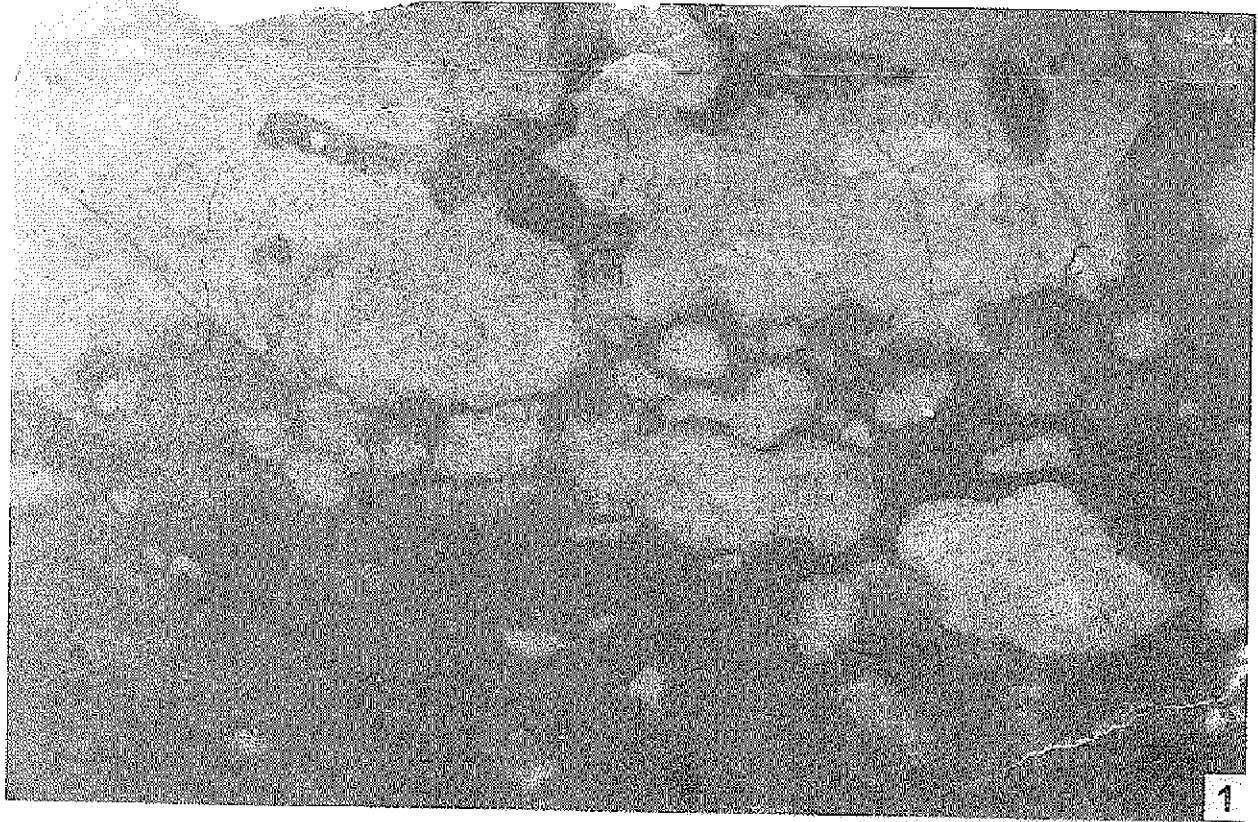


TABLA 5 - PLATE 5

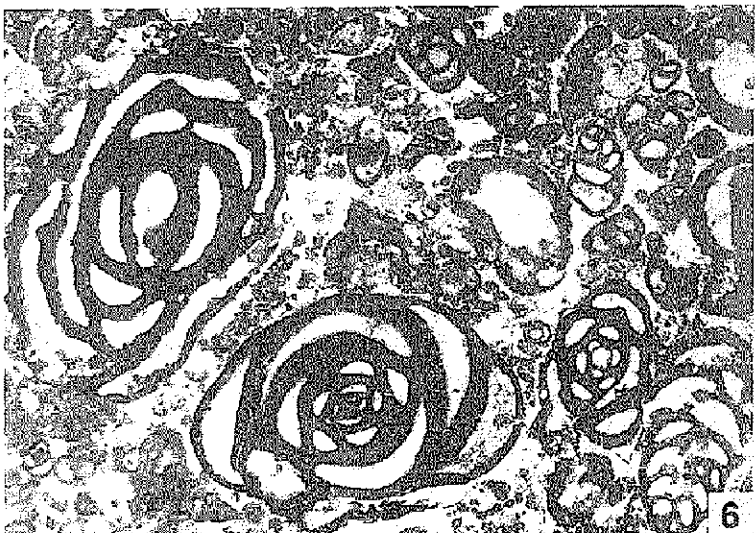
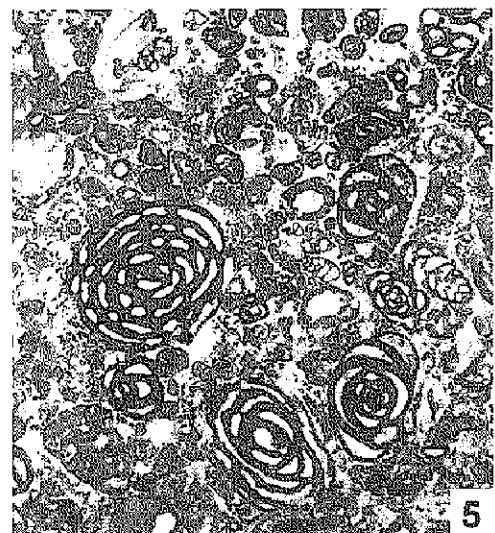
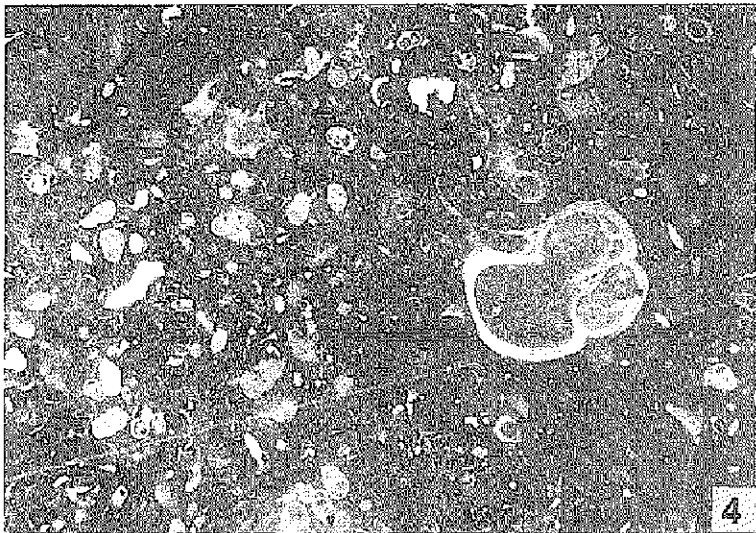
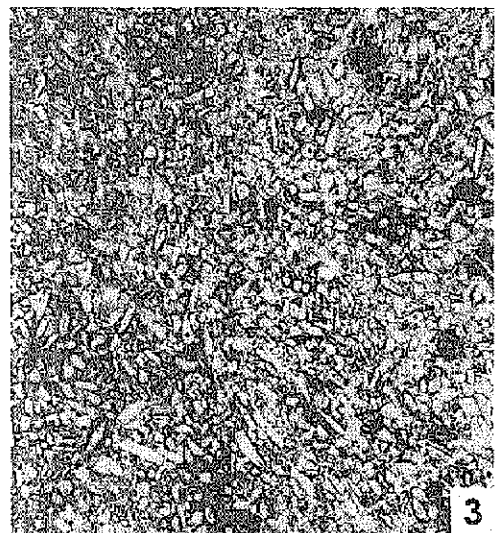
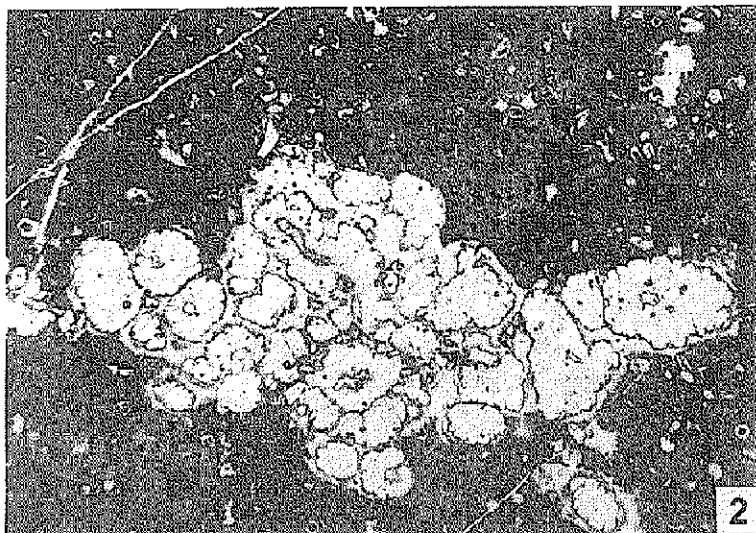


TABLA 6 - PLATE 6



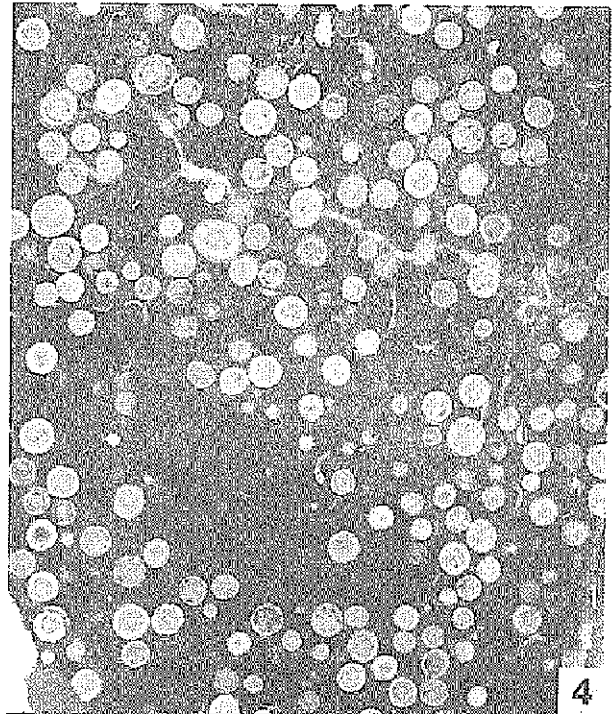
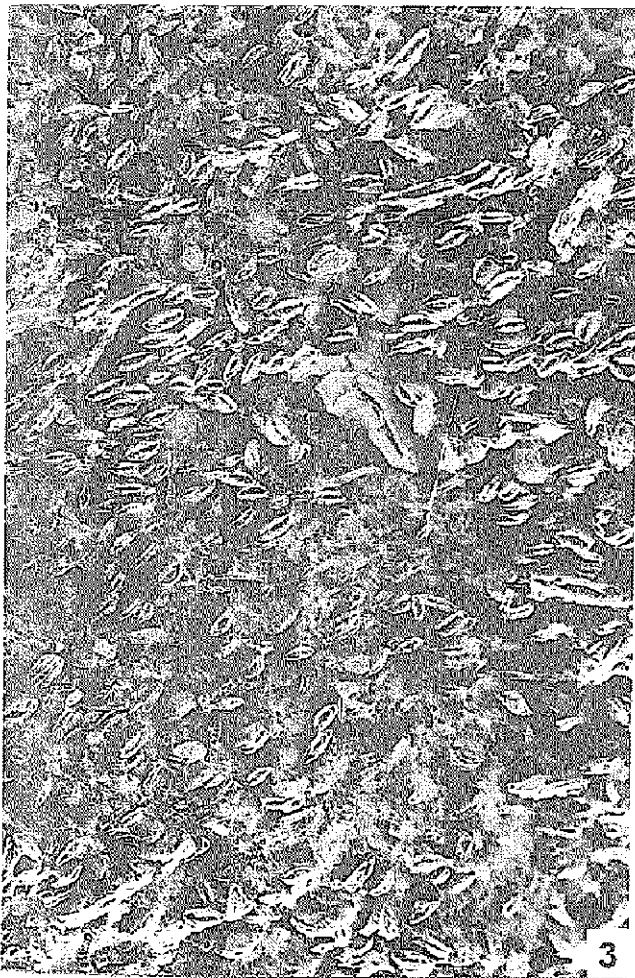
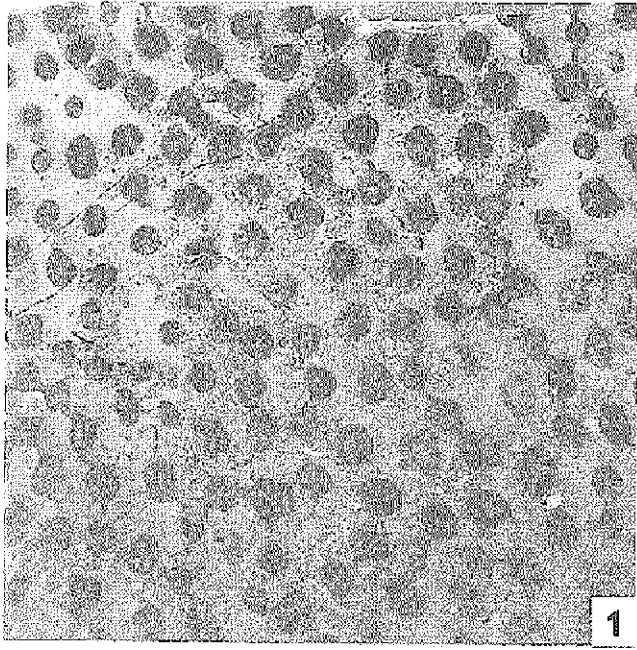


TABLA 7 - PLATE 7

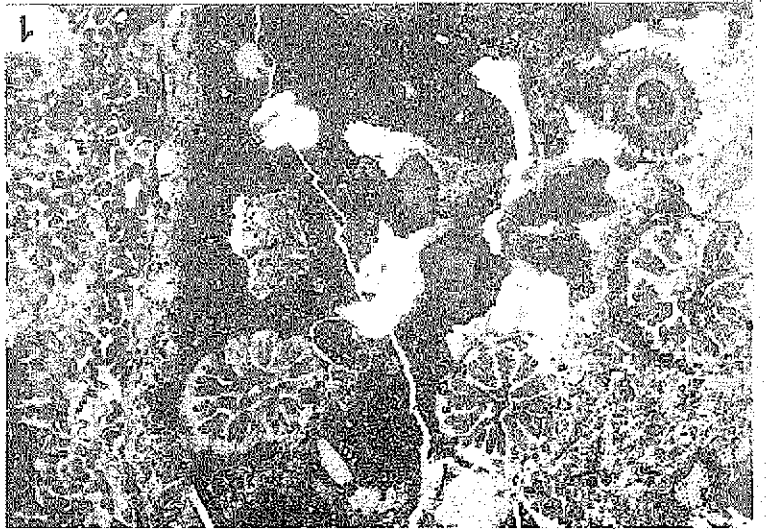
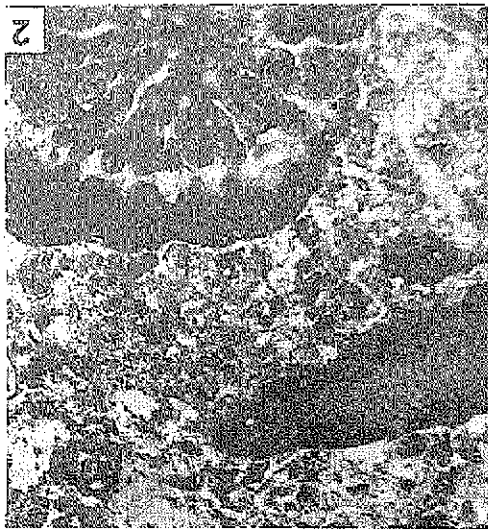
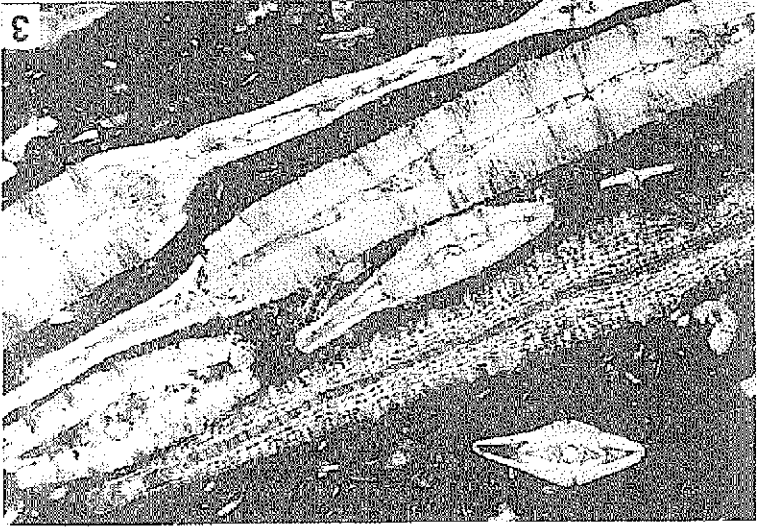
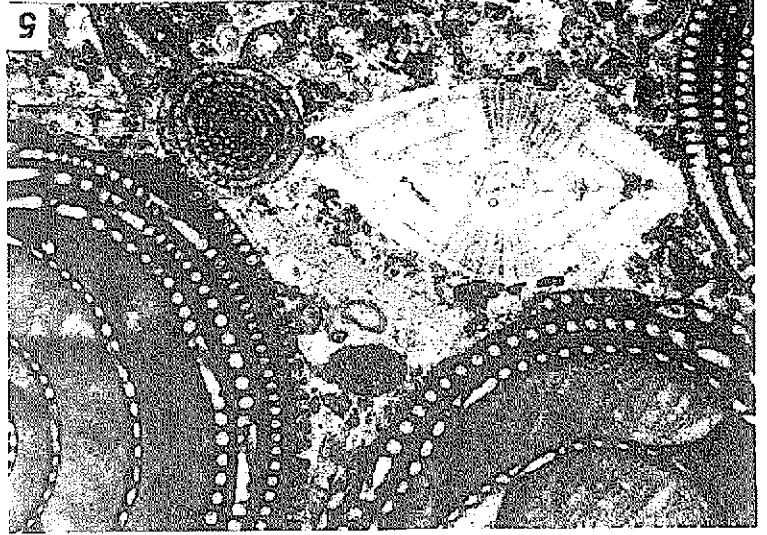
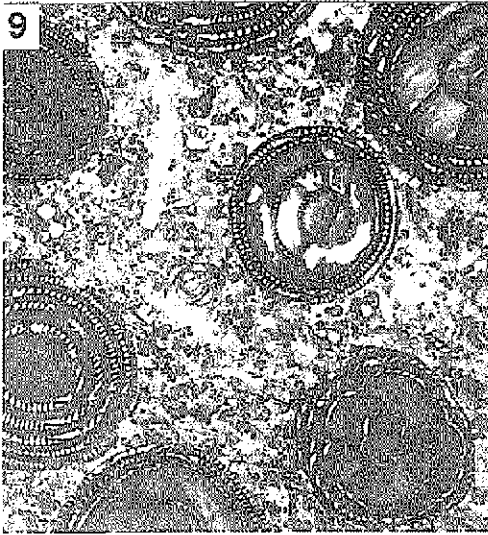


TABLA 8 - PLATE 8