

Podbukovška formacija, osrednja Slovenija

Podbukovje Formation, Central Slovenia

Stivo DOZET¹ & Christian STROHMEINGER²

¹Geološki zavod Slovenije, Dimičeva 14, 1000 Ljubljana, Slovenija

²Exon Mobil, Houston Tx, USA

Ključne besede: Stratigrafija, formacijska analiza, spodnja jura, Dinarska karbonatna platforma, Suha krajina

Key-words: Stratigraphy, formation analysis, Lower Jurassic, Dinaric carbonate platform, Suha Krajina, Slovenia

Kratka vsebina

Na območju Suhe krajine je na podlagi nadrobne facjalne analize sedimentov izvedena litostratigrafska in biostratigrafska analiza plasti spodnjeurske skladovnice. Sedimentno zaporedje, ki leži konkordantno na Glavnem dolomitu, rahlo diskordantno na njej pa plasti formacije Laze (Hočevska skupina), sestavlajo izključno apnenci in dolomiti. Označeno je z imenom Podbukovška formacija. Sestoji iz petih litostratigrafskih enot in dveh biostratigrafskih biocon liasne starosti.

Abstract

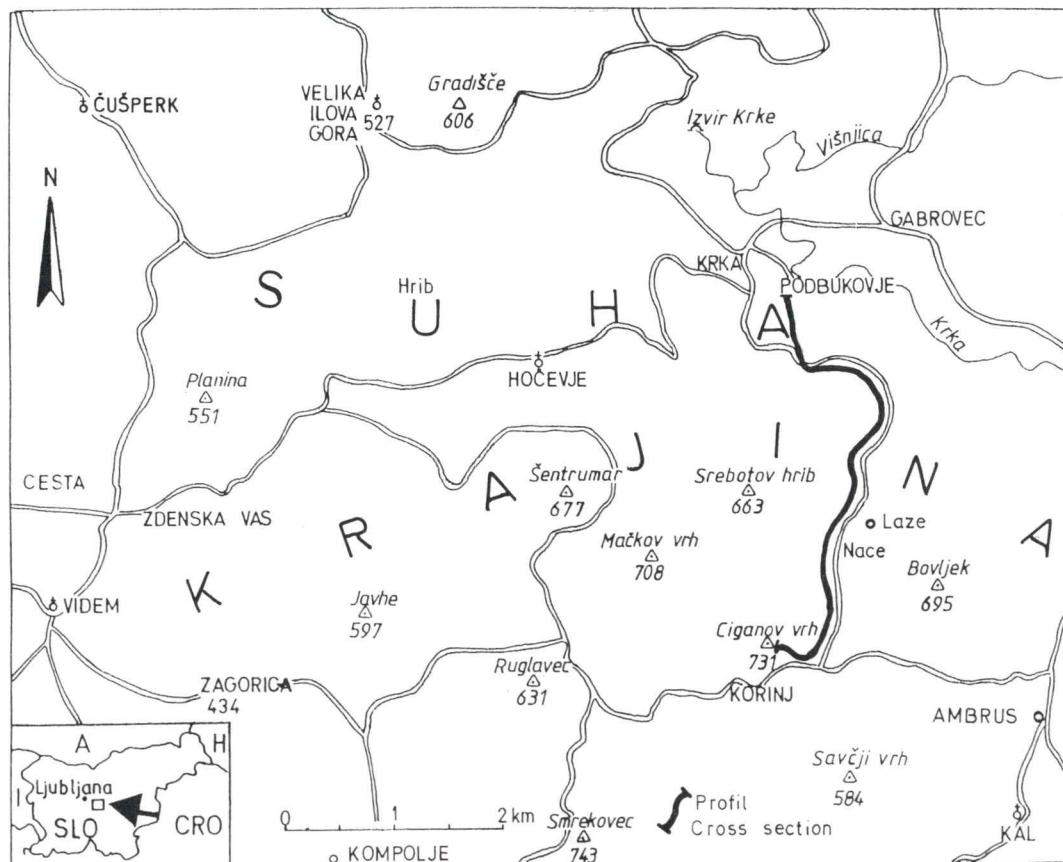
Detailed geological mapping as well as stratimetric measurement and sedimentological investigations have been performed in the Suha Krajina area. On the basis of facies analysis of several cross-sections in the considered area the lithostratigraphic and biostratigraphic subdivision of the Lower Jurassic stratigraphic sequence has been carried out. Lying without any discordance upon the Main dolomite (Hauptdolomit) and being slightly discordantly overlain by the Laze formation (Hočevje group), the considered stratigraphic interval consists exclusively of carbonate rocks. The succession of carbonate rocks lying between the Main dolomite and Laze formation has been designated as Podbukovje formation. The formation consists of 5 lithostratigraphic members and two biozones belonging to the Liassic.

Uvod

Članek predstavlja rezultate raziskovalne študije s ciljem, da z detajlnim kartiranjem, stratimetrijskim profiliranjem in sedimentološko analizo nadrobno razčlenimo in opišemo Podbukovško formacijo, razjasnimo njen stratigrafski položaj, zberemo paleontološke dokaze za njeno starost ter

ugotovimo njene odnose s sosednjimi kamennimi oz. formacijami.

Ozemlje zahodnega in centralnega dela Suhe krajine (sl. 1) je zgrajeno iz triasnih, jurskih, spodnjekrednih in kvartarnih sedimentov. V geotektonskem pogledu pripada to ozemlje Zunanjim Dinaridom, v paleogeografskem pa Dinarski karbonatni platformi.



Sl. 1. Lega raziskanega ozemlja

Fig. 1. Location sketch map of investigated area

Stratimetrično smo izmerili in sedimentološko detajno obdelali zaporedje karbonatnih sedimentov v profilu Krka-Korinj. Profil je presek vrhni del triasnih plasti, celotno juro in bazalni del spodnjekrednih kamenin. Med triasnimi kameninami smo zajeli norijsko-retijski Glavni dolomit, ki kaže značilnosti loferskega razvoja. Jurska skladovnica je popolna. Spodnjo tretjino skladovnice izpolnjujejo apnenci, zrnati bituminozni dolomiti, orbitopselni intraspariti, litiotidni biomikriti in oolitni apnemec ter marogasti apnenci. V srednjem delu jurske skladovnice so pretežno oolitni apnenci.

Relief ima izrazit kraški značaj. Površje je povsod razjedeno z vrtcačami in raznovrstnimi nepravilnimi kotanjami. V topografiji Suhe krajine je močno zastopana dinarska smer, kar kaže na tektonsko zasnovanost naštetih topografskih oblik.

Dosedanje raziskave

Najstarejše pisne podatke o geološki zgradbi obravnavanega področja zasledimo v delih M. V. Lipolda (1858), ki je kartirjal na Dolenjskem in Notranjskem. Pretežni del jurskih plasti je prištel k triasu. Kerčmarjeva (1961) je opisala jurske plasti na območju med Krko, Vidmom in Illovo goro. Buser (1965) je napisal obsežen tolmač lista Ribnica. V njem so med drugim detajno opisane tudi jurske plasti. Tolmač k Osnovni geološki karti Slovenije list Ribnica je bil tiskan leta 1974, geološka karta pa že leta 1969. Šribařevá (1966) je s sodelavci raziskala jurske sedimente med Zagradcem in Randolom v dolini Krke. Jurske plasti je razčlenila v enote spodnjega, srednjega in zgornjega liasa, doggerja, spodnjega malma (oksfordij - sp. kimme-

ridgij) ter zgornjega malma (zgornji kimmeridgij - portlandij). *B u s e r i n L u k a c s* (1966) sta opisala jurske boksite pri Šmihelu, Ilovi gori in Sv. Ani. Krovnino boksitov tvorijo klipeinski apnenci. *B u s e r* (1980) je podal pregledno študijo o dotedanjem poznavanju razvoja jurskih plasti na listih Ribnica in Ilirska Bistrica, ki je bila opravljena v okviru projekta "Mezozoik v Sloveniji". V okviru stratimetrijskih raziskav na projektu "Jura Zunanjih Dinaričev" (1982-1991) in geološkega kartiranja za Formacijsko geološko karto Slovenije 1:50 000 (1986-1993) je to območje raziskoval *S. D o z e t*. V okviru svojega doktorata je *S t r o h m e n g e r* pod komentorstvom *S. D o z e t a* opravil sedimentološke raziskave v profilih Kompolje - Ogorelec na Mali gori in Krka - M. Korinj v Suhi krajini (1988). Te raziskave so bile kasneje pri reambulaciji v letih 1986, 1987 in 1988 dopolnjene. (*S t r o h m e n g e r et al.*, 1987a, b in *S t r o h m e n g e r & D o z e t*, 1991). *D o z e t* (1993) je detajlno opisal loferske cikloteme v spodnjeliasnih Krkinih apnenicah. Leta 1994 je detajlno raziskal zgornjetriasne in jurske sedimente Suhe krajine. Na podlagi medsebojnih odnosov posameznih litoloških členov ter favne in flore je ugotovil stratigrafsko vrzel srednji lias/spodnji malm (*D o z e t*, 1989). *B u s e r* in *D e b e l j a k o v a* (1994/95) sta na območju južne karbonatne platforme v Suhi krajini odkrila bogata nahajališča značilnih litiotidnih školjk. *D e b e l j a k o v a* in *B u s e r* (1998) sta litiotidni horizont pristeila k pliensbachiju oz. domeriju. *D o z e t* in *S r i b a r j e v a* (1981, 1998) ter *D o z e t* (1990) sta z zbranimi fosilnimi podatki dokazala in izločila vse enote, ki jih uporabljamo pri biostratigrafski razčlenitvi jurskih plasti Zunanjih Dinaričev. Boksitne pojave pri M. Korinju, Ambrusu, Šmihelu in Budganji vasi sta raziskala *D o z e t* in *M i š i č* (1997). Boksi se pojavljajo v manjših in večjih nepravilnih žepih in tankih lečah v vrhnjem delu Hočevske formacije. *D o z e t* (1999a,b) je raziskal in opisal plitvovodno karbonatno zaporedje s premogom na Dinarski karbonatni platformi južne Slovenije. Premog se pojavlja v oblikih leč in tanjših slojev med dolomiti in apnenici in je srednjeliasne starosti.

Metode dela

Tu gre predvsem za regionalno geološko kartiranje in sistematične laboratorijske raziskave za Geološko karto Slovenije v merilu 1:50 000.

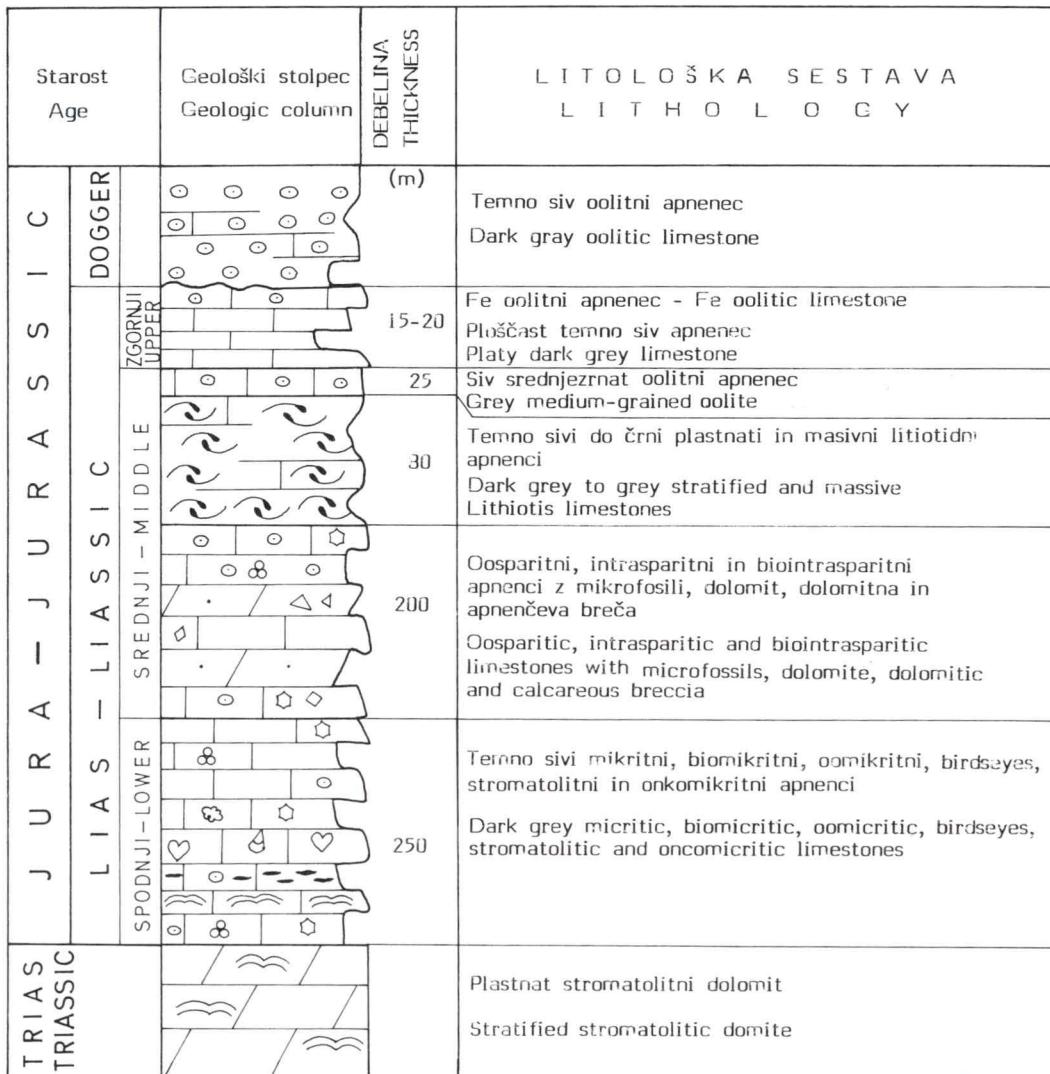
Geokemične, rentgenske in mikrofacijalne preiskave (*S t r o h m e n g e r*, 1988 in *S t r o h m e n g e r & D o z e t*, 1991) so opravljene v laboratoriju Inštituta za sedimentologijo v Heidelbergu pod vodstvom prof. dr. *G e r m a n a M ü l l e r j a*. Skupni delež karbonatov je določen s karbonatno bombo (*M ü l l e r & G a s t n e r*, 1971). Geokemične vrednosti karbonatnih kamnin so merjene s Perkin Elmer 303 atomskim spektrometrom. Skupno je obdelanih 419 vzorcev. Mnogi vzorci so vsebovali favno in floro, zato so bili preiskani tudi paleontološko. Mikropaleontološke preiskave je opravila *R a j k a R a d o i č i c*.

Karbonatne kamenine so razvrščene po *F o l k o v i* (1959) in *D u n h a m o v i* (1962) klasifikaciji. Barva kamenin je določena po *M u n s e l l o v e m* ROCK COLOR CHART.

STRATIGRAFIJA

V jurski periodi so bile geološke razmere na območju Suhe krajine različne. Tako jurske plasti severno od reke Krke niso popolno razvite. Po dosedanjih podatkih manjkojo zgornjeliasni ter spodnje- in zgornjedoggerski sedimenti (*D o z e t*, 1994). Jurske plasti leže tu konkordantno na zgornjetriaspah dolomitih.

Geološke razmere v jurski periodi južno od reke Krke so bile za spoznanje drugačne. Sedimentacija je tu popolnejša. Njena kontinuiteta je bila sicer dvakrat prekinjena vendar le za krajši čas. Geološke raziskave so pokazale, da vrhnji del liasnih in zgornjedoggerskih plasti ponekod ni bil odložen. Manjša stratigrafska vrzel se kaže tudi med spodnjim in zgornjim delom malmske skladovnice. Na kratkotrajno kopno kažejo leče boksite ter breče. Jurske plasti so nastajale v plitvem šelfnem morju na prostrani karbonatni platformi južnih Dinaričev.



Sl. 2. Geološki stolpec sedimentnega zaporedja Podbukovške formacije
Fig. 2. Geological column of the sedimentary succession of the Podbukovje formation

Podbukovška formacija

Podbukovška formacija obsega pet litostatigrafskev členov (sl. 2), zaključuje pa jo horizont oolitnega apnencu z rdečimi in oranžnordečimi železovimi ooidi. Poimenovala sva jo po kraju Podbukovje pri Krki, kjer je razkrit kontakt te formacije s spodaj ležečim Glavnim dolomitom. Med Podbukovjem in Lazami sva izločila člene, ki si sledijo po superpoziciji od najstarejšega do najmlajšega: 1) Krkini apnenci, 2) - plasti z

orbitopselami in bentonskimi foraminifera- mi, 3) - litiotidni apnenci, 4) - oolitni apnenci in 5) - horizont železovih oolitov.

Skupna debelina karbonatnega zaporedja Pobukovške formacije znaša okoli 550 m.

Razširjenost

Kamenine Podbukovške formacije izdajajo na površju v obliki poldrugi kilometer širokega pasu, ki se v smeri severozahod-

jugovzhod vleče ob desnem bregu reke Krke približno od Illove gore do Zagradca in še kakšen kilometer naprej. Najbolj popolno in tipično so plasti te formacije razvite med Krko oz. Podbukovjem in južno od tod ležečimi Lazami (sl. 1).

Stratigrafska lega

Spodnja meja

Okoli 550 metrov debelo zaporedje karbonatnih kamenin, ki predstavlja Podbukovško formacijo (sl. 2), leži konkordantno na formaciji Glavnega dolomita. Kontakt obeh formacij je raven in jasen, razkrit pa je v kraju Podbukovje. Spodaj ležeča formacija Glavnega dolomita je sestavljena iz svetlo sivega, sivega, temno sivega in sivkasto črnega, sparitnega, intrasparitnega in stromatolitnega dolomita. Kontinuirano brez vidne diskordance na Glavnem dolomitnu leže pri Podbukovju temno sivi mikritni in biomikritni apnenci z algama *Palaeodasycladus mediterraneus* Pia ter *Palaeodasycladus elongatus* Praturlon in z drugimi fosili, ki dokazujojo spodnjejursko starost apnencov.

Zgornja meja

Zaporedje karbonatnih kamenin Podbukovške formacije prehaja navzgor v temno sive do sivkasto črne oolitne apnence, ki tvorijo formacijo Laze (D o z e t, 2000). V černih oolitnih apnencih se pojavlja značilna doggerska foraminifera *Dictyoconus cayeu-xi* Lukas. Da gre za diskordanco med obehma formacijama govorita sorazmerno majhna debelina ploščastih marogastih apnencov in njihovo izklinjevanje.

Opis litostatigrafskih členov

Krkini apnenci

V najspodnejšem delu jurske skladovnice se na območju Suhe krajine pojavljajo apnenci, ki so najbolj tipično razviti ob reki Krki, zato sem jih poimenoval (D o z e t, 1993) Krkini apnenci. Gre pretežno za de-

beloplastnate (30-100 cm) temno sive, črne, sive in srednje sive, mikritne, biomikritne, pelosparitne, loferitne, intrasparitne in bio-intrasparitne apnence (tab. 1. sl. 1) z vložki intraformacijskih breč in konglomeratov (tab. 1, sl. 2), fenestralnih apnencev, stromatolitnih apnencov, tu in tam tudi dolomitov. Vložki ploščastega apnanca so redki. Našteto zaporedje karbonatnih sedimentov najbolje označujeva izrazito temno siva barva kamenin in dobro razvita ritmična sedimentacija.

Debelina zaporedja Krkinih apnencov znaša 410 metrov.

Fosili. V zgoraj opisanih apnencih je najdena in določena sledeča favna in flora: *Palaeodasycladus mediterraneus* Pia (tab. 1, sl. 4), *Palaeodasycladus elongatus* Praturlon, *Palaeodasycladus* sp., *Linoporella lucasi* Cros & Lemoine, *Thaumatoporella parvovesiculifera* (Raineri) (tab. 1, sl. 3), *Favreina salevensis* Paréjas, *Gyroporella* sp., Codiaceae, Verneuilinidae, Textulariidae, Lituolidae in Trochaminiidae. Poleg naštete mikrofavne in mikroflore vsebujejo apnenci tudi megafodontide in polže.

Sedimentacijsko okolje. Sedimentološke značilnosti ter favna in flora kažejo, da so Krkini apnenci nastajali v podobnih pogojih kot Dachsteinski apnenec in Glavni dolomit v Severnih in Južnih Apneniških Alpah. Obe formaciji karakterizira tipična loferska ritmična sedimentacija. Razviti so vsi trije členi Fischerjeve loferske ciklotome (D o z e t, 1993). Našteti sedimenti kažejo izrazite plitvomorske značilnosti in so nastajali v podplimskem, medplimskem in nadplimskem okolju.

Plasti z orbitopselami

Sedimentacija srednjega dela litološkega stolpca liasnih plasti pri Podbukovju ob Krki je bila bolj pestra kot v spodnjem delu. Srednjeliasno zaporedje v profilu Podbukovje-Laze sestoji iz intraoosparitnih, peloosparitnih, oosparitnih, bioosparitnih, biointrasparsitnih, bioointrasparsitnih in biomikritnih apnencov ter zrnatih bituminoznih dolomitov. V spodnjem delu obravnavanega zaporedja sedimentov so apnenčevi

dolomiti z vložki intraformacijskih dolomitsnih breč. Dolomiti so svetlo in temno rjav-kasto sivi ter bolj ali manj sparitni oziroma kristalasti. Vsebujejo precej organskega detritusa. Ponekod so v dolomitu ohranjeni redki preseki megalodontov. Opisano zaporedje prehaja navzgor kontinuirano v biomikritne apnence, kjer so v temno sivem do črnem apnenčevem mulju nakopičene številne litiotide, ki jih tu in tam spremljajo megalodontide in foraminifere.

Debelina člena, ki ga sestavljajo plasti z orbitopselami znaša 60 metrov.

Fosili. V bioosparitnih in bioointrasparitnih apnencih je ugotovljena sledeča mikrofava in flora: *Palaeodasyycladus mediterraneus* Pia (tab. 1, sl. 4), *Palaeodasyycladus* sp., *Orbitopsella praecursor* Gümbel (tab. 1, sl. 4), *Orbitopsella* cf. *dubari* Hottinger, *Mayncina termieri* Hottinger, *Orbitopsella* sp. in *Glomospira* sp.?

Litiotidni apnenci

Gre za eno najbolj tipičnih jurških facij v Zunanjih Dinaridih, ki obsega pestro zaporedje karbonatnih sedimentov. Glavna značilnost te facije so školjke iz družine Litiotidae, ki so ponavadi nakopičene v obliki lumakel. V spodnjem delu zaporedja so lumakele redkejše in tanjše, mestoma pa najdemo le posamične odlomke teh školjk. Litiotidni apnenci so temno sivi, sivi, sivkasto črni biomikriti, redkeje biospariti. So debelopastnati (25 cm do 100 cm), slabo plastnati in redko masivni. Kontakti med plastmi so dokaj jasni, površine ploskev pa valovite ali nepravilne. Vmesne plasti brez školjk pripadajo biointrasparitnemu, oosparitnemu in biomikritnemu apnencu, redkeje dolomitu. Litiotidni člen je na obravnavanem ozemlju tanjši kot drugod, kar lahko pripisemo manj ugodnim življenskim pogojem za te organizme v tem delu slovenskih Zunanjih Dinaridov. Zelo verjetno je, da so na debelino litiotidnega horizonta vplivali tudi epirogenetski premiki, ki so se pojačali že v srednjem liasu, zlasti močni pa so bili v zgornjem liasu, dogerju in najspodnejšem delu malma.

Debelina člena litiotidnih apnencov ne presega 40 m.

Fosili: Posamezni horizonti obravnavanega apnenčevega zaporedja so polni kamenotvornih školjk iz družine Lithiotidae.

Sedimentacijsko okolje. V litiotidnem členu prevladuje biostromalni tip apnenca. Litiotidne školjke so živele v mirnem okolju zaprtega šelfa, kjer so tvorile prostrane podmorske trate. Le na redkih mestih jih najdemo v življenskem položaju kot sestavne dele manjših bioherm.

Oolitni apnenec

Nad litiotidnimi apnenci se v profilu Podbukovje-Laze pojavlja okoli 20 m debel pas srednje in svetlo sivega plastnatega oolitnega apnenca. Povprečna velikost ooidov je 0,5-1 mm. Ooidi imajo radialno in/ali koncentrično zgradbo, vsebujejo pa foraminifere, alge in algne intraklaste. Omenjene klaste povezuje drobno do srednjezernat sparitni kalcitni cement. Po klasifikaciji F o l k a (1959) so ti sedimenti določeni kot oosparit, bioosparit, bioointrasparit in biointrasparit. Večinoma gre za dobro izprani apnenec tipa "grainstone". V njem se ponekod pojavljata vodoravna in navzkrižna laminiranost. Srednjeliasni oolitni apnenec je nastajal na zelo plitvih in odprtih delih karbonatne platforme.

Marogasti apnenci

Zgornjeliasne plasti so v profilu Podbukovje-Mali Korinj precej tanke in neznačilne. Litološko in po stratigrafski legi odgovarjajo faciji marogastih apnencov. Gre za sive, temno sive in sivkasto črne ploščaste in plastnate, pretežno mikritne, dismikritne in pelmikritne apnence z redkimi ostanki alg in foraminifer. V mikritno osnovo so bili z valovi in tokovi epizodično nanašani bolj ali manj številni ooidi, pseudoooidi, onkoidi in intraklasti. Med tekturnimi oblikami se v teh apnencih pojavlja le drobna laminiranost.

Fosili. Zgornjeliasne plasti so revne s fosili. To velja zlasti za ploščaste mikritne apnence. V tankih vložkih zrnatih apnencih so ohranjeni bolj ali manj številni ostanki

bentičnih foraminifer, ostrakodov in zlasti kodiacej.

Izmerjena debelina skladovnice maroga-stih apnencev pri Podbukovju znaša 20 m.

Sedimentacijsko okolje. Po strukturnih in teksturnih posebnostih obravnavanih sedi-mentov sklepamo, da so se tvorili v za-tišnjem delu šelfa, okolje pa je za rast orga-nizmov moralo biti precej neugodno.

Fe-oolitni horizont

Prav na vrhu liasnega karbonatnega za-poredja sedimentov leži 1-3 m debel hori-zont tankoplastnatega mikritnega apnenca z oranžno rdečimi in rdečimi Fe ooidi (iron-ooid wackestone), ki vsebuje fosilno združbo bentičnih foraminifer, ostrakodov in močno navrtnih krinoidnih fragmentov, z mikritnimi ovojnicami, kar po Radovi-čičevi (1966) močno spominja na zgor-njeliasno fosilno združbo.

ZGORNIJ TRIAS UPPER TRIASSIC	L I A S – L I A S S I C	STAROST AGE	FORMACIJA , ČLEN FORMATION , MEMBER	BIOCONA BIOZONE		
			DOGGER	FORMACIJA LAZE LAZE FORMATION	Dictyoconus cayeuxi Lukas	
	PODBUKOVŠKA FORMACIJA PODBUKOVJE FORMATION	ZGORNJI – LOWER	SREDNJI – MIDDLE	ZGORNJI UPPER	Marogasti apnenec Spotted limestone	Intervalna biocona Interval biozone
		LITOTIDNI APNENEC Lithiotis limestone			Lithiotidae	
		PLASTI Z ORBITOPSELLAMI Orbitopsella beds			Orbitopselia praecursor Gumbel	
		KRKINI APNENCI Krka limestones			Palaeodasycladus elongatus Praturlon	Palaeodasycladus mediterraneus Pia
	Glavni dolomit Main dolomite Hauptdolomit					

Sl. 3. Litološka in biostratigrafska razčlenitev Podbukovške formacije

Fig. 3. Lithological and biostratigraphical subdivision of the Podbukovje formation

Debelina zgornjeliasnega zaporedja variira med 0 in 25 m. Izklinjevanje teh plasti na kratke razdalje in majhna debelina v primerjavi z debelino teh sedimentov drugod po Sloveniji kažejo na lokalno stratigrafsko vrzel med zgornjeliasnimi in dogerskimi plastmi.

Krovnina

Bolj ali manj diskordantno na Fe oolitnem horizontu leži 450 do 500 m debel oolitni kompleks, ki pripada Hočevski oolitni skupini (D o z e t, 2000). Manjša diskordanca loči oolitni kompleks v dva dela: v spodnji del črnega oolitnega apnencu spodnjedoggerske starosti in v zgornji del sivkastega oolita, ki pripada spodnjemu malmu. Spodnji del oolitnega kompleksa pripada formaciji Laze (D o z e t, 2000), zgornji pa Šentrumarski formaciji (D o z e t, 2000). Paleontološki, sedimentološki in geokemični podatki Hočevske oolitne skupine kažejo na precej razgibano plitvomorsko okolje nastanka.

Biostratigrafska razčlenitev in starost

Starost. Konkordantna stratigrafska lega med Glavnim dolomitom in plastmi z orbitopselami kaže na spodnjeliasno starost Krkinih apnencev. To starost potrjujeta tudi fosila *Palaeodasycladus mediterraneus* Pia in *Palaeodasycladus elongatus* Praturlon. Mikrofossili *Orbitopsella praecursor* Gümbel, *Orbitopsella cf. dubari* Hottinger, *Mayncina termieri* Hottinger in *Palaeodasycladus mediterraneus* Pia dokazujejo srednjeliasno starost teh plasti.

V srednji lias uvrščamo tudi litiotidne apnence. Med litiotidnimi školjkami je najbolj pogostna vrsta *Cohlearites loppianus* (Tausch). Rod *Lithiopetalion* se pojavlja le sporadično, najbolj znana vrsta *Lithiotis problematica* Gümbel pa je najdena le pri Žužemberku (B u s e r , 1974). B u s e r in D e b e l j a k o v a (1996) uvrščata litiotidne apnence južne Slovenije v pliensbachij (domerij). Cvetiča doba litiotidnih školjk je bila razmeroma kratka. Večidel so izginile med pliensbachijem in toarcijem. Njihovo

izumrtje so pospešila obsežna tektonska premikanja, spremembe višine gladine morja ter spremembe življenskega prostora in okolja, na kar se visoko specializirani organizmi niso mogli uspešno odzvati.

Ploščasti marogasti apnenci ležijo konkordantno med srednjeliasnimi litiotidnimi apnenci in črnimi oolitnimi apnenci s spodnjedoggersko foraminifero *Dictyoconus cayeuxi* Lukas.

Biostratigrafska razčlenitev. Ker v plitvomorskem karbonatnem razvoju jurških plasti Zunanjih Dinaridov ni amonitov je uporabljena parastratigrafija s foraminiferami, algami in deloma s školjkami.

Na območju Suhe krajine se v plasteh Pobukovške formacije razlikujeta dve bioconi (sl. 3), in sicer: 1) - biocona *Palaeodasycladus mediterraneus* Pia in 2) - intervalna biocona. Spodnjo liasno biocono sestavljajo podcone *Palaeodasycladus elongatus* Praturlon, *Orbitopsella praecursor* Gümbel in Lithiotidae. Intervalno biocono karakterizira pičla in neznačilna fosilna favna, kar kaže na to, da so marogasti apnenci nastali v okolju in v pogojih, ki so bili za žive organizme neugodni.

Diagenetske spremembe

Najbolj razširjena diagenetska sprememba liasnih plasti je dolomitizacija. Del spodnjeliasnega dolomita je nastal z zgodnjo dolomitizacijo apnencev, o čemer pričajo stromatolitne in druge tekture. Pretežni del debelozrnatih dolomitov pa je nastal pri kasni dolomitizaciji apnencev. Tudi srednjeliasni dolomit je nastal pri kasni dolomitizaciji različnih srednjeliasnih apnencev. Za njegov pozodiagenetski nastanek govori debela kristalna struktura. Oosparitne in biointrasparitne apnence sta po konsolidaciji zajeli mikritizacija in dolomitizacija. Mikritizacija je ponekod močno načela ali celo uničila strukturo ooidov. Dolomitizaciji so najbolj kljubovali marogasti apnenci. Le tanki in sorazmerno redki vložki oomikritnih, onkomikritnih, biosparitnih in biosparuditnih apnencev znotraj zaporedja marogastih apnencev so podlegli kasni dolomitizaciji.

Geokemične preiskave

Geokemične lastnosti liasnih apnencov in dolomitov v profilu Krka-Korinj smo analizirali v 160 vzorcih. Pri vzorčevanju smo jemali različne strukturne, teksturne ter mikro- in makropaleontološke tipe liasnih kamenin.

Z metodo plamenske atomske absorpcije smo ugotavljali vsebnosti magnezija, stroncija, železa, mangana, kalija in cinka. Krvulje posameznih elementov (Strohmenger, 1988; Strohmenger & Dozet, 1991) kažejo:

- da se najvišje vsebnosti naštetih elementov nahajajo v mikritnih karbonatnih kameninah (mudstone)
- da so sparitne kamenine (grainstone) osiromašene z vsemi elementi
- da netopni ostanek ter elementi K, Li in (ne tako razločno) Fe in Mn kažejo vedno isto tendenco; med seboj se pozitivno korelirajo.

Da bi dobili bolj jasno sliko resnične porazdelitve elementov po kameninah, smo raziskali zvezo med njimi in posameznimi mikrofacijami.

Porazdelitev slednjih elementov po mikrofacijah

Stroncij. Merjene vrednosti stroncija so vse relativno nizke in ležijo v splošnem pod 200 ppm. V sparitnih apnencih lahko padejo vrednosti stroncija tudi pod 100 ppm. Samo v zelo temno sivih karbonatih, z veliko netopnega ostanka, so bile izmerjene vrednosti 400 do 600 ppm, vendar so redke.

Železo. Vsebnosti železa so v karbonatnih kameninah, ki imajo visok odstotek netopnega ostanka visoke, ponekod prek 2000 ppm. Dolomiti kažejo često višje vrednosti železa kot apnenci. Posebno visoke koncentracije železa vsebujejo heterogranularni dolomiti z brečastim izgledom. Zelo nizke vsebnosti najdemo ponovno v sparitnih apnencih.

Mangan. Vsebnosti mangana so skupaj glede relativno nizke (v povprečju pod 20 ppm). V oosparitnih apnencih ležijo le-te

razločno pod 10 ppm. Edino v vzorcih z visokim odstotkom netopnega ostanka imamo vsebnost mangana 50 ppm in tudi več. Mangan se brez izjeme korelira pozitivno z železom.

Cink. Cink je v raziskovanih karbonatih navzoč samo v komaj merljivih koncentracijah (pod 10 ppm, često tudi pod 5 ppm). Čeprav ležijo te ekstremno nizke vrednosti pravzaprav že onkraj izkazane vrednosti, kažejo odvisnost od količine netopnega ostanka in se zelo dobro korelirajo z železom.

Kalij. Kalij se prav tako korelira pozitivno z netopnim ostankom. V zelo čistih oosparitnih apnencih ležijo vrednosti kalija često pod mejo detekcije (1 ppm).

Aluminij. Ker aluminij ne more nastopati v kristalni mreži kalcita je njegova koncentracija odvisna neposredno od vsebine netopnega ostanka. Aluminij in netopni ostanelek kažeta v preiskanih vzorcih izrazito pozitivno korelacijo.

Geokemija mikrofacij

Ugotovljeni geokemični podatki so dobra osnova za korelacijo z različnimi facijalnimi okolji.

V karbonatih lagunskega okolja, kjer prevladujejo strukturni tipi z mikritno osnovo, imajo zvišane vsebnosti vsi merjeni elementi (stroncij, železo, mangan, cink, kalij in aluminij). Po drugi strani so osiromašeni karbonati odprtega morja, torej karbonati visokoenergijskih okolij.

Študij povezanosti med geokemijo in karbonati ter njihovimi sedimentnimi teksturami in strukturami je izvršen po podatkih profilov Kompolje-Ogorelec in Krka-Korinj. Dognane vrednosti preiskanih karbonatov dopuščajo primerjavo mikrofacij in slednjih prvin.

Srednje vrednosti (v ppm) magnezija, stroncija, železa in mangana so obdelane v obliki histogramov (Strohmenger, 1988). Le-te kažejo dobro skladnost železa in mangana kakor tudi magnezija in stroncija znotraj različnih mikrofacijalnih tipov.

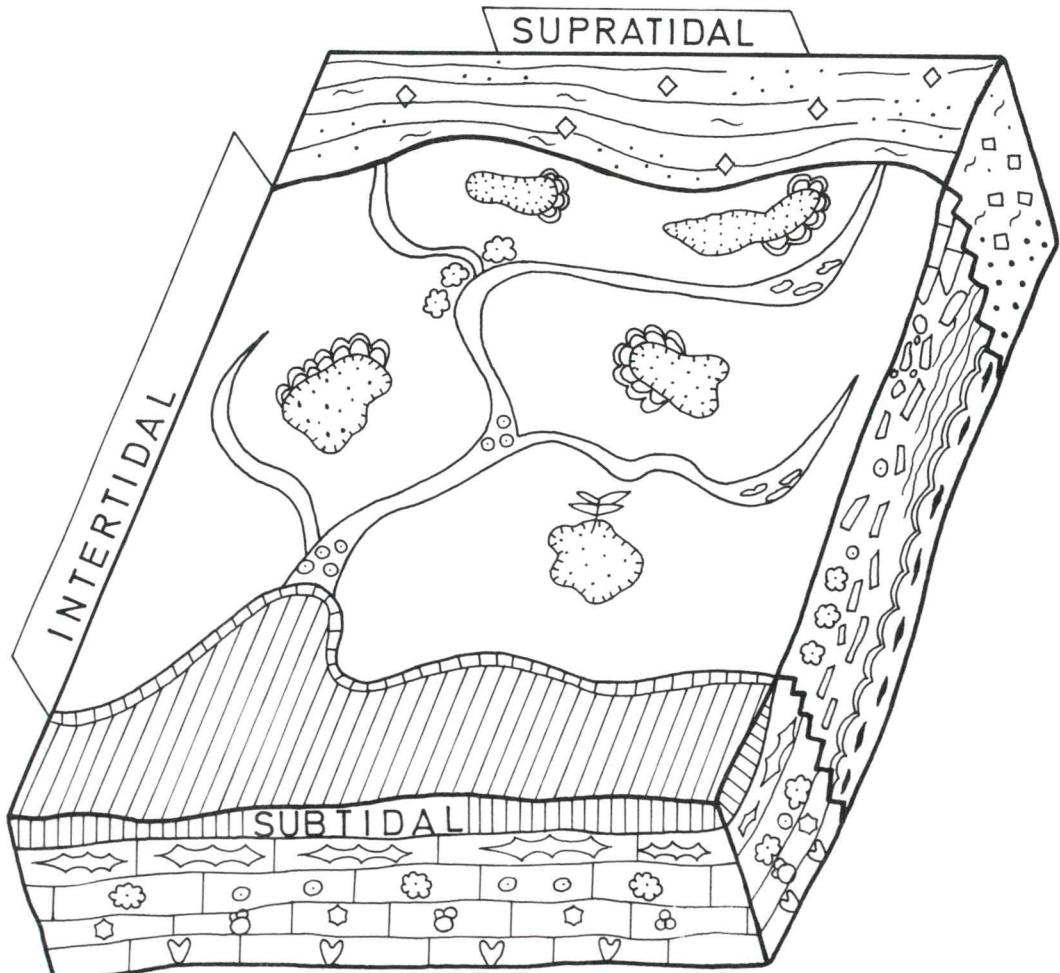


Fig. 4. Lower Liassic sedimentary environments

	Residual deposits		Conglomerates
	Birdseyes		Breccias
	Stromatolites		Megalodontid limestones
	Laminites		Micrites (Mudstone)
	Solution cavities		Oncoids
	Forams		Ooids
	Algae		Dolomitization

Sl. 4. Sedimentacijski model spodnjelijasnih Krkinih apnencev

Fig. 4. Sedimentation model of the Lower Liassic Krka limestone

Paleogeografske razmere

V mezozoiku je na območju južne Slovenije prevladovala plitvovodna morska sedimentacija. To velja tudi za interval zgornji trias-jura ko so na Dinarski platformi, ki vključuje tudi ozemlje Suhe krajine, skoraj neprekinjeno nastajale plasti apnencev in dolomitov z redkimi tankimi vmesnimi vložki laporja, premoga ali glinenega skrilavca.

Plasti Glavnega dolomita, ki leže v talni ni Podbukovške formacije, kažejo na območje plitvega morja v dosegu plime in oseke. Za to formacijo je značilna loferska ritmična sedimentacija. Proti koncu norijske dobe so se epirogenetska premikanja, ki so bila več ali manj prisotna skoraj ves čas norijske sedimentacije, postopoma tako povečala, da so nekatera območja postala za krajši čas kopna (D o z e t, 1989). Na meji med triasco in jursko periodo na raziskovanem ozemlju ni bilo večjih premikanj. Trianske in jurske plasti sestavljajo namreč neprekinjeno zaporedje brez vidnih prekinitev sedimentacije. Na območju Suhe krajine predstavljajo liasno skladovnico pretežno apnenci. V strukturnem pogledu prevladujejo mikritni in biomikritni različki. Poleg teh se v spodnjeliasnem zaporedju (sl. 4) pojavljajo še oomikritni, intrasparitni, oosparitni, onkomikritni in biointrasparitni tipi apnencev z vložki breč in konglomeratov. Našteti sedimenti kažejo izrazite plitvomorske značilnosti in so nastajali v podplimskem, medplimskem in nadplimskem okolju.

Še bolj pestra kot spodnjeliasna je bila srednjeliasna sedimentacija. To zaporedje sestoji iz zrnatih dolomitov, intraformacijskih dolomitnih in apnenčevih breč ter biomikritnih, oosparitnih, intrasparitnih, biointrasparitnih, bioointrasparitnih, litiotidnih in megalodontidnih apnencev. Gre za eno najbolj pestrih in tipičnih jurskih enot, ki obsega raznolično zaporedje karbonatnih kamenin, katerim je skupna značilnost vsebnost litiotid in velikih bentonskih foraminifer. Pestra sedimentacija kaže na dokaj nemirno srednjeliasno obdobje v Suhi krajini. V litiotidni faciji Suhe krajine prevladuje biostromni tip sedimentacije, zrnati apnenci, dolomiti in breč pa so nastajali predvsem v plitvem podplimskem, medplimskem in nadplimskem okolju. V sre-

dnjeliasnih plasteh južne Slovenije so bogata nahajališča školjk, ki so v pliensbachiju in toarciju množično poselile obsežne, med seboj povezane plitvomorske predele Dinarske karbonatne platforme. Voda je bila pogosto bolj ali manj razgibana in povezana z odprtim morjem, kar je bilo ugodno za nastanek sparitnih in ruditnih karbonatnih sedimentov. V takem okolju so živele tudi litiotide in drugi makroorganizmi. Na plitvo okolje in razburkano vodo kažeta tudi slaba sortiranost zrn in navzkrižna plastnost v teh sedimentih. Obdobja z mirnejšo vodo so bila v srednjem liasu krajsa in redkejša. Takrat so se odlagali mikritni, biomikritni in plemikritni apnenci. V mikritno blato so bili tu in tam naplavljeni intraklasti in ooidi.

Litologija in sedimentološke značilnosti karbonatnih kamenin plasti zgornjeliasnih marogastih apnencev kažejo, da so marogasti apnenci nastajali pretežno v mirnem okolju plitvega šelfa ali lagune, t.j. v okolju, ki je bilo, sodeč po pičlih skeletih neugodno za življenje organizmov. Tanke plasti drobnozrnate apnenčeve breče in konglomerata so se tvorile v medplimskem pasu, kjer so se odtrgani deli karbonatnega mulja valjali in oblikovali ob povečani energiji.

Zaključki

- Pestro zaporedje karbonatnih sedimentov, ki na območju Suhe krajine leži konkordantno na Glavnem dolomitu in rahlo diskordantno pod črnim oolitnim apnencem, ki pripada doggerski formaciji Laze (D o z e t, 2000), označujemo z imenom Podbukovška formacija.

- Podbukovško formacijo sestavljajo spodaj ležeči Krkini apnenci, nad njimi konkordantno ležeče plasti z orbitopselami, litiotidni in oolitni apnenci, zaključujejo pa jo marogasti apnenci in Fe-oolitni horizont.

- Krkini apnenci so nastajali pod podobnimi pogoji kot Dachsteinski apnenec in Glavni dolomit v Severnih in Južnih Apneniških Alpah. Zanje je značilna loferska ritmična sedimentacija. Plasti, ki vsebujejo bentonske foraminifere ter alge in moluske, so nastajale v razgibanem plitvomorskem okolju.

Litiotidne školjke so živele v plitvem medplimskem in podplimskem okolju, kjer so tvorile obsežne podmorske trate in manjše grebene. Oolitni apnenci so sediment plimskih kanalov, marogasti apnenci pa so se tvorili v zatišnem delu šelfa.

- Plasti Podbukovške formacije so liasne starosti. Starost te formacije je določena na podlagi njene stratigrafske lege, mako- in mikrofosilov ter po analogiji s sosednjimi razvoji. Najbolj tipični liasni fosili so alga *Palaeodasycladus mediterraneus*, *Orbitopsella praecursor* in *Lithiotidae*.

Krkini apnenci pripadajo spodnjemu liasu, srednjeliasne starosti so plasti z orbitopselami ter litiotidni in oolitni apnenci, medtem ko marogaste apnence in Fe-oolitni horizont uvrščamo po stratigrafski legi v zgornji lias. Marogasti apnenci in Fe-oolitni horizont leže namreč konkordantno med litiotidnimi apnenci in plastmi z doggerskimi fosili.

- V plasteh Podbukovške formacije sta ugotovljeni dve bioconi in to *Palaeodasycladus mediterraneus* Pia in intervalna biocona. Slednjo karakterizirata pičla in neznačilna fosilna fava v flora, kar kaže da so marogasti apnenci nastajali v okolju in v pogojih, ki so bili za žive organizme neugodni. Biocona *Palaeodasycladus mediterraneus* sestoji iz podcon *Palaeodasycladus elongatus*, *Orbitopsella praecursor* in *Lithiotidae*.

- Izklinjevanje zgornjeliasnih ploščastih in plastnatih marogastih apnencov na kratke razdalje ter njihova majhna debelina v primerjavi z debelino teh sedimentov drugod po Sloveniji kažeta na stratigrafsko vrzel med zgornjeliasnimi in doggerskimi plastmi.

- Obravnavano ozemlje leži v Suhi krajini na območju Dinarske karbonatne platforme v bližini pregiba in meje med Zunanjimi in Notranjimi Dinaridi.
- Debelina sedimentnega zaporedja Podbukovške formacije, ki je predmet raziskave, znaša okoli 550 metrov.

Zahvala

Za strokovne nasvete ter možnost uporabe aparatur in literature v Inštitutu za sedimentologijo v Heidelbergu se zahvaljujemo prof. dr. Germanu Müllerju. Zahvala velja tudi Ministrstvu za znanost in tehnologijo in Geološkemu zavodu Slovenije, ki sta s finančno in drugo podporo omogočila detajljne geološke raziskave in študij jurske stratigrafije v tem delu Slovenije. Za recenzijo članka se zahvaljujeva doc. dr. Bojanu Ogorlecu.

Podbukovje formation, Central Slovenia

Summary

The variegated succession of the carbonate rocks in the Suha Krajina area (Fig. 1), concordantly overlying the Main dolomite and slightly discordantly underlying the black oolitic limestone belonging to the Laže formation, has been designated the Podbukovje formation.

The Podbukovje formation is composed of 5 lithostratigraphic members (Fig. 2): The Krka limestones the beds with orbitopsellas, the *Lithiotis* limestones, the oolitic limestone, as well as the spotted limestones, which terminate the Liassic stratigraphic sequence.

The beds of the Podbukovje formation are of the Liassic age: the Krka limestones belong to the Lower Liassic, the *Orbitopsella* beds, the *Lithiotis* beds and the oolitic limestone belong to the Middle Liassic, whereas the spotted limestones have been ranged according to their stratigraphic position and analogy into the Upper Liassic. The Krka limestones is characterized by predominantly dark grey carbonate sediments among which micritic, biomicritic, oomicritic and oncomicritic limestones prevail. The main characteristic of the Krka limestones (D o z e t, 1993) is the well-developed rhythmic sedimentation. The cycles are composed of three members, such as cyclothsems in the type-locality Loferer Steinberge. The stratigraphic position of the Krka limestones points to their Lower Liassic age. Their age is also confirmed by the following microfossils: *Palaeodasycladus*

mediterraneus Pia, *P. elongatus* Praturlon, *Linoporella lucasi* Cros & Lemoine, and others. The Lower Liassic Krka beds were deposited under similar conditions as the Dachstein limestone and the Main dolomite (Hauptdolomit) in the Northern and Southern Limestone Alps, as well as the Upper Triassic calcareous beds on the Julian and Dinaric carbonate platform.

The main lithologic characteristics of the Middle Liassic interval is an alternation of oolitic, biointraosparitic, dolomitic and *Lithiotis* limestones. The limestones of the lowermost part contain orbitopsellas. The *Lithiotis* beds in the Suha Krajina area are attributed to Pliensbachian, Domerian respectively. In the study area the most common is the species *Cohlearites loppianus* (Tausch) and *Lithiopedion scutatus* (Dubar). The most typical species *Lithiotis problematica* Gümbel have been found only at Zužemberk (Busek, 1974).

Lithiotid pelecypods were formed in a quiet environment of the restricted shelf. About 75 metres thick horizon with bivalves in the southern Slovenia was attributed to Pliensbachian, Domerian respectively (Busek & Debeljak, 1994/95). The oolitic limestones are a sediment of tidal channels, whereas the spotted limestones have been formed in restricted parts of lagoon.

In the beds of the Podbukovje formation two biozones have been established, namely (Fig. 3): 1) *Palaeodasycladus mediterraneus* Pia and 2) - *Interval biozone*. The last-mentioned is characterized by scarce and atypic fauna and flora indicating an origin in an environment pretty unfavourable for organisms.

The determined geochemical values of Mg, Sr, Fe, Mn, K as well as Zn and Al (Strohmenger 1988; Strohmenger & Dozeti, 1991) in the study calcareous rocks demonstrate a significant dependence: - relative high contents of all elements are typical for calcareous rocks of lagoonal deposits (mudstones, wackestones) - high energy deposits (oolid grainstones) are, on the contrary, markedly depleted in these elements.

The values of manganese and strontium are in some cases relatively low. The loss of these elements might be explained by dia-genetic processes.

The insoluble residue shows a good correlation with iron, manganese, potassium and aluminium.

The measured elements in the investigated sections reflect the environmental conditions under which the clacaceous rocks were deposited.

Similar geochemical results appears also in other cross sections of the Jurassic beds in the Dinaric carbonate platform area (Orehek & Orelc, 1981). According to the literature they are within the general limits for the calcareous rocks.

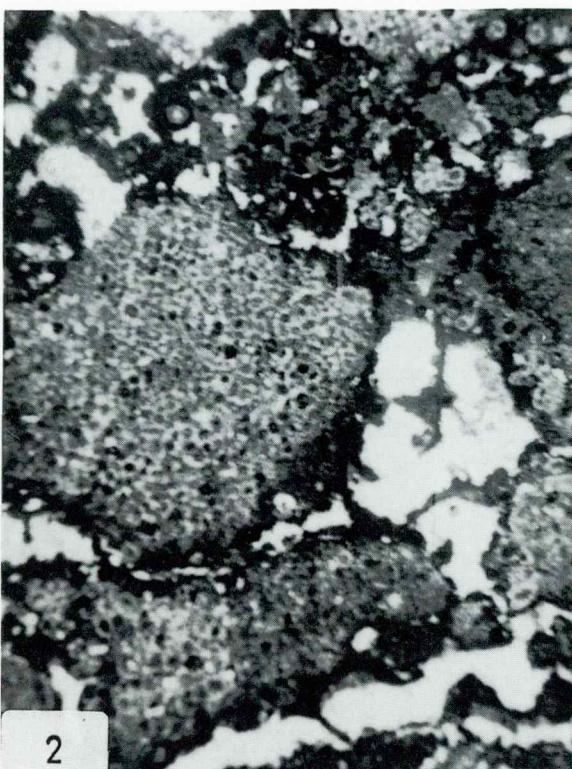
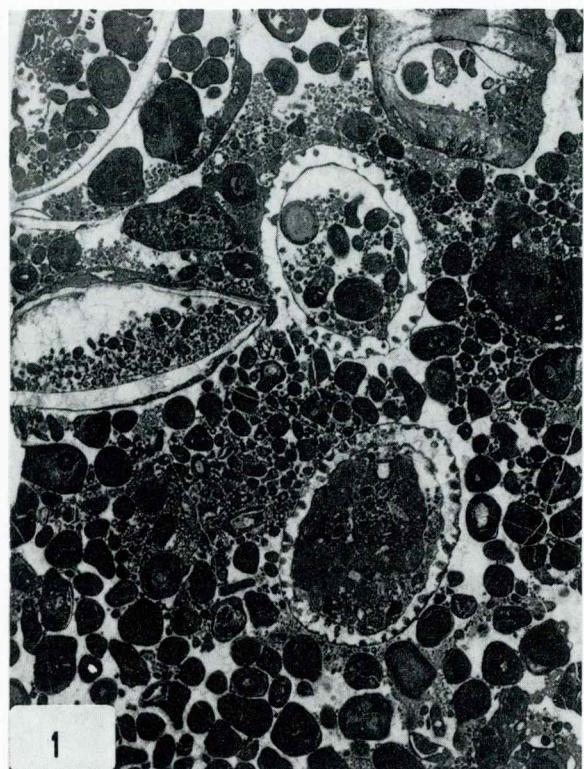
The study area lies in Suha Krajina in the area of the Dinaric carbonate platform near the boundary between the Outer and Inner Dinarides.

The thickness of the beds which are in the question amount to 550 metres.

Literatura

- Busek, S. 1965: Über die Entwicklung der Jurasschichten in Südslowenien. - Anz. Österr. Akad. Wiss., Math.-naturwiss., 9, Wien.
- Busek, S. 1969: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Ribnica. - Žvezni geološki zavod, Beograd.
- Busek, S. 1974: Tolmač lista Ribnica L 33-78. Osnovna geološka karta 1:100 000 - Žvezni geološki zavod, 60 str., Beograd.
- Busek, S. 1980: Jurske plasti na listu Ribnica in Ilirska Bistrica, 2. faza. Arhivsko poročilo. - Geološki zavod Slovenije, 35 str., Ljubljana.
- Busek, S. & Lukac, E. 1966: The results of recent geological bauxite exploring in Slovenia. - Ref. 6. savet. geol. FLRJ, 2, 292-304, Ohrid.
- Busek, S. & Debeljak, I. 1996: Lower Jurassic beds with bivalves in south Slovenia. - Geologija 37, 38, 23-62 (1994/95), Ljubljana.
- Debeljak, I. & Busek, S. 1998: Lithiotid bivalves in Slovenia and their mode of life. - Geologija 40, 11-64 (1997), Ljubljana.
- Doez, T. S. 1989: Tektonска премиканја на Коčевском в мајшем палеозоику и меозоику (јуња Словенија). - Rud.-мет. зборник, 36/4, 663-673, Ljubljana.
- Doez, T. S. 1990: Biostratigrafska razčlenitev jurskih in spodnjekrednih plasti Коčевске и Gorskega Kotarja. - Rud.-мет. зборник, 37/1, 3-18, Ljubljana.
- Doez, T. S. 1993: Lofer cyclothsems from the Lower Liassic Krka limestones. - Riv. Ital. Paleont. Strat., 99/1, 81-100, Milano.
- Doez, T. S. 1994: Stratigraphy of the Suha Krajina area (Slovenia) and stratigraphic gap Middle Liassic-Lower Malm. - Rud.-met. zbornik, 41, 231-238, Ljubljana.
- Doez, T. S. 1999a: Liasni premog na območju južne Slovenije in Gorskega Kotarja. - Rud.-met. zbornik, 46/3, 453-473, Ljubljana.
- Doez, T. S. 1999b: Lower Jurassic dolomite-limestone succession with coal in the Kočevski

- Rog and correlation with neighbouring areas (southeastern Slovenia). - Geologija, 41, 71-101 (1998), Ljubljana.
- D o z e t, S. 2000: Hočevje oolitic group, central Slovenia. - Acta carsologica, 29/1, 14, 185-199, Ljubljana.
- D o z e t, S. & S t r o h m e n g e r, Ch. 1996: Late Malm carbonate breccias at Korinj and their significance for eustacy and tectonics (central Slovenia). - Geologija, 37, 38, 215-223 (1994/95), Ljubljana.
- D o z e t, S. & M i s i č, M. 1997: On Malm bauxites and adjacent carbonate rocks in Suha Krajina (Central Slovenia). - Rud. met. zbornik, 44, 3/4, 201-222, Ljubljana.
- D o z e t, S. & Š r i b a r, Lj. 1981: Biostratigrafska jurskih plasti južno od Prezida v Gorskem Kotaru. - Geologija, 24/1, 190-126, Ljubljana.
- D o z e t, S. & Š r i b a r, Lj. 1998: Biostratigraphy of shallow-marine Jurassic beds in southeastern Slovenia. - Geologija, 40, 187-221 (1997), Ljubljana.
- D u n h a m, R. J. 1962: Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In Ham, W. E. (ed.): Classification of carbonate rocks. - AAPG, Mem., 1, 108-121, Tulsa.
- F o l k, R. 1959: Practical petrographic classification of limestones. - Bull. Am. Ass. Petrol. Geol., 43, 1, 2-38, Tulsa.
- K e r Č m a r, D. 1961: Poročilo o geološkem kartiraju ozemlja med Grosupljem, Velikimi Laščami, Dobrepoljem in Višnjo goro. Arhivsko poročilo. - Geološki zavod Slovenije, 40 str, Ljubljana.
- L i p o l d, M. V. 1858: Bericht über die geologische Aufnahme in Unter-Krain im Jahre 1857. - Jahrb. d. geol. R.-A., 257-276, Wien.
- M ü l l e r, G. & G a s t n e r, M. 1971: "Karbonat-Bombe" a simple device for the determination of the carbonate content in sediments, soils and other materials. - N. Jb. Min. Mh. 10, 466-469, Stuttgart.
- O r e h e k, S. & O g o r e l e c, B. 1981: Correlation of microfacial and geochemical characteristics of Jurassic and Cretaceous rocks of the
-
- Tabla 1 - Plate 1**
- | | |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Biointrapelsparitni apnenec s preseki polžev, školjk in alg.
Krkini apnenci, spodnji lias, 6 × |
| | Biointrapelsparitic limestone with gastropods, pelecypods and algae.
Krka limestones, Lower Liassic, 6 × |
| 2 | Loferitska breča-konglomerat.
Krkini apnenci, spodnji lias, 25 × |
| | Loferitic breccia-conglomerate.
Krka limestones, Lower Liassic, 25 × |
| 3 | <i>Thaumatoporella parvovesiculifera</i> (Raineri).
Krkini apnenci, spodnji lias, 25 × |
| | <i>Thaumatoporella parvovesiculifera</i> (Raineri).
Krka limestones, Lower Liassic, 25 × |
| 4 | <i>Orbitopsella praecursor</i> (Gümbel) in <i>Palaeodasycladus mediterraneus</i> Pia,
Plasti z orbitopselami, srednji lias, 6 × |
| | <i>Orbitopsella praecursor</i> (Gümbel) and <i>Palaeodasycladus mediterraneus</i> Pia.
<i>Orbitopsella</i> beds, Middle Liassic. 6 × |



southern carbonate platform in Slovenia. - Glas. republ. zav. zašt. prirodnih muzeja (Titograd), 14, 161-181, Titograd.

Radoičić, R. 1966: Microfacies du Jurassique des Dinarides externes de la Yougoslavie. - Geologija, 9, 5-383, Ljubljana.

Strohmenger, Ch. 1988: Mikrofazielle und diagenetische Entwicklung jurassischer Karbonate (Unter - Lias bis Ober - Malm) von Slowenien (NW Jugoslawien). - Heidelberger Geowiss. Abh., 24, 249 str., Heidelberg.

Strohmenger, Ch., Dozetić, S. & Koch, R. 1987a: Oolith-Sequenzen in Jura. Südwest Sloweniens (Mala Gora-Gebirge, Ober-Lias bis Ober-Malm. In: Koch, R., Müller, G. & Schmitz,

W. (eds.): - Heidelberger Geowiss. Abh., 8, 245-248, Heidelberg.

Strohmenger, Ch., & Dozetić, S. & Koch, R. 1987b: Diagenesemuster-Stratigraphie. Oolith-Horizonte im Jura von SW Slowenien. - Facies, 17, 253-266, Erlangen.

Strohmenger, Ch., & Dozetić, S. 1991: Stratigraphy and geochemistry of Jurassic carbonate rocks from Suha Krajina and Mala gora mountain (southern Slovenia). - Geologija, 33, 315-325 (1990), Ljubljana.

Sribar, Lj. 1966: Jurassic sediments between villages Žagradec and Randol in Krka valley. - Geologija, 9, 379-383, Ljubljana.