

Izotopska sestava O in C v mezozojskih karbonatnih kamninah Slovenije - vpliv faciesa in diageneze

Isotope composition of O and C in Mesozoic carbonate rocks of Slovenia - effect of facies and diagenesis

Bojan OGORELEC¹, Tadej DOLENEC^{2,3} & Jože PEZDIČ²

¹Geološki zavod Slovenije, Dimičeva 14, 1000 Ljubljana

²Naravoslovnotehniška fakulteta, Odsek za geologijo, Univerza v Ljubljani, Aškerčeva 12, 1000 Ljubljana

³Inštitut Jožef Stefan, Jamova 12, 1000 Ljubljana

Ključne besede: karbonatne kamnine, izotopska sestava, kisik, ogljik, mikrofacies, diageneza, mezozoik, Slovenija

Key words: carbonate rocks, isotope composition, oxygen, carbon, microfacies, diagenesis, Mesozoic, Slovenia

Kratka vsebina

Izotopska sestava $\delta^{18}\text{O}$ in $\delta^{13}\text{C}$ blizu 300 vzorcev apnencev in dolomitov mezozojske starosti slovenskega prostora kaže, da je ta pogojena predvsem z njihovo mineralno sestavo, povečano primesjo organske snovi ter z diagenetskimi procesi. Apnenci različnih sedimentacijskih okolij (odprti in zaprti šelf, lagune, globlje okolje) imajo $\delta^{18}\text{O}$ v razponu med 22 in 30 ‰ SMOW, $\delta^{13}\text{C}$ pa okrog 2 ‰ PDB. Zgodnjediagenetski dolomiti so glede na apnenec obogateni s težkim kisikovim izotopom za 2 do 5 ‰, kasnodigenetski dolomiti in dedolomiti pa so glede na apnenec obogateni z lahkima izotopoma kisika in ogljika. Apnenci, ki vsebujejo povišano primes organske snovi in tisti, ki so se odlagali v sladkovodnem okolju (npr. haracejski apnenci) ali kažejo znake meteorske diageneze pa so do 8 ‰ obogateni z lahkim izotopom $\delta^{13}\text{C}$. Geološka starost raziskanih vzorcev ne vpliva na izotopsko sestavo karbonatnih kamnin.

Abstract

Isotope composition of nearly 300 mostly Mesozoic limestone and dolomite samples were examined and show that $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ changes depend on mineral composition of carbonate, increased organic matter admixture and diagenetic processes. Limestone of different sedimentary environments (open or restricted shelf, lagoons, deeper water...) has $\delta^{18}\text{O}$ ranging from +22 to +30 ‰ SMOW, and $\delta^{13}\text{C}$ around +2 ‰ PDB. Early-diagenetic dolomites are in comparison to limestone, enriched in the heavy oxygen isotope for 2 to 5 ‰, while late-diagenetic dolomites and de-dolomites are depleted in heavy isotopes, as well as for oxygen as for carbon. Limestone with higher content of organic matter, those samples which were deposited in the freshwater environment - i.e. characean limestone and those which underwent vadose diagenesis, are enriched in light carbon isotopes. The different age of examined carbonate samples is not reflected in the changes of O and C isotope composition.

Uvod

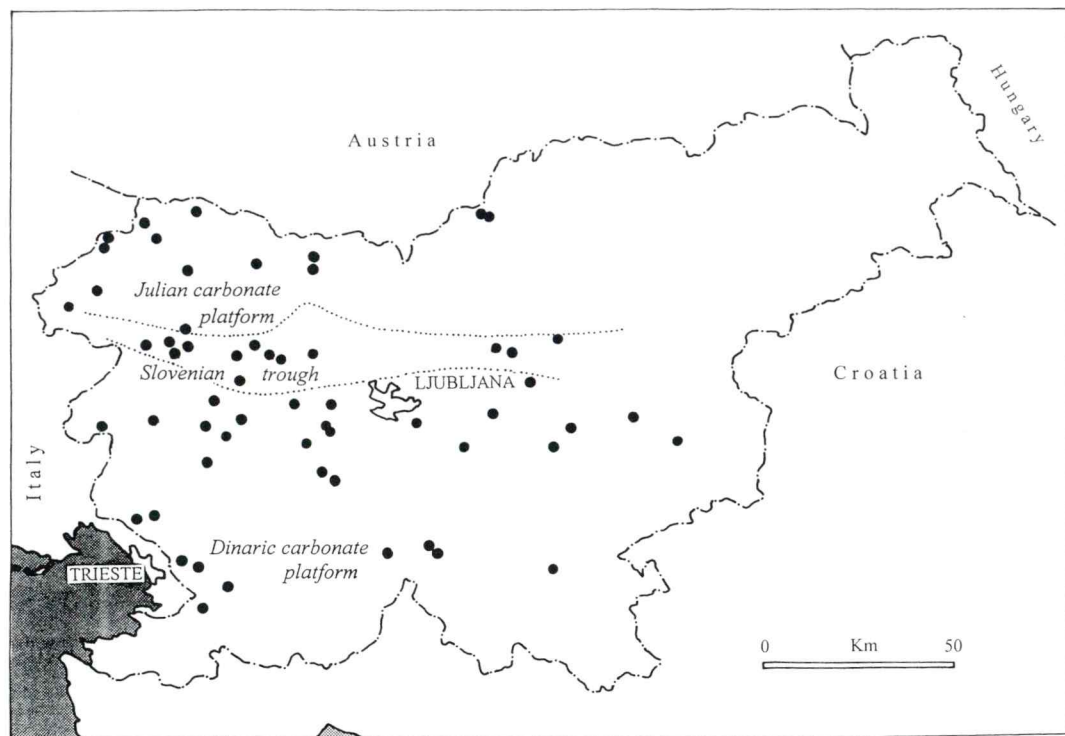
Izotopska sestava kisika in ogljika je v zadnjih dvajsetih letih postala pri študiju nastanka karbonatnih sedimentov in njihove diageneze nepogrešljiva. Poseben razmah je ta geokemična metoda pridobila še z izpolnjeno analitsko tehniko, ki zahteva minimalne količine vzorcev.

V slovenskem prostoru imajo izotopske raziskave karbonatnih kamnin že dokaj dolgo tradicijo. Med začetke sodijo paleotemperaturne študije zgornjepermskih in krednih apnencev z območja Velebita, Istre in Dinaridov nasploh (Polšak & Pezdnič, 1978), kasneje pa zasledimo predvsem analize $\delta^{18}\text{O}$ in $\delta^{13}\text{C}$ v karbonatih slovenskih rudišč (Dolenc et al., 1982, 1990, 1993 a,b,c), posamezne poizkuse paleotemperaturnih interpretacij okolja nastanka karnijskih plasti (Dolenc & Jelen, 1987), glavnega dolomita in dachsteinskega apnenca (Ogorelec & Rothe, 1993),

skitijskih plasti pri Trziču (Dolenc et al., 1981), v zadnjem času pa predvsem o izotopskih spremembah v plasteh na meji med kredo in terciarjem (Dolenc et al., 1995b; Dolenc & Pavšič 1995; Ogorelec et al., 1995; Drobne et al., 1996) in na meji perm/trias v Karavankah (Dolenc et al. 1995a, 1998) ter v dolini Idrijce (Dolenc & Ramovš 1998; Dolenc et al., 1999a, 1999b).

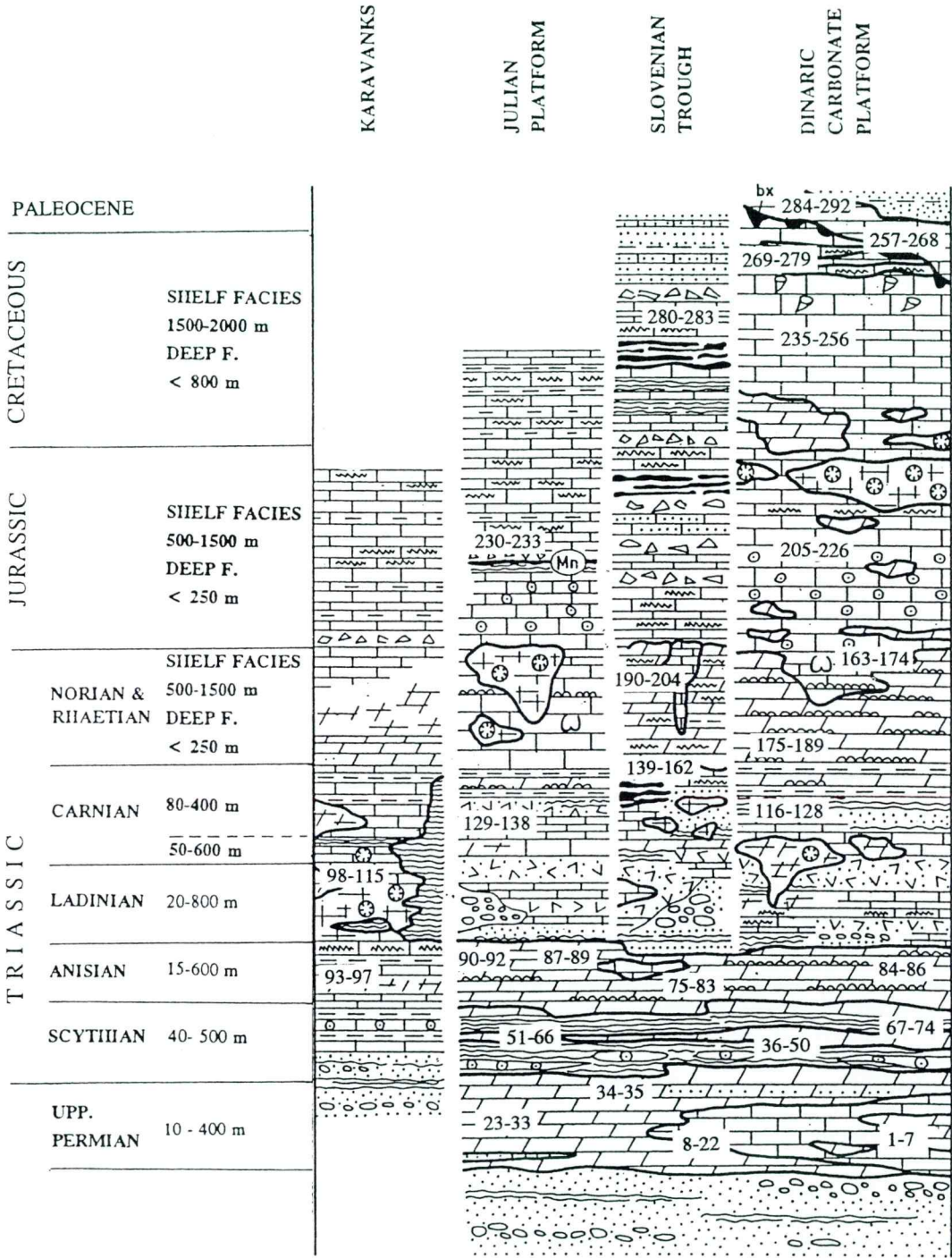
S predstavljenim prispevkom želimo podati sistematični, a vseeno še orientacijski pregled sestave $\delta^{18}\text{O}$ in $\delta^{13}\text{C}$ v mezozojskih karbonatnih kamninah zahodne Slovenije, ki ga avtorji izvajamo in dopolnjujemo že več kot deset let. V skopi obliki so bili dosedaj rezultati te študije podani le v kratkem (Ogorelec et al., 1998).

Okrog dve tretjini slovenskega ozemlja grade apneneci in dolomiti različnih starosti. Najbolj pogosto so karbonatne kamnine zastopane v celotnem mezozojskem obdobju, oziroma v časovnem intervalu med zgor-



Sl. 1. Položaj raziskanih vzorcev mezozojskih karbonatnih kamnin za njihovo izotopsko sestavo

Fig. 1. Sampling sites of Mesozoic carbonate rocks studied for isotopic composition



Sl. 2. Shematski litološki razvoj karbonatnih kamnin v Sloveniji
38-49: stratigrafski položaj raziskanih vzorcev

Fig. 2. Schematic presentation of lithostratigraphic development of carbonate rocks in Slovenia
38-49: stratigraphic position of investigated samples

njim permom in paleogeonom, prostorsko pa izdanjajo predvsem v zahodni in južni Sloveniji (sl. 1). Njihovo sedimentacijsko okolje je bilo dokaj različno. V času med zgornjim permom in anizijem je celotno slovensko ozemlje pripadalo enotni Slovenski karbonatni plošči, ki je v zgornjem aniziju razpadla na Dinarsko karbonatno ploščo na jugu in Julijsko karbonatno ploščo na severu ter na vmesni Slovenski jarek. Ta se je vlekel od Tolmina preko osrednje Slovenije proti vzhodu (B u s e r, 1989).

Glavni namen pričujoče študije je, da podamo osnovne oziroma orientacijske vrednosti $\delta^{18}\text{O}$ in $\delta^{13}\text{C}$ apnencev in dolomitov različnih geoloških dob ter da povežemo in raziščemo odnose med izotopsko sestavo O in C teh vzorcev v odvisnosti od sedimentacijskega okolja, mikrofaciesa ter diagenetskih značilnosti. V ta namen smo izbrali blizu 300 vzorcev različnih geoloških formacij, glede na njihovo mineralno sestavo, okolje nastanka (plitvo morje, litoral, odprti ali zaprti šelf, laguna, greben, evaporitno okolje, globljevodno okolje, brakično okolje), diagenetske značilnosti (npr. dolomitizacija, dedolomitizacija, vpliv evaporitnih mineralov) ter druge parametre (npr. povišan delež organske snovi). Stratigrafski položaj raziskanih vzorcev je prikazan v shematskem litološkem stolpcu (sl. 2).

Glede na to, da je v slovenskem prostoru pričela karbonatna sedimentacija v večjem obsegu z morsko transgresijo na klastite Gródenske formacije v zgornjem permu, smo v študijo zajeli poleg mezozojskih karbonatov tudi nekaj zgornjepermskih apnencev in dolomitov. Prav tako pa smo za primerjavo raziskali tudi nekaj apnencev paleocenske starosti, ki pripadajo Liburnijski formaciji s stratigrafskim razponom od maastrichtija do danijskega.

Analizirani vzorci so bili odvzeti v okviru različnih raziskovalnih nalog, predvsem študij v okviru projekta Mezozoika v Sloveniji, Osnovne geološke karte 1:100.000, raziskav za nafto in plin ter posebej za namen te objave. Zbrani rezultati predstavljajo šele preliminarne podatke o izotopski sestavi O in C v karbonatih raziskanih formacij, istočasno pa so lahko dobra osnovno za poglajbene študije v bodočnosti.

Analitske metode

Za izotopske meritve so primerni le vzorci kamnin, ki niso prepereli ali rekristalizirani. Izbrane vzorce apnencev in dolomitov smo zmelili in homogenizirali. Ker je za masnospektrometrične meritve potrebna plinska spojina, smo karbonate pretvorili v CO_2 s 100 % fosforno kislino (H_3PO_4) pri temperaturi 50 °C. Dobljeni plin smo osušili in merili $\delta^{18}\text{O}$ in $\delta^{13}\text{C}$ z masnim spektrometrom Varian MAT 250. Celokupna zanesljivost rezultatov izotopskih meritev je $\pm 0,15\text{‰}$ za kisik in $\pm 0,10\text{‰}$ za ogljik. Rezultati so bili zaradi frakcionacije med karbonatom, CO_2 in fosforno kislino popravljeni s faktorjem 1,00925 za kalcit in 1,01038 za dolomit in normalizirani glede na mednarodni standard IAEA-CO-1 na PDB skali. Dobljene vrednosti izotopske sestave so funkcijsko povezane z frakcionacijskim faktorjem (α), obogatitvenim faktorjem (ϵ) in temperaturo (t) s sistemom enačb (F r i t z & F o n t e s, 1980):

$$\Delta_{(A-B)} = \delta_A - \delta_B \approx \epsilon_{(A-B)} = 1000 \ln \alpha_{(A-B)} = aT^{-2} + bT^{-1} + c$$

kjer so a, b in c konstante, ki sta jih zbral F r i d m a n in O' N e i l (1977).

Na podlagi poznavanja potrebnih količin, lahko tudi za karbonatni sistem izračunamo druge količine, npr. temperaturo obarjanja karbonata ali izločanja biogenega karbonata. Ob poznavanju izotopske sestave kisika pa lahko izračunamo tudi frakcionacijski faktor med kalcitom (apnencem) in dolomitom.

Pogosto se za izračun ravnotežne temperature nastajanja karbonatov uporablja empirična enačba (F r i t z & F o n t e s, 1980):

$$t [^\circ\text{C}] = 16,4 - 4,2 (\delta_m - \delta_c) + 0,13 (\delta_m - \delta_c)^2$$

pri čemer je δ_m izotopska sestava $\delta^{18}\text{O}$ karbonatne kamnine v enotah PDB, δ_c pa izotopska sestava morske vode (poprečno je $\delta^{18}\text{O} = 0\text{‰}$).

Izračunane vrednosti dajo realne rezultate za obarjane karbonate. Izotopska frakcija v geokemijskem ciklu in teoretske

osnove stabilnih izotopov karbonatnih kamnin so sistematsko prikazane v delu J. Pezdíča (1999).

Rezultati raziskav

Podatke o izotopski sestavi O in C v raziskanih vzorcih zaradi boljše preglednosti podajamo v tabelah 1 do 9 in na slikah 3 do 12, posebej za vsako geološko obdobje. Poleg oznake vzorcev prikazujemo v tabelah tudi njihovo mineraloško sestavo, strukturni tip kamnine, facies in tiste diagenetske značilnosti, ki vplivajo na njihovo izotopsko sestavo (zgodnje- ali kasnodigenetska dolomitizacija, dedolomitizacija, vadozna ali freatična cementacija, evaporiti ...).

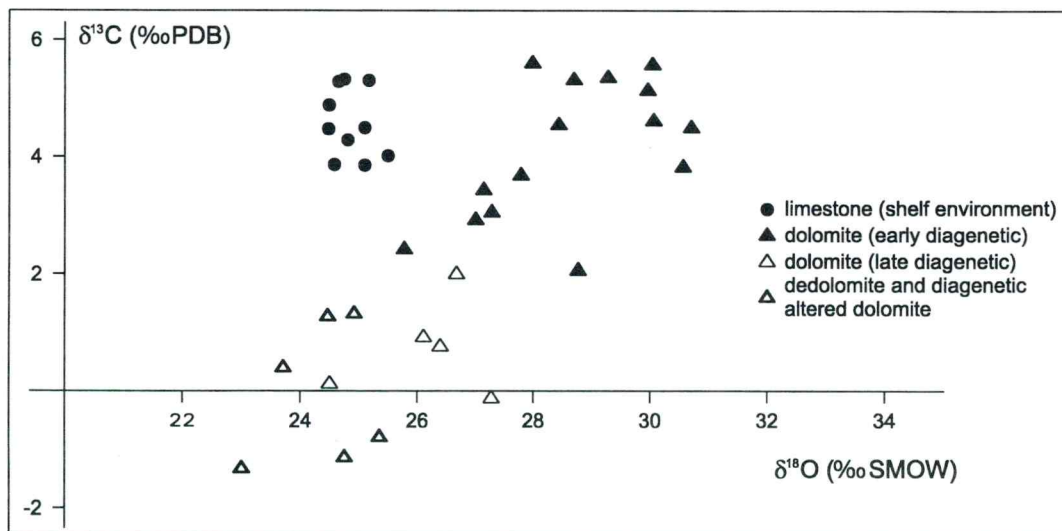
Zgornji perm

Za obdobje zgornjega perma so litološko značilni trije tipi karbonatnih kamnin. V zahodnem in južnem delu Slovenije, ki je takrat pripadal enotni Slovenski karbonatni plošči, so razviti predvsem **temni biomi-kritni različki apnenca** (vzorci 1-22, sl. 2). Skeletne alge so v njem večkrat tako številne, da so kamenotvorne (tab. 1, sl. 1 in 2).

V literaturi je ta apnenec znan kot žažarski apnenec (R a m o v š, 1958; B u s e r et al., 1986). Odlagal se je v zaprtem, zelo plitvem šelfu in lagunah, v katerih je občasno prišlo zaradi vroče klime tudi do kristalizacije evapornih mineralov, predvsem sadre. Nekateri vzorci apnenca imajo rahlo višji delež organske snovi (do 0,8 %, O g o r e l e c et al., 1996). Podoben razvoj zgornjeperm-skih plasti, kot ga opazujemo v raziskanih profilih na Vojskarski planoti (kmetija Rejc), v Javorjevem dolu pri Sovodnju ter v dolini Idrije pri Masorah, je poznani tudi iz širšega prostora Karnijskih Alp (B u g g i s c h, 1974) in Velebita (S r e m a c, 1991).

V Karavankah (vzorci 23-33, sl. 2) so zgornjeperm-ske plasti razvite predvsem kot **drobnozrnat zgodnjediagenetski dolomit**, med katerim pa se pojavljajo tudi več metrov, mestoma tudi nekaj deset metrov debeli paketi **celičnega dolomita** ("rauchwacke, cellular dolomite"), ki kažejo na bolj evapori-tno okolje sedimentacije (D o l e n e c et al., 1981).

Izotopska sestava raziskanih zgornjeperm-skih apnencev in dolomitov je razvidna iz tabele 1. Raziskani vzorci (sl. 3) so razporejeni, skladno z vrsto karbonata, v tri jasne skupine. Deset različkov biomikritnega



Sl. 3. Izotopska sestava $\delta^{18}\text{O}$ in $\delta^{13}\text{C}$ raziskanih zgornjeperm-skih karbonatnih kamnin

Fig. 3. Isotopic composition of $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ for Upper Permian carbonate rocks

Tabela 1: Sestava stabilnih izotopov, litologija in facies zgornjepermjskih karbonatnih kamnin

Table 1: Stable isotope composition, lithology and facies of Upper Permian carbonate rocks

Sample No.	Lithology	Facies	Diagenetic features	$\delta^{18}\text{O}$ ‰ SMOW	$\delta^{13}\text{C}$ ‰ PDB	
1 - 7 Vojsko plateau-Ildrija						
VP 10	black biomicritic limestone	restricted shelf lagoon	early diagenetic dolomitization	25.50	4.01	
VP 13	"			25.10	3.85	
VP 16	"			25.10	4.49	
VP 17	black micritic dolomite			28.44	4.53	
VP 21	"			27.79	3.67	
VP 32	"			29.28	5.34	
VP 39	"			30.04	5.56	
8 - 20 Javorjev dol - Žiri area						
Jd 2	black micritic dolomite	restricted shelf, lagoon	early diagenetic dolomitization	27.99	5.59	
Jd 7	"			27.01	2.91	
Jd 9	"			27.15	3.42	
Jd 11	"			28.70	5.30	
Jd 17	cellular dolomite			24.47	1.27	
Jd 23a	micritic dolomite			30.70	4.48	
Jd 24	black biomicritic limestone			24.48	4.70	
Jd 27	"		24.65	5.28		
Jd 28	"		24.58	3.86		
Jd 30	"		24.75	5.32		
Jd 32	"		24.81	4.28		
Jd 39	spary dolomite		23.71	0.40		
Jd 45	"		25.35	- 0.79		
21 - 22 Masore - Ildrija						
Ma 35	black biomicritic limestone		lagoon		25.17	5.30
Ma 41	"				24.49	4.88
23 - 33 Tržič - Karavanke Mts.						
Tž 4	black micritic dolomite	restricted shelf, littoral	early diagenetic dolomitization	25.78	2.41	
Tž 5	dolomitic sandstone			24.50	0.12	
Tž 11	micritic dolomite			26.68	1.99	
Tž 13	cellular dolomite			24.75	- 1.14	
Tž 15	"			24.92	1.32	
Tž 16	gray micritic dolomite			28.77	2.05	
Tž 18	cellular dolomite			23.00	- 1.33	
Tž 24	gray micritic dolomite			29.96	5.12	
Tž 28c	"			30.55	3.81	
Tž 29	"			30.06	4.60	
Tž 32	spary dolomite			late diagenetic dolomitization	26.40	0.76
Tž 34	"			27.28	- 0.13	
34 - 35 Češnjica - Trojane						
Če 2	black biomicritic dolomite	lagoon	early dolomitization	27.92	3.04	
Tr 12	gray spary dolomite		late dolomitization	26.11	0.92	

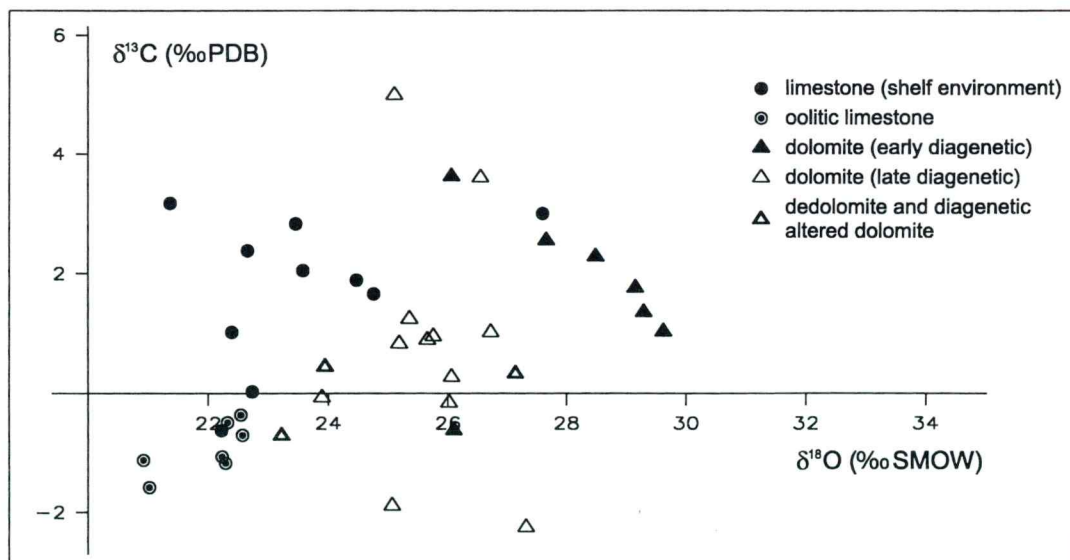
apnenca je razporejenih v zelo ozko polje z vrednostmi med 24,48 in 25,50 ‰ za $\delta^{18}\text{O}$ in med 3,67 in 5,32 ‰ za $\delta^{13}\text{C}$ (PDB). Dobljene vrednosti $\delta^{18}\text{O}$ za biomikritni apnenec so v primerjavi z recentnimi apnenci za okrog 5 ‰ nižje (F a u r e, 1977), kar kaže, da je najverjetneje pri postsedimentacijskih procesih prišlo do izotopske izmenjave kisika med raztopinami z manjšo ali večjo vsebnostjo meteorske vode in kisikom iz kamnin. To je povzročilo osiromašenje apnenca s težkim kisikovim izotopom O^{18} in seveda ustrezno zmanjšanje vrednosti $\delta^{18}\text{O}$, kar seveda onemogoča določitev paleotemperatur v njihovem sedimentacijskem okolju.

Za omenjene apnence, kakor tudi za druge zgornjepermske karbonatne kamnine, je značilna močna obogatitev s težkim ogljikovim izotopom ^{13}C . Omenjena obogatitev je globalnega značaja in je povezana s takratno izotopsko sestavo ogljika v atmosferskem CO_2 , ki je posledica povečane sedimentacije in vezave organske snovi v sedimentih v zgornjem paleozoiku (M a g a r i t z & H o l s e r, 1991).

V primerjavi z apnenci so zgornjepermski dolomiti obogateni s težkim kisikovim izotopom, pri čemer pa je njihova izotopska sestava ogljika podobna kot pri apnencih. Moderni dolomiti iz Arabskega zaliva ima-

jo $\delta^{18}\text{O}$ približno v območju od +30,4 do +34,3 ‰, medtem ko niha $\delta^{18}\text{O}$ v dolomitih iz Baffin Bay celo od +34,5 do +35,5 ‰ (T u c k e r, 1990). Dobljene vrednosti so značilne za nastanek karbonatnih mineralov iz hiperslanih morskih raztopin (P e r k i n s al., 1994). Izmerjene vrednosti $\delta^{18}\text{O}$ naših vzorcev so najverjetneje posledica manjšega dotoka sladke vode v evaporitno okolje in/ali kasnejših postsedimentacijskih procesov. Raziskave karbonatnih kamnin so pokazale, da je njihova izotopska sestava kisika bolj rezultat sprememb v času diageneze in zgodnjega metamorfizma kot izotopska sestava ogljika (M a g a r i t z, 1975, 1983). Zaradi tega je parameter $\delta^{13}\text{C}$ pomemben paleoceanografski indikator, medtem ko je $\delta^{18}\text{O}$ le izjemoma.

Drugo skupino 15 vzorcev tvorijo različni zgodnjediagenetskega dolomita, ki so v območju 25,78 in 30,70 ‰ za $\delta^{18}\text{O}$ in med 1,99 in 5,56 ‰ za $\delta^{13}\text{C}$, s povprečjem okrog 28 ‰ za O in 4 ‰ za C. Obogatitev dolomita s težkim izotopom ^{18}O za okrog 4 ‰ se približno ujema s teoretskimi podatki za dolomit (H o e f s, 1987) in se sklada tudi z izotopsko sestavo zgornjepermskih dolomitov alpskega prostora (B u g g i s c h, 1974; M a g a r i t z & H o l s e r, 1991). Tretjo skupino pa sestavljajo diagenetsko močno



Sl. 4. Izotopska sestava $\delta^{18}\text{O}$ in $\delta^{13}\text{C}$ skitijskih karbonatnih kamnin

Fig. 4. Isotopic composition of $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ for Scythian carbonate rocks

Tabela 2: Sestava stabilnih izotopov, litologija in facies skitijskih karbonatnih kamnin

Table 2: Stable isotope composition, lithology and facies of Scythian carbonate rocks

Sample No.	Lithology	Facies	Diagenetic features	$\delta^{18}\text{O}$ ‰ SMOW	$\delta^{13}\text{C}$ ‰ PDB
36 - 37	Idrija - Hg mine				
2 s	micritic dolomite	restricted shelf	dedolomite	27.14	0.33
71 s	spary dolomite		"	23.94	0.44
38 - 49	Dedjek - Polhov Gradec				
De 6	gray spary dolomite	littoral	late diag.dolomite	26.55	3.60
De 7	"			25.10	4.99
De 13	red oolitic limestone	tidal	vadose	20.92	- 1.12
De 17	"	channels	influence	22.23	- 1.06
De 19	"			21.02	- 1.58
De 31	gray dolomite	littoral	early	28.94	2.28
De 32	"		diagenetic	29.15	1.76
De 39	"	restricted	dolomitization	29.29	1.35
De 44	black micritic limesotne	shelf		22.73	0.03
De 49	"			23.45	2.83
De 54	blac marly limestone			27.50	3.00
De 55	gray micritic dolomite			29.62	1.03
50	Mladi vrh near Blegoš				
R 201	micritic dolomite	lagoon	early dolomitization	26.06	3.62
51 - 66	Tržič - Karavanke Mts.				
Tž 40	biomicritic limestone			22.65	2.38
Tž 41	"	restricted shelf &		21.36	3.17
Tž 51	"	terestic influence		22.39	1.02
Tž 60	red oolitic limestone			22.32	- 0.49
Tž 68	"	tidal channels,	vadose influence &	22.54	- 0.36
Tž 71	"	littoral	hematite	22.57	- 0.70
Tž 72	micritic limestone			22.22	- 0.62
Tž 80a	sandstone	carbonate clastic		24.75	1.66
Tž 80e	red oolitic limestone	environment,		22.29	- 1.17
Tž 80f	spary dolomite	shelf	vadose	27.32	- 2.25
Tž 82	micritic dolomite		environemnt	26.02	- 0.16
Tž 85	spary limestone		influence	26.10	- 0.62
Tž 86	"			25.07	- 1.90
Tž 91	micritic dolomite	restricted shelf		27.66	2.55
Tž 99	biomicirtic limestone			24.46	1.89
Tž 100	"			23.57	2.05
67 - 69	Ledina - Pb-Zn mine near Sevnica				
L 2	spary oolitic dolomite			26.06	0.27
L 5	"	littoral, shelf	late diagenetic	25.18	0.83
L 11	"		dolomitization	23.89	- 0.07
70 - 74	Bohor - Pb-Zn mine				
B 5	gray spary dolomite		late diagenetic	26.72	0.27
B 6	"		dolomitization	25.75	0.95
B 8	"	restricted shelf		25.65	0.89
B 72	"			25.35	1.24
B 90	"		dedolomite	23.22	- 0.71

spremenjeni dolomiti - kasnodiaogenetski zrnati dolomit ter celični dolomit. Za to skupino sta značilna tako lahka sestava $\delta^{18}\text{O}$ (23,0 do 27,28 ‰ SMOW) kot $\delta^{13}\text{C}$ (-1,33 do +1,27 ‰ PDB).

Posebno poglavje o izotopski sestavi karbonatnih kamnin pa predstavljajo apnenci in dolomiti na prehodu iz perma v skitij. Na P/T meji naj bi prišlo do drastične obogatitve z lahkim izotopom $\delta^{13}\text{C}$ (tudi do 6 ‰ in več) ter malenkostno tudi z $\delta^{18}\text{O}$, kot posledico globalnih sprememb klime na celotnem planetu (M a g a r i t z et al., 1992; W a n g et al., 1994; F a u r e et al., 1995). Te spremembe v izotopski sestavi karbonatov na P/T meji so v zadnjih letih bile ugotovljene tudi na slovenskem prostoru, tako v Karavankah (D o l e n e c et al. 1995a, 1998) kot tudi v dolini Idrije (D o l e n e c & R a m o v š 1998; D o l e n e c et al., 1999a, b). Drastična sprememba izotopske sestave ogljika na prehodu iz perma v trias je najverjetneje posledica globalne zgornje-permske regresije. Ta je povzročila povečano erozijo in oksidacijo organskih komponent v sedimentih izpostavljenih preperevanju. Posledica regresije je bilo tudi uničenje terestričnih in morskih ekosistemov in povečan fluks izotopsko lažjega CO_2 v atmosfero (B e u k e s et al., 1990; M a g a r i t z & H o l s e r, 1991; F a u r e

et al., 1995). Ta se je uravnotežil z oceansko vodo, kar je imelo za posledico tudi nastanek karbonatnih kamnin, obogatenih z lahkim ogljikovim izotopom ^{12}C .

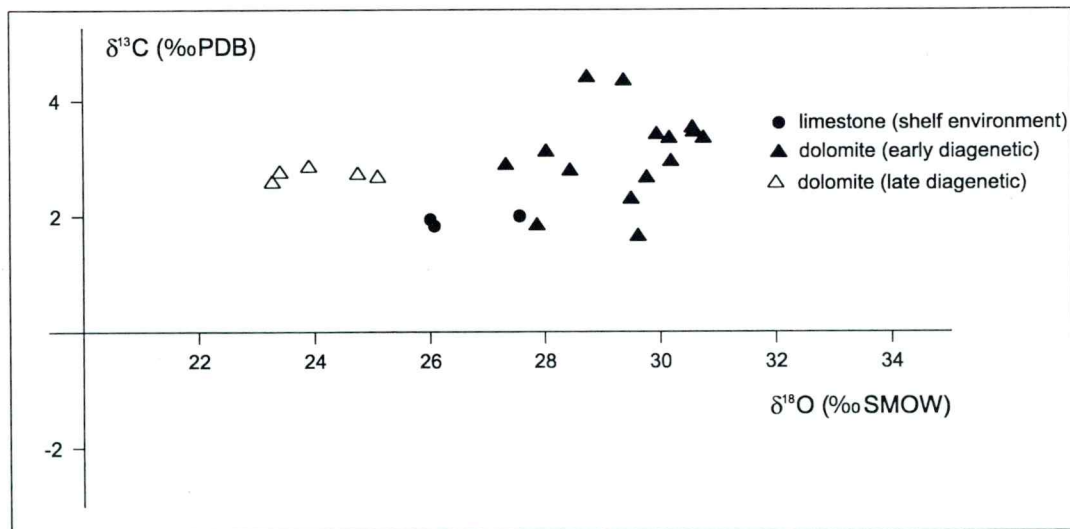
TRIAS

Skitij

Za razvoj skitijskih plasti v slovenskem prostoru je značilno menjavanje klastičnih in karbonatnih kamnin, med katerimi so zastopani tako apnenci kot tudi dolomiti. Vsi sedimenti so se odlagali na zelo plitvem in dokaj mirnem šelfu, za klastite pa domnevamo, da so produkt eolskih procesov. Slednje sestavljajo pretežno laporji in drobnozrnati muljevci s karbonatnim vezivom.

V okviru izotopske študije smo raziskali 38 vzorcev apnenca in dolomita iz Karavank (profil Tržič-Lom pod Storžičem; D o l e n e c et al., 1981), žirovskega ozemja (profil Dedjek pri Polhovem Gradcu; G r a d & O g o r e l e c, 1980), idrijskega rudnika (Č a r et al., 1980) ter iz Pb-Zn rudišč v vzhodnih Posavskih gubah (Ledina pri Sevnici, Bohor).

Izotopska sestava raziskanih vzorcev je podana v tabeli 2 in na sliki 4. Raziskane vzorce smo razdelili v štiri skupine. Deset



Sl. 5. Izotopska sestava $\delta^{18}\text{O}$ in $\delta^{13}\text{C}$ anizijskih apnencev in dolomitov

Fig. 5. Isotopic composition of $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ for Anisian limestones and dolomites

Tabela 3: Sestava stabilnih izotopov, litologija in facies anizijskih apnencev in dolomitov
 Table 3: Stable isotope composition, lithology and facies of Anisian limestones and dolomites

Sample No.	Lithology	Facies	Diagenetic features	$\delta^{18}\text{O}$ ‰ SMOW	$\delta^{13}\text{C}$ ‰ PDB
75 - 81	Todraž near Gorenja vas				
P 3-5,5m	micritic dolomite			29.93	3.40
P 30m	"	restricted	early	30.55	3.51
P 51m	"	shelf,	diagenetic	30.57	3.44
P 73m	"	littoral	dolomitization	30.15	3.33
P 98m	"			30.74	3.33
P 132m	"			28.44	2.77
P 190m	"			29.61	1.64
82 - 83	Mladi vrh near Blegoš				
B1 203	micritic dolomite	restricted	early diagenetic	28.73	4.39
B1 212	"	shelf	dolomitization	29.49	2.28
84 - 86	Zagorje - Kisovec				
Za 2	micritic dolomite	restricted	early	30.18	2.93
Za 7	stromatolitic dolomite	shelf,	diagenetic	29.76	2.65
Za 14	" (loferite)	littoral	dolomitization	29.36	4.33
87 - 89	Bled - Grad				
Bg 1	algal limestone			26.07	1.83
Bg 2	"	reef	recrystallization	27.56	2.00
Bg 10b	"			20.00	1.94
90 - 92	Tržič				
Tž 108	micritic dolomite		early	27.86	1.83
Tž 112	"	shelf,	diagenetic	28.02	3.10
Tž 115	" (loferite)	littoral	dolomitization	27.32	2.87
93 - 97	Topla Pb-Zn mine, Mežica				
B 1	spary dolomite			23.39	2.74
B 2	"	restricted	late	23.89	2.84
B 5	"	shelf,	diagenetic	23.26	2.57
B 16	"	lagoon	dolomitization	24.73	2.72
B 20	"			25.08	2.66

vzrocev pripada **temnemu biomikritnemu in rahlo lapornatemu apnencu** s povišanim deležem organske snovi (wackestone, packstone, fosili foraminifera *Meandrospira pusilla* Ho). Ti imajo sestavo $\delta^{18}\text{O}$ v razponu med 21,36 in 24,46 ‰ za izjemo enega vzorca, ki ima vrednost $\delta^{18}\text{O}$ 27,60 ‰, delež $\delta^{13}\text{C}$ pa se jim giblje med - 0,62 in + 3,17 ‰ PDB. Poseben tip apnenca je **gastropodni biosparit**, značilen za skitijsko zaporedje (tab. 1. sl. 3).

Drugo skupino predstavlja **mikritni zgodnjediagenetski dolomit**, ki je koncentriran v polju za $\delta^{18}\text{O}$ med 27,66 in 29,62 ‰ ter $\delta^{13}\text{C}$ med 0,62 in 3,62 ‰ PDB. Izjema je zopet en vzorec z vrednostmi 26,02 ‰ za $\delta^{18}\text{O}$ in - 0,16 ‰ za $\delta^{13}\text{C}$. Nizka vrednost ^{13}C pri tem vzorcu je pogojena z vplivom vadozen cementacije v kasnejši diagenezi. Tretji skupini pripadajo vzorci **kasnodigenetskega zrnatega dolomita** in dedolomita, ki so v primerjavi z zgodnjediagenetskim dolomi-

tom obogateni z lahkima izotopoma $\delta^{18}\text{O}$ (23,22 do 27,32 ‰ in $\delta^{13}\text{C}$ (- 2,25 do + 4,99 ‰ s povprečjem okrog + 0,5 ‰ PDB).

Posebno skupino v skitijskem zaporedju pa predstavlja **oolitni apnenec**, ki je zaradi hematitnega pigmenta obarvan rdečkasto in je stratigrafsko značilen litološki tip (tab. 1, sl. 4). Sedem vzorcev oolitnega apnenca je koncentriranih v ozkem polju, za katerega je značilna sestava lahkega izotopa tako kisika ($\delta^{18}\text{O}$ je med 20,92 in 22,57 ‰) kakor tudi ogljika ($\delta^{13}\text{C}$ je med - 1,58 in - 0,36 ‰ PDB). Lahko sestavo obeh iztopov povezujemo z diagenetskimi procesi v vadoznom okolju (D o l e n e c et al., 1981).

Anizij

Anizijske plasti so v Sloveniji razvite pretežno kot plastovit dolomit, le mestoma kot apnenec (vzorci 75-97, sl. 2, tabela 3). Tak primer je npr. **masivni grebenski** oziroma **algi apnenec**, ki gradi steno Blejskega gradu (F l ü g e l et al., 1993) in iz katerega smo raziskali tri vzorce. Ti so zgoščeni v polje med 26 in 28 ‰ SMOW za $\delta^{18}\text{O}$ in okrog + 2 ‰ PDB za $\delta^{13}\text{C}$ (tabela 3, sl. 5).

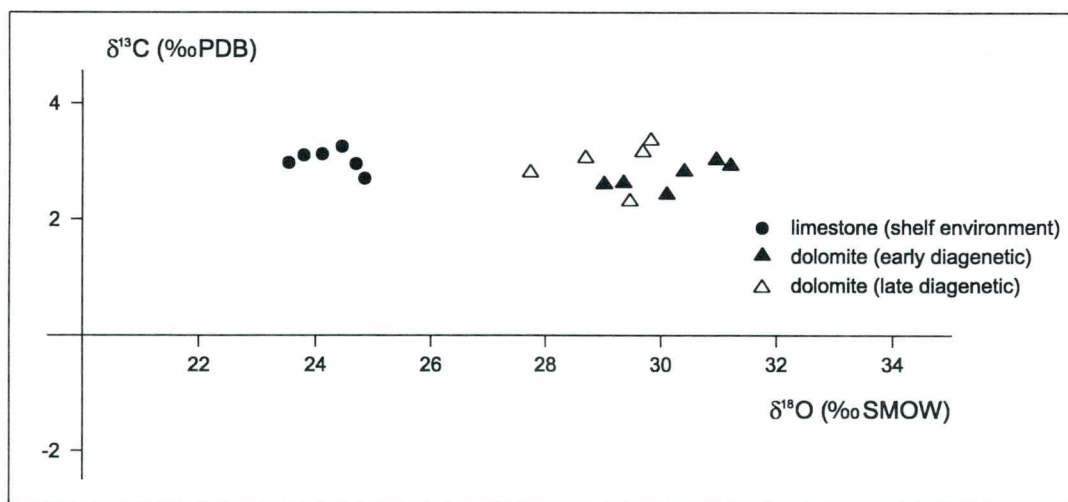
Večina raziskanih vzorcev anizijskih karbonatnih kamnin pripada **zgodnjediagenetskemu dolomitu**, največkrat mikritne-

mu in stromatolitnemu tipu plitvovodnega in litoralnega okolja (tab. 1, sl. 6). Raziskan je bil v Posavskih gubah, na žirovskem ozemlju in v Karavankah. Dolomit je rahlo obogaten s težkim kisikovim izotopom. $\delta^{18}\text{O}$ se mu giblje v razponu med 26,07 in 30,58 ‰ SMOW, $\delta^{13}\text{C}$ pa med 1,64 in 4,39 ‰ PDB, kar približno sovпада z zgornjepermskim dolomitom.

Tretjo skupino raziskanih anizijskih vzorcev pa sestavlja pet vzorcev **kasnodia-genetskega zrnatega dolomita** iz Pb-Zn rudišča Topla pri Mežici (Š t r u c l 1974; D o l e n e c et al. 1990). Ta dolomit je za razliko od zgodnjediagenetskega obogaten z lahkim kisikovim izotopom. $\delta^{18}\text{O}$ se mu giblje med 23,39 in 25,08 ‰, kar je približno za 4 do 5 ‰ manj od prvega, medtem ko je izotopska sestava $\delta^{13}\text{C}$ enaka za oba strukturna tipa, okrog 2,5 ‰ PDB.

Ladinij

Za ladinijsko obdobje je značilno, da je bila na slovenskem prostoru takrat dokajšnja tektonska aktivnost. Rezultat le te so številne predornine in njihovi tufi. Karbonatni sedimenti so zato v tej geološki dobi manj številni. Še največji obseg imata wettersteinski apnenec in dolomit, ki sta



Sl. 6. Izotopska sestava $\delta^{18}\text{O}$ in $\delta^{13}\text{C}$ ladinijskih apnencev in dolomitov iz Pb-Zn rudišča Mežica
Fig. 6. Isotopic composition of $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ for Ladinian limestones and dolomites from the Mežica Pb-Zn mine

Tabela 4: Sestava stabilnih izotopov, litologija in facies wettersteinskega apnenca in dolomita iz Mežice
 Table 4: Stable isotope composition, lithology and facies of Wetterstein limestone and dolomite from the Mežica Pb-Zn mine

Sample No.	Lithology	Facies	Diagenetic features	$\delta^{18}\text{O}$ ‰ SMOW	$\delta^{13}\text{C}$ ‰ PDB
98 - 114 Mežica Pb-Zn mine, Graben (8th level)*					
Profile GA-8					
95 m	biosparitic limestone	reef	gentle	24.12	3.12
100 m	"	and	recrystallization	23.80	3.10
105 m	coral biolite	open shelf	of	23.54	2.97
110 m	biosparitic limestone		limestone	24.85	2.70
120 m	"			24.46	3.25
130 m	biomicritic limestone			24.70	2.95
135 m	micritic dolomite			29.02	2.60
145 m	"		alternation	30.10	2.42
150 m	spary dolomite	restricted	of	27.74	2.80
160 m	"	shelf	early and	29.68	3.15
195 m	micritic dolomite	and lagoon	late	31.20	2.92
200 m	dolomitic breccia		diagenetic	30.40	2.82
205 m	"		dolomitization	30.95	3.02
210 m	spary dolomite		some	29.82	3.35
225 m	"		samples	29.46	2.30
230 m	"		rahter	30.05	2.35
240 m	micritic dolomite		bituminous	29.35	2.62
250 m	spary dolomite			28.70	3.05

*Data from Dolenc et al., 1993 a

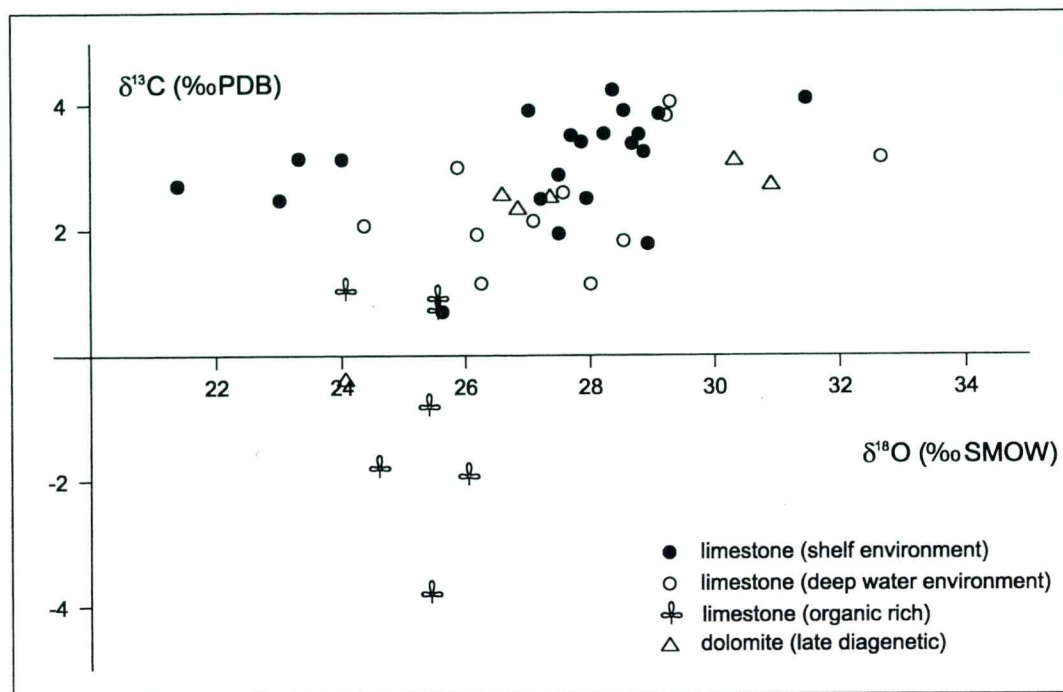
razvita predvsem v Savinjskih Alpah in severno of Periadriatskega šiva, na širšem ozemlju Pece, Mežice in Uršlje gore.

Karbonatno wettersteinsko formacijo smo z 18 vzorci raziskali na 8. obzorju svinčevo-cinkovega rudišča Mežica, v revirju Graben (D o l e n e c et al., 1993a, c; sl. 2 in 6, tabela 4, vzorci 98-115). Šest vzorcev svetlega masivnega **biosparitnega in biomikritnega apnenca** grebenskega okolja ima izotopsko sestavo $\delta^{18}\text{O}$ zelo enotno, v razponu med 23,54 in 24,85 ‰ SMOW, $\delta^{13}\text{C}$ pa prav tako enotno, s povprečjem okrog +3,20 ‰ PDB. Tudi izotopska sestava temnega, rahlo bituminoznega in **ploščastega biomikritnega dolomita**, ki je nastal z zgodnjediagenetsko dolomitizacijo v lagunskem in litoral-nem okolju, je precej enotna. 12 raziskanih vzorcev je glede na apnenec obogatenih s težkim izotopom kisika za okrog 5 ‰. Tako imajo ti $\delta^{18}\text{O}$ v območju med 27,74 in 31,20 ‰ SMOW, $\delta^{13}\text{C}$ pa med 2,42 in 3,35 ‰ PDB.

Karnij

Karnijski karbonatni sedimenti so se v slovenskem prostoru odlagali in litificirali v različnih okoljih. Tako poznamo plitvovodni, grebenski ter globjevodni razvoj in sicer v obeh, apnenčevi in dolomitni varianti. Skupno smo iz karnijskega zaporedja raziskali 46 vzorcev (tabela 5, sl. 2 in 7).

Raziskane vzorce smo po faciesu razdelili v pet skupin. Prvo skupino 16 vzorcev sestavlja temnejši in rahlo lapornat **biomikritni apnenec** (tab. 2, sl. 1), ki se je odlagal v zaprtih delih plitvovodnega šelfa in v lagunah (vzorci iz profilov Tamar in Log pod Mangartom - O g o r e l e c et al, 1984) ter nekateri vzorci iz Drenovega griča. Ti imajo izotopsko sestavo značilno za normalne apnenec, $\delta^{18}\text{O}$ v razponu med 25,56 in 29,12 ‰, $\delta^{13}\text{C}$ pa med 0,72 in 3,87 ‰ s povprečjem okrog 3 ‰ PDB. Skoraj v isto polje padejo tudi temni **biomikritni apneneci** julsko-tu-

Sl. 7. Izotopska sestava $\delta^{18}\text{O}$ in $\delta^{13}\text{C}$ karnijskih karbonatnih kamninFig. 7. Isotopic composition of $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ for Carnian carbonate rocks

valske starosti iz Belce (vzorci 144-151, sl. 2), iz Kozje dnine pod Triglavom in Vršiča (Jurkovišek et al., 1984), ki so se odlagali v globljem in zelo mirnem okolju z rahlo redukcijskimi pogoji v času sedimentacije. Njihova sestava $\delta^{18}\text{O}$ je bila izmerjena v območju med 24,37 in 28,54 ‰, delež $\delta^{13}\text{C}$ pa med 1,14 in 3,90 ‰ PDB.

Podobno skupino med apnenci grade štirje vzorci biomikritnega apnenca točneje **spongijskega biolitita** (tab. 2, sl. 2), ki gradi manjše grebenske kopuče v Hudajužni pri Podbrdu (Turšek et al., 1982). Ti vzorci imajo v povprečju za 5 ‰ lažjo izotopsko sestavo $\delta^{18}\text{O}$ od ostalih karnijskih apnencev, kar lahko povezujemo s kasnejšo izotopsko izmenjavo z raztopinami, osiromašenimi s težkim kisikovim izotopom v primerjavi z morsko vodo.

Četrto skupino raziskanih karnijskih karbonatov predstavljajo črni, rahlo **bituminozni biomikritni apnenci**, ki so se odlagali v lagunah in delih zaprtega šelfa in vsebujejo do 2 % organske snovi (Ogorelec et al., 1996). Taki so apnenci iz kamnoloma Drenov grič (Jelen, 1988/89;

Dolenec & Jelen, 1987). Njihova značilnost je, da so glede na ostale apnence obogateni z lahkim izotopom ogljika. $\delta^{13}\text{C}$ imajo je v območju med -3,80 in +0,91 PDB, izotopsko sestava $\delta^{18}\text{O}$ pa med 24 in 26 ‰ SMOW. Obogatitev z lahkim izotopom ogljika je rezultat povišane vsebnosti lahkega organskega ogljika v sedimentacijskem okolju.

Zadnji skupini karnijskih apnencev pripadajo trije vzorci svetlega kasnodigenetskega **zrnatega dolomita** cordevolske starosti (vzorci 125 - 127, sl. 2), v katerem prvotna struktura kamnine ni več ohranjena. Odvzeli smo jih v Suhem dolu pri Lučinah. Njihova sestava $\delta^{18}\text{O}$ se giblje okrog 27 ‰, $\delta^{13}\text{C}$ pa okrog 2,5 ‰, kar približno sovпада s kasnodigenetskimi dolomitnimi vzorci zgornjepermske, skitijske in norijsko-retijske starosti.

Norij in retij

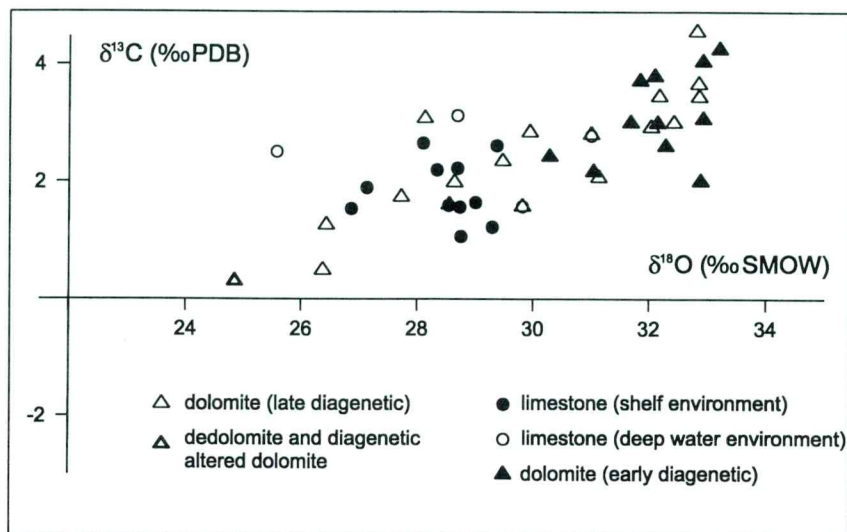
Kamnine norijsko-retijske stopnje so na celotnem ozemlju Slovenije razvite karbo-

Tabela 5: Sestava stabilnih izotopov, litologija in facies karnijskih karbonatnih kamnin

Table 5: Stable isotope composition, lithology and facies of Carnian carbonate rocks

Sample No.	Lithology	Facies	Diagenetic features	$\delta^{18}\text{O}$ ‰ SMOW	$\delta^{13}\text{C}$ ‰ PDB
116 - 124	Drenov grič (Julian & Tuvalian)				
Dg 6m	black micritic limestone			25.63	0.70
Dg 13m	"			25.41	- 0.82
Dg 22m	"			25.43	- 3.80
GR 3b*	black bitumin. limestone	restricted shelf, lagoon		25.56	0.91
VČK 43*	"	organic rich sediment		24.60	- 1.80
ZČK 13*	"			26.04	- 1.93
VČK 44a*	"			25.56	0.72
VČK 44b*	"			24.07	1.03
PU 10b*	black marl			28.93	1.78
125 - 127	Suhi dol near Lučine (Cordevolian)				
Sd 1	white spary dolomite	reef	late diagenetic dolomitization	26.85	2.32
Sd 4	"			26.60	2.54
Sd 11	"			27.37	2.50
128	Jablanica - Litija (Cordevolian)				
Ja 2	spary dolomite	reef	late dolomite	30.92	2.70
128 - 134	Tamar (Julian & Tuvalian)				
T 1	gray spary dolomite			34.57	3.06
T 11	black biomicritic limestone	restricted shelf		29.12	3.85
T 34	"	lagoon, littoral		28.79	3.52
T 41	black biomicritic limestone			31.48	4.09
T 44	"			28.68	3.37
T 54	"			28.87	3.24
135 - 138	Log pod Mangartom				
LM 3	black biomicritic limestone			28.55	3.90
LM 10	"	restricted shelf, lagoon		28.37	4.23
LM 18	"			27.87	3.40
LM 36	"			28.23	3.53
139 - 143	Hudajužna (Julian & Tuvalian)				
Hj 62b	limestone			21.39	2.70
Hj 62g	"	reef		23.01	2.47
Hj 62d	dolomite		late dolomitization	24.06	- 0.40
Hj 70	limestone			24.01	3.12
Hj 71	"			23.32	3.13
144 - 151	Belca - Karavanke Mts. (Julian & Tuvalian)				
Bc 1b	black micritic dolomite		late dolomitization	27.10	2.14
Bc 5c	black micritic limestone			27.22	2.49
Bc 6b	black micritic dolomite	deep water environment		26.19	1.93
Bc 9	black micritic limestone			27.95	2.50
Bc 10a	black micritic limestone			27.71	3.50
Bc 11a	"			27.51	1.94
Bc 13	"			27.51	2.87
Bc 15	"			27.03	3.90
152 - 155	Kozja dnina - Julian Alps (Julian & Tuvalian)				
KzD 1	biomicritic limestone	restricted shelf,		28.01	1.14
KzD 2	"	deeper envir.		25.88	2.99
KzD 3	"			28.54	1.83
156 - 157	Porezen				
19081	black limestone	deep water environment	late dolomitization	24.37	2.07
19082	black carbonate shist			26.26	1.15
158 - 162	Vršič - Julian Alps (Julian & Tuvalian)				
V 3c	dark biomicritic limestone			32.67	3.15
V 9a	"			29.24	3.82
V 21	"	deep water environment		29.30	4.04
V 38	dolomite			30.33	3.09
V 53	biomicritic dolomite			27.58	2.59

* Data from Dolenc & Jelen 1987



Sl. 8. Izotopska sestava $\delta^{18}\text{O}$ in $\delta^{13}\text{C}$ v raziskanih vzorcih glavnega dolomita, dachsteinskega apnenca in baškega dolomita

Fig. 8. Isotopic composition of $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ for Main dolomite, Dachstein limestone and Bača dolomite samples

natno, na Dinarski platformi prevsem kot do 1200 metrov debela skladovnica glavnega dolomita, na Julijskih karbonatni platformi pa kot debeloplastovit dachsteinski apnenec z redkimi vmesnimi grebenskimi masivi (sl. 2). V Slovenskem jarku pa sta istočasno nastajala Baški dolomit in Železnikarski apnenec, oba z gomolji roženca.

Glavni dolomit se je odlagal v zelo plitvem okolju zaprtega šelfa, kjer so se menjavale med- in nadplimske sedimentacijske razmere z podplimskimi, kar je pogojevalo nastanek ciklotem. Dachsteinski apnenec predstavlja lateralni razvoj glavnega dolomita in je ohranjen le tam, kjer apnenec ni zajela kasnodiaogenetska dolomitizacija in ga rekristaliziral v sparitni dolomit.

Štirideset raziskanih vzorcev norijsko-retijske starosti smo razdelili v pet skupin (vzorci 163 - 204, sl. 2 in 8, tabela 6). Dachsteinski apnenec smo raziskali na Trnovskem gozdu in pri Borovnici (O g o r e l e c & R o t h e, 1993). Ne glede na to, ali gre pri strukturi za **biomikritni**, **biosparitni** ali **oolitni tip apnenca** (tab. 2, sl. 2), pade 11 vzorcev v dokaj zgoščeno polje (sl. 8), ki ga za $\delta^{18}\text{O}$ opredeljujejo vrednosti med 28,11 in 29,38 ‰ SMOW. Na osnovi teh podatkov

predvidevamo temperaturo morja v času nastajanja dachsteinskega apnenca okrog 24°C. Rahlo nižje vsebnosti $\delta^{18}\text{O}$ (okrog 27 ‰ SMOW) kažeta dva vzorca oosparitnega apnenca. Posebno znižanje $\delta^{13}\text{C}$ (-1,92 in -1,65 ‰ PDB) pa kažeta dva vzorca gravitacijskega cementa (tab. 3, sl. 3) v izsušitvenih porah loferitnega tipa apnenca, po katerem sklepamo na meteorski vpliv v času zgodnje diageneze.

Drugo in tretjo skupino sestavljajo različni tipi **glavnega dolomita**, ki je bil prav tako raziskan s profili na Trnovskem gozdu in pri Borovnici (vzorci 175-192, sl. 2, tabela 6).

Med raziskanimi različki dolomita prevladujeta stromatolitni in loferitni tip (tab. 2, sl. 4 in 5), ki sta z ohranjeno prvotno strukturo kamnine značilna za zgodnjediagenetsko dolomitizacijo v medplimskem litoralnem okolju in sabkah. 11 teh vzorcev je glede na dachsteinski apnenec za 3 do 4 ‰ obogatenih s težkim izotopom kisika, ki niha med 30,29 in 33,20 ‰ SMOW. Dobljene vrednosti za $\delta^{18}\text{O}$ so podobne kot za dolomite iz recentnih evaporitnih okolij. Tudi vsebnost $\delta^{13}\text{C}$ je pri teh vzorcih v poprečju za kakšen ‰ višja kot pri dachsteinskem apnencu in znaša med 2 in 4 ‰ PDB. Ti po-

Tabela 6: Sestava stabilnih izotopov, litologija in facies ter diagenetske značilnosti glavnega dolomita, dachsteinskega apnenca in baškega dolomita

Table 6: Stable isotope composition, lithology, facies and diagenetic features of Main dolomite, Dachstein limestone and Bača dolomite

Sample No.	Lithology	Facies	Diagenetic features	$\delta^{18}\text{O}$ ‰ SMOW	$\delta^{13}\text{C}$ ‰ PDB
A. DINARIC CARBONATE PLATFORM					
DACHSTEIN LIMESTONE					
163 - 174	Trnovski gozd (T), Borovnica (B)				
T II 6*	oolitic limestone	open shallow		27.14	1.90
T II 8*	calcite(solution cavity)	shelf		28.35	2.20
T II 37*	biomicritic limestone			28.11	2.66
T IV 8*	"			29.38	2.62
T IV 13*	"	shelf &		28.76	1.07
T IV 17b*	calcite(solution cavity)	littoral		28.55	1.60
T V 4*	biomicritic limestone			29.01	1.65
T V 15*	"			28.74	1.57
T V 14*	oolitic limestone			26.87	1.54
B I 10*	biomicritic limestone			29.30	1.23
B I 47*	"			28.70	2.23
MAIN DOLOMITE (HAUPTDOLOMIT)					
175 - 192	Čepovan (TI, TIII), Trnovski gozd (TII, TV), - Borovnica (BII)				
T I 7*	stromatolitic dolomite		early diagenetic	32.15	3.00
T I 10*	"		dolomitization	31.85	3.72
T I 16	spary dolomite			32.43	3.01
T III 20*	micritic dolomite	restricted		32.93	3.07
T III 23	"	shallow		32.89	2.01
T III 26	"	shelf, lagoons &		32.92	4.05
T III 30*	stromatolitic dolomite	littoral		32.35	3.90
T III 33	spary dolomite		late diagenetic	32.81	4.56
T III 48	"		dolomitization	32.85	3.67
T III 54	"			32.18	3.46
T III 59	"			32.86	3.45
B II 9*	micritic dolomite		early	33.20	4.26
B II 16*	"		diagenetic	32.10	3.80
B II 33	"		dolomitization	31.69	3.01
B II 38	"			31.05	2.17
T II 45	"			30.29	2.43
B II 52	"			32.29	2.61
T V 19*	spary dolomite		dedolomite	24.85	0.30
B. DEEP WATER ENVIRONMENT (SLOVENIAN TROUGH)					
190 - 192	Cimprovka near Cerkno (Bača dolomite)				
Ba 35	spary dolomite	deep water	late	32.04	2.93
Ba 36	"	environment	diagenetic	31.01	2.81
Ba 41	"		dolomitization	29.48	2.35
193 - 197	Zakojca (Bača dolomite)				
Zkc 1	micritic dolomite	deep water	late	27.73	1.74
Zkc 2	"	environment	diagenetic	26.44	1.26
Zkc 3	"		dolomitization	26.38	0.49
Zkc 4a	dark spary dolomite			28.56	1.61
Zkc 4b	"			28.65	1.99
198 - 199	Blegoš (Bača dolomite)				
127	spary dolomite	deep		28.14	3.08
129	"	environment		29.95	2.85
200 - 201	Zatolminka near Tolmin				
Ba 1	micritic limestone	deeper		29.82	1.58
Ba 2	micritic dolomite	environment	late dolomitization	31.14	2.07
202 - 204	Železniki (Železniki limestone)				
Žel 1	gray micritic limestone	deep water		28.70	3.13
Žel 2	"	environment		25.58	2.51
Žel 3	"			31.01	2.79

* Data, measured in Geochemical Institute of University Göttingen (Prof. dr. J. Hoefs)

/from: Ogorelec & Rothe, 1993/

datki se lepo ujemajo z rezultati enako starega dachsteinskega apnenca in glavnega dolomita Severnih Alp, ki so ju raziskovali Fabricius s sodelavci (1970) in Gökdağ (1974).

Zanimivo je, da pade v isto polje, kot ga sestavljajo vzorci zgodnjiagenetskega dolomita tudi 8 različikov *kasnodiagenetskega zrnatega dolomita* (sl. 8; tab. 2, sl. 6). Na podlagi tega sklepamo, da se temperatura in izotopska sestava raztopin, ki so povzročile poznodiagenetsko dolomitizacijo v tem primeru najverjetneje ni bistveno razlikovala od raztopin (morske vode) v evapornem okolju, kjer je nastajal zgodnjiagenetski dolomit.

Poseben primer je le en raziskan vzorec **dedolomita** iz Smrekove drage na Trnovskem gozdu. Značilna za ta vzorec sta lahka izotopska sestava tako kisika ($\delta^{18}\text{O}$ je 24,85 ‰ SMOW) kot ogljika ($\delta^{13}\text{C}$ je 0,30 ‰ PDB), ki kaže na dedolomitizacijo pod vplivom raztopin z dominantno količino meteorske vode.

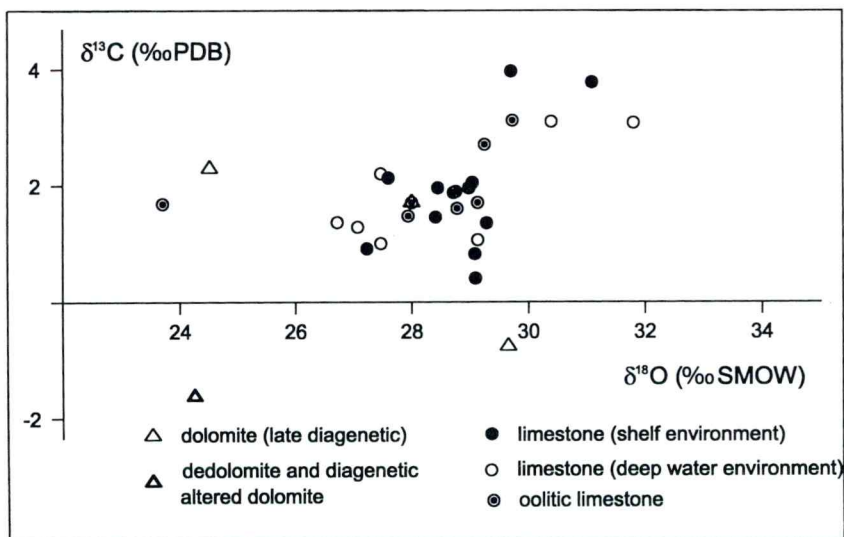
Zadnjo skupino norijsko-retijskih kamnin sestavlja facies **zrnatega dolomita z gomolji roženca**, ki se je odlagal v globjevodnem okolju Slovenskega jarka (Baški do-

lomit; sl. 2 in tabela 6, vz. 190-201) ter njegovega časovnega ekvivalenta Železnikarskega apnenca (vzorci 202-204). Ti vzorci kasnodiagenetskega dolomita kažejo v primerjavi z glavnim dolomitom v povprečju lažjo sestavo tako kisika ($\delta^{18}\text{O}$ med 26,24 in 31,14 ‰ SMOW) kot nekoliko tudi ogljika ($\delta^{13}\text{C}$ med 0,49 in 2,93 ‰ s povprečjem okrog 2 ‰ PDB).

JURA

Tudi kamnine jurskega obdobja so na celotnem prostoru Slovenije razvite karbonatno (sl. 2), sicer pa se je sedimentacija tako kot v zgornjem triasu nadaljevala na obeh, Dinarski in Julski karbonatni plošči ter v vmesnem jarku. Že koncem liasa pa je razpadla Julska plošča, tako da je globlje morje preplavilo večji del Alp in Karavank.

Apnenčeve plasti smo s profili raziskali na Trnovskem gozdu (Oreh & Ogorelec, 1979) in pri Vrhniki. Liasne in doggerske kamnine so večji del razvite kot svetli in debeloplastoviti oolitni, biosparitni in biomikritni, mestoma tudi onkoidni apnenci (tab. 3, sl. 1,2) plitvega odprtega šelfa, ki pa jih je mestoma zajela kasnodiagenetska do-



Sl. 9. Izotopska sestava $\delta^{18}\text{O}$ in $\delta^{13}\text{C}$ jurskih karbonatnih kamnin plitvo- in globjevodnega okolja

Fig. 9. Isotopic composition of $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ for Jurassic carbonate rocks of shallow- and deep-water environment

Tabela 7: Sestava stabilnih izotopov, litologija in facies jurskih karbonatnih kamnin

Table 7: Stable isotope composition, lithology and facies of Jurassic carbonate rocks

Sample No.	Lithology	Facies	Diagenetic features	$\delta^{18}\text{O}$ ‰ SMOW	$\delta^{13}\text{C}$ ‰ PDB
A. DINARIC CARBONATE PLATFORM					
204 - 213 Trnovski gozd					
TrG 3	spary dolomite	littoral	early diagenetic dolomitization	28.00	1.71
TrG 5	oolitic limestone			28.78	1.61
TrG 26	"	open shallow shelf	vadose influence	28.00	1.71
TrG 31a	"			28.70	1.69
TrG 46	spary dolomite			24.51	2.29
TrG 59	biomicritic limestone			29.09	0.41
TrG 72	"			27.60	2.13
TrG 107	oolitic limestone			29.73	3.11
TrG 118	biomicritic limestone			31.10	3.77
TrG 159	"			29.08	0.83
214 - 221 Vrhnika					
Vr 5	pelmicritic limestone	open shelf, oolitic shoals		28.45	1.96
Vr 35	oolitic limestone			27.94	1.48
Vr 40	"			29.13	1.71
Vr 51	"			28.76	1.90
Vr 114	biosparitic limestone			27.23	0.92
Vr 132	oolitic limestone			29.25	2.70
Vr 139	"			28.72	1.88
Vr 149	oncoidal limestone			28.98	1.96
Vr 165	biopelmicritic limestone			29.04	2.05
222 - 226 Jelenov žleb					
Mz 79/1	spary dolomite	restricted shelf	dedolomite	24.25	- 1.62
Mz 79/3	micritic limestone			29.28	1.36
Mz 79/15	"	late dolomitization		28.41	1.46
Mz 79/16	spary dolomite			29.65	- 0.76
Mz 79/49	biosparitic limestone			29.71	3.96
B. DEEP WATER ENVIRONMENT (Slovenian trough)					
227 - 229 Blegoš					
140	dark limestone	deep water environment		26.72	1.37
141	"			27.07	1.29
230 - 232 Mangart					
Mg 9d	dark micritic limestone	deep water environment		27.47	1.01
Mg 9m	marly limestone			31.81	3.07
Mg 21b	dark limestone			27.47	2.20
233 Polovnik - Bovec					
Pol 1mg	manganese nodule	deep water	Mn- mineralization	30.40	3.09
234 Mokronog					
T 3/86	biomicritic limestone	deep water	chert nodules	29.13	1.07

lomitizacija. Istočasno so bile na prostoru Dolenjske paleogeografske razmere nekoliko drugačne. Tam je prevladoval bolj zaprt šelf (profil Jelenov žleb, O r e h e k & O g o r e l e c, 1981). Tudi za malmsko obdobje je značilna sedimentacija na plitvem odprtem šelfu (tab. 3, sl. 3), na Trnovskem gozdu v obliki velikega bariernega grebana (sl. 2) (Turnšek, 1966; Turnšek et al., 1981).

Štiriindvajset raziskanih vzorcev iz plitvovodnega okolja smo razdelili v tri skupine (sl. 9, tabela 7) in sicer v **oolitni apnenec**, **biosparitni in biomikritni tip apnenca** ter **zrnat dolomit**, ki je nastal pri kasni diagenezi. Vsi apnenci, ne glede na njihovo strukturo in facies, padajo v dokaj zgoščeno polje, ki ga za $\delta^{18}\text{O}$ opredeljujeta vrednosti med 27,60 in 31,10 ‰ SMOW, za $\delta^{13}\text{C}$ pa so nihanja nekoliko višja in sicer med 0,41 in 3,77 ‰ PDB s povprečjem okrog 2 ‰. Vzorci z najnižjimi vsebnostmi $\delta^{13}\text{C}$ kažejo namreč vpliv vadozne diageneze (npr. gravitacijski cement), v okviru katere so meteorske vode obogatile apnenec z lahkim ogljikovim izotopom.

Štirje vzorci **zrnatega dolomita in dedolomita** kažejo za dolomit relativno nizke vsebnosti tako $\delta^{18}\text{O}$ (24,25 do 28,00 ‰ SMOW) kot za $\delta^{13}\text{C}$ (-1,62 do +2,29 ‰ PDB). Za popolnejše ovrednotenje izmerjenih podatkov je teh zaenkrat še premalo, zato imajo ti le orientacijski značaj.

Apnenec *globjega okolja* (sl. 2, vzorci 227-234, tabela 7) smo s sedmimi vzorci raziskali na Blegošu, Mangartskem sedlu in pri Bovcu. Te plasti so razvite kot temnejši biomikritni apnenci z gomolji roženca. Med fosili so zastopani predvsem radiolariji, v svetlem apnencu berriasijske starosti pa kalpionele (tab. 3, sl. 4 in 5). Na več lokalnostih širšega bovškega prostora pa so za zgornjeliasno in doggersko obdobje značilni pojavi manganskih gomoljev (tab. 3, sl. 6) in manganove mineralizacije (Jurkovek et al., 1990).

Raziskani vzorci imajo zanimivo, dokaj podobno izotopsko sestavo obeh elementov - kisika in ogljika, kot jo kažejo plitvovodni jurski apnenci (sl. 9). Vrednosti $\delta^{18}\text{O}$ so v razponu med 26,72 in 29,13 ‰ SMOW, $\delta^{13}\text{C}$ pa med 1,07 in 2,20 ‰ PDB. Posebnost sta vzorca manganskega gomolja iz Bovca ter lapornatega apnenca tik pod plastjo manganove rude na Mangartu, ki imata $\delta^{18}\text{O}$ med 30,40 in 31,81 ‰ SMOW, $\delta^{13}\text{C}$ pa 3,07 do

3,09 ‰ PDB. Višje vsebnosti težkega izotopa kisika predvidevamo, da so lahko povezane z višjimi temperaturami pri nastanku manganove mineralizacije ob podvodnih ekshalacijah rudnih raztopin.

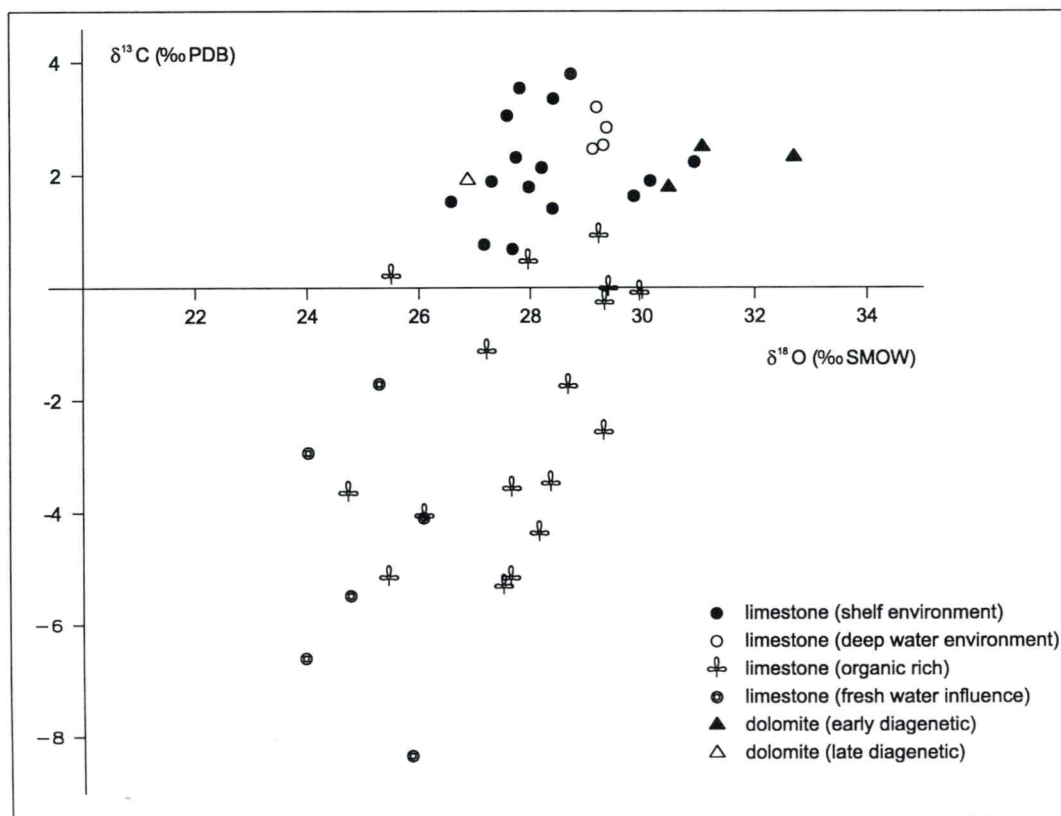
KREDA

Kredne plasti so v južni in zahodni Sloveniji razvite pretežno kot apnenci, v precej manjši meri kot dolomiti, v Posočju, Bohinju in v vzhodnih Posavskih gubah pa tudi kot globljevodni fliš (sl. 2).

V spodnji kredi se je apnenec odlagal v bolj zatišnem in mirnem plitvem okolju, za katerega so značilni biomikritni in biopelmikritni različki apnenca (tab. 4, sl. 1, 2). Med fosili so zastopane predvsem miliolide in skeletne alge. V zgornji kredi pa je bila Dinarska plošča bolj odprta; značilne zanjo so rudistne trate in manjši grebeni, kar velja predvsem za območje Krasa (Jurkovek et al., 1996; Kocchet al., 1989).

Poseben, v geološki literaturi zaradi lepo ohranjenih ribje favne dobro znan tip kamnine pa so tim. črni ploščasti apnenci z roženci cenomanijsko-turonijske starosti oziroma Komenski apnenci (Buser, 1973; Ogorelec et al., 1987). Posebnost so ti apnenci tudi zato, ker vsebujejo povišan delež organske snovi, do 2,5 % (tab. 4, sl. 3). Ta apnenec se je odlagal v plitvih zaprtih lagunah znotraj šelfa, ki pa so občasno imele tudi povezavo z odprtim morjem (Ogorelec et al., 1996).

43 raziskanih vzorcev smo razdelili v štiri skupine (vz. 235 - 279, sl. 2 in 10, tabela 8). V prvo skupino uvrščamo **vse različke apnencev**, tako tistih, ki so se odlagali v zaprtih delih šelfa (vzorci s Kočevskega Roga, Ribnice, Sabotina in okolice Sežane) in so po strukturi biomikritni ali pelmikritni, kot tudi apnenec odprtega šelfa (biosparitni in rudistni različki). 15 teh vzorcev pade v polje, ki je značilno za apnenec (sl. 10). Za $\delta^{18}\text{O}$ ga opredeljujeta vrednosti 26,58 in 30,94 ‰ SMOW, za $\delta^{13}\text{C}$ pa 0,69 do 3,79 ‰ PDB s povprečjem okrog 2 ‰. Na osnovi vrednosti kisika predvidevamo temperaturo morja v krednem obdobju na 16 do 33°C. V drugo skupino prištevamo tri vzorce **zgodnjediagenetskega dolomita** (biomikritni in stromatolitni tip). Ti so glede na apnenec



Sl. 10. Izotopska sestava $\delta^{18}\text{O}$ in $\delta^{13}\text{C}$ krednih karbonatnih kamnin
 Fig. 10. Isotopic composition of $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ for Cretaceous carbonate rocks

obogateni s težkim izotopom kisika za 2 do 3 ‰ in imajo svoje vrednosti za $\delta^{18}\text{O}$ med 30,48 in 32,71 ‰ SMOW.

Tretjo skupino sestavljajo že omenjeni vzorci **Komenskega apnenca**. Tega smo s 15 vzorci raziskovali v okolici Komna in Škrbine. Zanj je značilno dokaj široko nihanje vsebnosti $\delta^{18}\text{O}$ (med 24,72 in 30,15 ‰ SMOW) ter zaradi organske primesi izredna obogatitev z lahkim izotopom ogljika (+0,47 do -5,31 ‰ PDB s povprečjem okrog -3 ‰).

Zadnjo skupino raziskanih vzorcev plitvodnega okolja predstavlja šest vzorcev **haracejskega apnenca** maastrichtijske starosti, ki smo jih odvzeli v cestnem useku pri Vremskem Britofu. Glede na brakično in sladkovodno sedimentacijsko okolje, v katerem se je odlagal ta apnenec ter glede na vadozne diagenetske pogoje, so tudi ti vzorci močno obogateni z lahkim izotopom ogljika. Ta znaša med -1,71 in celo -8,34 ‰

PDB, vrednosti $\delta^{18}\text{O}$ pa so v relativno ozkem območju, med 24,01 in 26,08 ‰ SMOW.

Kredne apnenec *globjevodnega okolja* smo raziskali le s štirimi različki (sl. 2 in 10, vz. 280-283). V vseh primerih gre za **rdečo scaglio**, biomikritni apnenec z globotrunkanami (tab. 4, sl. 5), ki je senonijske starosti in se stratigrafsko pojavlja v Zgornjem Posočju pod flišem. Izotopska sestava vseh štirih vzorcev pade v zelo ozko polje, ki je značilno za normalne morske apnenec (sl. 10). Njihova povprečna vrednost $\delta^{18}\text{O}$ znaša 29,20 ‰ SMOW, pa 2,8 ‰ PDB.

Tudi na meji kreda/terciar je prišlo, podobno kot na meji med permom in triasom, do nagle spremembe v izotopski sestavi $\delta^{13}\text{C}$, ki je razpoznavna v celotnem svetu. Analize v profilih Dolenja vas pri Senožečah so pokazale, da je prišlo do nagle obogatitve z lahkim izotopom ogljika okrog 80 cm pod samo K/T mejo, tudi do

Tabela 8: Sestava stabilnih izotopov, litologija in facies krednih karbonatnih kamnin
 Table 8: Stable isotope composition, lithology and facies of Cretaceous carbonate rocks

Sample No.	Lithology	Facies	Diagenetic features	$\delta^{18}\text{O}$ ‰ SMOW	$\delta^{13}\text{C}$ ‰ PDB
A. DINARIC CARBONATE PLATFORM					
235 - 240 Kočevski Rog (Lower & Upper Cretaceous)					
KRg 11	biomicritic limestone	restricted shelf		26.58	1.53
KRg 26	"			27.75	2.32
KRg 52	"			27.31	3.54
KRg 91	bioparitic limestone	open shelf		27.82	1.89
KRg 102	"			28.40	1.41
KRg 104	spary dolomite		late dolomitization	26.88	1.91
241 - 245 Jelenov žleb - Ribnica (Lower Cretaceous)					
Mz 79/54	micritic dolomite	restricted & open shelf	early dolomitization	30.48	1.78
Mz 79/80	biomicritic limestone			30.94	2.23
Mz 79/99	"			27.59	3.05
Mz 79/125	"			28.21	2.13
Mz 79/127	biomicritic dolomite		early dolomitization	32.71	2.31
247 - 248 Sabotin (Lower Cretaceous)					
88 - 5	dark micritic limestone	restricted shelf		28.74	3.79
88 - 7	"			28.42	3.35
248 - 252 Sežana (Upper Cretaceous)					
SP 91/8-1	dark biomicritic limestone	restricted shelf	organic matter influence	27.68	0.69
SP 91/8-8	"			27.17	0.77
SP 91/8-15	"			27.21	- 1.13
SP 91/8-16	"			25.50	0.21
252 - 256 Komen - Štanjel (Upper Cretaceous)					
Ko 5	stromatolitic dolomite	restricted shelf	organic matter	31.08	2.49
29038	biomicritic limestone			30.15	1.90
29040	"			29.33	- 0.26
29042	bioparitic limestone	open shelf		29.86	1.63
Šta-1	rudistic limestone			27.98	1.79
257 - 268 Vremski Britof (Upper Cretaceous - Maastrichtian)					
SP 101/1-1	dark biomicritic limestone	restricted shelf	organic matter & vadose environment	24.72	- 3.65
SP 101/1-3	black laminated limestone			26.08	- 4.05
SP 101/1-5	"			25.44	- 5.15
SP 101/1-10	biomicritic limestone			24.01	- 2.94
SP 101/1-12	"			24.76	- 5.48
SP 101/1-14	characean limestone			26.07	- 4.09
SP 101/1-18	"			25.28	- 1.71
SP 101/1-19	black biomicritic limestone			25.85	- 8.34
SP 101/1-22	"			23.96	- 6.60
269 - 279 Komen (Komen facies - Turonian & Senonian)					
Ko 29001a	black biomicritic limestone			29.40	- 0.01
Ko 29001b	"			27.96	0.47
Ko 2901c	"	lagoon & littoral	organic matter influence (0.2-2.5 %)	29.31	- 2.57
Ko - S 1	"			28.14	- 4.36
Ko - S 2	"			27.50	- 5.31
Ko - S 3	"			27.63	- 5.16
Ko - S 4	"			28.35	- 3.48
Ko - S 5	"			27.65	- 3.57
Sk 3/2 (Skopo)	biomicritic limestone		vadose environment influence	29.95	- 0.09
Sk 3/5	"			28.67	- 1.75
Sk 3/10	"			29.23	- 0.93
B. DEEP WATER ENVIRONMENT (SLOVENIAN TROUGH)					
280 Vrsnik - Trenta (Upper Cretaceous - Senonian)					
Sc - T1	red biomicritic limestone	"scaglia"		29.38	2.84
281 - 282 Bovec (Senonian)					
K 16b	red biomicritic limestone	"scaglia"		29.32	2.53
K 18	"			29.13	2.46
283 Podbrdo (Senonian)					
Va 2	red biomicritic limestone	"scaglia"		29.20	3.20

8‰ (Dolenec et al., 1995 b; Ogorelec et al., 1995). Izotopska krivulja se vrne v "prvotno" stanje 50 do 120 cm nad K/T mejo. Obogatitev z lahkim izotopom ogljika kaže na močan dotok lahkega ogljika, kar je povezano z globalnimi klimatskimi spremembami zaradi trka izvenzemeljskega telesa.

Paleogen

Na Primorskem se je sedimentacija Liburnijske formacije (Jurkovič et al., 1996) mestoma zvezno nadaljevala še v spodnjedanijsko obdobje (sl. 2), ponekod pa imamo v tem času sedimentacijsko vrzel in tvorbo boksitov. Zaradi stratigrafske primerjave haracejskega apnenca maastrichtijske starosti smo pri Vremskem Britofu, Kozini in Štorjah (sl. 2 in 11, tabela 9) izotopsko raziskali še devet vzorcev v vrhnjih delih profilov, kjer je apnenec že paleocenske, danijske starosti.

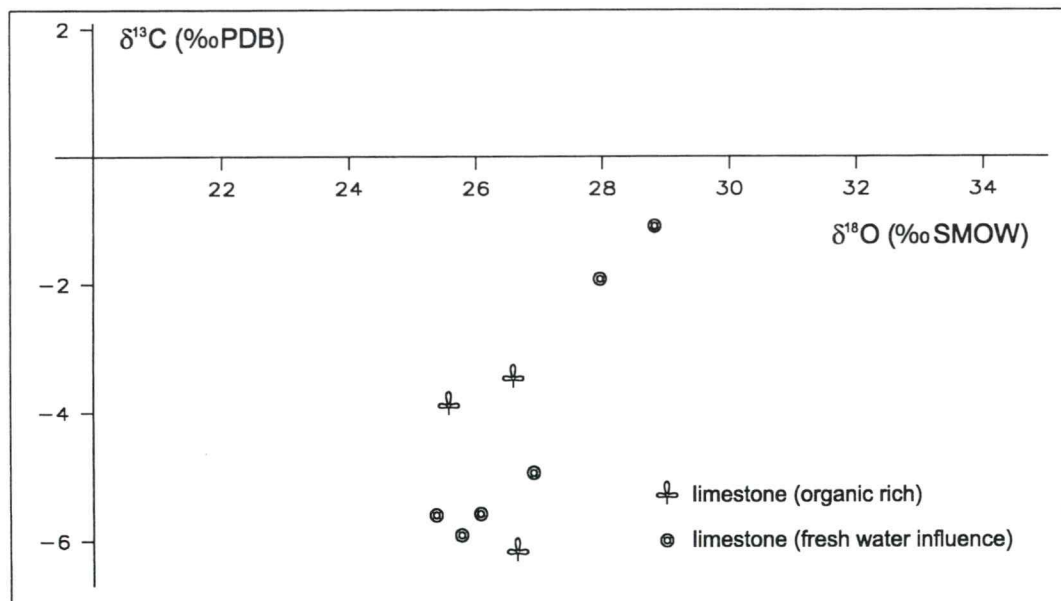
Raziskane vzorce smo po litologiji in faciesu razdelili v dve skupini. Prvo sestavlja **biomikritni tip apnenca**, ki je bogat z **organsko snovjo** in kaže mestoma vpliv vado-

zne diageneze, v drugo skupino pa prištevamo prav tako biomikritni, **haracejski apnenec** (tab. 4, sl. 6). Ta kaže na sedimentacijo v brakičnem in bolj sladkovodnem okolju (sl. 11). Za vse vzorce je značilna izredna obogatitev z lahkim ogljikovim izotopom ($\delta^{13}\text{C}$ je med -1,09 in -6,17 ‰ PDB), medtem ko so vrednosti $\delta^{18}\text{O}$ v območju med 25,36 in 28,82 ‰ SMOW, kar so poprečne vrednosti za apnenec.

Zaključki

Raziskave blizu 300 vzorcev apnenca in dolomita iz različnih lokalnosti slovenskega prostora ter različnih starosti in faciesov so pokazale, da na izotopsko sestavo karbonatnih kamnin vplivajo številni faktorji. Med temi so najbolj pomembni njihova mineralna sestava (kalcit ali dolomit), diagenetski procesi in prisotnost organske snovi v kamnini. Starost kamnine ter njen facies sta kot izgleda manj pomembna (Emiliani, 1996; Fritz & Fontes, 1980).

Na sliki 12 so zbrani vsi analitski podatki raziskanih vzorcev karbonatnih kamnin. Le te so nastajale v različnih sedimentacij-



Sl. 11. Izotopska sestava $\delta^{18}\text{O}$ in $\delta^{13}\text{C}$ apnencev Liburnijske formacije na Krasu

Fig. 11. Isotopic composition of $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ for limestone of the Liburnian formation from Karst

Tabela 9: Sestava stabilnih izotopov, litologija in facies vzorcev Liburnijske formacije

Table 9: Stable isotope composition, lithology and facies of the Liburnian Formation

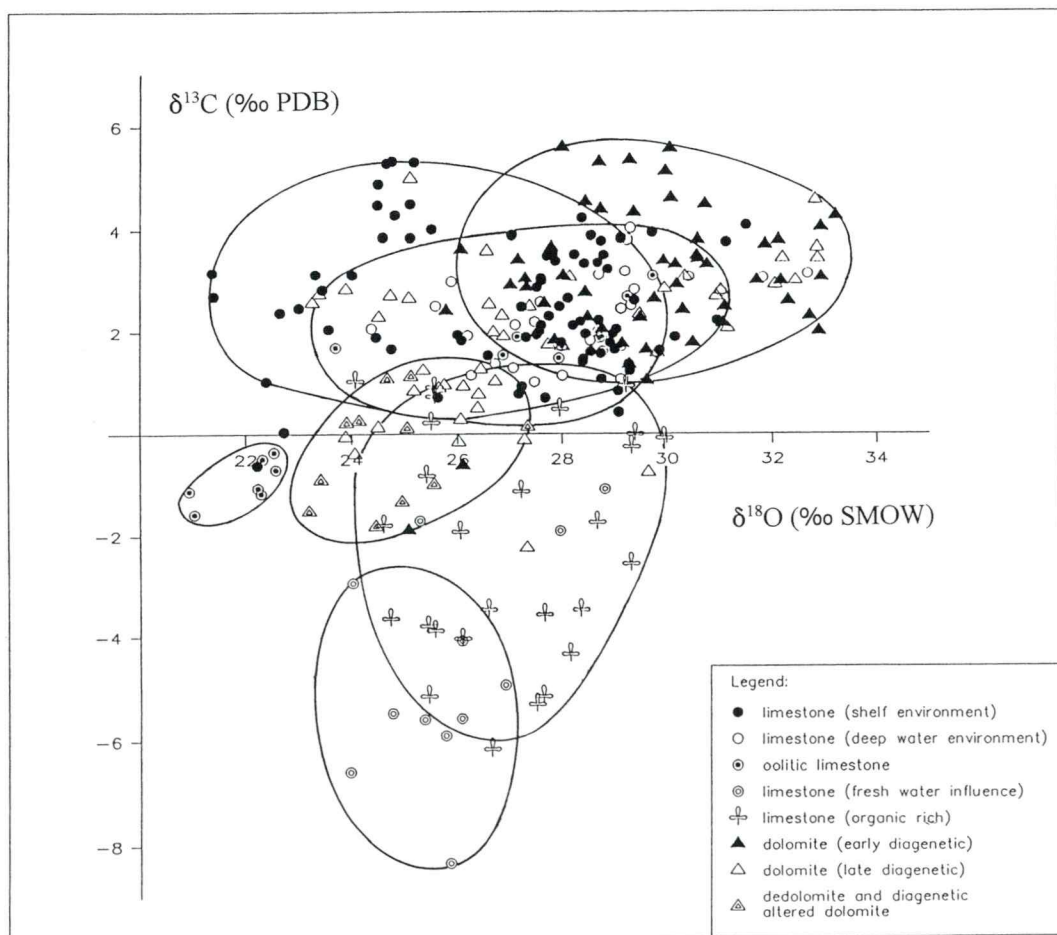
Sample No.	Lithology	Facies	Diagenetic features	$\delta^{18}\text{O}$ ‰ SMOW	$\delta^{13}\text{C}$ ‰ PDB
284 - 287	Kozina (Danian)	lagoon & littoral	organic matter & vadose environment influence	26.90 28.82 26.64 26.06	- 4.94 - 1.09 - 6.17 - 5.58
Kz 1	dark characean limestone				
Kz 2	"				
Kz 3	dark biomicritic limestone				
Kz 4	flat pebble conglomerate				
288 - 289	Štorje	lagoon	organic matter influence	26.58 25.76 25.56	-3.47 -5.91 -3.89
Št 2	dark characean limestone				
Št 3	flat pebble conglomerate				
290 - 292	Vremski Britof (Danian)				
Sp 101/1-24	black biomicritic limestone	lagoon	organic matter influence	26.58 25.76 25.56	-3.47 -5.91 -3.89
Sp 101/1-25	"				
Sp 101/1-29	"				

skih okoljih, kot so odprti in zaprti šelf, lagune, litoralno okolje, grebeni in globjevodno okolje. Diagenetski procesi zajemajo prvenstveno njihovo zgodnjo in pozno dolomitizacijo, dedolomitizacijo, vplive evaporitnega okolja ter vrsto freaticne ali meteorske cementacije. Raziskane kamnine lahko razdelimo v sedem skupin, za katere veljajo naslednje osnovne značilnosti:

- 1) Pri veliki večini apnencev se giblje vsebnost $\delta^{18}\text{O}$ med 22 in 30 ‰ SMOW s povprečjem okrog 28 ‰, kar se dobro ujema z literaturnimi podatki v svetu (Degen & Epstein 1964; Hoefs, 1987; Milliman, 1974), njihov delež ($\delta^{13}\text{C}$ pa je v razponu med 0,5 in 5 ‰ PDB s povprečjem okrog +2 ‰. Pri tem starost znotraj mezozojskega sistema, sedimentacijsko okolje in facies ne diferencirajo posameznih skupin vzorcev.
- 2) V primerjavi z apnenci so zgodnjediagenetski dolomiti obogateni s težjim izotopom $\delta^{18}\text{O}$ za 2 do 5 ‰ (njihova vrednost se giblje med 26 in 33 ‰ SMOW), kar je rezultat izotopske frakcionacije dolomita (Hoefs, 1987). Kasnodigenetski dolomiti, dedolomiti in satasti dolomiti pa so v primerjavi z zgodnjediagenetskim

dolomitom obogateni tako z lažjim izotopom kisika za 3-5 ‰ ($\delta^{18}\text{O}$ med 22 in 27 ‰), kot tudi za 2 do 3 ‰ z lažjim izotopom ogljika.

- 3) Apnenci, ki vsebujejo povečano količino organske snovi, so obogateni z lahkim izotopom ogljika do 8 ‰. Taka primera sta črn karnijski apnenec iz Drenovega griča in znameniti Komenski ploščasti apnenec zgornjekredne starosti. V obeh primerih je delež organske snovi v njih do 2,5 ‰.
- 4) Še nižje vsebnosti $\delta^{13}\text{C}$ oziroma obogatitev z lahkim izotopom ogljika pa opazujemo pri haracejskem apnencu Liburnijske formacije maastrichtijsko-danijske starosti, kjer se zaradi brakičnega in sladkovodnega okolja giblje $\delta^{13}\text{C}$ med -1 in -8 ‰ PDB. Obogatitev z lahkim izotopom ogljika opazujemo tudi pri tistih apnencih zgornjetriasne in jurske starosti, ki kažejo vpliv meteorske diageneze (gravitacijski cement).
- 5) Osem vzorcev skitijskega oolitnega apnenca je popolnoma obogatenih tako z lahkim izotopom ogljika kot kisika. Njihov $\delta^{18}\text{O}$ je v območju 21 do 22 ‰ SMOW,



Sl. 12. Izotopska sestava $\delta^{18}\text{O}$ in $\delta^{13}\text{C}$ vseh raziskanih vzorcev mezozojskih karbonatnih kamnin

Fig. 12. Isotopic composition of $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ for all investigated Mesozoic carbonate rocks

$\delta^{13}\text{C}$ pa med -2 in 0 ‰ PDB. Vzorci kažejo na vpliv sladke vode med sedimentacijskimi in diagenetskimi procesi.

Poleg vseh naštetih pa lahko na izotopsko sestavo karbonatnih kamnin vplivajo še drugi faktorji, ki so bili v uvodnem delu že omenjeni. Predvsem velja to za globalne spremembe klime ob velikih geoloških katastrofah, kakršne so bile npr. na meji perm/trias in kreda/terciar. Zaradi take kompleksnosti so prikazani rezultati in iz njih izvedeni zaključki za slovenski prostor še preliminarni in jih bo v prihodnosti potrebno še pazljivo dopolniti.

Isotope composition of O and C in Mesozoic carbonate rocks of Slovenia - effect of facies and diagenesis

Over two thirds of the Slovenian territory is built of carbonate rocks. Stratigraphic sequences ranging from Upper Permian to Paleogene can be encountered. The majority of carbonate rocks are of the Mesozoic - Triassic, Jurassic and Cretaceous Age. The current study is based on nearly 300 samples from the whole above mentioned stratigraphic sequences and from all main tectonic units (Figs. 1 and 2).

The main goal of the study was an attempt to establish relation between carbo-

nate rocks from different sedimentary environments and their isotope composition. Limestone and dolomite samples were selected according to their mineral composition, depositional environment (shallow water, littoral, open or restricted shelf, lagoons, deep water, reefs), geologic age, diagenesis (early or late diagenetic dolomitisation, dedolomitisation, phreatic or vadose cementation, admixture of organic matter, etc.) as already reported (O g o r e l e c et al., 1998).

The isotope measurements were carried out on non-degraded samples of dolomite and limestone rocks. The mineralogy of carbonates was determined by X-ray diffraction method and by examination of thin sections by standard optical methods, including staining. In addition, all samples were evaluated by petrographic methods to recognise their diagenetic history and degree of diagenesis. Only unrecrystallised or insignificantly recrystallised samples were used for isotope analyses. Final samples were obtained as a split of powder prepared from rock chips remaining after the preparation of thin sections. Then they were treated with phosphoric acid. Obtained CO_2 was purified and isotope composition was measured on Varian MAT 250 mass spectrometer. Data were corrected to international values.

Isotope composition of oxygen varies in limestone and dolomite samples from +21 to +34 ‰ SMOW, depending on the above mentioned environment of deposition, and the degree of diagenetic alteration, while $\delta^{13}\text{C}$ values range from -8,2 to +4 ‰ PDB, depending on the higher admixture of the organic matter or meteoric diagenesis. Early-diagenetic dolomites are enriched with heavier oxygen isotope compared to limestones (2-5 ‰) whereas the organic rich limestone has $\delta^{13}\text{C}$ from -5 to -0 ‰ PDB. Scythian oolitic limestone is commonly depleted in heavy oxygen and carbon isotopes. $\delta^{18}\text{O}$ is ranging from +21 to +22 ‰ SMOW and $\delta^{13}\text{C}$ from -3 to 0 ‰ PDB. Therein, the influence of vadose processes can be presumed.

Literatura

- Beukes, N. J., Klein, C., Kaufman, A. J. & Hayes, J. M. 1990: Carbonate petrography, kerogen distribution, and carbon and oxygen isotope variations in an Early Proterozoic transition from limestone to iron-formation deposition, Transvaal Supergroup, South Africa - *Ecom. Geology*, 85, 663-690, El Paso.
- B u g g i s c h, W. 1974: Die Bellerophon-schichten der Reppwand (Gartenkofel), Oberperm, Karnische Alpen: Untersuchungen zur Fazies und Geochemie. - *Carinthia II*, 164 (1975), 17-26, Klagenfurt.
- B u s e r, S. 1973: Tolmač lista Gorica. Osnovna geološka karta 1:100.000. - Zvezni geološki zavod, 50 p., Beograd.
- B u s e r, S. 1989: Development of the Dinaric and the Julian Carbonate Platforms and of the intermediate Slovenian Basin (NW Yugoslavia). - *Mem. Soc. Geol. Ital.* 40, 313-320, Roma.
- B u s e r, S., G r a d, K., O g o r e l e c, B., R a m o v š, A. & Š r i b a r, L. 1986: Stratigraphical, paleontological and sedimentological characteristics of Upper Permian beds in Slovenia, NW Yugoslavia. - *Mem. Soc. Geol. Ital.* 34, 195-210, Roma.
- Č a r, J., G r e g o r i č, V., O g o r e l e c, B. & O r e h e k, S. 1980: Sedimentološki razvoj skitskih plasti v idrijskem rudišču. - *Rud. metal. zb.* 27/1, 3-20, Ljubljana.
- D e g e n s, E. T. & E p s t e i n, S., 1964: Oxygen and carbon isotope ratios in coexisting calcites and dolomites from recent and ancient sediments. - *Geochim. Cosmochim. Acta*, 28, 23-47, New York.
- D o l e n e c, T., O g o r e l e c, B. & P e z d i č, J., 1981: Zgornjepermske in skitske plasti pri Trziču. - *Geologija* 24/2, 217-238, Ljubljana.
- D o l e n e c, T., K u š e j, J. & P e z d i č, J. 1982: Izotopska sestava kisika in ogljika v prikamnini in kalcitu diskordantnih rudnih teles unijskega sistema v Mežici. - *Zbornik radova 10. jubilarnega kongresa geologov Jugoslavije*, Budva, 693-710.
- D o l e n e c, T. & J e l e n, B. 1987: Uporaba izotopskih analiz v študiju paleobiologije karnijske školkne favne na Lesnem brdu. - *Geologija* 30, 219-230, Ljubljana.
- D o l e n e c, T., H e r l e c, U. & P e z d i č, J. 1990: Izotopska sestava kisika in ogljika v Zn-Pb rudišču Topla. - *Zbornik radova 12. kongresa geologov Jugoslavije*, Ohrid, 646-622.
- D o l e n e c, T., P e z d i č, J. & K u š e j, J. 1993a: Izotopska sestava kisika in ogljika v karbonatih iz mežiškega rudišča Graben. - *Rud. metal. zb.* 40/1-2, 133-144, Ljubljana.
- D o l e n e c, T., P e z d i č, J. & K u š e j, J. 1993b: Izotopska sestava kisika in ogljika v karbonatih iz mežiškega rudišča Navršnik. - *Rud. metal. zb.* 40/3-4, 429-437, Ljubljana.
- D o l e n e c, T., K u š e j, J. & P e z d i č, J. 1993c: Izotopska sestava O in C v Pb-Zn rudišču Mežica. - *Rud. metal. zb.* (33. Skok čez kožo, abstrakti), 42-43, Ljubljana.
- D o l e n e c, T. & P a v š i č, J. 1995: Elemental and stable isotope variations in the Cretaceous - Tertiary boundary sediments from the Soča Valley, NW Slovenia. - *Terra nova* 7/6, 630-635, Helsinki.
- D o l e n e c, T., O g o r e l e c, B. & P e z d i č, J. 1995a: The Permian-Triassic boundary in the Karavanke Mountains (Slovenia): stable isotope variations. - V: Vlahović, I., Velić, I. & Šparica, M. (eds.) - 1. hrvatski geol. kongres Opatija, *Zbornik radova 1*, 163-165, Zagreb.

- Dolenc, T., Cucchi, F., Giacomich, R., Marton, E. & Ogorelec, B., 1995b: Abiotic characteristics of carbonate rocks from the K/T boundary on the Karst area (isotopes, geochemistry, geochronology and paleomagnetism). V: Montanari, A. & Cochioni, R. (eds.) - Impact Cratering and Evolution of Planet Earth, 4th Int. workshop, Ancona, May 1995, Abstracts and field trips, 68-69, Ancona.
- Dolenc, T. & Ramovš, A., 1998: Isotopic changes at the Permian-Triassic boundary in the Idrija Valley (W. Slovenia). - RMZ - Materiali in geokolje 45/3-4, 405-411, Ljubljana.
- Dolenc, T., Buser, S. & Dolenc, M., 1998: The Permian-Triassic boundary in the Karavanke Mountains (Slovenia): Stable isotope variations in the boundary carbonate rocks of the Košutnik Creek and Brsnina section. - Geologija 41, 17-27, Ljubljana.
- Dolenc, T., Ogorelec, B., Lojen, S. & Buser, S., 1999a: Meja perm-trias v Masorah pri Idriji. - RMZ - Materiali in geokolje 46/3, 449-452, Ljubljana.
- Dolenc, T., Lojen, S. & Ramovš, A., 1999b: The Permian/Triassic boundary in Western Slovenia (Idrija Valley section): magnetostratigraphy, stable isotopes and elemental variations. - Chem. Geology (submitted).
- Drobne, K., Ogorelec, B., Dolenc, T., Marton, E. & Palinkaš, L., 1996: Biota and abiota at the K/T boundary in the Dolenja vas sections, Slovenia. - V: Drobne, K., Goričan, S. & Kotnik, B. (eds.): The role of impact processes in the geological and biological evolution of planet Earth, Int. workshop Postojna, Sept. 1996, ZRC SAZU Spec. Pub., 163-181, Ljubljana.
- Emiliani, C., 1966: Istotopic Paleotemperatures. - Science 154, 851, Washington.
- Epsstein, S. & Mayeda, T., 1953: Variation of O18 content of waters from natural sources. - Geochim. et Cosmochim. Acta 4, 213-224, New York.
- Fabricius, F., Friedrichsen, H. & Jacobshagen, V., 1970: Zur Methodik der Paläotemperatur - Ermittlung in Obertrias und Lias der Alpen und benachbarten mediterran-Gebieten. - Verh. Geol. B.A., 4, 583-593, Wien.
- Faure, G., 1977: Principles of Isotope Geology. - John Wiley and Sons, New York, 464 p.
- Faure, K., Maarten, J. de Wit, & Willis, J. P., 1995: Late Permian global coal hiatus to ¹³C - depleted CO₂ flux into the atmosphere during the final consolidation of Pangea. - Geology 23, 507-510, Boulder.
- Flügel, E., Ramovš, A. & Bucur, I. I., 1993: Middle Triassic (Anisian) Limestone from Bled, Northwestern Slovenia: Microfacies and Microfossils. - Geologija 36, 157-181, Ljubljana.
- Fridman, I. & O'Neil, J. R., 1977: Compilation of stable isotope fractionation factors of geochemical interest. In: Fleischer, M. (ed.) - Data of Geochemistry, 6th ed., U.S. Geol. Surv. Prof. Paper 440, Washington.
- Fritz, P. & Fontes, J. Ch., 1980: Handbook of Environmental Isotope Geochemistry. Elsevier Publ. Co., 545 p., Amsterdam.
- Gökdag, H., 1974: Sedimentpetrographische und isopenchemische (O¹⁸, C¹³) Untersuchungen im Dachsteinkalk (Oberrn-Rät) der Nördlichen Kalkalpen. - Dissertation Univ. Marburg/Lahn, 156 p.
- Grad, K. & Ogorelec, B., 1980: Zgornjpermške, skitske in anizične kamenine na žirovskem ozemlju. - Geologija 23/2, 189-220, Ljubljana.
- Hofes, J., 1987: Stable Isotope Geochemistry. Minerals and Rocks. - Springer Verl., 242 p., Berlin.
- Jelen, B., 1988/89: Karnijska školjčna favna na Lesnem brdu in njen paleobiološki pomen. - Geologija 31/32, 11-127, Ljubljana.
- Jurkovšek, B., Ogorelec, B., Kolar-Jurkovšek, T., Jelen, B., Šribar, L. & Stojanovič, B., 1984: Geološka zgradba ozemlja južno od Vršiča s posebnim ozirom na razvoj karnijskih plasti. - Rud. met. zb. 31, 301-334, Ljubljana.
- Jurkovšek, B., Šribar, L., Ogorelec, B. & Kolar-Jurkovšek, T., 1990: Pelagične jurske in kredne plasti v zahodnem delu Julijskih Alp. - Geologija 31/31, 285-328, Ljubljana.
- Jurkovšek, B., Toman, M., Ogorelec, B., Šribar, L., Drobne, K., Poljak, M. & Šribar, Lj., 1996: Formacijska geološka karta južnega dela Tržaško-komenske planote - Kredne in paleogene kamnine, 1:50.000. - IGGG, 143 p., Ljubljana.
- Koch, R., Ogorelec, B. & Orehek, S., 1989: Microfacies and Diagenesis of Lower and Middle Cretaceous Carbonate Rocks of NW-Yugoslavia (Slovenia, Trnovo Area). - Facies 21, 135-170, Erlangen.
- Magaritz, M., 1975: Sparitization of a pelleted limestone: A case study of carbon and oxygen isotopic composition. - Jour.Sed.Petrol., 45, 599-603, Tulsa.
- Magaritz, M., 1983: Carbon and oxygen isotope composition of recent and ancient coated grains. - In: Peryt, T. M. (Ed.), Coated grains. - Springer Verlag, 27-37, Berlin.
- Magaritz, M. & Holser, W. T., 1991: The Permian-Triassic of the Gartnerkofel-1 Core (Carnic Alps, Austria): Carbon and Oxygen Isotope Variation. - V: Holser W.T. & Schönlaub H.P. (eds.) - The Permian-Triassic boundary in the Carnic Alps of Austria (Gartnerkofel region). - Abh. Geol. B.A. 45, 149-163, Wien.
- Magaritz, M., Krishnamurthy, R. V. & Holser, W. T., 1992: Parallel trends in organic and inorganic carbon isotopes across the Permian/Triassic boundary. - Amer. Jour. Sci. 292, 727-739, New Haven.
- Milliman, J. D., 1974: Marine carbonates; recent sedimentary carbonates. - Springer Verlag, 375 p., Berlin.
- Ogorelec, B. & Rothe, P., 1993: Mikrofazies, Diagenese und Geochemie des Dachsteinkalkes und Hauptdolomits in Süd-West-Slovenien. - Geologija 35, 81-181, Ljubljana.
- Ogorelec, B., Jurkovšek, B., Šribar, L., Jelen, B., Stojanovič, B. & Mišič, M., 1984: Karnijske plasti v Tamarju in pri Logu pod Mangartom. - Geologija 27, 107-158, Ljubljana.
- Ogorelec, B., Dolenc, T., Cucchi, F., Giacomich, R., Drobne, K. & Pugliese, N., 1995: Sedimentological and Geochemical Characteristics of Carbonate Rocks from the K/T Boundary to Lower Eocene in the Karst Area (NW Adriatic Platform). V: Vlahović, I., Velić, I. & Sparica, M. (eds.) - 1. hrvatski geol. kongres Opatija, Zbornik radova 2, 415-421, Zagreb.

- Ogorelec, B., Jurkovšek, B., Šatara, D., Barič, G., Jelen, M. & Kapovič, B. 1996: Potencialnost karbonatnih kamnin za nastanek ogljikovodikov v zahodni Sloveniji. - *Geologija* 39, 215-237, Ljubljana.
- Ogorelec, B., Pezdí, J. & Dolenc, T. 1998: Mesozoic carbonate rocks in Slovenia: a case study for isotope composition. - *RMZ - Materials and Geoenvironment* 45/1-2, 132-135, Ljubljana.
- Ogorelec, B., Orehek, S., Buser, S. & Pleničar, M., 1987: Komen beds - Skopo at Dutovlje. - *Guidebook, Evolution of the Karstic Carbonate Platform and Relation with other Periadriatic Carbonate Platforms*, 61-63, Trieste.
- Ogorelec, B., Jurkovšek, B. & Šribar, L., 1996: Škrbina (Komen limestone), The first pelagic episode (Cenomanian - Turonian transgression). - In: Drobne K., Goričan, Š. & Kotnik, B. (eds.) *The role of impact processes in the geological and biological evolution of planet Earth*, 183-188, Ljubljana.
- Orehek, S. & Ogorelec, B., 1979: Sedimentološke značilnosti jurskih in krednih karbonatnih kamnin na Trnovskem gozdu. - *Geol. vjesnik* 32, 185-192, Zagreb.
- Orehek, S. & Ogorelec, B., 1981: Korelacija mikrofacialnih in geokemičnih značilnosti jurskih in krednih kamnin južne karbonatne platforme Slovenije. - *Zav. geol. i geof. istraž., Vestnik, A*, 38/39, 171-185, Beograd.
- Perkins, R. D., Dwyer, G. S., Rosoff, D. B., Fuller, J., Baker, P. A. & Lloyd, R. M., 1994: Saline sedimentation and diagenesis: West Caicos Island, British West Indies. In: Purser, B., Tucker, M. & Zenger, D. (Eds.), *Dolomites - Spec. Publ. Int. Ass. Sediment.* 21, 37-54, Oxford.
- Pezdi, J. 1999: Izotopi in geokemijski procesi. - *Univerza v Ljubljani, NTF*, 281 p., Ljubljana.
- Polšak, A. & Pezdí, J. 1978: Paleotemperature realtions of the Carboniferous and Permian periods in the Diarids and Alps based on the oxygen isotope method and their paleogeographic applications. - *Geol. Vjesnik* 30/1, 157-187, Zagreb.
- Ramovš, A. 1958: Razvoj zgornjega perma v loških in polhograjskih hribovih. - *Razprave SAZU* IV, 4, 451-622, Ljubljana.
- Sremac, J. 1991: Zona *Neoschwagerina Craticulifera* u Srednjem Velebitu. - *Geologija* 34, 7-55, Ljubljana.
- Supko, P. R., 1977: Subsurface dolomites, San Salvador, Bahamas. - *Jour. Sed. Petrol.*, 47/3, 1063-1077, Tulsa.
- Štručl, I. 1974: Nastanek karbonatnih kamnin in cinkovo svinčeve rude v anizičnih plasteh Tople. - *Geologija* 17, 299-397, Ljubljana.
- Tucker, M. E. 1990: Geological background to carbonate sedimentation. In: Tucker, M. E. & Wright, V. P. (Eds.), *Carbonate Sedimentology*. - Blackwell Sci. Publ., 482 p., Oxford.
- Turnšek, D., 1966: Zgorjajski hidrozojska favna iz južne Slovenije. - *Razprave SAZU* IV, 9/8, 355-428, Ljubljana.
- Turnšek, D., Buser, S. & Ogorelec, B., 1981: An Upper Jurassic reef complex from Slovenia, Yugoslavia. In: Toomey D. F. (Ed.) *European Fossil Reef Models*. - *SEPM Spec. Publ.*, 30, 361-369, Tulsa.
- Turnšek, D., Buser, S. & Ogorelec, B. 1982: Carnian coral-sponge reefs in the Amphicline beds between Hudajuzna and Zakriž (Western Slovenia). - *Razprave SAZU* IV, 24/2, 51-149, Ljubljana.
- Wang, D., Geldsetzer, H. H. J. & Krouse, H. R. 1994: Permian - Triassic extinction: Organic $\delta^{13}\text{C}$ evidence from British Columbia, Canada. - *Geology* 22, 580-584, Boulder.

Tabla 1 - Plate 1

- 1 Biomikritni aljni apnenec (packstone). Vz. Jd 32 - Javorjev dol pri Sovodnju, zgornji perm - Žažarska formacija, 6 ×
Biomicritic algal limestone (packstone). Sample Jd 32 - Javorjev dol at Sovodenj, Upper Permian - Žažar Formation, 6 ×
- 2 Rekristaliziran biomikritni apnenec z algo *Vermiporella nipponica* Endo. Vz. Mas 56 - Masore pri Idriji, zgornji perm - Žažarska formacija, 25 ×
Recrystallized biomicritic limestone with algae *Vermiporella nipponica* Endo. Sample Mas 56 - Masore at Idrija, Upper Permian - Žažar Formation, 25 ×
- 3 Biosparitni apnenec s številnimi gastropodi vrste *Holopella* sp. Vz. 472 - Trbovlje - Čebine, skitijska serija, 15 ×
Biosparitic limestone with numerous gastropods *Holopella* sp. Sample 472 - Trbovlje - Čebine, Scythian, 15 ×
- 4 Oosparitni dolomit. Vz. 186 - Izlake, skitijska serija, 15 ×
Oosparitic dolomite. Sample 186 - Izlake, Scythian, 15 ×
- 5 Intrabiosparitni apnenec (packstone) s številnimi foraminiferami (*Glomospira* sp.) in drobci iglokožcev. Vz. Ce 22, Baba nad Cerknim, anizij, 30 ×
Intrabiosparitic limestone (packstone) with foraminifers (*Glomospira* sp.) and echinoid fragments. Sample Ce 22, Baba near Cerkno, Anisian, 30 ×
- 6 Loferitni dolomit z izsušitvenimi porami. Vz. KK 1/4 - kamnolom Kisovec pri Zagorju, anizij, 20 ×
Loferitic dolomite with shrinkage pores. Sample KK 1/4 - Kisovec quarry by Zagorje, Anisian, 20 ×

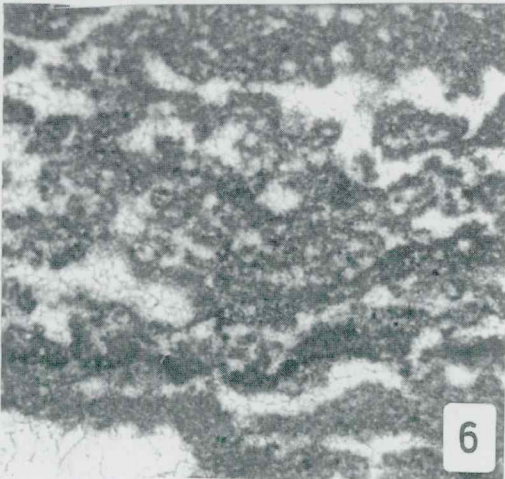
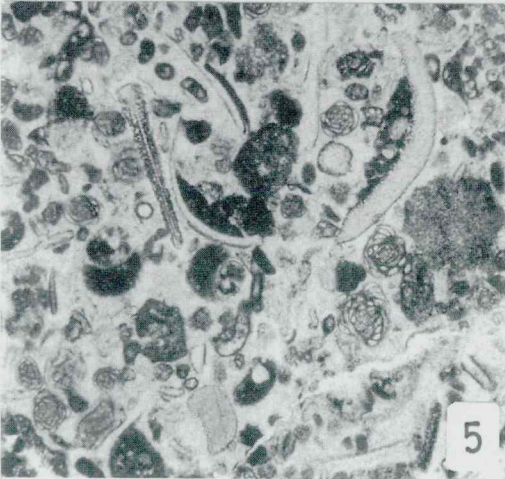
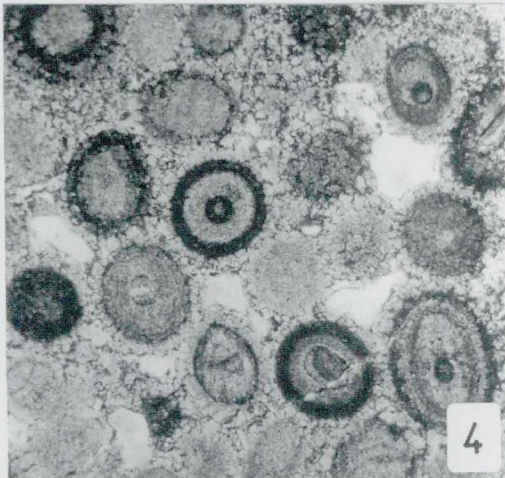


Tabla 2 - Plate 2

- 1 Biomikritni apnenec s fragmenti školjk in polžev. Vz. Ta 26 - Tamar/Črna voda, karnij, 10 ×
Biomicritic limestone with paleocypod and gastropod fragments. Sample Ta 26 - Tamar/Črna voda, Carnian, 10 ×

- 2 Spongijski apnenec (biolitit). Vz. Hj 45 b - Hudajužna, karnij, 10 × (negativ)
Organogenic spongian limestone (biolithite). Sample Hj 45 b - Hudajužna, Carnian, 10 × (negative print)

- 3 Biosparitni apnenec (grainstone) z gastropodi, ki so opazni po mikritnih ovojih. Vz. T II/46 - Čepovan, Dachsteinski apnenec, norij-retij, 12 ×
Biosparitic limestone (grainstone) with gastropods, marked by micritic envelopes. Sample T II/46 - Čepovan, Dachstein limestone, Norian - Rhaetian, 12 ×

- 4 Stromatolitni dolomit z izsušitvenimi porami. Vzorec B II/22, Borovnica, Glavni dolomit, norij - retij, 30 ×
Stromatolitic dolomite with shrinkage pores. Sample B II/22, Borovnica, Main dolomite, Norian - Rhaetian, 30 ×

- 5 Izsušitvena pora z geopetalnimi zapolnitvami - gravitacijskim cementom (vpliv meteorske diageneze) in internim mikritom. Vzorec T V/16a - Smrekova draga na Trnovskem gozdu, Dachsteinski apnenec, norij - retij, 25 ×
Shrinkage pore with internal geopetal fillings - gravitational cement (meteoric diagenetic influence) and internal micrite. Sample T V/16a - Smrekova draga on Trnovski gozd, Dachstein limestone, Norian - Rhaetian, 25 ×

- 6 Dolosparit s hipidiotopično strukturo (kasnodiagenetska dolomitizacija). Vz. T III/61 - Čepovan, Glavni dolomit, norij - retij, 30 ×
Dolosparite with hypidiotopic structure (late diagenetic dolomitization). Sample T III/61 - Čepovan, Main dolomite, Norian - Rhaetian, 30 ×

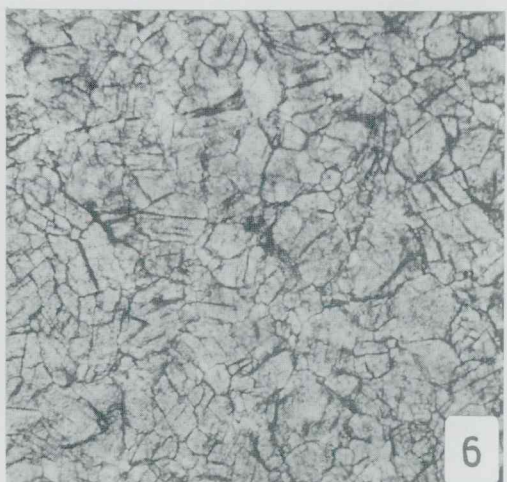
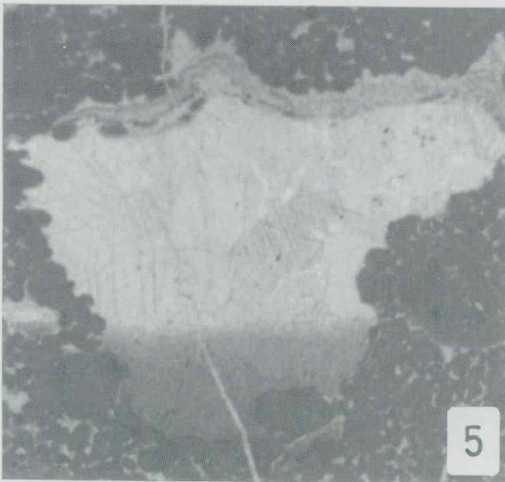
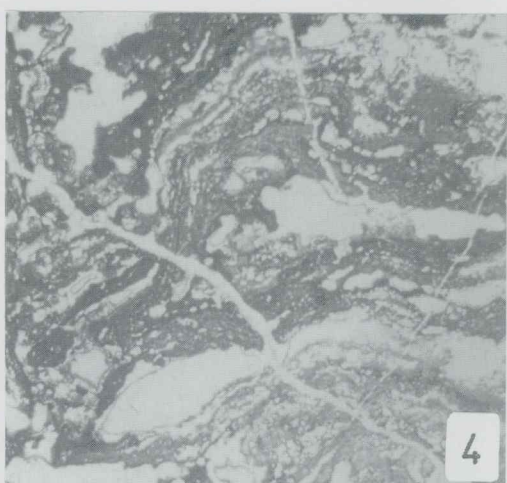
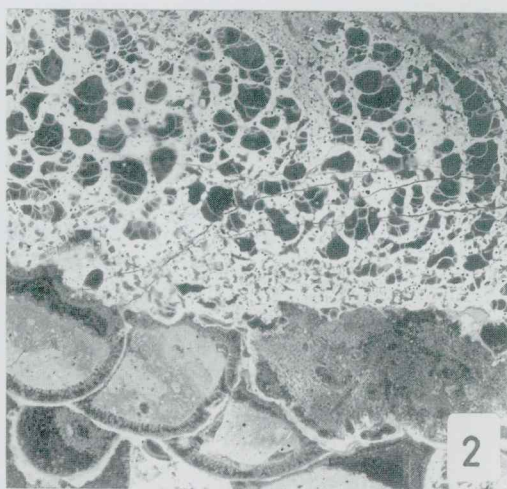
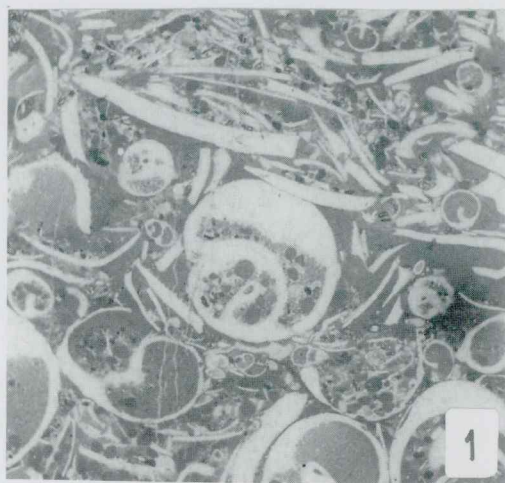


Tabla 3 - Plate 3

- 1 Biosparitni apnenec z algo *Paleodasycladus mediterraneus* Pia. Vz. B II/57 - Borovnica, lias, 10 ×
Biosparitic limestone with algae *Paleodasycladus mediterraneus* Pia. Sample B II/57 - Borovnica, Lias, 10 ×
- 2 Oosparitni apnenec (grainstone). Vz. Trg 26 - Trnovski gozd, lias, 30 ×
Oosparitic limestone (grainstone). Sample Trg - 26 - Trnovski gozd, Lias, 30 ×
- 3 Biosprtni apnenec z algo *Clypeina jurassica* Favre (packstone). Vz. Trg 132 - Trnovski gozd - Krnica, malm, 15 ×
Biosparitic limestone with *Clypeina jurassica* Favre (packstone). Sample Trg 132 - Trnovski gozd - Krnica, Malm, 15 ×
- 4 Biomikritni apnenec z amoniti in drobci ehinodermov ter z Mn mineralizacijo (globjevodni razvoj). Vz. B 4 - Bovec - Rombon, dogger, 30 ×
Biomicritic limestone with ammonites, echinoid fragments and manganese mineralization. Sample B 4 - Bovec - Rombon, Dogger, 30 ×
- 5 Radiolarijski apnenec (wackestone), globjevodno okolje. Vz. B 12a - Bavščica pri Bovcu, malm, 30 ×
Radiolarian limestone (wackestone), deep water environment. Sample B 12a - Bavščica at Bovec, Malm, 30 ×
- 6 Biomikritni apnenec s kalpionelami (mudstone). Vz. Kob 22 - Kobla - Črna prst, berriasij, 60 ×
Biomicritic limestone with calpionelids (mudstone). Sample Kob 22 - Kobla - Črna prst, Berriasian, 60 ×

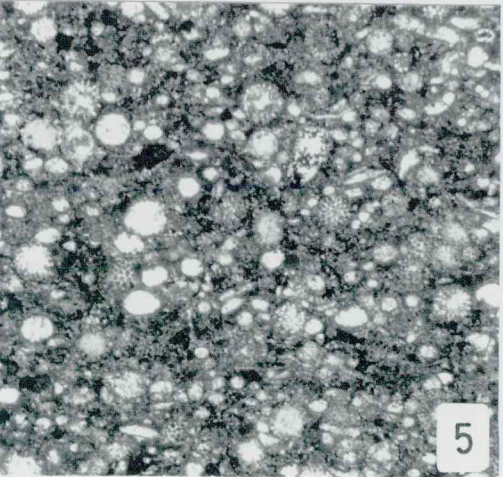
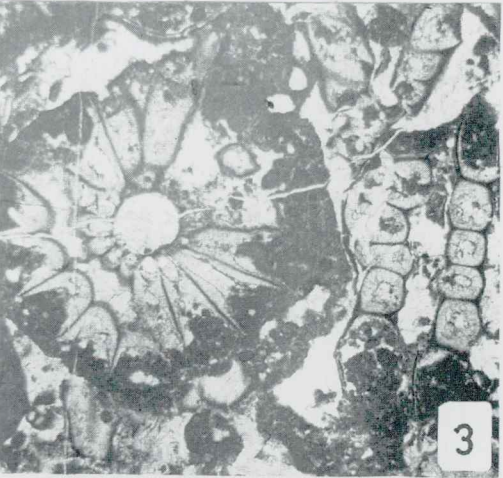
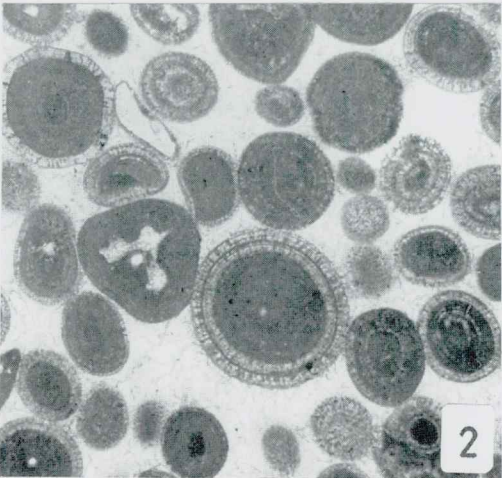


Tabla 4 - Plate 4

- 1 Biomikritni apnenec z algo *Salpingoporella dinarica* Radoičić (wackestone). Vz. K 6377 - Brje pri Komnu, sp. kreda, 30 ×
Biomicritic limestone with *Salpingoporella dinarica* Radoičić (wackestone). Sample K 6377 - Brje at Komen, Lower Cretaceous, 30 ×
- 2 Intrabiosparitni miliolidni apnenec (packstone). Vz K 6388 - Brje pri Komnu, sp. kreda, 30 ×
Intrabiosparitic miliolidal limestone (packstone). Sample K 6388 - Brje at Komen, Lower Cretaceous, 30 ×.
- 3 Laminiran bituminozni apnenec - Komenski apnenec. Vz. Šk 3 - Škrbina pri Komnu, turonij, 30 ×
Laminated bituminous limestone - Komen beds. Sample Šk 3 - Škrbina at Komen, Turonian, 30 ×
- 4 Biosparitni apnenec s foraminiferami *Rhapydionina liburnica* (Stache). Vz. Vrabče pri Sežani, maastrichtij, 30 ×
Biosparitic limestone with *Rhapydionina liburnica* (Stache). Sample Vrabče at Sežana, Maastrichtian, 30 ×
- 5 Globotrunkanski apnenec (wackestone) - globjevodni razvoj. Vz. K 12 b - Koritnica pri Bovcu, senonij, 30 ×
Biomicritic limestone with globotruncanids (wackestone) - deep water environment. Sample K 12 b - Koritnica at Bovec, Senonian, 30 ×
- 6 Biomikritni apnenec s haracejami - sladkovodni vpliv sedimentacijskega okolja. Vz Čeb 5 a - Čebulovica pri Senožečah, sp. paleocen - daniij, 12 ×
Biomicritic limestone with characeans - fresh water influence on sedimentary environment. Sample Čeb 5 a - Čebulovica at Senožeče, Lower Paleocene (Danian), 12 ×

