



Vol. 13, No. 2, 1384/2005 Fall & Winter



Determination of original carbonate mineralogy of Ilam Formation and recognition of boundary between Ilam and Sarvak Formations by geochemical data in the Peyon Anticline, North of Izeh

M. H. Adabi, E. Asadi Mehandosti

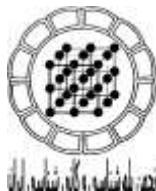
School of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Evin, Tehran

E-mail: m-adabi@sbu.ac.ir

(Received: 25/01/2005, received in revised form: 23/04/2005)

Abstract: The Ilam Formation (Santonian-Campanian) is a unit of Bangestan Group, which is overlain on the Sarvak Formation in Tang E-Rashid area, Peyon Anticline (18.5 Km North of Izeh). Due to similar lithology, recognition of the exact boundary between Ilam and Sarvak Formations in the study area was difficult. Thus it is not possible to determine boundary between these two formations based on petrographic evidence and field observations. Recognition of original carbonate mineralogy based on petrographic studies is difficult in ancient carbonate rocks, because aragonite (A) and high - Mg calcite (HMC) transformed to low Mg calcite (LMC) during diagenesis. In this study major and minor elements and carbon and oxygen isotopes values used to determine the original carbonate mineralogy of Ilam Formation in the Peyon Anticline. Bivariet plots of minor and major elements and oxygen and carbon isotopes values indicate that original carbonate mineralogy was aragonite in Ilam Formation. Elemental and isotopic compositions of Ilam carbonates also illustrate that they were affected by non-marine diagenesis in a closed system. Major and minor element variations (such as Sr, Sr/Ca, and Sr/Na) and oxygen and carbon isotopes were used to distinguish the boundary between Ilam and Sarvak Formations in the Peyon Anticline.

Keywords: *Carbonate mineralogy, Major and minor elements, Carbon and oxygen isotopes, Diagenesis, Ilam Formation.*



مطالعه کانی‌شناسی اولیه کربنات‌های سازند ایلام و تفکیک مرز این سازند با سازند سروک با استفاده از داده‌های ژئوشیمیایی در تاقدیس پیون، شمال ایذه

محمد حسین آدابی، الهام اسدی مهماندوستی

دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، اولین، تهران

پست الکترونیکی: m-adabi@sbu.ac.ir

(دریافت مقاله ۱۳۸۳/۱۱/۵ ، دریافت نسخه نهایی ۱۳۸۴/۲/۳)

چکیده: سازند ایلام واحد کربناته‌ای از گروه بنگستان با سن سانتونین - کامپانین است که در رخنمون تنگ رشید، تاقدیس پیون، واقع در ۱۸/۵ کیلومتری شهر ایذه با ناپیوستگی هم‌شبیب بر روی سازند سروک واقع شده است. به دلیل تشابهات لیتولوژیکی، مرز این سازند با سازند سروک در منطقه مورد مطالعه نامشخص است. لذا براساس شواهد صحرایی و سنگ‌شناسی نمی‌توان این دو سازند را از یکدیگر شناسایی کرد. همچنین شناسایی کانی‌شناسی اولیه کربنات‌ها به دلیل تأثیر فرآیندهای دیاژنتیکی صرفاً براساس بررسی‌های سنگ‌شناسی امری بسیار مشکل است، زیرا به مرور زمان آراغونیت (A) و کلسیت دارای منیزم بالا (HMC) به کلسیت کم منیزم (LMC) تبدیل شده و باعث تغییر بافت و ترکیب اولیه سنگ شدند که سازند ایلام مستثنی از این امر نبوده است. مطالعه عناصر اصلی، فرعی، ایزوتوپ‌های اکسیژن و کربن و ترسیم این مقادیر در مقایسه با یکدیگر و مقایسه آنها با محدوده‌هایی که توسط محققین مختلف در کانی‌شناسی آراغونیتی و کلسیتی ارائه شد، حاکی از این است که کربنات‌های سازند ایلام دارای ترکیب اولیه آراغونیتی بوده است. ترسیم نسبت Sr/Ca در مقابل Mn نشان می‌دهد این است که کربنات‌های سازند ایلام تحت تأثیر دیاژنز نا دریای (non-marine) در یک محیط بسته قرار گرفته‌اند. علاوه بر این، با استفاده از تغییرات Sr , Sr/Na , Sr/Ca دقیق مشخص شده است. این بررسی که برای اولین بار انجام شد، به برخی از ابهام‌هایی که در خصوص مرز بین این دو سازند در شرکت ملی نفت ایران وجود دارد پاسخ داده است.

واژه‌های کلیدی: کانی‌شناسی کربناته، عناصر اصلی و فرعی، ایزوتوپ‌های اکسیژن و کربن، دیاژنز، سازند ایلام.

مقدمه

مقطع مورد مطالعه نزدیک روستای ترشک نرسیده به دهستان سوسن با مختصات عرض جغرافیایی $32^{\circ} 50' 49''$ شمالي و طول جغرافیایي $42^{\circ} 50' 42''$ شرقی قرار گرفته است (شکل ۱). اين منطقه در گذشته بيشتر از ديد فسيل‌شناسي و چينه‌شناسي مورد بررسی قرار گرفت [۲] و تا کنون از نظر ژئوشيميايي مطالعه نشده‌اند. در اين پژوهش سعى شده است تا براساس مطالعات عنصری و ايزوتوبی، تركيب کانی‌شناسی اولیه و مرز بین این سازند با سازند سروک مشخص شود. کانی‌شناسی اولیه کربنات‌ها می‌تواند اطلاعاتی پيرامون شرایط محبيط رسوب‌گذاري از قبل دما، عمق، شوري و نيز فرآيندهای ديانشيكي در اختيار ما قرار دهد [۴ و ۱۵].

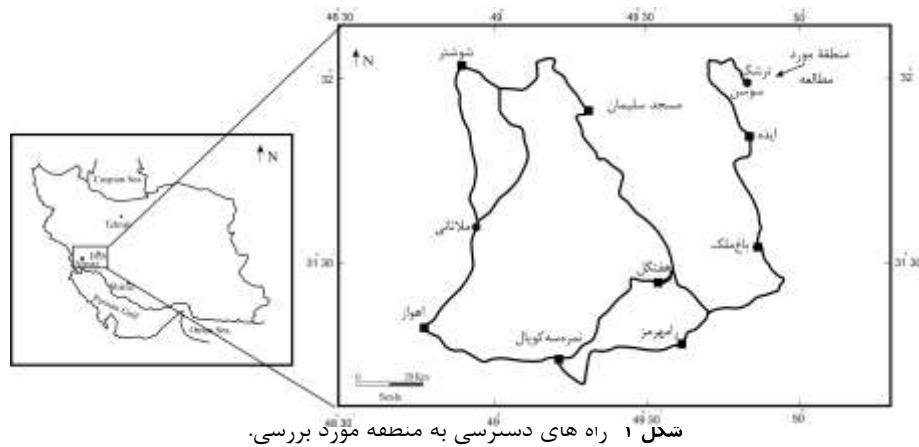
مقطع نمونه سازند ایلام در تنگ گраб واقع در يال جنوب غربی کوه سورگاه در پلاتج شمال غربی طاقيس كبير کوه ناحيه لرستان اندازه‌گيري و نمونه‌برداري شده است [۷]. اين سازند در مقطع تيپ در زير سازند گورپي هم‌شيب و بر سازند سورگاه با ناپيوستگي خفيف دگر سيبى (disconformity) واقع شده است.

مقطع مورد مطالعه در کوه پيون زون ايذه واقع شده است. در اين منطقه نهشته‌های آهکی فسييل‌دار (نرتیك) و خاکستری رنگ سازند ایلام (بر خلاف مقطع نمونه) با ناپيوستگي هم‌شيب و بدون مرز مشخص بر روی سازند سروک قرار دارد. ضخامت نهشتها سازند ایلام در رخمنون تنگ رشید ۹۵ متر است که حاوی ماکروفسييل‌ها و ميكروفسييل‌هاي مرجان، خارپوست، خرده‌های دوکفه‌ای، گاستروپود و فرامينيفرهای بنتیک و پلازیک است (شکل ۲).

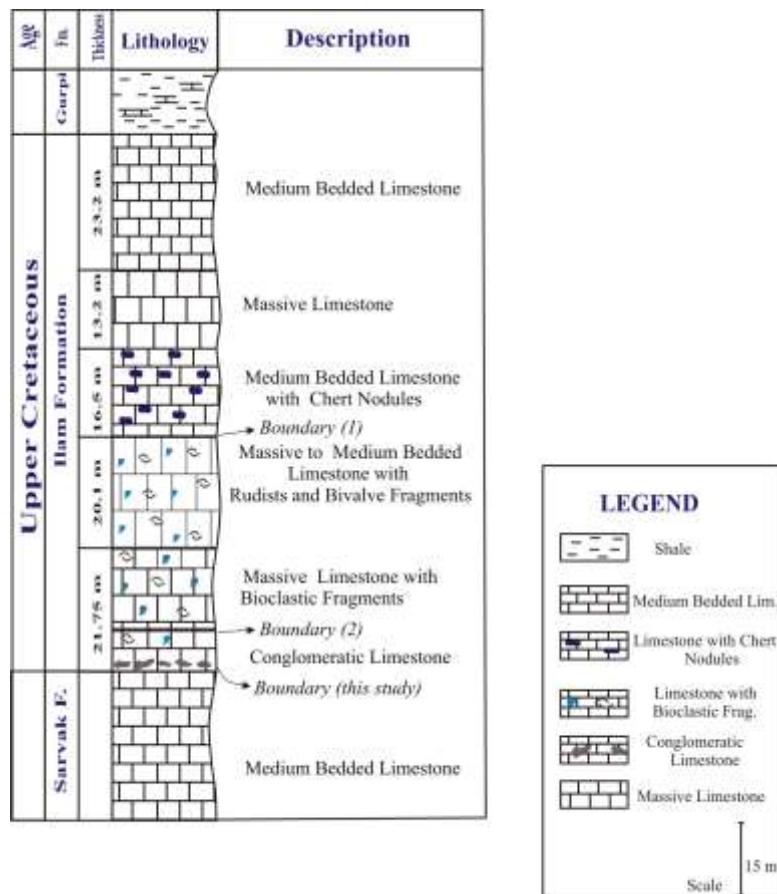
روش بررسی**الف- بررسی‌های سنگ‌شناختی**

برای بررسی ويزگيهای رخسارهای و ژئوشيميايی سازند ایلام در مقطع مورد مطالعه مجموعاً ۱۰۰ نمونه از سازند ایلام و ۲۰ نمونه از سازند سروک جمع‌آوری شده‌اند. در انتخاب نمونه‌ها تغييرات ليتولوژيکي سازندهای ایلام و سروک مورد نظر قرار گرفته است.

نمونه‌برداری در بخش‌های احتمالی بین سازندهای ایلام و سروک و مناطقی که تغييرات سنگ‌شناختی محسوس بود، با فواصل کمتر از 0.5 متر انجام شده است. مقاطع نازک به وسیله محلول آليزارين سرخ و فروسيانيد پتابسيم به منظور تشخيص کانی‌شناسي کلسيت از دولوميت به روش ديكسون [۶] رنگ آميزي شدند.



شکل ۱ راه های دسرسی به منطقه مورد بررسی.



ب- بررسی‌های ژئوشیمیایی

پس از بررسی دقیق و کامل سنگ‌های کربناته ۴۲ نمونه از این سنگ‌ها شامل ۲۸ نمونه میکرایت و ۱۴ مورد از نمونه‌های کل کربناته برای مطالعه آزمایش‌های عنصری انتخاب شدند. پودر این نمونه‌ها در تعیین عناصر اصلی و فرعی با دستگاه جذب اتمی (AAS) در آزمایشگاه ژئوشیمی دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی مورد آزمایش قرار گرفتند. گستره مقدار عناصر اصلی (Ca, Mg) بر حسب درصد و عناصر فرعی (Na, Sr, Mn) (بر حسب پی‌پی‌ام ppm) اندازه‌گیری شده‌اند. سپس پودر ۲۰ نمونه از کربناتهایی که مورد تجزیه عنصری قرار گرفته بودند برای آنالیز ایزوتوپ اکسیژن و کربن انتخاب و به مرکز آزمایشگاهی علوم (CLS) دانشگاه تasmانيا در استرالیا ارسال شدند. در این آنالیز ۱۵ میلی‌گرم از پودر نمونه به مدت ۲۴ ساعت تحت تاثیر اسید فسفریک و در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد قرار گرفت تا گاز CO_2 متصاعد شده از هر نمونه به کمک دستگاه طیفسنج جرمی (Micromass, 602 D) اندازه‌گیری شود. خطای اندازه‌گیری ایزوتوپی $\pm 1\%$ بوده است. ترکیب ایزوتوپی اکسیژن و کربن نمونه‌ها با نماد دلتا (δ) و بر حسب در هزار (permil) (PDB Pee Dee Blemnite) مرجع (PDB Pee Dee Blemnite) اندازه‌گیری شد.

بحث و بررسی

برای شناخت میکروفاسیس‌ها و فرایندهای دیاژنتیکی موثر بر کربنات‌های سازند ایلام ۱۲۰ مقطع نازک مورد بررسی قرار گرفتند. در این بررسی‌های میکروفاسیس‌های تشکیل دهنده سازند ایلام به ترتیب دور شدن از خط فرضی ساحلی شامل مادستون آهکی با بافتة چشم پرنده‌ای (معرف پهنه کشندی)، بیوکلست قطبی وار پکستون، بیوکلست مادستون - وکستون با آشفتگی زیستی (معرف لاغون)، قطبی وار گرینستون، اوئید گرینستون و اینتراکلست اوئید گرینستون (معرف سد) است [۱]. مهمترین سیمانهای متداول در این کربنات‌ها عبارتند از سیمان کلسیت هم بعد، سیمان کلسیت دروزی و سیمان سین تکسیال. برای شناسایی سیمان‌های متاثوریکی از تدفینی از میکروسکوپ کاتد استفاده شد. در این بررسی سیمان‌های متاثوریکی با لیانی زرد تا نارنجی رنگ و سیمان‌های تدفینی فاقد لیانی بوده‌اند.

کانی‌های اصلی کربناته‌ای که در آب دریا تشکیل می‌شوند بیشتر از نوع آرآگونیت، کلسیت پرمیزیم (در آبهای کم عمق) و کلسیت کم منیزیم (در آبهای عمیق) هستند. بررسی‌های مختلف نشان دادند که این کانی‌ها با تغییر دما، میزان عناصر Ca و Mg موجود در محلول، درجه شوری و فشار گازکربنیک (PCO_2) تغییر کند [۱۵، ۱۷]. همچنین در طول زمان و بر اثر فرآیندهای دیاژنتیکی، کانی‌های ناپایدار آرآگونیت و کلسیت پرمیزیم به کانی پایدار دیاژنتیکی کلسیت کم منیزیم (dLMC) تبدیل می‌شوند. در این صورت تعیین کانی‌شناسی اولیه کربناته‌ها امری بسیار مشکل است.

بررسی کانی‌شناسی اولیه آهک‌های سازند ایلام

الف- عناصر اصلی و فرعی

استرانسیوم: تغییرات Sr در نمونه‌های کل کربناته مناطق حاره‌ای عهد حاضر بین ۸۰۰۰ تا ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام در تغییر است [۱۳]. این مقدار در نمونه‌های کل کربناته (bulk carbonate) مانند مناطق معتدله بین ۱۶۰۰ تا ۵۰۰۰ پی‌پی‌ام (به طور متوسط ۳۲۵۰ پی‌پی‌ام) است [۱۶]. مقدار Sr در آراغونیت بیشتر از کلسیت است زیرا کاتیونهای بزرگ‌تر از Ca (مثل Sr, Na) در شبكه کلسیت غیر زیستی وارد شود معمولاً ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام است [۱۷]. بالا بودن Sr در بعضی از نمونه‌های مورد مطالعه می‌تواند تائیدی بر کانی‌شناسی اولیه آراغونیتی آنها باشد. معمولاً در محیط‌های بسته تا نیمه‌بسته به دلیل انحلال آراغونیت به وسیله آب‌های متاثریکی مقدار زیادی Sr در آبگون‌ها بین حفره‌ای (pore-water) وجود دارد که بعد از فراهم شدن شرایط رسوب سیمان کلسیتی، مقادیر Sr در این سیمان‌ها بیشتر از حد معمول (۱۰۰۰ پی‌پی‌ام) می‌شود [۸]. ارزیابی نتایج حاصل از بررسی‌های آهک‌های سازند ایلام بیانگر آن است که مقادیر Sr بین ۱۰۷ تا ۱۲۷۵ پی‌پی‌ام در تغییر است. در شکل شماره ۳ بر اساس مقادیر Sr و Na محدوده‌های آبهای گرم آراغونیتی عهد حاضر با بالاترین مقدار Sr و Na، محدوده آهک‌های سرد نیمه‌قطبی پرمین تاسمانی، محدوده آهک‌های کربناته معتدله عهد حاضر، محدوده آراغونیتی مزدوران و محدوده آراغونیتی گوردن تاسمانیا مشخص شده است [۳]. چنانکه مشاهده می‌شود نمونه‌های آهکی سازند ایلام در محدوده آراغونیتی مزدوران و گوردن تاسمانیا به دلیل تشابه کانی‌شناسی قرار گرفته‌اند. باید به این نکته اشاره شود که علت مقایسه محدوده‌های عنصری و ایزوتوپی نمونه‌های سازند ایلام با نمونه‌های کربناته مزدوران و گوردون تاسمانی، در دسترس نبودن اطلاعات ایزوتوپی و عنصری دیگری در مجلات معتبر بین‌المللی به منظور تعیین کانی‌شناسی اولیه آراغونیتی است.

سدیم: مقادیر سدیم در نمونه‌های آهکی سازند ایلام بین ۱۰۵ تا ۳۷۲ پی‌پی‌ام در نوسان است (شکل ۳). تمرکز Na در نهشتاهی رسوبات کربناته عهد حاضر در ارتباط با درجه شوری، تغريق بیوشیمیایی، آثار جنبشی، کانی‌شناسی و عمق آب است [۱۳، ۱۸]. تغییرات Na در نهشتاهی آراغونیتی عهد حاضر بین ۱۵۰۰ تا ۲۷۰۰ پی‌پی‌ام است [۱۶، ۱۳]. کاهش مقادیر Na در نمونه‌های مورد بررسی در مقایسه با کربناتهای آراغونیتی عهد حاضر به دلیل تاثیر فرآیندهای دیاختنیکی نادریابی است. این شرایط با میکروسکوپ کاتد تأثیر شده است.

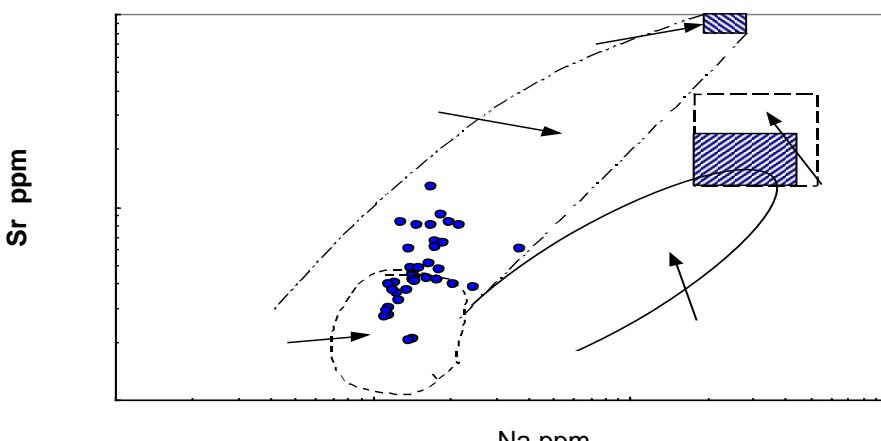
منگنز: دامنه تغییرات Mn در سازند ایلام بین ۱۳ تا ۶۳ پی‌پی‌ام در نوسان است. در شکل ۴ تغییرات Sr در مقابل Mn رسم شده است. چنانکه که ملاحظه می‌شود برخی از نمونه‌ها در محدوده آراغونیتی آهک‌های مزدوران و گوردون واقع شده‌اند. دامنه کم تغییرات Mn می‌تواند

حاکی از کانی‌شناسی اولیه آراگونیتی باشد. در نهشت‌های کربناته آراگونیتی عهد حاضر مقادیر Mn و Fe کمتر از ۲۰ ppm است [۱۳].

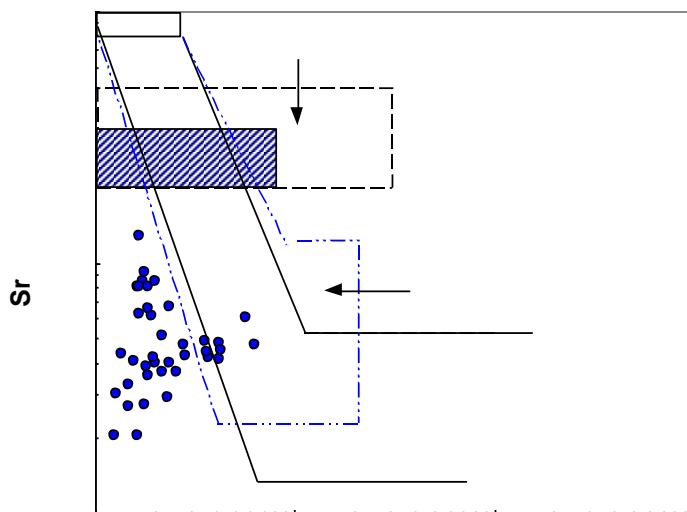
نسبت Sr/Na: بر اساس نسبت Sr/Na در مقابل Mn میتوان کانی‌شناسی اولیه آهک‌ها را مشخص کرد [۱۴، ۱۸]. تغییرات Sr/Na در نهشت‌های آراگونیتی عهد حاضر بین ۳ تا ۵ (میانگین ۴) است [۱۴، ۴]. میزان تغییرات Sr/Na در سازند ایلام بین ۰/۸۴ و ۰/۷۵ (میانگین ۰/۷۳) در تغییر است. چنانکه شکل ۵ نشان می‌دهد نمونه‌های آهکی سازند ایلام در محدوده آراگونیتی عهد حاضر و محدوده آراگونیتی گوردون تاسمانیا قرار گرفته‌اند که دلیلی بر آراگونیتی بودن کانی‌شناسی اولیه آهک‌ها ایلام است.

نسبت Sr/Ca: بر اساس نسبت Sr/Ca در مقابل Mn می‌توان روند دیاژنر در سیستمهای باز و بسته را تعیین کرد (شکل ۶). در این نمودار محدوده‌هایی برای روندهای دیاژنتیکی آراگونیت (A)، کلسیت پرمیزیم (HMC) و کلسیت کم منیزیم (LMC) توسط برنده و وایزر [۵] مشخص شده است.

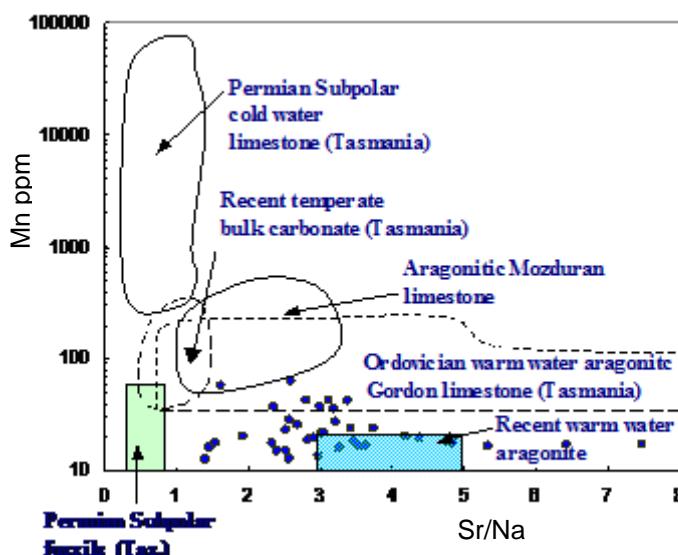
در سیستم دیاژنری باز با افزایش برهم کنش آب با سنگ میزان Sr/Ca کاهش می‌یابد. در سیستم‌های نیمه بسته که فعل و انفعالات آب به سنگ کم باشد نسبت Sr/Ca فازهای دیاژنری تغییرات محسوسی نسبت به ترکیبات اولیه ندارد. عموماً کاهش منگنز در کلسیت دیاژنتیکی نشانگر بسته بودن سیستم است. نمونه‌های سازند ایلام به دلیل کمبود مقادیر Mn و افزایش نسبت Sr/Ca بیشتر تحت تاثیر دیاژنر نادریایی در یک محیط بسته (closed system) قرار گرفته‌اند.



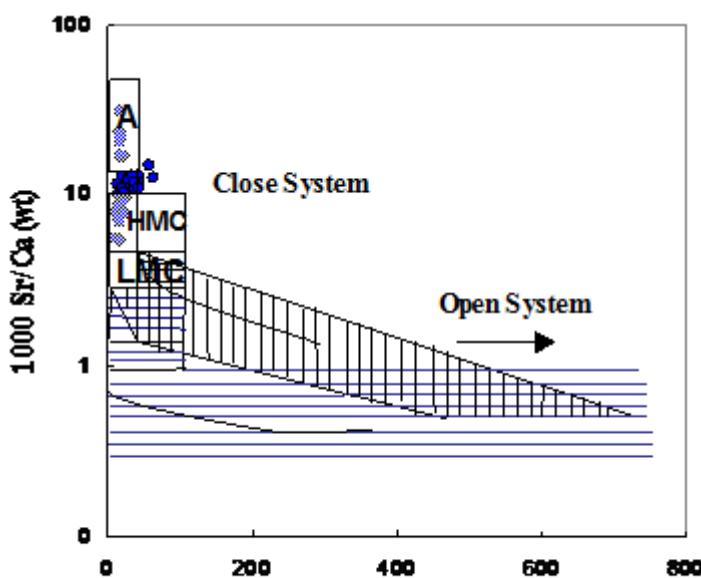
شکل ۳ تغییرات مقادیر Sr در مقابل Na در سنگ‌های آهکی سازند ایلام. چنانکه مشاهده می‌شود نمونه‌های آهکی سازند ایلام به دلیل تشابه کانی‌شناسی در محدوده آراگونیتی مزدوران و گوردون تاسمانیا واقع شده‌اند [۴، ۱۴].



شکل ۴ تغییرات مقادیر Sr در مقابل $Mn\text{ ppm}$ نمونه‌های ایلام در نزدیکی محدوده آرگونیتی مزدوران و گوردون قرار گرفته‌اند [۴ و ۱۴]. کاهش مقادیر Mn در این سازند در مقایسه با سازند مزدوران و گوردون به دلیل بسته بودن محیط دیاژنتیکی بوده است.



شکل ۵ تغییرات Mn به Sr/Na . قرارگیری نمونه‌های مورد بررسی در محدوده آرگونیتی آبهای گرم عهد حاضر و کربنات‌های آرگونیتی اوردویسین گوردون [۴ و ۱۴] به دلیل تشابه مینرالوژی یکسان است.

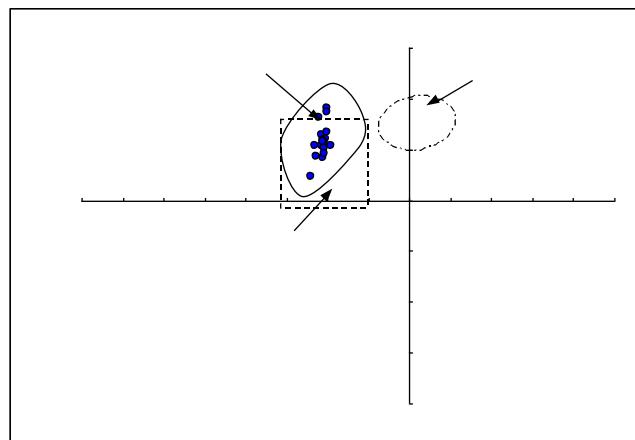


شکل ۶ نسبت مقادیر Sr/Ca در مقابل Mn/Ca محدوده‌های تعیین شده توسط برند و واپر مون [۵] اغلب نمونه‌های آهکی سازند ایلام تحت تاثیر فرآیندهای دیاژنتیکی در یک سیستم بسته تا نیمه بسته قرار گرفته‌اند.

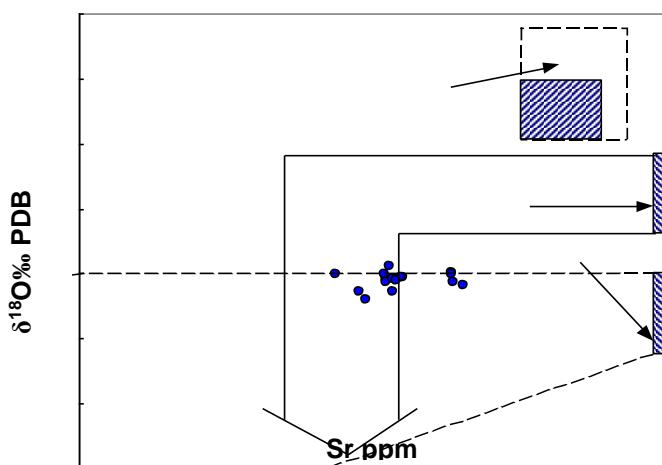
ب- ایزوتوب‌های اکسیژن و کربن

با استفاده از بررسی ایزوتوب‌های اکسیژن ۱۸ و کربن ۱۳ می‌توان اطلاعات ارزشمندی پیرامون دمای محیط رسوب‌گذاری، دمای دیاژنتیکی، روند دیاژنز در محیط دیاژنتیکی، شوری، عمق رسوب‌گذاری و غیره بدست آورد و کربنات‌های نواحی مختلف را از یکدیگر تفکیک کرد [۱۲-۱۵]. دامنه تغییرات ایزوتوب اکسیژن در سازند ایلام بین $3/8$ - $4/8\%$ PDB (میانگین $4/2\%$ PDB) و ایزوتوب کربن بین $0/9$ - $3/65\%$ PDB (میانگین $2/3\%$) است (شکل ۷). روند تغییرات ایزوتوب اکسیژن و کربن در نمونه‌های سازند ایلام حاکی از تاثیر دیاژنس متاوریکی است. معمولاً در فرآیندهای دیاژنس متاوریکی نسبت تغییرات ایزوتوب کربن به مراتب بیش از ایزوتوب اکسیژن است [۱۱ و ۱۱]. اما تغییرات ناچیز در مقادیر ایزوتوب کربن این نمونه‌ها می‌تواند به دلیل تاثیر کم برهمنش آب با سنگ در محیط‌های بسته بوده باشد [۱۱]. علاوه بر این، تغییرات ناچیز در مقادیر ایزوتوب کربن را می‌توان به آب و هوای گرم و خشک و مقادیر کم افق خاک در منطقه نسبت داد. در شکل ۷ محدوده ایزوتوبی آهکهای کم عمق هولوسن [۱۳] و سنگ‌های دریابی کرتاسه [۹] مشخص شده است. اکثر نمونه‌های سازند ایلام به دلیل تغییرات کم دیاژنتیکی و شباهت سنی در محدوده ایزوتوبی سنگ‌های آهکی کرتاسه قرار گرفته‌اند. تغییرات ایزوتوب‌های اکسیژن و کربن در مقابل عناصر فرعی نظیر Sr و Na تشخیص کانی‌شناسی اولیه کربنات‌ها را ممکن می‌سازد.

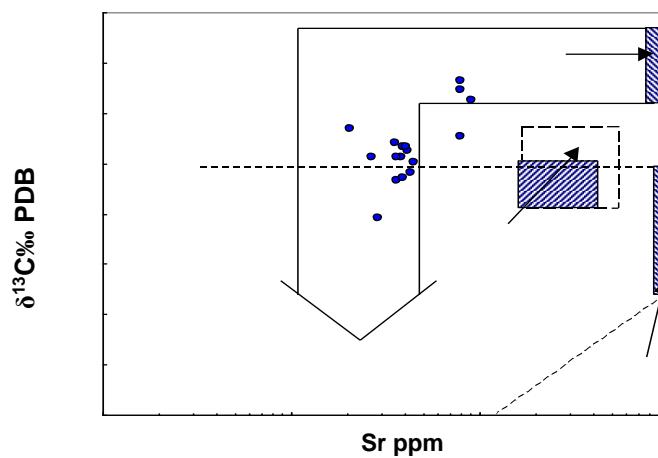
تغییرات Sr در برابر ایزوتوپ‌های اکسیژن و کربن. تغییرات Sr در شکل ۸ در برابر ایزوتوپ اکسیژن و در شکل ۹ در برابر ایزوتوپ کربن ترسیم شده‌اند. در این شکل‌ها محدوده نمونه‌های کل کربناته معتمله عهد حاضر، محدوده آراغونیتی سازند مزدوران، محدوده آراغونیتی اوردویسین و محدوده آراغونیتی گوردون تاسمانیا مقایسه شده است [۳]. چنان‌که که ملاحظه می‌شود اکثر نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده کانی‌شناسی آراغونیتی واقع شده‌اند.



شکل ۷ تغییرات ایزوتوپ اکسیژن در مقابل کربن که نشان دهنده دیاگرام متالوریکی در سازند ایلام است. در این نمودار محدوده سنگ آهک‌های دریابی کرتاسه [۶] و محدوده آهک‌های آب‌های کم عمق هولوسن [۱۳] مشخص شده است.



شکل ۸ تغییرات مقادیر ایزوتوپ اکسیژن ۱۸ به Sr. در این دیاگرام نمونه‌ها در محدوده‌های آراغونیتی گوردون و مزدوران [۴، ۱۴] قرار گرفته‌اند.



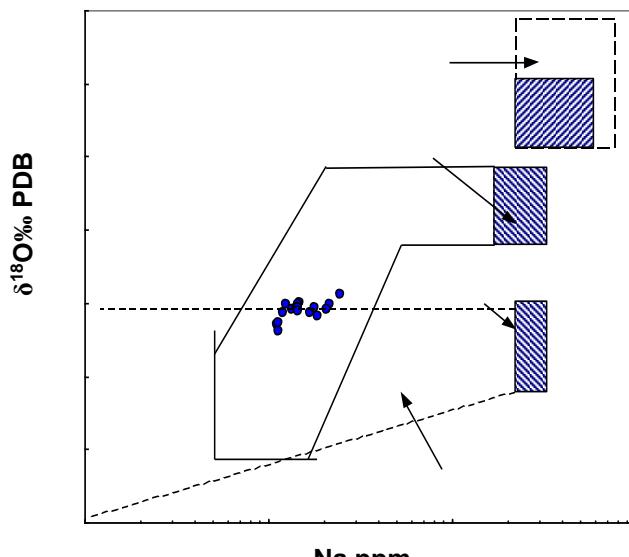
شکل ۹ تغییرات مقادیر ایزوتوب کربن ^{13}C به Sr . در این دیاگرام محدوده‌های کربنات‌های عهد حاضر مناطق معتمله، سنگ‌های آهکی گوردون تاسمانیا و سنگ‌های آراغونیتی سازند مزدوران ترسیم شده است [۱۴، ۴]. همانطور که ملاحظه می‌شود اکثر نمونه‌ها در محدوده آراغونیتی و برخی کاملاً نزدیک به محدوده آراغونیتی دگرسان نشده ژوراسیک فوکانی واقع شده‌اند.

تغییرات Na در برابر ایزوتوب‌های اکسیژن و کربن

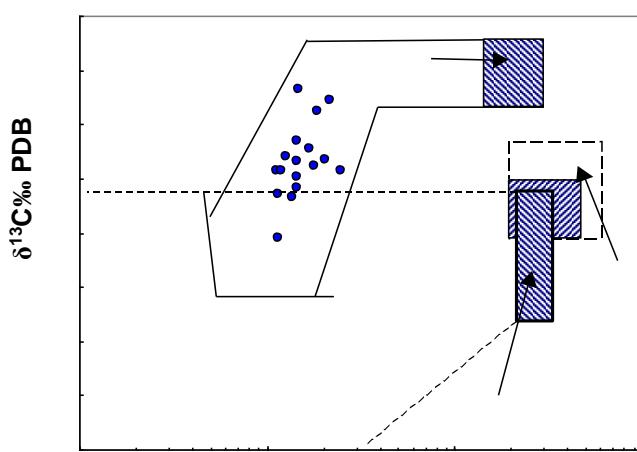
تغییرات Na در شکل ۱۰ در برابر ایزوتوب اکسیژن و در شکل ۱۱ در برابر ایزوتوب کربن ترسیم شده است. در این اشکال محدوده نمونه‌های کل کربناته مناطق معتمله عهد حاضر، محدوده آراغونیتی سازند مزدوران، محدوده آراغونیتی اوردویسین و محدوده آراغونیتی گوردون تاسمانیا [۳] مقایسه شده است. نکته قابل توجه این است که تمام نمونه‌های آهکی سازند ایلام به دلیل تشابه کانی‌شناسی در محدوده آراغونیتی کربنات‌های سازند مزدوران و گوردون تاسمانیا قرار گرفته‌اند.

جداسازی سازندهای ایلام و سروک

یکی از مشکلات شرکت ملی نفت ایران جداسازی مرز بین بعضی از سازندها بویژه دو سازند ایلام و سروک از طریق بررسی فسیل‌شناسی است زیرا این دو سازند علاوه بر شباهت در سنگ‌شناسی قادر فسیل شاخص برای جداسازی هستند. در منطقه مورد بررسی نیز سازند ایلام با ناپیوستگی همبیب و بدون تغییر لیتوژئی مشخص بر روی سازند سروک واقع شده و تعیین مرز این دو سازند را تنها بر مبنای بررسی‌های سنگ‌شناختی مشکل کرده است. در بررسی‌های قبلی برای سازند ایلام دو مرز چینه‌شناسی در نظر گرفته شده است. برخی معتقدند که مرز سازند ایلام و سروک در زیر ندول‌های چرتی (حدود ۴۰ متر از قاعده سازند) و برخی در ۶ متری قاعده سازند در نظر گرفته‌اند (شکل ۲) [۲]. اما در این پژوهش با توجه به تغییرات عناصر فرعی (Sr/Na , Sr/Ca) و ایزوتوب اکسیژن و کربن به راحتی مرز بین این دو سازند مشخص (سنگ آهک‌های کنگلومراژی، شکل ۲) و از یکدیگر تفکیک شده‌اند.



شکل ۱۰ تغییرات مقادیر ایزوتوب اکسیژن ۱۸ به Na. این تغییرات با محدوده های کربنات های عهد حاضر مناطق معتدل، سنگ های آهکی گوردون تاسمانیا و سنگ های آراغونیتی سازند مزدوران مقایسه شده است [۱۴، ۴]. قابل توجه است که تمام نمونه های آهکی سازند ایلام به دلیل تشابه مینرالوژی در محدوده آراغونیتی کربنات های سازند های مزدوران و گوردون قرار گرفته اند.



شکل ۱۱ تغییرات مقادیر ایزوتوب کربن ۱۳ به Na. قابل توجه است که تمام نمونه های آهکی سازند ایلام به دلیل تشابه کانی شناسی در محدوده آراغونیتی کربنات های سازند های مزدوران و گوردون قرار گرفته اند.

۱- تغییرات عناصر فرعی (Sr, Sr/Na, Sr/Ca)

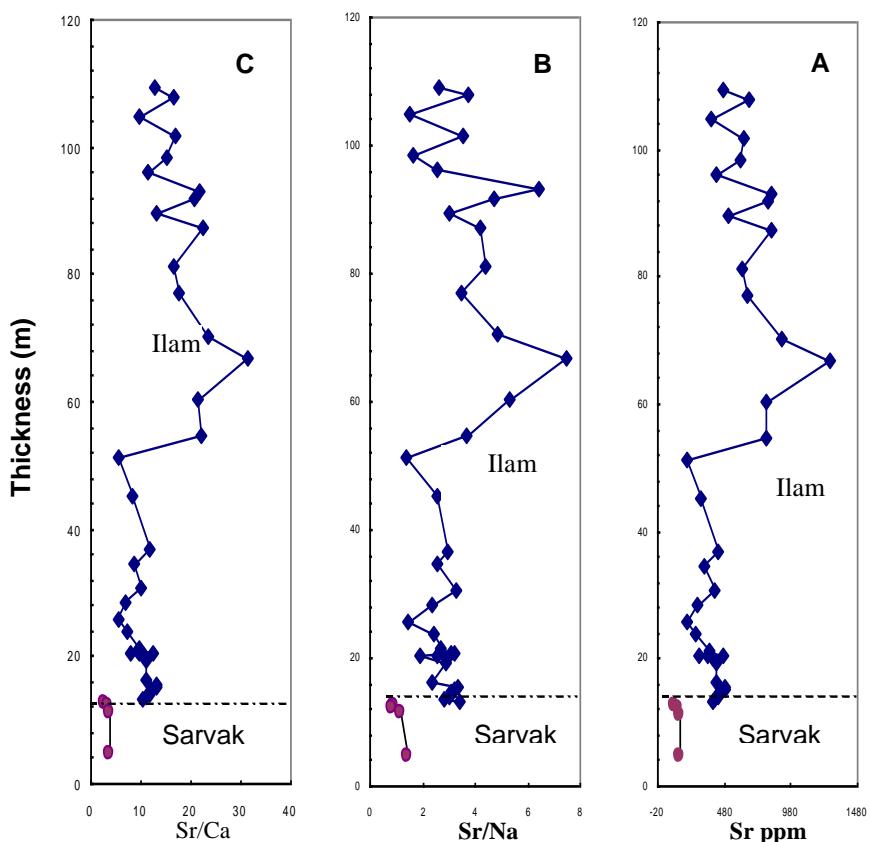
Sr یکی از عناصر مفید در مطالعه کربنات هاست. برخی از محققین نظیر وايندفيلد و همکاران [۱۸] پیشنهاد می کنند که نسبت Sr/Na به خوبی می تواند برای جداسازی رخساره ها مورد

استفاده قرار گیرد. با قرار دادن تغییرات Sr و نسبت آن با دو عنصر Ca و Na در امتداد ستون چینه‌شناسی به راحتی می‌توان دو سازند ایلام و سروک را از هم جدا کرد. چنانکه که در شکل ۱۲ نشان می‌دهد می‌شود مقدار Sr و نیز تغییرات Sr/Ca و Sr/Na در سازند سروک کمتر از سازند ایلام است که این می‌تواند دلیلی بر اختلاف ترکیب شیمیایی آب دریا در زمان تشکیل این دو سازند باشد.

۲- ایزوتوب‌های اکسیژن و کربن

الف- تغییرات ایزوتوب اکسیژن ۱۸ در سازندهای ایلام و سروک

رسم تغییرات اکسیژن ۱۸ در مقابل ضخامت سازندهای ایلام و سروک نشانگر تغییرات ایزوتوب اکسیژن در مرز بین دو سازند است (شکل ۱۳).



شکل ۱۲ تغییرات میزان $\delta^{18}\text{O}$ (A)، Sr/Ca (B) و Sr/Na (C). چنانکه مشاهده می‌شود سازند سروک و ایلام به دلیل تغییرات فیزیکوشیمیایی حاکم بر محیط دارای مقادیر متفاوتی از عناصر فرعی هستند. چنانکه ملاحظه می‌شود میانگین ایزوتوب اکسیژن در سازند سروک (-۵/۳۷‰ PDB) سبکتر از سازند ایلام (۴/۴۰‰ PDB) است. این تغییرات باعث جداسازی این دو سازند از

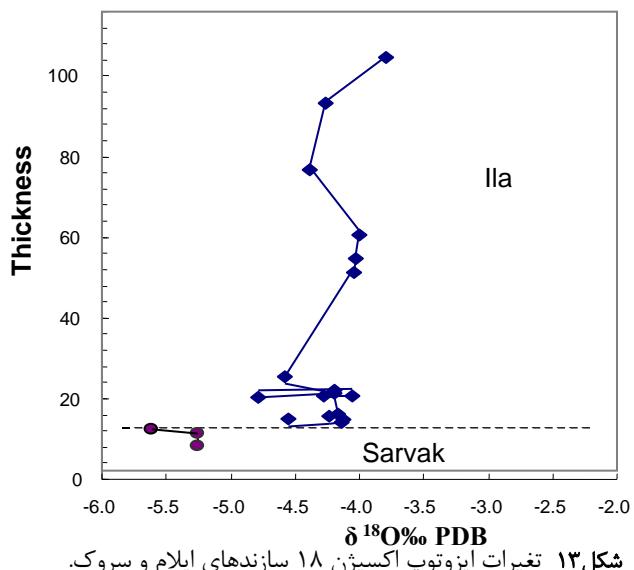
یکدیگر شده است. در تجزیه ایزوتوبی سعی شد که از نمونه‌های با حداقل دگرسانی یعنی نمونه‌هایی که خصوصیات اولیه دریابی خود را تا حد زیادی حفظ کرده‌اند استفاده شود.

ب- تغییرات ایزوتوب کربن ۱۳ در سازندهای ایلام و سروک

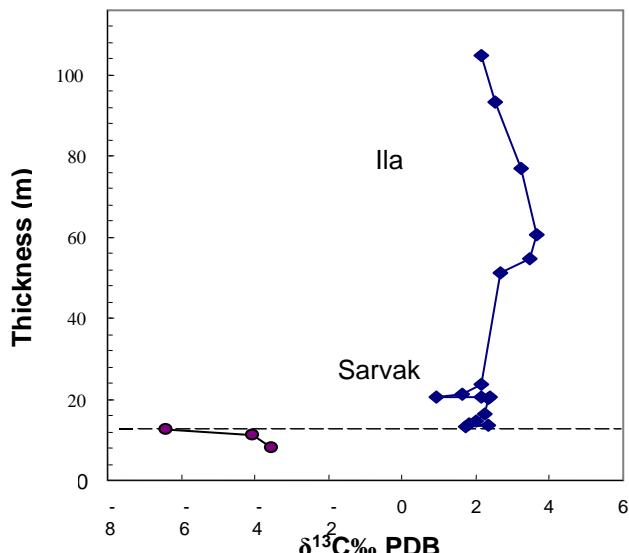
مشابه ایزوتوب اکسیژن ۱۸، تغییرات ایزوتوب کربن ۱۳ در مرز بین دو سازند ایلام و سروک بخوبی مشخص است. مقدار ایزوتوب کربن از $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}} = +1.72\%$ در سازند ایلام به $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}} = -6.4\%$ در سازند سروک تغییر کرده است (شکل ۱۴). نکته قابل توجه این است که کلیه داده‌های ایزوتوب کربن در سازند سروک منفی هستند در حالیکه در سازند ایلام مثبتاند. این تغییرات شاخص می‌تواند به دلیل تغییر ترکیب شیمیایی آب دریا بین این دو سازند باشد.

برداشت

نتایج حاصل از بررسی عناصر اصلی، فرعی و ایزوتوبی در سازند ایلام بیانگر آن است که این سازند دارای کانی‌شناسی اولیه آراغونیتی است. با توجه به تغییرات عناصر فرعی به ویژه نسبت Sr/Ca در مقابل Mn و تغییرات $\delta^{18}\text{O}$ و $\delta^{13}\text{C}$ در کربنات‌های این سازند، می‌توان نتیجه گرفت که این کربنات‌ها تحت تأثیر دیازنز غیر دریابی در یک محیط بسته قرار گرفته‌اند. همچنین نتایج حاصل از بررسی عناصر فرعی و ایزوتوبی در سازندهای ایلام و سروک کمک به تفکیک این دو سازند نموده است. چنانکه ملاحظه شد استفاده از روش‌های ژئوشیمیایی در مواردی که تفکیک دو سازند به دلیل کم بودن محتوای فسیلی و یا شباهت سنگ‌شناسی امکان‌پذیر نیست، بسیار کارآمد است.



شکل ۱۳ تغییرات ایزوتوب اکسیژن ۱۸ سازندهای ایلام و سروک.



شکل ۱۴ تغیرات ایزوتوب کربن ۱۳ در سازندهای ایلام و سروک. سیکترین ایزوتوب کربن در سازند سروک باعث تفکیک و جدایی مرز این سازند با سازند ایلام شده است. نکته قابل توجه این که کلیه داده‌های ایزوتوبی کربن در سازند سروک منفی در حالیکه در سازند ایلام مثبت است.

قدردانی

در اینجا لازم می‌دانیم از آقایان مهندس امیری بختیار، مهندس قلاوند، سرکار خانم دکتر حسینی، همچنین آقای یوسف آق جهت همکاری در انجام این تحقیق و سرکار خانم مهندس شجاعی مسئول آزمایشگاه ژئوشیمی دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی به خاطر انجام آزمایش‌های عنصرسنجی تشکر و قدردانی بنماییم.

مراجع

- [۱] اسدی مهماندوستی ا، آدابی م.ح، "بررسی رخصارهای سازند ایلام و کاربرد آنالیزهای ایزوتوبی و عنصری در تشخیص مرز این سازند با سازند سروک در رخنمون تنگ رشید، کوه پیون - منطقه اینده، بیست و سومین گردهمایی علوم زمین (۱۳۸۳).
- [۲] امیری بختیار ح، "تفسیر بیو استراتیگرافی سازندهای سروک و ایلام در منطقه اینده (شمال شرق خوزستان) و مقایسه آن با منطقه سمیرم"، رساله کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه تهران (۱۳۷۰).
- [۳] Adabi M. H., "Sedimentology and geochemistry of Upper Jurassic (Iran) and Precambrian (Tasmania) carbonates", Unpubl. Ph.D. Thesis, Uni. Tasmania, Australia (1996) 400.
- [۴] Adabi M. H., Rao C. P., "Petrographic and geochemical evidence for original aragonitic mineralogy of Upper Jurassic carbonates (Mozduran Formation), Sarakhs area, Iran", Sed. Geology 72 (1991) 253-267.

- [5] Brand U., Veizer J., "Chemical diagenesis of a multicomponent carbonate system –I: trace elements", *Jour. Sed. Petrology* 50 (1980) 1219-1236.
- [6] Dickson J. A. D., "A modified staining technique for carbonate in thin section" *Nature* 205 (1965) 287.
- [7] James G. A., Wynd J. G., "Stratigraphic nomenclature of Iranian Oil Consortium Agreement area", *AAPG Bulletin* 49 (1965) 2182-2245.
- [8] James N. P., Choquette P. W., "Diagenesis 9. Limestones- the meteoric diagenetic environment: Geosci ", *Canada* 11 (1984) 161-194.
- [9] Kelth L. M. Weber J. N., "Carbon and oxygen isotopic composition of limestones and fossils: Geochim", *Cosmochim. Acta*, 28 (1964) 1787-1816.
- [10] Land L. S., Hoops G. K., "Sodium in carbonate sediments and rocks: a possible index to the salinity of diagenetic solutions", *Jour. Sed. Petrology*, 43 (1973) 614-617.
- [11] Lohmann K. C., "Geochemical patterns of meteoric diagenetic systems and their application to studies of paleokarst", In James, N.P., & Choquette, P.W., (eds.), *Paleokarst*: New York, Springer-Verlag (1988) 58-80.
- [12] Marshall J. D., "Climatic and oceanographic isotopic signals from the carbonate rock record and their preservation", *Geol. Magazine* 129 (1992) 143-160.
- [13] Milliman J. D., "Marine Carbonates", New York, Springer-Verlag, (1974) 375.
- [14] Rao C. P., "Geochemical differences between subtropical (Ordovician), temperate (Recent and Pleistocene) and subpolar (Permian) carbonates, Tasmania, Australia", *Carbonates and Evaporites* 6 (1991) 83-106.
- [15] Rao C. P., "Modern Carbonates, tropical, temperate, polar: introduction to sedimentology and geochemistry", *Arts of Tasmania*. (1996) 206.
- [16] Rao C. P., Adabi M. H., "Carbonate minerals, major and minor elements and oxygen and carbon isotopes and their variation with water depth in cool, temperate carbonates, western Tasmania, Australia", *Mar. Geology*, 103 (1992) 249-272.
- [17] Veizer J., "Chemical diagenesis of carbonates: theory and application of trace element technique" In Arthur, M. A., Anderson, T.F., Kaplan, I.R., Viezer. J., and Land, L. S. (eds.): *Stable Isotopes in Sedimentary Geology*, Tulsa, Okla: Soc. Econ. Paleontol. Mineral. Short Course, No. 10 (1983) 31-1 to 3-100.
- [18] Winefield P. R., Nelson C. S., Hodder A. P. W., "Discriminating temperate carbonates and their diagenetic environments using bulk elemental geochemistry", a reconnaissance study based on New Zealand Cenozoic limestones: *Carbonates and Evaporites* 11 (1996) 19-31.